

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Tradução das Necessidades dos Clientes e Geração  
de Concepções – Integração da Teoria da Solução  
Inventiva de Problemas - TRIZ e do Desdobramento  
da Função Qualidade – QFD**

**Kívia Mota Nascimento**

Itajubá, Julho de 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Kívia Mota Nascimento**

**Tradução das Necessidades dos Clientes e Geração  
de Concepções – Integração da Teoria da Solução  
Inventiva de Problemas - TRIZ e do Desdobramento  
da Função Qualidade – QFD**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como parte dos requisitos para obtenção do título de **Mestre em Ciências em Engenharia de Produção**.

**Área de Concentração:** Engenharia de Produção  
(Qualidade e Produtos)

**Orientador:** Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches da Silva

Julho de 2015  
Itajubá – MG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Kívia Mota Nascimento**

**Tradução das Necessidades dos Clientes e Geração  
de Concepções – Integração da Teoria da Solução  
Inventiva de Problemas - TRIZ e do Desdobramento  
da Função Qualidade – QFD**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 20 de julho 2015, conferindo à autora o título de **Mestre em Ciências em Engenharia de Produção.**

**Banca Examinadora:**

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches da Silva (Orientador)

Prof. Dr. Carlos Henrique Pereira Mello

Prof. Dr. Jeziel da Silva Nunes

Itajubá, 2015

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre me dar forças, guiar minhas escolhas e possibilitar todas as minhas conquistas.

Ao meu orientador Professor Carlos Eduardo Sanches, pelo carinho, disponibilidade, paciência, parceria e confiança.

Ao Vinícius, meu amor e companheiro, maior e melhor amigo, que se fez presente mesmo na distância. Obrigada por toda a dedicação, amor e paciência nos momentos de crise e insegurança.

Agradeço à minha mãe, Neide, um exemplo de força, por todo carinho e cuidado, por sempre me apoiar e clarear meus pensamentos. Ao meu pai, José Lucio, por todo amor e apoio incondicionais e por sempre entender as dificuldades. Às minhas irmãs e melhores amigas, Kirna e Shênia, minha gratidão a todo amor e companheirismo. Aos meus cunhados-irmãos, Rafael e Carlos, pela parceria e carinho.

A minha avó Carlota, por respeitar minhas escolhas e me contagiar com toda sua força e determinação. Aos meus avós, João e Aparecida, por toda serenidade e amor. Aos meus tios, primos e primas, enfim, a toda minha família maravilhosa, pelo carinho e torcida.

Agradeço à Marli, Arlindo e Maísa, minha segunda família, pela compreensão, apoio e amor.

Aos meus grandes amigos que torceram por mim e compreenderam os momentos de ausência.

Aos colegas do GEPE de Qualidade por dividir o dia-a-dia, pelas conversas e companhia.

Sou muito grata à Marcella e à Camila, por estarem sempre ao meu lado e por tornarem meus dias em Itajubá mais felizes.

Agradeço à UNIFEI, à CAPES, ao CNPQ e à FAPEMIG pelo apoio financeiro e estrutural, imprescindíveis à concretização deste trabalho. A todos os professores pela generosidade e por serem fonte de inspiração na minha caminhada.

*“O universo é completamente balanceado e em perfeita ordem. Você sempre será compensado, na exata medida, por tudo o que fizer.”*

Brian Tracy

## RESUMO

Desenvolver produtos representa para as empresas aumentar sua vantagem competitiva. Porém, essa não é uma tarefa fácil, sendo muito elevada a taxa de fracasso de produtos lançados no mercado. Uma questão importante a qual deve-se atentar é a definição do produto, nas primeiras fases de desenvolvimento, pois o fracasso ou sucesso no mercado pode ser determinado pela forma como esse produto é definido. Um método chave para levantar requisitos de acordo com as necessidades dos clientes durante o desenvolvimento é o Desdobramento da Função Qualidade - QFD. Porém, há algumas dificuldades metodológicas na sua elaboração, o que prejudica seu uso nas empresas. Por outro lado, a Teoria da Solução Inventiva de Problemas - TRIZ - auxilia na geração de concepções, a partir de requisitos pré-definidos, chamados Parâmetros de Engenharia. Sendo assim, esta dissertação tem como objetivo analisar as contribuições da Teoria da Solução Inventiva de Problemas - TRIZ - no processo de tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projetos no contexto do Desdobramento da Função Qualidade - QFD - e seu posterior subsidio na geração de concepções. Para tanto foi conduzida uma pesquisa-ação com três ciclos utilizando o ambiente de ensino e casos reais. Foram verificadas as dificuldades do QFD e contribuições da TRIZ no trabalho, além de comparados resultados gerados com a utilização somente do QFD e com sua integração com a TRIZ. Com base nos resultados obtidos, pôde-se constatar que a TRIZ auxilia de fato na tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto, além de desenvolver a criatividade para a geração de concepções inovadoras.

**Palavras-chave:** desenvolvimento de produtos; inovação; QFD; TRIZ

## **ABSTRACT**

Developing products represents for the companies increasing their competitive advantage. However, this is not an easy task, and the very high failure rate of products on the market. An important question which must pay attention is the definition of the product in the early stages of development, because the failure or success in the market can be determined by how the product is defined. A key method for raising requirements according to customer requirements during development is the Quality Function Deployment - QFD. However, there are some methodological difficulties in their development, which impairs their use in companies. On the other hand, the Theory of Inventive Problem Solving - TRIZ - assists in the generation of conceptions, from pre-defined requirements, called Engineering Parameters. Thus, this work aims to analyze the contributions of the Theory of Inventive Problem Solving - TRIZ - in the process of translating customer requirements into project requirements in Quality Function Deployment context - QFD - and its subsequent subsidy in generating conceptions. Therefore it conducted a action-research with three cycles using the learning environment and real cases. The difficulties of QFD and contributions of TRIZ were checked at work, and compared results generated using only the QFD and its integration with TRIZ. Based on these results, it could see that the TRIZ helps actually on customer needs translation project requirements, and developing creativity to generate innovative designs.

**Keywords:** product development; innovation; QFD; TRIZ

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Diferentes técnicas, metodologias e métodos de Desenvolvimento de Produtos ..	16
Figura 1.2: Custo comprometido x Custo incorrido .....	18
Figura 2.1: Modelo da abordagem de Akao .....	27
Figura 2.2: As Quatro fases do QFD .....	29
Figura 2.3: Casa da Qualidade.....	30
Figura 2.4: Publicações relativas a “QFD” e “ <i>product development</i> ” por ano.....	37
Figura 2.5: Tipos de Documentos relativos a “QFD” e “ <i>product development</i> ” .....	37
Figura 2.6: Publicações por ano em periódicos relativas a "QFD" e " <i>product development</i> " ..	38
Figura 2.7: Citações por ano de artigos relativos a “QFD” e “ <i>product development</i> ” .....	38
Figura 3.1: Processo Básico de Solução de Problemas TRIZ .....	49
Figura 3.2: Matriz de Contradições (Fragmento) .....	54
Figura 3.3: : Publicações relativas a “TRIZ” e “ <i>product development</i> ” por ano.....	55
Figura 3.4: Tipos de Documentos relativos a “TRIZ” e “ <i>product development</i> ” .....	55
Figura 3.5: Publicações por ano em periódicos relativas a "TRIZ" e " <i>product development</i> " .	56
Figura 3.6: Citações por ano de artigos relativos a “TRIZ” e “ <i>product development</i> ” .....	56
Figura 4.1: Publicações relativas a “QFD” e “TRIZ” por ano .....	59
Figura 4.2: Tipos de Documentos relativos a "QFD" e "TRIZ" .....	60
Figura 4.3: Publicações por ano em periódicos relativas a "QFD" e "TRIZ" .....	60
Figura 4.4: Citações por ano de artigos relativos a “QFD” e “TRIZ” .....	61
Figura 4.5: Rede de Co-citações.....	61
Figura 4.6: Porcentagem de Publicações sobre “QFD” e “TRIZ” por países .....	64
Figura 4.7: Publicações por ano no Brasil relativas a “QFD” e “TRIZ” .....	65
Figura 5.1: Estrutura para condução da pesquisa-ação.....	71
Figura 5.2: Detalhamento das fases, etapas e atividades propostas para a condução da pesquisa-ação.....	71
Figura 5.3: Diferentes tipos de roda de reboque.....	77
Figura 5.4: Roda de reboque no esqui do helicóptero .....	77
Figura 5.5: Peça de silicone entre a base da mesa e o tampo de vidro .....	88
Figura 5.6: Peças de silicone de diferentes diâmetro .....	88
Figura 5.7: Ferramentas para a fabricação de peças de silicone.....	89
Figura 5.8: Processo de fabricação do silicone.....	89

Figura 5.9: Aparelho HEM-713.....	100
Figura 5.10: Aparelho Q4-00.....	100
Figura 5.11: Aparelho LP200.....	101
Figura 5.12: Aparelho BP3MOA .....	101
Figura 6.1: Resultado da Questão 1.....	114
Figura 6.2: <i>Boxplots</i> Questão 2.....	115
Figura 6.3: Resultado da Questão 3.....	117
Figura 6.4: Resultado da Questão 4.....	117

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Autores dos artigos relativos a "QFD" e " <i>product development</i> " .....	39
Quadro 2.2: Principais periódicos com artigos relativos a "QFD" e " <i>product development</i> " ..	40
Quadro 2.3: Número de artigos relativos a "QFD" e " <i>product development</i> " por país .....	41
Quadro 3.1 – Níveis de Inovação .....	44
Quadro 3.2 - Tipos de Contradição .....	47
Quadro 3.3: 39 Parâmetros de Engenharia .....	50
Quadro 3.4: 40 Princípios Inventivos .....	51
Quadro 3.5: Periódicos com artigos relativos a "TRIZ" e " <i>product development</i> " .....	57
Quadro 3.6: Número de artigos relativos a "QFD" e " <i>product development</i> " por país .....	58
Quadro 4.1: Autores dos artigos relativos a "QFD" e "TRIZ" .....	62
Quadro 4.2: Periódicos com artigos relativos a "QFD" e "TRIZ" .....	63
Quadro 4.3: Número de artigos relativos a "TRIZ" e "QFD" por país .....	63
Quadro 4.4: Sugestão de integração entre QFD e TRIZ.....	67
Quadro 5.1 : Rodas de reboque .....	78
Quadro 5.2: Atividades realizadas no 1º Ciclo.....	79
Quadro 5.3: Descrição dos trabalhos gerados no 1º Ciclo .....	81
Quadro 5.4: Síntese dos resultados do 1º Ciclo.....	83
Quadro 5.5: Atividades realizadas no 2º Ciclo.....	91
Quadro 5.6: Descrição dos trabalhos gerados no 2º Ciclo .....	93
Quadro 5.7: Síntese dos resultados do 2º Ciclo.....	95
Quadro 5.8: Atividades realizadas no 3º Ciclo.....	102
Quadro 5.9: Descrição dos trabalhos gerados no 3º Ciclo .....	104
Quadro 5.10: Síntese dos resultados do 3º Ciclo.....	106
Quadro 5.11: Modelos analisados e públicos alvo selecionados no 3º Ciclo.....	108
Quadro 5.12: Quadro-resumo para a Pesquisa-ação.....	112

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	Analytic Hierarchy Process (Processo de Análise Hierárquica)
ASI	<i>American Supplier Institute</i>
AV/EV	Análise de Valor/ Engenharia de Valor
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho Assistido por Computador)
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i> (Engenharia Assistida por Computador)
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DFX	<i>Design for X</i> (Projeto para X)
DPM	Projeto para a manufatura
DOE	<i>Design of experiments</i> (Delineamento de Experimentos)
EK	Engenharia <i>Kansei</i>
ES	Engenharia simultânea
EV/AV	Engenharia do valor/análise do valor
FAPEMIG	Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais
FAST	<i>Functional analysis system technique</i> (Técnica Sistemática de Análise Funcional)
FEA	<i>Finite elements analysis</i> (Análise de Elementos Finitos)
FMEA	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i> (Análise do Modo e Efeito de Falhas)
FTA	<i>Fault tree analysis</i> (Análise da Árvore de Falhas)
LT	<i>Lateral Thinking</i>
MPI	Método dos Princípios Inventivos
MT	Método Taguchi
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
PR	Prototipagem rápida
QPD	<i>Quality Policy Deployment</i> (Desdobramento da Política de Qualidade)
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> (Desdobramento da Função Qualidade)
RV	Realidade virtual
TC	Técnicas de criatividade
TIPS	<i>Theory of Inventive Problem Solving</i> (Teoria da Solução Inventiva de Problemas)
TG	Tecnologia de grupo

TRIZ *Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch* (Teoria da Solução Inventiva de Problemas)

UNIFEI Universidade Federal de Itajubá

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. Considerações Iniciais .....	15
1.2. Justificativa .....	18
1.3. Objetivos.....	20
1.3.1. Objetivo Geral .....	20
1.3.2. Objetivos Específicos .....	20
1.4. Metodologia de Pesquisa e Delimitações .....	21
1.5. Estrutura do Trabalho .....	22
2. DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE – QFD.....	24
2.1. Origem e fundamentos.....	24
2.1.1. Cliente e Consumidor .....	25
2.1.2. Necessidades dos clientes.....	25
2.1.3. Requisitos de projeto .....	25
2.2. Definição.....	25
2.3. Abordagens do QFD .....	26
2.4. QFD das quatro fases .....	28
2.5. Casa da Qualidade .....	29
2.6. Benefícios .....	32
2.7. Dificuldades na aplicação .....	33
2.8. Conhecimento técnico na aplicação do QFD.....	34
2.9. Contexto das pesquisas em QFD .....	36
3. TEORIA DA SOLUÇÃO INVENTIVA DE PROBLEMAS - TRIZ .....	43
3.1. Origem e Fundamentos .....	43
3.1.1. Níveis de Inovação .....	43
3.1.2. Evolução dos sistemas técnicos.....	45
3.1.3. Contradições .....	46
3.1.4. Recursos .....	47
3.1.5. Idealidade.....	47

3.2.	Definição.....	48
3.3.	Ferramentas.....	52
3.4.	O Método dos Princípios Inventivos e a Matriz de Contradições .....	52
3.5.	Benefícios .....	54
3.6.	Contexto das pesquisas em TRIZ .....	54
4.	PUBLICAÇÕES CONJUNTAS QFD E TRIZ .....	59
4.1.	Contexto das publicações conjuntas TRIZ e QFD.....	59
4.2.	Análise das publicações .....	66
5.	PLANEJAMENTO E CONDUÇÃO DA PESQUISA.....	69
5.1.	A pesquisa-ação .....	69
5.1.1.	Validade e Confiabilidade .....	70
5.1.2.	Estruturação .....	70
6.	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	114
6.1.	Resultados dos questionários.....	114
6.2.	Comparações entre o 1º e 2º Ciclos .....	118
6.3.	Comparação entre os Resultados gerados no 3º Ciclo .....	119
7.	CONCLUSÕES .....	122
7.1.	Síntese dos ciclos.....	122
7.2.	Considerações finais e sugestões para trabalhos futuros .....	124
	APÊNDICE A - QUADRO RESUMO DAS PUBLICAÇÕES .....	127
	APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO.....	139
	APÊNDICE C - RESULTADOS DO 1º CICLO .....	140
	APÊNDICE D - O CASO UTILIZADO NO 2º CICLO .....	146
	APÊNDICE E - RESULTADOS DO 2º CICLO.....	150
	APÊNDICE F - RESULTADOS DO 3º CICLO.....	156
	REFERÊNCIAS .....	163
	ANEXO A -MATRIZ DE CONTRADIÇÕES .....	170

# 1. INTRODUÇÃO

O primeiro capítulo desta dissertação contextualiza e justifica o tema de pesquisa, além de apresentar a questão de pesquisa, seus objetivos, a metodologia, delimitações e estrutura.

## 1.1. Considerações Iniciais

O desenvolvimento de produtos é uma tarefa desafiadora e que requer bastante atenção por parte das empresas, já que esse processo fornece vantagem competitiva, além de ser determinante para o alcance de sucesso econômico das organizações (MOUSAVI e TORABI, 2011; TZOKAS, HULTINK e HART, 2004). Porém, a taxa de sucesso de novos produtos lançados no mercado é consideravelmente baixa, permanecendo em torno de 60% (GRIFFIN, 1997; BARCZAK, GRIFFIN e KAHN, 2009; DURMUŞOĞLU E BARCZAK, 2011).

Segundo Kahraman, Ertay e Büyüközkan (2006) o fracasso no lançamento ou o aumento do tempo necessário ao desenvolvimento pode ser determinado pela forma como um produto é definido. Os autores destacam que, durante a definição do produto, há duas questões com as quais a equipe deve se atentar: o produto a ser lançado deve ter características que condigam com as necessidades desejadas pelos clientes e o produto final precisa estar em conformidade com os requisitos técnicos definidos durante o processo.

Tzokas, Hultink e Hart (2004) afirmam ainda que do ponto de vista estratégico, além da necessidade dos novos produtos estarem de acordo com a voz do cliente e possuírem superioridade técnica, eles precisam ser desenvolvidos dentro do orçamento e um prazo reduzido, para que seja possível seu lançamento à frente da concorrência.

Para dar suporte ao desenvolvimento de produtos existem diversas métodos, metodologias e técnicas. A Figura 1.1 mostra alguns deles, com base na pesquisa realizada por Maña (1998) em 1997 com o objetivo de identificar as técnicas, metodologias e métodos utilizadas pelas duzentas principais empresas americanas e europeias no desenvolvimento de produtos. Na figura original, a área ocupada pela técnica está relacionada a sua dimensão como característica de modernidade. Na figura original, elaborada por Maña (1998), foram acrescentadas pela autora os métodos Engenharia *Kansei* e *Lateral Thinking*, referenciados em diversas literaturas consultadas.

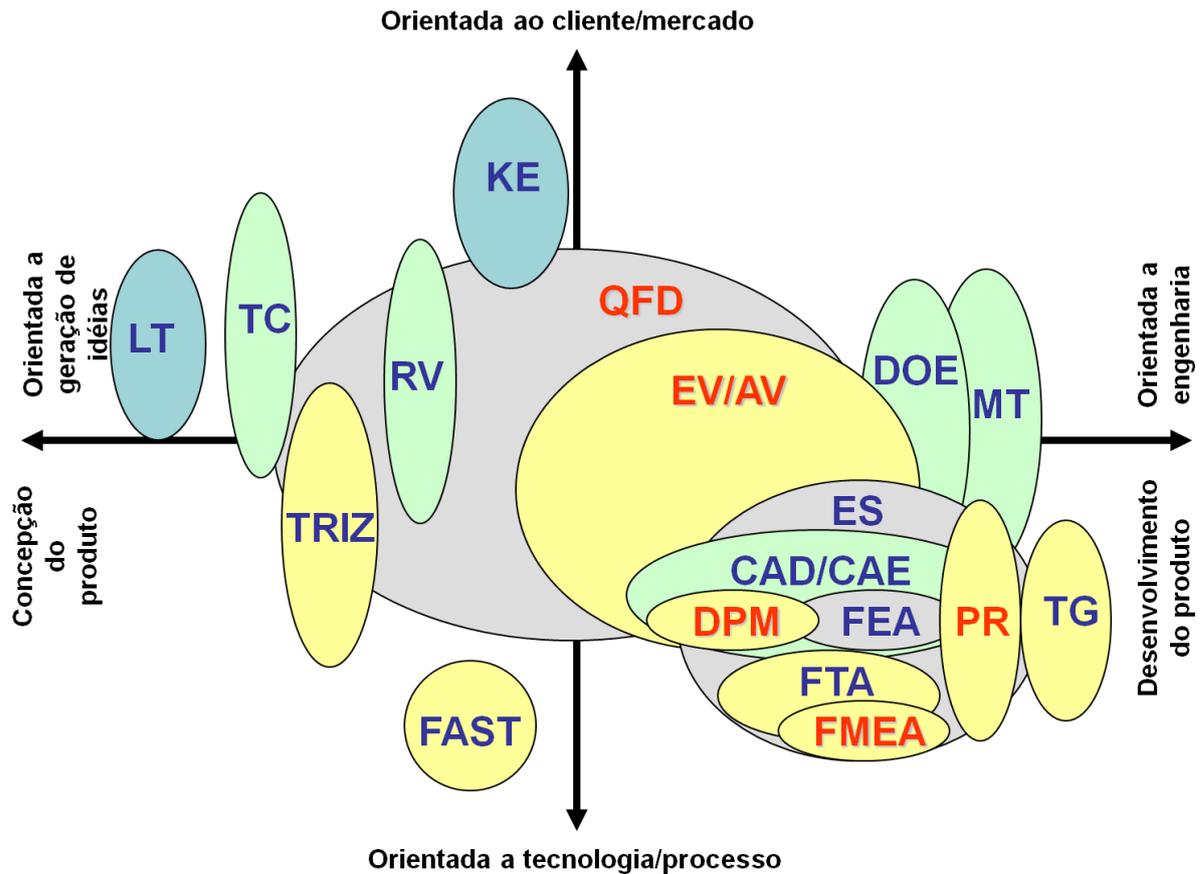


Figura 1.1: Diferentes técnicas, metodologias e métodos de Desenvolvimento de Produtos  
 Fonte: Adaptado de Mañà (1998)

Legenda:

TC	Técnicas de criatividade
LT	Lateral <i>Thinking</i>
TRIZ	<i>Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch</i> (Teoria da Solução Inventiva de Problemas)
RV	Realidade virtual
EK	Engenharia <i>Kansei</i>
FAST	<i>Functional analysis system technique</i> (Técnica Sistemática de Análise Funcional)
QFD	<i>Quality function deployment</i> (Desdobramento da Função Qualidade)
EV/AV	Engenharia do valor/análise do valor
ES	Engenharia simultânea
FTA	<i>Fault tree analysis</i> (Análise da Árvore de Falhas)
FMEA	<i>Failure mode and effects analysis</i> (Análise do Modo e Efeito de Falhas)
CAD/CAE	<i>Computer aided design/computer aided engineering</i> (Desenho assistido por computador/ Engenharia assistida por computador)

FEA	<i>Finite elements analysis</i> (Análise de Elementos Finitos)
DOE	<i>Design of experiments</i> (Delineamento de Experimentos)
MT	Método Taguchi
PR	Prototipagem rápida
DPM	Projeto para a manufatura
TG	Tecnologia de grupo

Como ferramentas de apoio ao desenvolvimento de produtos nas fases iniciais, destacam-se o Desdobramento da Função Qualidade (QFD) para auxiliar no levantamento das necessidades dos clientes e sua tradução em requisitos de projeto (HSU et al.; 2007; MELGOZA et al., 2012) e a Teoria da Solução Inventiva de Problemas (TRIZ) para auxiliar na geração de concepções de forma orientada, a partir dos requisitos (MELGOZA et al., 2012; CHOU,2014). Hegedus (2000) destaca que a combinação das duas teorias auxilia na resolução de contradições identificadas por meio das necessidades dos consumidores, auxiliando a equipe de desenvolvimento de produtos.

Segundo Melgoza *et al.*(2012), a aplicação do QFD possibilita a visualização clara das necessidades dos consumidores, porém o “QFD não indica o custo, ferramentas e tecnologias necessárias” (MELGOZA *et al.*, 2012, p. 1174). Sendo assim, destacam a necessidade de utilizar o método em conjunto com alguma outra técnica que auxilie no desenvolvimento e criatividade, como a TRIZ.

Da mesma forma, Huang (2013) afirma que o QFD é uma importante ferramenta para identificar quais problemas devem ser resolvidos ou quais características devem ser melhoradas, porém não é uma ferramenta para resolução de problemas. Já a TRIZ é bastante eficaz para solução de problemas que envolvem pensamento inventivo (HUANG, 2013).

Jugulum e Sefik (1998) destacam a importância da utilização de métodos e ferramentas integradas para elaboração de uma estratégia robusta como parte do planejamento de melhoria contínua para se manter competitiva no mercado. Uma vez que evidencia práticas como prevenção de erros, a integração dos métodos resulta em importantes meios para auxiliar no processo de desenvolvimento de inovações e redução do tempo necessário ao lançamento (YEH, HUANG e YU, 2011).

## 1.2. Justificativa

Escolhas decisivas para o desenvolvimento de produtos são realizadas no início do processo, nas etapas cuja incerteza ainda é bastante elevada. É nesse momento em que o produto será definido e como destacam Kahraman, Ertay e Büyükoçkan (2006) a maneira como se define o produto está diretamente relacionada ao seu sucesso no mercado.

Sendo assim, deve-se dar a devida importância às primeiras fases de desenvolvimento, pois, além de ser o momento em que serão definidos os requisitos do produto, as decisões tomadas comprometem a maior parte dos custos finais, como mostrado na Figura 1.2 (CARVALHO e BACK, 2001; PHILLIPS e SRIVASTAVA, 1993; ROZENFELD *et al.*, 2006; STENBECK e SVENSSON, 2004). Melgoza *et al.* (2012) afirmam que esse comprometimento pode chegar a três quartos do custo final de fabricação. Por outro lado, Marx e Paula (2010) destacam que as primeiras fases do PDP ainda são pouco exploradas e pesquisadas. Daí a importância de se desenvolver pesquisas nestas fases.

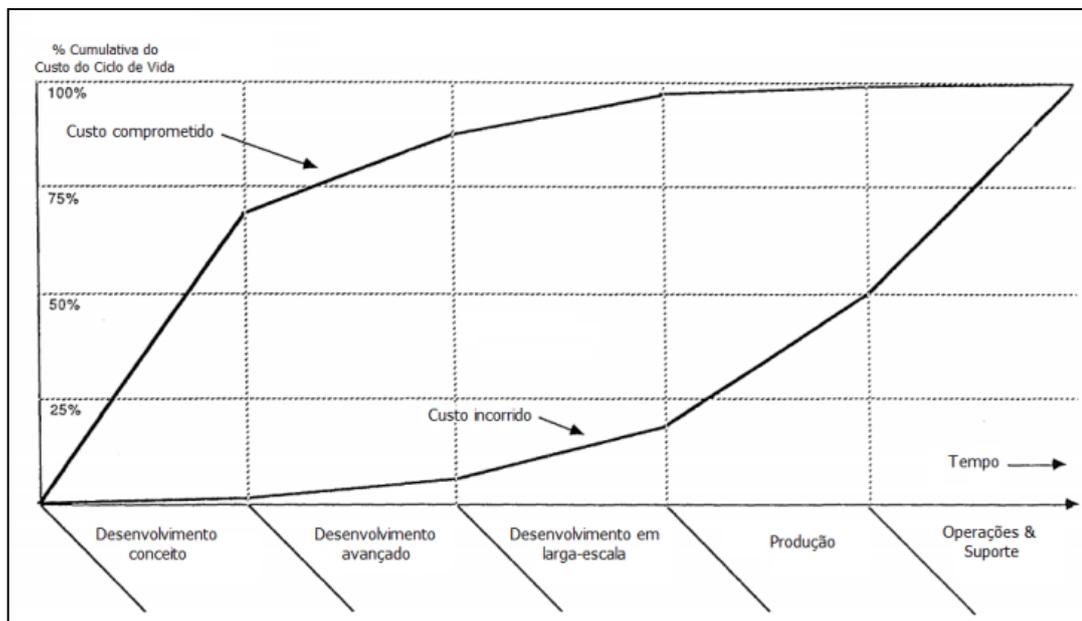


Figura 1.2: Custo comprometido x Custo incorrido  
Fonte: Phillips e Srivastava (1993)

Karsak, Sozer e Alpetikin (2002) afirmam que a utilização do método QFD evita que ocorram alterações ou correções em fases avançadas de desenvolvimento do produto, momento em que o custo incorrido e de modificação torna-se extremamente alto. Devido à sua natureza sistêmica, o método auxilia nas decisões do início do processo necessárias ao desenvolvimento.

Por outro lado, durante a solução de problemas tecnológicos, a utilização de métodos de criatividade e inovação, como a TRIZ, auxilia a reduzir o tempo gasto com tentativa e erro, já que o processo de desenvolvimento torna-se estruturado (MELGOZA *et al.*, 2012).

Além disso, autores destacam a importância de se obter as informações diretamente dos clientes (BACK *et al.*, 2008; GONZÁLEZ e TOLEDO, 2012; ROZENFELD *et al.*, 2006), embora Lettl (2007) afirme que a integração do cliente no PDP ainda seja pouco estruturada.

Por outro lado, a utilização do método QFD tem sido prejudicada devido às dificuldades práticas e, para incentivar seu uso, um fator-chave é a redução das dificuldades metodológicas de implementação (CARNEVALLI e CAUCHICK MIGUEL, 2007).

Dentre essas dificuldades, pode-se citar a tradução ou desdobramento de necessidades dos clientes em requisitos de projeto (GOVERS, 2001; HERRMANN, HUBER e BRAUNSTEIN, 2000; LOWE e RIDGWAY, 2000; PARKIN, LINSLEY e STEWARDSON, 2002; PRESLEY, SARKIS e LILES, 2000). Kim, Lee e Kim (2007) destacam que essa tarefa bastante desafiadora, visto que os requisitos de projeto devem ser abrangentes o suficiente para abordar todas as necessidades dos clientes identificadas.

Fung, Chen e Tang (2006), Yang e Chen (2012) e Zhang, Yang e Liu (2014) afirmam que há uma lacuna no que se refere a mecanismos formais para traduzir necessidades dos clientes em requisitos de projeto. Os autores ainda destacam que a tradução, muitas vezes, tende a ser feita de forma subjetiva, qualitativa e não-técnica, sendo que, por definição, os requisitos de projeto devem ser mais expressos em termos técnicos e quantitativos.

Chen e Chen (2006), Kim, Lee e Kim (2007), Kutschenreiter-Praszkiwicz (2013), Lin, Wang e Chen (2006), Li *et al.* (2012), Milan, Barros e Gava (2003) e Vezzetti, Moos e Kretli (2011) afirmam que o processo de tradução é feito com base na experiência, observações pessoais, conhecimento e intuição do designer ou equipe de desenvolvimento, muitas vezes, por meio de *brainstorming*, destacando que essa pode não ser uma tarefa fácil, principalmente quando o conhecimento técnico é reduzido.

Kim, Lee e Kim (2007) destacam que o desenvolvimento de meio para realizar o desdobramento das necessidades dos clientes em requisitos de projeto é um tema dificilmente abordado na literatura, apesar de sua extrema importância. Esse fato pôde ser comprovado com a pesquisa bibliométrica que será apresentada no Capítulo 2, em que na base de dados *ISI Web of Science* foi identificado apenas um artigo tratando do processo de tradução.

Vezzetti, Moos e Kretli (2011) destacam a importância de se padronizar um glossário a ser utilizado na empresa, independente da experiência pessoal dos engenheiros ou técnicos envolvidos na tradução. Os autores argumentam que sem haver uma padronização do

vocabulário, quando um problema de design semelhante a um anterior ocorre, pode haver divergências na forma de expressá-lo e interpretá-lo. Para que esse problema seja reduzido é necessário que os integrantes do time de desenvolvimento obtenham conhecimento não-formal da empresa.

Um ponto que colabora para intensificar essa dificuldade, segundo Yan e Ma (2015) é o fato de a linguagem utilizada por profissionais de diferentes áreas, como marketing e engenharia, serem diferentes. Sendo assim, a TRIZ é apontada como forma de minimizar o problema de linguagem na tradução dos requisitos, representando uma orientação para formalização da linguagem e possibilitando a reutilização do conhecimento em diferentes projetos (VEZZETTI, MOOS e KRETLI,2007).

Sendo assim, o presente trabalho sugere a integração do QFD e TRIZ para a fase de concepção, o que torna o processo mais robusto. A proposta desenvolvida pode ser aplicada na etapa de concepção, de forma sistemática e integrada com os participantes da cadeia de fornecimento e com os clientes finais por empresas que queiram desenvolver produtos ou melhorar existentes.

Sendo desdobrada nas questões de pesquisa:

Como a TRIZ pode contribuir no desdobramento dos itens de qualidade exigida (necessidades dos clientes) em requisitos de projetos no contexto do QFD e subsidiar na geração de concepções?

### **1.3. Objetivos**

A seguir, estão expostos o objetivo geral do projeto, bem como os objetivos específicos relacionados.

#### **1.3.1. Objetivo Geral**

- Analisar as contribuições da Teoria da Solução Inventiva de Problemas (TRIZ) na tradução dos itens de qualidade exigidos pelos clientes (necessidades) em requisitos de projeto no contexto do Desdobramento da Função Qualidade (QFD) e seu posterior subsídio na geração de concepções.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Identificar as dificuldades de implementação do QFD presentes na literatura;

- Verificar como o QFD pode ser integrado à TRIZ, de acordo com a literatura existente;
- Sugerir a integração dos métodos QFD e TRIZ para orientar na geração concepções.

#### **1.4. Metodologia de Pesquisa e Delimitações**

Utilizando a classificação proposta por Turrioni e Mello (2012), esta pesquisa é de natureza aplicada, uma vez que a abordagem será desenvolvida para utilização em situações e problemas reais. Além disso, esta dissertação sugere formas de aperfeiçoar a utilização do QFD por meio de sua integração com a TRIZ e comparar a aplicação do QFD e com sua aplicação em conjunto com a TRIZ. Assim, ainda segundo os conceitos apresentados pelos autores citados, a classificação da pesquisa quanto aos seus objetivos é normativa.

Em relação à forma de elaborar o problema, o foco do trabalho a ser realizado é no processo a ser executado e no que ele significa. Sendo assim, trata-se de uma abordagem qualitativa, pois durante a execução da pesquisa o pesquisador irá interagir com o mundo real para aplicar a metodologia proposta e analisar os resultados obtidos indutivamente.

A condução da pesquisa será orientada para a ação, sendo que o pesquisador terá atuação primordial no processo e, os resultados gerados contribuirão para a complementação do conhecimento científico. Sendo assim, o método de pesquisa empregado será a pesquisa-ação, utilizando-se como técnicas de coleta de dados: questionários, análise documental e observação direta, o que será exposto mais detalhadamente no Capítulo 5.

Para que os objetivos sejam cumpridos, será realizada a fundamentação teórica, principalmente por meio de uma análise bibliométrica acerca dos temas diretamente envolvidos, o QFD e a TRIZ (Capítulos 2, 3 e 4).

Uma importante questão na execução do trabalho é a seleção do objeto de estudo. Conforme elucidado nos tópicos anteriores, o problema de pesquisa é de grande importância, principalmente para as empresas que desenvolvem produtos. Porém, no ambiente industrial e empresarial não seria possível despender muito tempo com as aplicações e o acesso seria mais restrito.

Sendo assim, a oportunidade identificada foi a de utilizar o ambiente de ensino para a realização dos ciclos de pesquisa-ação. Esse objeto de estudo é mais acessível e flexível em relação às empresas.

Ao mesmo tempo, como citado por Chen e Chen (2006), Kutschenreiter-Praszkievicz (2013), Lin, Wang e Chen (2006), Li *et al.* (2012), Milan, Barros e Gava (2003) e Vezzetti, Moos e

Kretli (2011) para realizar a tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto é necessário conhecimento técnico e experiência, o que para estudantes ainda não está totalmente consolidado. Isso significa que os estudantes possuem menor o conhecimento técnico, o que pode dificultar a aplicação do QFD. Essa é uma boa oportunidade para verificar se seu uso integrado com a TRIZ contribui para reduzir essa dificuldade.

O Capítulo 5 explora mais detalhadamente essa seleção. Porém, uma vez utilizado o ensino como objeto de estudo, os resultados gerados pelos estudantes não serão validados por empresas, principais interessados na pesquisa.

É importante destacar também que esta dissertação foca no processo de tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto. Parte-se do pressuposto que a voz do cliente foi captada de maneira correta, gerando necessidades consistentes. Isso significa que, por mais que as necessidades dos clientes sejam a entrada do processo analisado, não são avaliadas neste trabalho a forma como são obtidas, seu embasamento e fundamentação, apesar de reconhecer a importância de se captar corretamente as necessidades do cliente junto ao público-alvo.

Outra limitação deste trabalho é determinada pelo método de pesquisa. A pesquisa-ação é um método cujo conhecimento gerado é particular e situacional, visto que os dados gerados são contextualmente embasados e interpretados (COUGHLAN e COUGHLAN, 2002). Sendo assim, não permite que sejam feitas generalizações.

## **1.5. Estrutura do Trabalho**

Este trabalho está dividido em seis capítulos. O Capítulo 1 contextualiza o tema da pesquisa, apresenta a justificativa para a realização do trabalho, bem como os objetivos da dissertação, metodologia e limitações. Além disso, expõem a estrutura do trabalho, apresentando o conteúdo de cada capítulo.

Os Capítulos 2, 3 e 4 constituem a fundamentação teórica do trabalho. Neles são abordados os métodos: Desdobramento da Função Qualidade e Teoria da Solução Inventiva de Problemas e Publicações conjuntas QFD e TRIZ, respectivamente. Nos Capítulos 2 e 3, são apresentados a origem, os conceitos básicos, definições, benefícios e dificuldades na implantação, bem como as ferramentas e fases de cada uma dos métodos apresentados. No Capítulo 4, é feito um resumo e análise das integrações entre QFD e TRIZ propostas na literatura pesquisada.

No Capítulo 5 são apresentados o Planejamento e a Condução da Pesquisa realizada. Isso inclui a apresentação do método de pesquisa utilizado (pesquisa-ação) e de cada uma das

etapas realizadas. Além disso, são apresentados os três ciclos conduzidos para a realização da pesquisa.

No Capítulo 6 é feita os resultados obtidos são confrontados com a teoria e as observações do pesquisador. No Capítulo 7, são apresentadas as Conclusões obtidas com a pesquisa. Por fim, complementam os Apêndices, Referências e Anexos do trabalho.

## 2. DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE – QFD

Este capítulo inicia a fundamentação teórica do trabalho, abordando o Desdobramento da Função Qualidade - QDF. Inicialmente são apresentadas as origens e fundamentos do método, bem como os principais conceitos e definições. Em seguida, são apresentadas as abordagens existentes, com maior foco no QFD das quatro fases e ainda, mais especificamente, na Casa da Qualidade. Além disso, são apresentados os principais benefícios do método, as dificuldades na sua implementação e a sua relação com o conhecimento técnico. Com o intento de identificar o contexto das pesquisas acerca do método é feito um levantamento e análise bibliométrica por meio da base de dados *ISI Web of Science*.

### 2.1. Origem e fundamentos

O *Quality Function Deployment* - QFD, termo traduzido como Desdobramento da Função Qualidade, foi conceitualizado no Japão no fim da década de 1960 por Yoji Akao (CHAN e WU, 2002; CHENG e MELO FILHO, 2007; CRISTIANO, LIKER e WHITE, 2000; KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002) e implementado em 1972 no estaleiro Kobe da Mitsubishi Heavy Industries Ltd (GRIFFIN e HAUSER, 1992; HSU *et al.*, 2007; KAHRAMAN, ERTAY e BÜYÜKÖZKAN, 2006; KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002). Porém, o método ganhou realmente força no início dos anos 1980 quando começou a ser utilizada nos Estados Unidos (CHAN e WU, 2002; CRISTIANO, LIKER e WHITE, 2000; KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002; MELGOZA *et al.*, 2012).

Entre os anos de 1975 e 1995, a partir da combinação do QFD com diversas outras ferramentas, criou-se uma série de oportunidades para desenvolvimento de produtos (TERKINO, 1997). Empresas, como Toyota, Ford, Motor Company, Procter & Gamble, 3M Corporation, etc., podem ser consideradas os primeiros usuários do método (GRIFFIN e HAUSER, 1992; HSU *et al.*, 2007; KAHRAMAN, ERTAY e BÜYÜKÖZKAN, 2006; KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002).

Em sua pesquisa Chan e Wu (2002) destacam a importância do QFD a partir da análise de diversos trabalhos, apresentando um panorama das publicações no que diz respeito ao histórico, áreas e campos de aplicação e desenvolvimento metodológico.

Para melhor compreensão do método, são apresentados alguns conceitos a seguir.

### **2.1.1. Cliente e Consumidor**

A definição de cliente e consumidor está diretamente relacionada ao conceito de mercado. Segundo Cheng *et al.*(1995), Cheng e Melo Filho (2007) mercado "é o grupo de compradores reais e potenciais de um produto". Kotler (1998) afirma que consumidor potencial é aquele que está disposto e habilitado a realizar uma troca de valores.

No contexto de desenvolvimento de produtos, pode-se inferir então, que cliente e consumidores são aqueles que estão propensos e aptos a adquirir ou utilizar o produto a ser desenvolvido.

### **2.1.2. Necessidades dos clientes**

As necessidades dos clientes também podem ser chamadas de requisitos do consumidor, atributos do consumidor, qualidade demandada ou voz do consumidor (KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002). Podem ser definidas como a percepção dos clientes de suas próprias necessidades e, com base nela e utilizando o QFD é que a equipe interfuncional analisa e compreende com as características dos produtos estão relacionadas às vendas, preferências e satisfação do cliente (CHAN e WU, 2005; GRIFFIN e HAUSER, 1993). Nesta pesquisa será considerado o termo necessidades dos clientes.

### **2.1.3. Requisitos de projeto**

Requisitos de projeto, também denominados como requisitos técnicos, características do produto, atributos de engenharia, atributos de design/projeto, características de engenharia, medidas técnicas, ou características de qualidade substitutas (CHAN e WU, 2005; KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002).São parâmetros mensuráveis relativos ao desempenho do produto (CHAN e WU, 2005; GRIFFIN e HAUSER, 1993), ou seja são parâmetros que medem de forma concreta as necessidades do consumidor (CHAN e WU, 2005). Nesta pesquisa será considerado o termo requisitos de projeto.

## **2.2. Definição**

O Desdobramento da Função Qualidade (QFD) é um processo sistemático para entender os requisitos dos clientes, que auxilia no processo de desenvolvimento e melhoria de produtos (GOVERS, 1996; KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002; MELGOZA *et al.*, 2012). Seu principal foco é maximizar a satisfação do cliente (HSU *et al.*, 2007; YEH, HUANG e YU, 2011).

Pode ser definido como “uma forma de comunicar sistematicamente a informação relacionada com a qualidade e de explicitar ordenadamente o trabalho relacionado à obtenção da qualidade” (CHENG e MELO FILHO, 2007, p.44).

Oriundo da Gestão da Qualidade Total, o QFD desdobra as necessidades dos clientes durante todo o processo de desenvolvimento de produto em requisitos de engenharia, envolvendo equipes interfuncionais (marketing, Pesquisa e Desenvolvimento - P&D, engenharia e manufatura) (CHAN e WU, 2002; GOVERS,1996; GRIFFIN e HAUSER, 1993; HSU *et al.*, 2007; KAHRAMAN, ERTAY e BÜYÜKÖZKAN, 2006; KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002; MELGOZA *et al.*, 2012).

Kahraman, Ertay e Büyüközkan (2006) afirmam que o QFD, além de auxiliar na tradução da voz do consumidor em requisitos de projeto, dá suporte para tomadas de decisões operacionais. Utilizando o QFD essa tradução ocorre de forma bem documentada, em um quadro bem estruturado (KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002).

Chan e Wu (2002) destacam a possibilidade de utilização do QFD nos mais diversos campos. Originalmente, o QFD foi proposto para ser utilizado no desenvolvimento de produtos, gestão da qualidade e análise das necessidades do consumidor, porém sua aplicação já se expandiu para áreas de design, planejamento, tomada de decisão, engenharia, gestão, trabalho em equipe, tempo, custeio, dentre outras. Além disso os autores destacam o elevado número de empresas que prestam consultorias e treinamentos em QFD, os diversos softwares desenvolvidos para facilitar a aplicação, a vasta literatura e grande número de informações disponíveis.

A implementação da Gestão da Qualidade Total, a aplicação de Engenharia Simultânea tem como instrumento fundamental o QFD (HSU *et al.*, 2007; KAHRAMAN, ERTAY e BÜYÜKÖZKAN, 2006). Govers (1996) afirma que o QFD pode ser aplicado não só para desenvolver novos produtos, mas também para corrigir problemas detectados através dos clientes ou para melhorar produtos existentes.

### **2.3. Abordagens do QFD**

Como citado anteriormente, o QFD começou a ser utilizado nos Estados Unidos na década de 1980. Porém a difusão do método ocorreu com características diferentes das originalmente propostas por seu criador, Akao (CHENG e MELO FILHO, 2007). Surgiram diferentes abordagens do QFD que se diferenciam pela abrangência (etapas propostas para executar o

planejamento), pelo número de matrizes utilizadas em cada etapa e pelo uso de ferramentas auxiliares (SILVA, 1996).

A abordagem de Akao, também denominada QFD das quatro ênfases, um método estruturado, cujo foco é análise e documentação. É uma abordagem mais ampla, em que a qualidade deve ser assegurada durante todas as fases de desenvolvimento. Engloba o desdobramento em quatro diferentes perspectivas: desdobramento da qualidade, desdobramento da tecnologia, desdobramento da confiabilidade e desdobramento de custo, sendo que para cada um dos desdobramentos são propostas diversas matrizes.

A utilização ou não de todas as matrizes está relacionada ao tipo de desenvolvimento. O modelo da abordagem de Akao pode ser visto na Figura 2.1. (AKAO, 1990; CHENG e MELO FILHO, 2007; MATOS, 2007; SILVA, 1996).

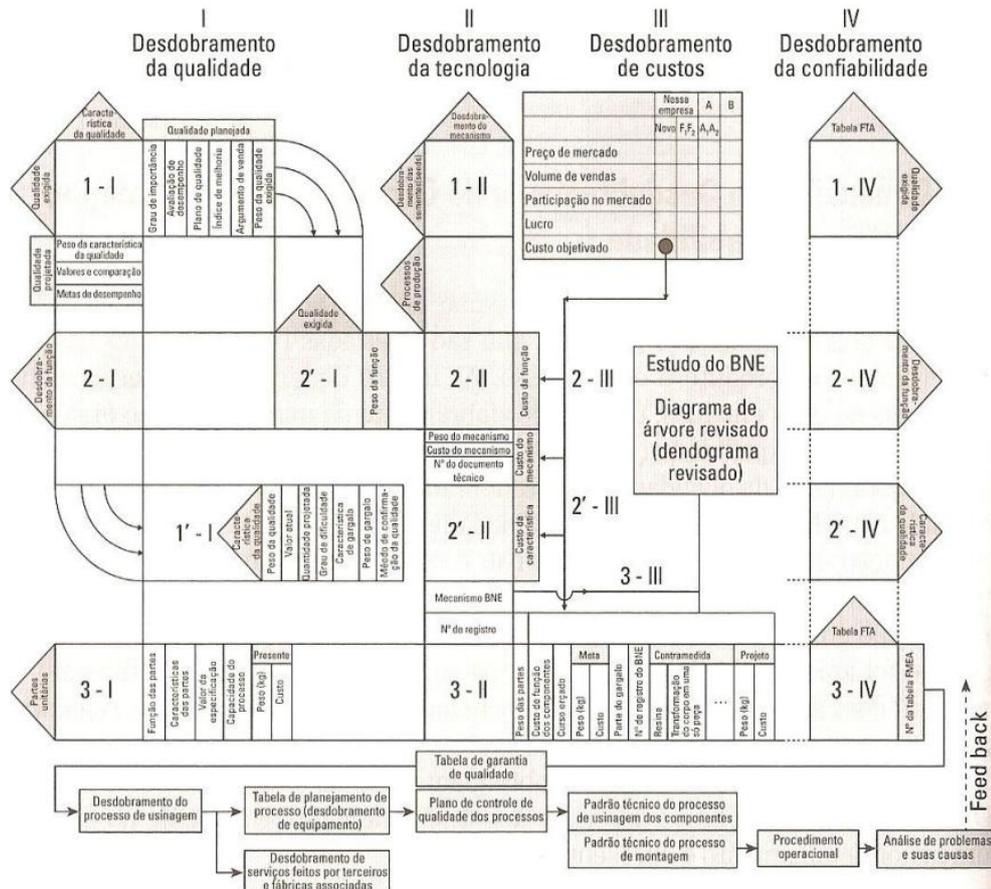


Figura 2.1: Modelo da abordagem de Akao  
Fonte: Akao (1996)

A abordagem de Bob King é a versão americana difundida pelo *Goal/QPC*. Utilizando como base a abordagem de Akao, King agrupou as matrizes, originando a chamada Matriz das Matrizes, contendo ao todo 30 matrizes.

Nesta abordagem os desdobramentos são agrupados de forma mais ordenada, sendo as matrizes utilizadas em uma sequência diferente para cada objetivo específico. Além disso, para assegurar a inovação no QFD foi incluída no processo a utilização do método de seleção Pugh (MATOS, 2007; SILVA, 1996).

A abordagem da Macabe, também conhecida com QFD das Quatro Fases, é o método mais difundido devido a sua simplicidade. É essa versão adotada pelo *American Supplier Institute - ASI* - e que possui maior número de adeptos no Brasil. Caracteriza-se pela realização de quatro desdobramentos principais: planejamento dos produtos, desdobramento dos componentes, planejamento do processo e planejamento da produção (CHENG e MELO FILHO, 2007; SILVA, 1996). Essa é a abordagem adotada nesta dissertação e será detalhada no tópico 2.4, a seguir.

## **2.4. QFD das quatro fases**

O QFD das quatro fases realiza o planejamento da qualidade durante o desenvolvimento de produto, desde a fase de projeto até a produção (CRISTIANO, LIKER e WHITE, 2000; GOVERS, 1996; YEH, HUANG e YU, 2011). Segundo Yeh, Huang e Yu (2011) o QFD traduz as “necessidades do consumidor em atributos de design requeridos, configurações do produto (especificações de partes/componentes), os parâmetros do processo de fabricação e controles de chão de fábrica” (YEH, HUANG e YU, 2011, p. 126).

Cada fase é implementada através da utilização de uma matriz que relaciona “O QUEs” e “COMOs”, tornando sua aplicação mais fácil a medida que se pratica (CHAN e WU, 2005; CRISTIANO, LIKER e WHITE, 2000). A Figura 2.2 mostra um esquema de como são desdobradas as quatro fases do QFD.

Na primeira fase é feita a tradução das necessidades do consumidor em requisitos de projeto, na chamada Matriz da Qualidade, Casa da Qualidade ou Planejamento do Produto. Na segunda fase os requisitos de projeto obtidos na primeira são traduzidos em especificações claras de módulos/componentes por meio da Matriz de Desdobramento das Partes.

Já com a Matriz de Planejamento de Processo, na terceira fase, as especificações de módulos e componentes são traduzidas em operações e processos. Finalmente, por meio das Matrizes de Planejamento de Produção, na quarta fase, as operações e processos chave são traduzidos em controles de produção e planos de qualidade (CHAN e WU, 2005; FERNANDES E REBELATO, 2006; GOVERS, 1996; YEH, HUANG e YU, 2011).

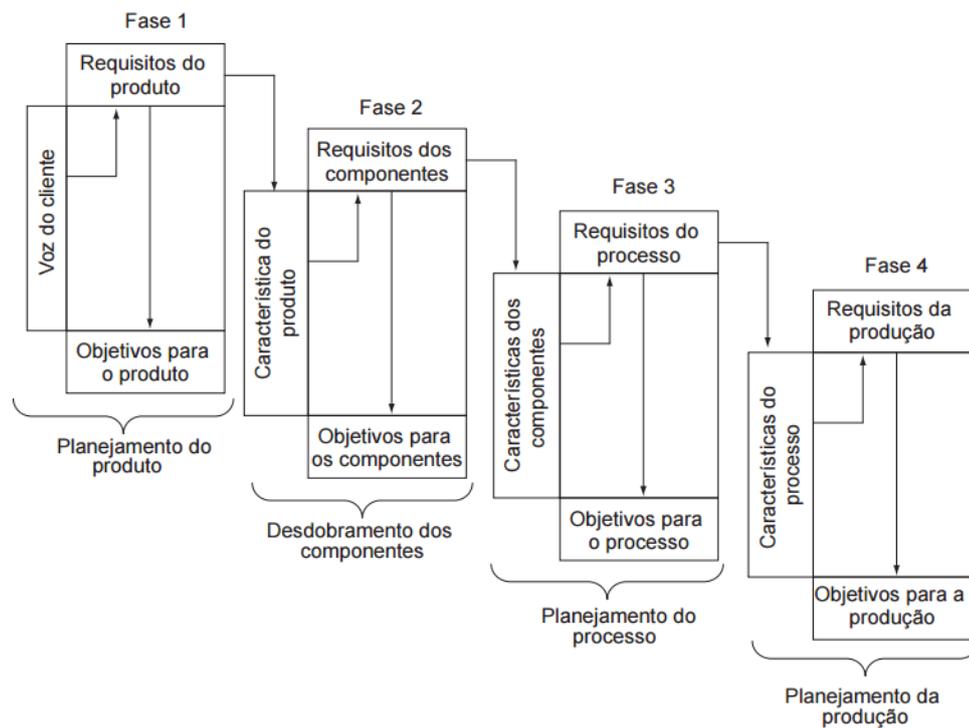


Figura 2.2: As Quatro fases do QFD  
 Fonte: Fernandes e Rebelato (2006)

Conforme citado, a primeira fase é que capta as necessidades dos clientes e as incorpora nas prioridades competitivas da organização e pode ser chamada também de Casa da Qualidade ou Matriz da Qualidade (CHAN e WU, 2005; CRISITANO, LIKER e WHITE, 2000). Em todas as fases, as estruturas e métodos de análise são similares (CHAN e WU, 2005).

Como a primeira fase é a que levanta os requisitos necessários a geração de concepções (CRISITIANO, LIKER e WHITE, 2000), o que é objetivo desse trabalho, será dada ênfase nos requisitos de projeto identificados na Casa da Qualidade.

## 2.5. Casa da Qualidade

A Matriz da Qualidade ou Casa da Qualidade é o meio utilizado para realizar o projeto da qualidade (AKAO, 1996, CHENG e MELO FILHO, 2007). Kahraman, Ertay e Büyüközkan (2006) e Karsak, Sozer e Alpetikin (2002) referem-se à Casa da Qualidade como um tipo de mapa conceitual que facilita a comunicação interfuncional e o planejamento do produto.

Segundo Chan e Wu (2005) e Cheng e Melo Filho (2007), a Matriz da Qualidade interliga o mundo do cliente ao mundo da tecnologia, tendo a capacidade de sistematizar verdadeiramente as qualidades exigidas pelo cliente.

Ela traz informações sobre o que se referem as necessidades dos clientes, as importâncias dadas a elas, como essas necessidades se referem aos requisitos de projeto, as relações entre as necessidades do consumidor e os requisitos de projeto, entre os requisitos de projeto entre si e dados de mercado (CHAN e WU, 2005; GRIFFIN e HAUSER, 1992; HSU *et al.*, 2007; KAHRAMAN, ERTAY e BÜYÜKÖZKAN, 2006).

A Casa da Qualidade, mostrada na Figura 2.3, pode ser considerada o artefato que leva às especificações do produto através da organização do fluxo de pensamento e discussões (HUANG, 2013).

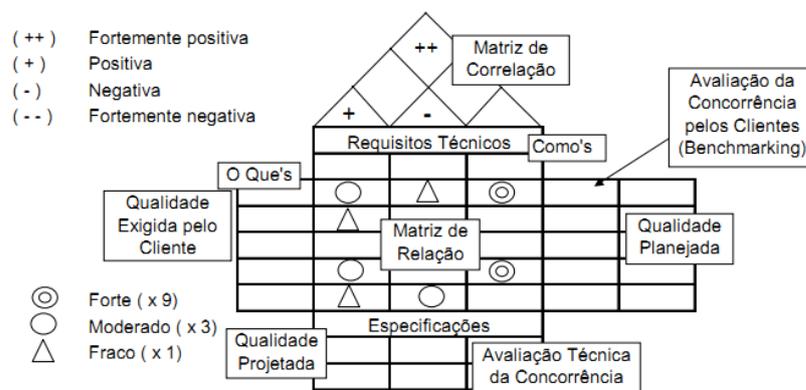


Figura 2.3: Casa da Qualidade  
Fonte: Nagumo (2005)

Em seu trabalho, Govers (1996) descreve o passo-a-passo para a implementação da Casa da Qualidade. Definido o problema que será trabalhado, para implementar a Matriz da Qualidade, inicialmente, deve-se ouvir o cliente (BACK *et al.*, 2008; CHENG e MELO FILHO, 2007; GOVERS, 1996; HUANG, 2013; ROZENFELD *et al.*, 2006).

Para isso, é necessário conversar, realizar entrevistas com os clientes e encorajá-los a descrever suas necessidades e problemas (GRIFIN e HAUSER, 1993; KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002; MELGOZA *et al.*, 2012). Nagumo (2005) destaca a importância de se consultar pessoas de diferentes níveis organizacionais para captar suas necessidades e não tornar o processo centralizado.

Para preenchimento da tabela de Necessidades dos Clientes ou Qualidade Exigida é importante manter, dentro do possível, a linguagem do consumidor (AKAO, 1996; CHENG e MELO FILHO, 2007; MELGOZA *et al.*, 2012; NAGUMO, 2005). Contudo, é necessário certo cuidado, pois manter a linguagem exata do consumidor pode gerar problemas durante a

tradução para requisitos técnicos. Isso porque as informações podem estar muito detalhadas ou gerais, dependendo do caso (KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002).

Segundo Melgoza *et al.* (2012) essa é a primeira parte da Casa a ser preenchida e também a mais importante. Essa tabela será a base para a criação da tabela de Requisitos do Projeto. A linguagem do cliente será traduzida em uma linguagem técnica e em termos mais mensuráveis (AKAO, 1996; CHENG e MELO FILHO, 2007; CRISTIANO, LIKER e WHITE, 2000; NAGUMO, 2005).

Pode-se considerar que os requisitos de projeto mostram a descrição do produto sob o ponto de vista dos designers, ou da equipe de desenvolvimento, para que identifiquem todas as características mensuráveis do produto que os consumidores desejam (MELGOZA *et al.*, 2012).

Os requisitos de projeto podem ser referenciados como a voz da empresa, visto que descrevem o produto em linguagem de engenharia. São eles que irão mensurar o quão bem a empresa consegue satisfazer as necessidades do consumidor (KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002).

É importante destacar que a tradução da voz do consumidor em requisitos de projeto deve ser feita utilizando-se termos referentes ao mercado e que sejam mensuráveis (GRIFFIN e HAUSER, 1993; KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002).

Por outro lado, não existem mecanismos formais para a realização da tradução, o que faz com que esse processo seja realizado de forma qualitativa, com alta carga de subjetividade de forma pouco técnica (FUNG, CHEN e TANG, 2006; YANG e CHEN, 2012; ZHANG, YANG e LIU, 2014).

A tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto deve ser feita de forma que todas as necessidades dos clientes sejam abordadas pelos requisitos obtidos, o que torna esta tarefa bastante desafiadora (KIM, LEE E KIM, 2007).

Além disso, nem todas as necessidades levantadas com os clientes serão passíveis de serem incluídas no projeto, sendo necessário classifica-las e hierarquiza-las (AKAO, 1996; CHENG e MELO FILHO, 2007; CRISTIANO, LIKER e WHITE, 2000; KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002; ROZENFELD *et al.*, 2006).

Segundo Nagumo (2005) para determinar o relacionamento entre as Necessidades dos Clientes com os Requisitos de Projeto é utilizada a chamada Matriz de Relação. Ela constitui o corpo principal da matriz (MELGOZA *et al.*, 2012).

É a parte central da Casa da Qualidade e nela são utilizados símbolos ou escalas numéricas para indicar o nível de relação (forte, moderado ou fraco) (AKAO, 1996; CHENG e MELO

FILHO, 2007; MELGOZA *et al.*, 2012; NAGUMO, 2005; ROZENFELD *et al.*, 2006). Essa possibilita identificar o quanto cada Requisito de Projeto afeta cada necessidade do consumidor (KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002)

O telhado da Casa da Qualidade, denominada Matriz de Correlação, tem por objetivo mostrar a existência de correlação positiva ou negativa entre os Requisitos de projeto (AKAO, 1996; CHENG e MELO FILHO, 2007; NAGUMO, 2005; ROZENFELD *et al.*, 2006). Nesse momento são identificados aqueles requisitos conflituosos entre si, ou seja, os que geram contradições, bem como aqueles que possuem relações positivas. Com isso, deve-se inserir símbolos nas células para indicar qual é a relação entre os requisitos (MELGOZA *et al.*, 2012).

Analisando empresas que trabalham com a mesma linha de produtos, pode-se construir a matriz de Qualidade Planejada. É realizado um *benchmarking* para comparar o produto com os seus concorrentes, avaliar o mercado para que opções de melhoria sejam identificadas (AKAO, 1996; CHENG e MELO FILHO, 2007; NAGUMO, 2005; ROZENFELD *et al.*, 2006).

Nesse momento, é observado como os requisitos identificados como importantes para o consumidor estão presentes nos produtos concorrentes, auxiliando na priorização e determinação do desempenho que deve ser alcançado pelo produto projetado (MELGOZA *et al.*, 2012). A partir daí, tem-se o chamado planejamento do produto, que pode ser desdobrado com as demais matrizes do QFD das quatro fases.

A utilização do QFD gera diversos benefícios para as organizações, como pode ser visto no tópico 2.6, a seguir.

## **2.6. Benefícios**

A aplicação do método QFD nas empresas faz com que elas não tenham uma postura tão reativa a problemas de qualidade, ou seja, as empresas tornam-se mais proativas diante de reclamações de clientes (KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002).

Pesquisas importantes apontam que o QFD é uma forma de melhorar a comunicação entre marketing, engenharia, manufatura e P&D, possibilitando maior sucesso na geração de novos produtos e produtos mais rentáveis. Além disso, essa melhoria na cooperação e comunicação auxilia a tomada de decisões em engenharia, manufatura e P&D, criando um vínculo com a voz do consumidor (GRIFFIN e HAUSER, 1992, 1993). Segundo Huang (2013), reduz a lacuna entre o que o consumidor deseja e o desempenho do produto.

O QFD dispõe as informações em uma série de matrizes, o que auxilia a visualização e o manuseio das informações, facilitando também o seu uso por uma equipe formada por profissionais de diversas áreas (GRIFFIN e HAUSER, 1992, 1993; MELGOZA *et al.*, 2012).

A utilização do QFD reduz custos de produto, custos de produção, o número de alterações de projeto e tempo de desenvolvimento de produto, enquanto aumenta receitas, lucro, melhora qualidade e satisfação do cliente, dentre outras vantagens (CRISTIANO, LIKER e WHITE, 2000; HSU *et al.*, 2007; KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002; MELGOZA *et al.*, 2012).

Segundo Karsak, Sozer e Alpetikin (2002), o QFD otimiza o tempo para introdução de novos ou melhoria de produtos no mercado e reduz correções e problemas, uma vez que descomplica o processo como um todo.

Vale destacar que a utilização do QFD pode reduzir os custos de produção, uma vez que levando em conta as necessidades dos clientes, a empresa pode coordenar funções e competência e alocar recursos, mantendo somente o que possui alguma importância para o consumidor (KARSAK, SOZER e ALPETIKIN, 2002).

Uma vez que o QFD transforma necessidades dos clientes em objetivos de design, determina algumas questões chave que irão garantir a qualidade no estágio de produção. Porém, a utilização do QFD pode ser prejudicada devido às dificuldades relacionadas a sua aplicação (CARNEVALLI e CAUCHICK MIGUEL, 2007).

## **2.7. Dificuldades na aplicação**

A partir da análise de 157 artigos, Carnevalli e Cauchick Miguel (2007) puderam identificar as principais dificuldades metodológicas do QFD. Outros trabalhos, como o de Carnevalli, Sassi e Cauchick Miguel (2004), Chan e Wu (2005), Fung, Chen e Tang (2006), Govers (2001), Herrmann, Huber e Braunstein (2000), Lowe e Ridgway (2000), Parkin, Linsley e Stewardson (2002), Presley, Sarkis e Liles (2000), destacam dificuldades relacionadas ao método.

Segundo os autores, as dificuldades podem ser relacionadas a questões externas ou metodológicas. Dentre as questões externas, pode-se destacar: falta de suporte gerencial/apoio da alta administração, falta de recursos, falta de comprometimentos dos membros da equipe, falta de tempo para o projeto, falta de conhecimento/treinamento em QFD, conflitos de opiniões nas equipes, falta de conhecimento do tipo de produto a ser desenvolvido, estrutura organizacional da empresa, falta de foco no projeto.

Dentre as dificuldades metodológicas, destacam-se: matrizes muito extensas, elaboração das matrizes, englobando a interpretação da voz do cliente, construção da tabela de necessidades dos clientes, atribuição dos pesos às necessidades dos clientes, desdobramento das necessidades dos clientes em requisitos de projeto, definição da qualidade projetada. Nesta pesquisa será dada ênfase no desdobramento das necessidades dos clientes em requisitos de projeto.

Zhang, Yang e Liu (2014) são categóricos ao elencar uma série de "defeitos" do método QFD, a saber:

Defeito 1: Tamanho da matriz é muito grande, aumentando a complexidade e consumo de tempo computacional.

Defeito 2: integralidade e efetividade das necessidades do cliente não pode ser garantida.

Defeito 3: Contar com engenheiros individuais para determinar as características de engenharia de produto tem forte subjetividade.

Defeito 4: O método tradicional QFD não está envolvido em formas específicas e meios para resolver o problema inovador.

Defeito 5: O QFD tradicional não está envolvido o método para avaliação alternativas (ZHANG, YANG e LIU, 2014, p. 62).

O sucesso na implementação do QFD depende intensamente do conhecimento técnico da equipe envolvida (WEY, LIU e CHEN, 2000). Dentre as dificuldades identificadas na literatura, algumas podem ser associadas à falta de conhecimento técnico: falta de conhecimento/treinamento em QFD, falta de conhecimento do tipo de produto a ser desenvolvido, além das dificuldades metodológicas relativas ao trabalho com matrizes muito extensas, elaboração das matrizes, englobando a interpretação da voz do cliente, construção da tabela de necessidades dos clientes, atribuição dos pesos às necessidades dos clientes, desdobramento das necessidades dos clientes em requisitos de projeto, definição da qualidade projetada.

## **2.8. Conhecimento técnico na aplicação do QFD**

O conhecimento técnico é adquirido por meio de experiência, observações pessoais, conhecimento e intuição (CHEN e CHEN, 2006; KUTSCHENREITER-PRASZKIEWICZ, 2013; LIN, WANG e CHEN, 2006; LI *et al.*, 2012; MILAN, BARROS e GAVA, 2000; VEZZETTI, MOOS e KRETLI, 2011).

Vezzetti, Moos e Kretli (2011) afirmam, com certo exagero, que um profissional forma seu conhecimento técnico trabalhando ativamente em problemas, ou seja com a prática.

Ao mesmo tempo, as empresas demandam profissionais com formação bem ampla, com caráter generalista aliado a conhecimentos específicos relativos à função a ser desempenhada (SANTOS e SILVA, 2008).

No caso da engenharia, esse fato não é diferente. Além da formação acadêmica, é exigido dos engenheiros elevado conhecimento técnico. Porém, esse processo, na maioria das vezes, ocorre por meio de tentativas e erros, demandando tempo e elevado nível de recursos.

Essa exigência do mercado orienta práticas pedagógicas em âmbito nacional (SANTOS e SILVA, 2008) que devem contribuir ativamente para a formação do conhecimento técnico dos estudantes.

O processo de aprendizagem está relacionado ao aumento do desempenho por meio da repetição da tarefa. A redução do tempo de aprendizagem está diretamente relacionada a utilização de melhores ferramentas e métodos de trabalho (AGUIAR *et al.*, 2008).

Segundo Graaff e Christensen (2004) e Costa (2015), há a tendência de utilização de metodologias de aprendizagem ativa no ensino nas escolas de engenharia. Para Prince (2004) a aprendizagem ativa engaja os alunos ao processo de aprendizagem, propiciando aos estudantes raciocinem e questionem sobre o que estão fazendo.

Dentre essas metodologias, Costa (2015) destaca a aprendizagem baseada em problemas. Segundo Santos (2010) a aprendizagem baseada em problemas utiliza problemas práticos e reais para ensinar aos alunos as competências e o conteúdo proposto. O autor destaca ainda que esse tipo de metodologia faz com que o aluno desenvolva uma postura ativa e absorva mais facilmente a informação. Importante destacar também que os problemas apresentados aos estudantes poderão ser enfrentados na vida real, em suas carreiras (DIAS, TURRIONI e SILVA, 2012).

Como o QFD é um componente comum nas disciplinas de engenharia no Brasil (CHENG e MELO FILHO, 2007), a utilização de práticas de aprendizagem ativa pode contribuir para a formação do conhecimento técnico necessário, reduzindo assim as dificuldades de implementação.

Conforme elucidado nos tópicos anteriores, nessa dissertação o foco se dá na tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto, visto que faltam mecanismos formais para esse processo e sua realização por meio de *brainstorming*, como ocorre geralmente, é complexa e pode ser ainda mais prejudicada pela falta de conhecimento técnico dos envolvidos (FUNG, CHEN e TANG, 2006; YAN e CHEN, 2012, ZHANG, YANG e LIU, 2014).

Outra questão importante é que devido à sua origem pessoal, pode ser que o conhecimento técnico não seja mantido na organização, no caso da troca da equipe de desenvolvimento, envolvida na aplicação do QFD. Destaca-se aí a importância de definir um meio para armazenar experiências anteriores e o conhecimento na empresa. E por meio da formalização da linguagem utilizada, o processo de recuperação de experiências anteriores e reutilização do conhecimento técnico seria facilitado (VEZZETTI, MOOS e KRETLI, 2011).

## 2.9. Contexto das pesquisas em QFD

Para analisar as publicações sobre QFD foram levantados artigos publicados sobre o tema. Os dados foram extraídos da base de dados *ISI Web of Science*. Para compilar os dados e fazer as análises, foi utilizado o software Microsoft Excel, além das ferramentas “Analisar resultados” e “Criar relatórios de citações” da própria base de dados *ISI Web of Science*.

A utilização da base de dados *ISI Web of Science* pode ser justificada por uma base multidisciplinar, que indexa mais 12700 periódicos e que possui atualização semanal. A base contém o *Science Citation Index*, *Social Science Citation Index* e *Arts & Humanities Citation Index*, sendo o fator de impacto e outros indicadores bibliométricos do *Journal Citation Report - JCR* - calculado a partir deles (COSTA *et al.*, 2012).

Outro fator determinante para a utilização da base *ISI Web of Science* é o fato de o acesso pela Universidade Federal de Itajubá ser livre. Outras bases, como *Scopus* e *Elsevier* poderiam ter sido utilizadas, porém nota-se que seu conteúdo é complementar ao do *ISI Web of Science*, sendo que muitos periódicos podem ser encontrados em mais de uma delas.

Sabe-se que o Desdobramento da Função Qualidade – QFD – é um método que pode ser aplicado com as mais diversas finalidades, nas mais diversas áreas. Como o presente estudo deseja identificar as pesquisas acerca do método QFD no desenvolvimento de produtos, foi realizada uma pesquisa por “Tópico” utilizando os termos “QFD” e “*product development*” na base *Web of Science*, no dia 16 de abril de 2015. Foram encontrados 265 documentos publicados entre os anos de 1998 e 2015, segundo a Figura 2.4.

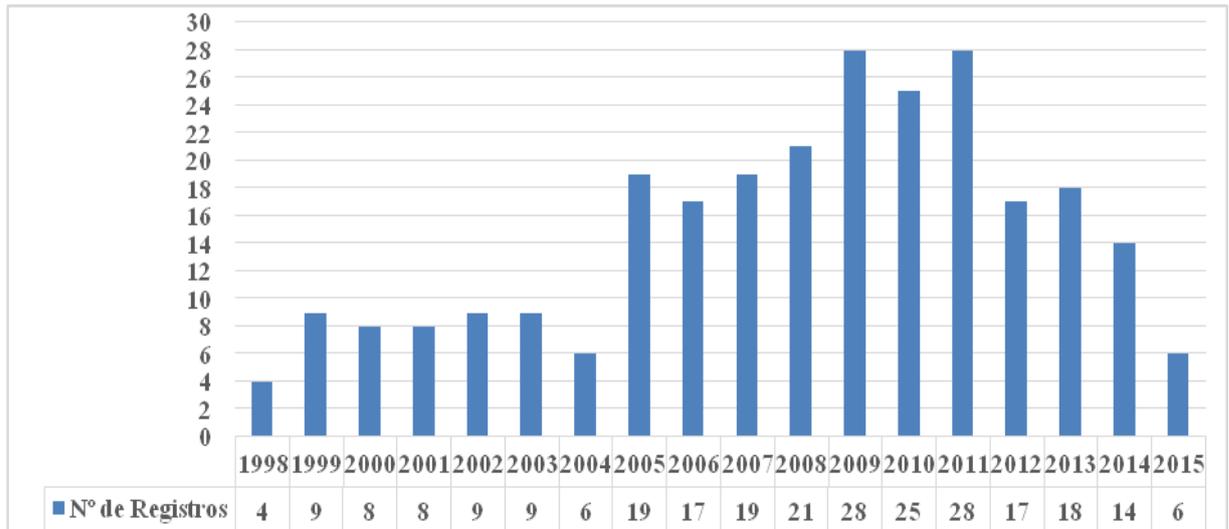


Figura 2.4: Publicações relativas a “QFD” e “*product development*” por ano  
 Fonte: ISI Web of Science

Analisando os “Tipos de Documentos” presentes nos resultados, verificou-se que 1% são revisões, 41% artigos publicados em eventos (Congressos, Conferências, dentre outros) e 58% artigos publicados em periódicos, como mostrado na Figura 2.5.

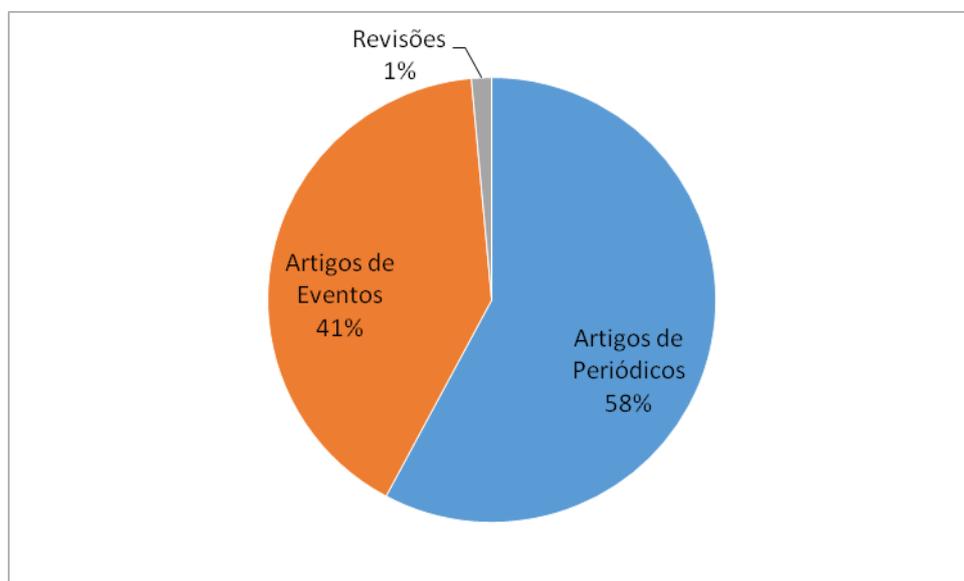


Figura 2.5: Tipos de Documentos relativos a “QFD” e “*product development*”  
 Fonte: ISI Web of Science

Sendo assim, foi feito o refinamento por “Tipo de Documento” selecionando apenas “Artigos”, o que levou a uma amostra de 159 documentos, publicados entre os anos de 1998 e 2015, como mostrado na Figura 2.6.

O número de publicações foi mais alto no ano de 2011, com um total de 21 artigos. Entre 1998 e 2004, o número máximo de publicações foi 6, e nos demais anos manteve o número de

publicações entre 10 e 15, com exceção de 2014, em que houve 8 publicações. Em relação ao ano de 2015 ainda não é possível tirar conclusões, pois a pesquisa foi realizada na primeira metade do ano.

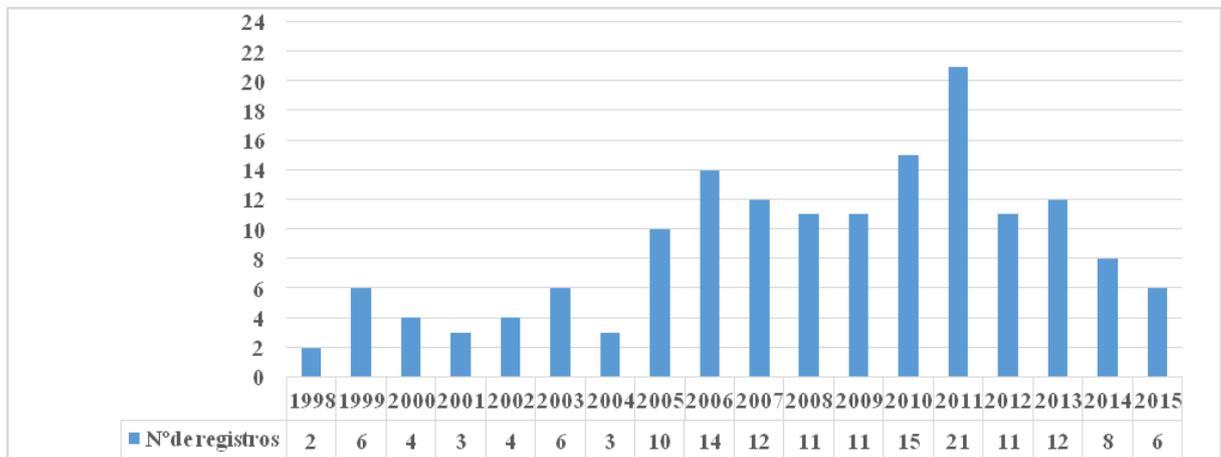


Figura 2.6: Publicações por ano em periódicos relativas a "QFD" e "product development"  
Fonte: ISI Web of Science

A amostra selecionada tem um total de 2.450 citações dentre os anos de 1999 e 2015, sendo que o máximo de citações ocorreu nos anos de 2011, 2013 e 2014, com 352, 351 e 350, respectivamente, como mostra a Figura 2.7.

Nota-se uma tendência crescente no número de citações até 2011. Em 2012 o número reduziu em torno de 10%, porém no ano seguinte esse número cresceu novamente. Em 2015, o número é menor, porém é necessário considerar a data em que a pesquisa foi realizada.

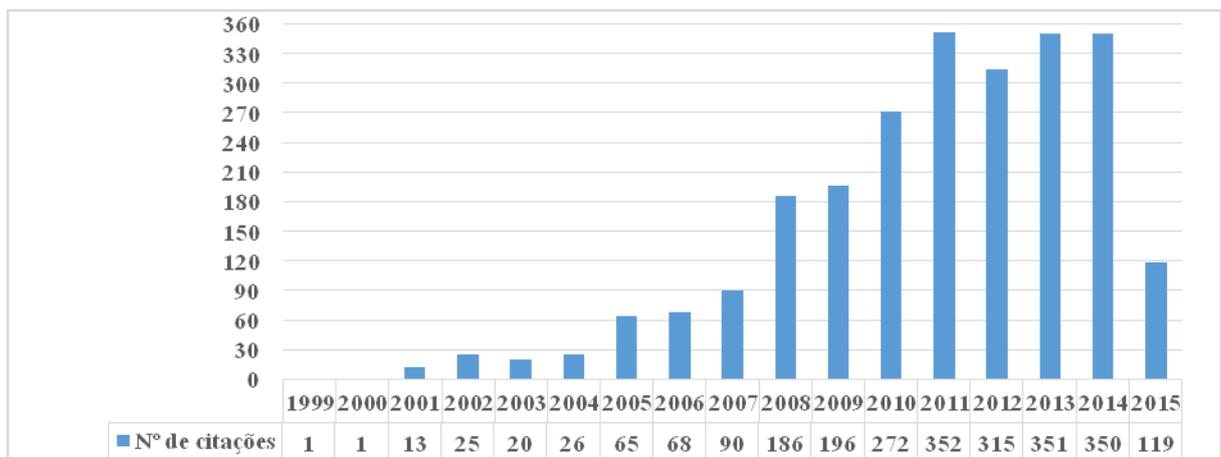


Figura 2.7: Citações por ano de artigos relativos a "QFD" e "product development"  
Fonte: ISI Web of Science

Nos artigos presentes na amostra, há um total de 320 autores. O Quadro 2.1 mostra o nome dos autores com pelo menos 2 publicações. O número máximo de publicações de um mesmo

autor é 9. Importante destacar que a ordenação da tabela é feita por número de publicações e, dentre os que possuem o mesmo número, por ordem alfabética.

Quadro 2.1: Autores dos artigos relativos a "QFD" e "product development"

Autor	Nº de Publicações	Autor	Nº de Publicações
TANG JF	9	DUHOVNIK J	2
CHEN LH	8	ERTAY T	2
BUYUKOZKAN G	7	HAN Y	2
CHEN YZ	7	JONGEN WMF	2
CHIN KS	6	KAHRAMAN C	2
KO WC	6	KANG HY	2
FUNG RYK	5	KAO HP	2
DELICE EK	4	KIM DH	2
GUNGOR Z	4	KIM KJ	2
KWONG CK	4	KOBAYASHI H	2
LUO XG	4	KUMAR R	2
BROMBACHER AC	3	KUSAR J	2
CHU XN	3	LIKER JK	2
CIFCI G	3	LIN MC	2
FEYZIOGLU O	3	LU Y	2
KHOO LP	3	MIDHA PS	2
LEE AHI	3	NEPAL B	2
LI YL	3	RATHOD G	2
LIN CY	3	SHEN XX	2
TAN KC	3	STARBEK M	2
VINODH S	3	TOMAZEVIC R	2
WANG CH	3	TU YL	2
XIE M	3	WANG B	2
ZHAI LY	3	WANG CC	2
ZHANG ZF	3	WANG YM	2
ZHONG ZW	3	WENG MC	2
CHEN L	2	WHITE CC	2
CHEN Y	2	YADAV OP	2
CRISTIANO JJ	2	YANG ZH	2
DEN OUDEN E	2	ZHENG LY	2

Fonte: ISI Web of Science

Ao pesquisar quais são os periódicos aos quais pertencem as publicações, são identificados 73. Dentre eles, 29 possuem mais de uma publicação e são apresentados no Quadro 2.2. O periódico que mais publica sobre o método QFD relacionado ao desenvolvimento de produtos é o *International Journal of Production Research* que possui 20 publicações.

Quadro 2.2: Principais periódicos com artigos relativos a "QFD" e "product development"

Periódico	Nº de publicações
INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH	20
EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS	9
INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY	8
COMPUTERS INDUSTRIAL ENGINEERING	7
CONCURRENT ENGINEERING RESEARCH AND APPLICATIONS	6
FOOD QUALITY AND PREFERENCE	5
JOURNAL OF ENGINEERING DESIGN	5
EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH	4
INFORMATION SCIENCES	4
QUALITY AND RELIABILITY ENGINEERING INTERNATIONAL	4
ENGINEERING OPTIMIZATION	3
IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT	3
INDUSTRIAL MANAGEMENT DATA SYSTEMS	3
INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING	3
INTERNATIONAL JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING THEORY APPLICATIONS AND PRACTICE	3
INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS	3
TOTAL QUALITY MANAGEMENT BUSINESS EXCELLENCE	3
APPLIED MATHEMATICAL MODELLING	2
APPLIED SOFT COMPUTING	2
CLEAN TECHNOLOGIES AND ENVIRONMENTAL POLICY	2
COMPUTERS IN INDUSTRY	2
FUZZY SETS AND SYSTEMS	2
JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	2
JOURNAL OF INTELLIGENT MANUFACTURING	2
JOURNAL OF MECHANICAL DESIGN	2
MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELLING	2
PROCEEDINGS ANNUAL RELIABILITY AND MAINTAINABILITY SYMPOSIUM	2
RESEARCH IN ENGINEERING DESIGN	2
STROJNISKI VESTNIK JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING	2

Fonte: ISI Web of Science

Analisando o país de origem dos autores dos artigos, foi verificado que o país que mais publica é a China com 37 artigos, seguida de Taiwan, 28, Estados Unidos, 17, e Turquia, 15. Os demais países possuem um menor número de publicações, o que pode ser observado no Quadro 2.3.

O Brasil encontra-se dentre os países relacionados com 2 publicações sobre o tema: Cardoso, Filho e Cauchick Miguel (2015) apresentam um modelo adaptado do QFD para aplicação no desenvolvimento de produtos orgânicos e Frank *et al.* (2013) utilizam o QFD em conjunto com outras ferramentas para realizar análise de investimentos.

Quadro 2.3: Número de artigos relativos a “QFD” e “*product development*” por país

País	Nº de Publicações	País	Nº de Publicações
CHINA	37	BRASIL	2
TAIWAN	28	ALEMANHA	2
EUA	17	HONG KONG	2
TURQUIA	15	NOVA ZELÂNDIA	2
SINGAPURA	8	ROMÊNIA	2
INGLATERRA	6	TAILÂNDIA	2
ÍNDIA	6	FINLÂNDIA	1
HOLANDA	6	FRANÇA	1
IRÃ	5	ISRAEL	1
CORÉIA DO SUL	5	JORDÂNIA	1
CANADÁ	4	POLÔNIA	1
JAPÃO	4	ÁFRICA DO SUL	1
ITÁLIA	3	ESPANHA	1
MALÁSIA	3	SUÍÇA	1
ESLOVÊNIA	3	SÍRIA	1
AUSTRÁLIA	2	PAÍS DE GALES	1
BÉLGICA	2		

Fonte: ISI *Web of Science*

Em resumo, de acordo com os resultados da base *ISI Web of Science*, há uma tendência de queda nas publicações relacionadas ao QFD nos últimos anos, porém o número de citações em 2011, 2013 e 2014 se manteve constante.

Dentre os 320 autores identificados, somente 7 publicaram mais que 5 artigos. O periódico que mais publica é o *International Journal of Production Research*, com um total de 20 das 159 publicações. Os países com os maiores números de artigos são China, Taiwan, Estados Unidos e Turquia.

Dentre todos os artigos identificados, somente o trabalho de Kim, Lee e Kim (2007) aborda a tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto. Os autores propõem uma lista de atributos a ser utilizada para realizar a tradução. A elaboração da lista de atributos foi baseada em manuais de física, na TRIZ e em outras referências em várias disciplinas de Engenharia. De maneira similar ao que está sendo avaliado nesta dissertação, o artigo realiza a validação da proposta por meio de experimentos desenvolvidos com alunos de graduação de engenharia, avaliando como a lista de atributos auxilia na tradução.

Os trabalhos de Fung, Chen e Tang (2006) e Yang e Chen (2012) destacam que há uma lacuna no que se refere a mecanismos formais para traduzir necessidades dos clientes em requisitos de projeto, porém não focam o trabalho nesta questão.

Com base na análise realizada, pôde-se identificar os artigos mais citados sobre QFD, os quais foram a base para este trabalho. A partir deles, outros artigos foram encontrados e utilizados na fundamentação teórica elaborada.

## 3. TEORIA DA SOLUÇÃO INVENTIVA DE PROBLEMAS - TRIZ

Ainda relacionado à fundamentação teórica, este capítulo apresenta a Teoria da Solução Inventiva de Problemas. Inicialmente são apresentadas as origens e fundamentos do método, além dos principais conceitos, definições. Depois, são apresentadas as ferramentas que compõem a TRIZ e explorados com maior detalhes o Método dos Princípios Inventivos e Matriz de Contradições, ferramentas mais difundidas. Em seguida, são apresentados os benefícios no método e o contexto de pesquisas sobre TRIZ.

### 3.1. Origem e Fundamentos

A Teoria da Solução Inventiva de Problemas, originada do termo russo *Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch* – TRIZ, começou a ser desenvolvida a partir dos anos 1940/50 na ex-URSS por Altshuller. A teoria é genericamente abordada por seu acrônimo TRIZ e em inglês como *Theory of Inventive Problem Solving* – TIPS – sendo conhecida também como Inovação Sistemática (*Systematic Innovation*) (CARVALHO e BACK, 2001; GOEL e SINGH, 2008; HEGEDUS, 2000; ; LOW *et al.*, 2001; MANN, 2000, 2001; MELGOZA *et al.*, 2012; MOEHRLE, 2005; TERKINO, ZUSMAN e ZLOTIN, 1998; WEBB, 2002).

A teoria surgiu como resultado de 50 anos de pesquisa (MELGOZA *et al.*, 2012), período em que foram analisadas 200 mil de patentes de diversas áreas. O objetivo da análise era a definição dos processos utilizados nas patentes para geração de soluções criativas (BACK *et al.*, 2008; CARVALHO e BACK, 2001; HEGEDUS, 2000; LOW *et al.*, 2001; MELGOZA *et al.*, 2012; MOEHRLE, 2005; ROZENFELD *et al.* 2007; WEBB, 2002). O pesquisador desejava descobrir se haveria algum tipo de lógica por trás das invenções (HEGEDUS, 2010). Nos anos 1990 a TRIZ começou a ser aplicada nos Estados Unidos para auxiliando na etapa do projeto conceitual (MELGOZA *et al.*, 2012).

Muitos conceitos permeiam a definição da TRIZ, sendo necessários uma breve descrição para seu entendimento.

#### 3.1.1. Níveis de Inovação

Altshuller pôde perceber que a grande maioria das patentes possuía apenas melhorias nos produtos originais, ou seja, um pequeno nível de inovação. Com a análise realizada, pôde identificar cinco diferentes níveis de inovação, mostrados no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Níveis de Inovação

<b>Nível</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Descrição</b>	<b>Ordem de grandeza de opções a serem analisadas</b>
<b>1</b>	Solução Convencional ou Aparente	32%	Soluções óbvias extraídas apenas poucas opções claras. Solução por métodos bem conhecidos dentro da especialidade.	10
<b>2</b>	Pequena Invenção Dentro do Paradigma (Pequenas melhorias)	45%	Melhoria em um sistema existente, através da redução de contradições, geralmente com algum compromisso.	100
<b>3</b>	Invenção Substancial dentro da Tecnologia (Grandes Melhorias)	18%	Introdução de um novo elemento para solucionar uma contradição em um sistema existente.	1.000
<b>4</b>	Invenção Fora da Tecnologia (Novos Conceitos)	4%	Geração de um novo conceito usando um princípio completamente diferente para a função primária. Elimina a contradição, já que sua existência é impossível no novo sistema. Faz uso da ciência, conceitos científicos pouco conhecidos ou mesmo desconhecidos, e não da tecnologia existente.	100.000
<b>5</b>	Descoberta	1%	Descoberta de um fenômeno e aplicação em um problema inventivo. Envolve uma grande descoberta e desenvolvimento de nova ciência.	1.000.000

Fonte: Baseado em Altshuller (2007), Carvalho (2007) e Terninko, Zusnan e Zlotin (1998)

Altshuller focou suas pesquisas nos níveis 2,3 e 4. O nível 1 não está incluso, pois muitas vezes não exige necessariamente inovações criativas. Já o nível 5 exige grandes descobertas e não havia uma amostra significativa desse tipo de inovação para que se pudesse tirar conclusões confiáveis (HEGEDUS, 2000; TERNINKO, ZUSMAN e ZLOTI, 1998).

Huang (2013) destaca algumas conclusões importantes sobre o processo de inovação:

- Os mesmo problemas e soluções ocorrem repetidamente em empresas e na ciência;
- Empresas e ciência repetem padrões de evolução técnica;
- Inovações usam efeitos científicos fora do campo em que foram desenvolvidas.

### **3.1.2. Evolução dos sistemas técnicos**

De acordo com as conclusões obtidas por Altshuller, os sistemas técnicos evoluem de forma não aleatória, seguindo leis (HEGEDUS, 2000; MELGOZA *et al.*, 2012).

Yan e Chen (2012) destacam as oitos leis formuladas pela TRIZ:

- Etapas da evolução de um sistema tecnológico: fases do ciclo de vida de um produto são avaliadas, resultando em informações base para planejamento de estratégias futuras de produtos.
- Evolução para o aumento da idealidade: definição clara de como elevar a idealidade de um produto
- Desenvolvimento não uniforme dos elementos do sistema: descrição da contradição potencial entre limitações da evolução do produto e suas partes funcionais.
- Evolução em direção a aumentar o dinamismo e capacidade de controle: o aumento do dinamismo resulta em maior flexibilidade e variedade na execução das funções e, ao mesmo tempo, exige elevar a capacidade de controle.
- Aumentar a complexidade seguido de simplificação: a evolução dos sistemas tende inicialmente ao aumento da complexidade (aumento de funções, por exemplo) e, em seguida, à simplificação (manutenção ou aumento do desempenho através de um sistema menos complexo).
- Evolução com combinação e separação de elementos: à medida que um sistema técnico evolui, seus elementos são combinados ou separados com o objetivo de aumentar o desempenho ou compensar efeitos indesejados

- Evolução em direção a níveis micro e aumento da utilização de campo: a evolução dos sistemas técnicos tendem a ser de macro sistemas para micro. Para alcançar melhor controle ou desempenho são utilizados diferentes tipos de campos de energia.
- Evolução em direção a redução do envolvimento humano: substituição do homem na realização de determinadas funções, liberando-o para realização de trabalhos mais intelectuais, visto que os sistemas tendem a realizar tarefas mais tediosas.

Durante a evolução dos sistemas técnicos, de acordo com essas leis, surgem conflitos entre as partes do sistema quando ocorrem melhorias em uma parte que já atingiu seu auge de desempenho funcional. É essa situação que gera as contradições técnicas e a determinação dos requisitos técnicos serão resultantes da melhor combinação entre as características dessas partes. Decisões sobre essas características podem gerar vantagem para uma parte, mas desvantagens para outras (MELGOZA *et al.*, 2012).

### **3.1.3. Contradições**

Durante o processo de desenvolvimento de produto, geralmente ocorrem problemas de contradição (CHOU, 2014). Contradições podem ser definidas como condições conflitantes em relação a um mesmo sistema técnico (CARVALHO e BACK, 2001). São requisitos aparentemente opostos ou incompatíveis (CARVALHO, 2007; HEGEDUS, 2000).

Yeh, Huang e Yu (2011) afirmam que contradições ocorrem quando há deterioração em um ou mais características do sistema devido à tentativa de melhorar outra característica. Na TRIZ clássica são de interesse dois tipos de contradições (CARVALHO, 2007), conforme mostrado no Quadro 3.2.

Para Altshuller, o processo de resolução de contradições entre parâmetros resulta em invenções (LOW *et al.*, 2001). Segundo Carvalho e Back (2001), solucionar uma contradição consiste em resolvê-la criativamente e não em procurar evita-la.

Quadro 3.2 - Tipos de Contradição

Tipo	Descrição	Exemplo
<b>Contradições Físicas</b>	Realizar uma ação é necessário, mas ao mesmo tempo prejudicial ao sistema. Sua execução ativa funções benéficas e também funções prejudiciais.	Aumentar a luminosidade e reduzir o consumo de energia
<b>Contradições Técnicas</b>	Uma propriedade A é necessária ao sistema para desempenhar determinada função, porém para solucionar o problema não se pode ter a propriedade A ou necessita-se de uma propriedade anti A.	Desejar um carro pequeno mas não querer perder o conforto e espaço interno

Fonte: Baseado em Hegedus (2000)

### 3.1.4. Recursos

Quaisquer componentes do sistema ou dos arredores que ainda não são utilizados para executar as funções úteis no sistema são denominados recursos (CARVALHO e BACK, 2001; CARVALHO, 2007; MANN, 2000).

Segundo Carvalho (2007) os recursos auxiliam na solução de problemas, sendo que fazem parte do próprio problema ou cercanias. Soluções inventivas e oportunidades de melhoria nos sistemas técnicos podem surgir a partir da identificação de recurso, o que faz com que ocorra uma busca incessante por eles (CARVALHO e BACK, 2001; MANN, 2000). Além disso, com a utilização dos recursos pode-se aproximar um sistema da idealidade (CARVALHO, 2007).

### 3.1.5. Idealidade

Segundo Carvalho e Back (2001), Carvalho (2007) e Hegedus (2000) um projeto ideal é aquele que consegue aumentar os efeitos benéficos e reduzir os efeitos prejudiciais de um sistema técnico. Sendo assim, é representada pela “razão entre o número de funções desejadas e o número de funções indesejadas que o sistema executa” (CARVALHO e BACK, 2001, p.2). A idealidade pode ocorrer não só por inovações incrementais, mas também radicais (CARVALHO, 2007).

Segundo Hegedus (2000) há várias formas de se alcançar a idealidade:

- Adicionar funções ou melhorar os desempenhos das funções mais importantes;
- Eliminar funções desnecessárias;
- Simplificar os sistemas através da combinação de subsistemas de várias funções;
- Obter maior taxa de crescimento de funções benéficas que funções prejudiciais.

A idealidade pode ser obtida tanto através da utilização de recursos como pela resolução de contradições (CARVALHO e BACK, 2001). É importante destacar também que a idealidade é uma das leis de evolução dos sistemas técnicos (CARVALHO, 2007; YEN e CHEN, 2012).

### 3.2. Definição

A TRIZ pode ser definida como “uma abordagem sistemática para encontrar soluções inovadoras para problemas técnicos” (WEBB, 2002, p.117). Segundo Altshuller (2004) a Teoria da Solução Inventiva de Problemas foi criada como um método totalmente novo para resolver problemas criativos oriundos da revolução técnico-científica.

Um problema criativo é constituído por pelo menos uma contradição entre parâmetros (HEGEDUS, 2000; TERNINKO, ZUSMAN e ZLOTIN, 1998). Já uma solução inovadora será resultado da solução das contradições, aumento da idealidade e maior utilização de recursos úteis (CHOU, 2014).

Segundo Chou (2014) e Melgoza *et al.* (2002), a TRIZ pode ser usada como uma forma de auxiliar no processo de solução de problemas de projetos de inovação, visto que facilita o manuseio de condições conflituosas por engenheiros de projeto. Sendo assim, auxilia na geração de concepções devido à eliminação de contradições.

Tendo como base ciência e tecnologia, a TRIZ pode ser definida como um algoritmo que oferece orientações estratégicas, alto nível de criatividade e inventividade e baseia-se em padrões para solução de problemas inventivos (CHOU, 2014; MELGOZA *et al.*, 2012).

Segundo Terninko, Zusman e Zlobin (1998) a base para elaboração da teoria é que através da aplicação de soluções inovadoras pode-se solucionar sistematicamente as contradições. Sendo assim, a TRIZ é construída a partir de três premissas: “o design ideal é uma meta; contradições ajudam a resolver problemas; o processo de inovação pode ser estruturado sistematicamente” (TERNINKO, ZUSMAN e ZLOTIN, 1998, p. 3).

Com base na obra de Altshuller, a TRIZ “é composta por métodos para a formulação e a solução de problemas, uma base de conhecimento para leis da evolução e dos sistemas técnicos” (CARVALHO e BACK, 2001, p. 2). Mais ainda, a TRIZ auxilia na resolução de problemas de projetos de engenharia e no desenvolvimento de novos produtos,

principalmente ligados a projetos mecânicos, reunindo conhecimentos e experiências relativos às inovações (CHO e KIM, 2010; HUANG, 2013).

Segundo Carvalho (2007) e Mann (2000, 2001), o processo geral da TRIZ consiste em partir de um problema específico, tornando-o um problema abstrato/genérico para encontrar uma solução abstrata/genérica e chegar a uma solução específica, como mostrado na Figura 3.1.

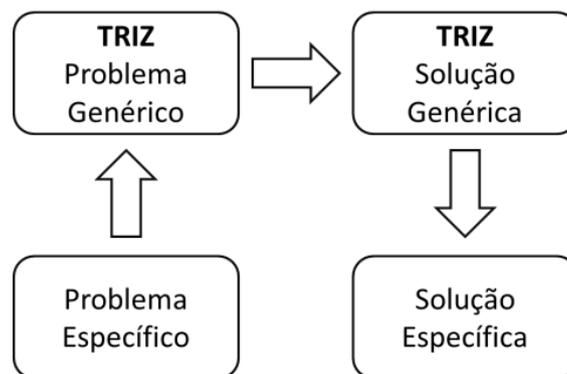


Figura 3.1: Processo Básico de Solução de Problemas TRIZ  
Fonte: Mann (2000, 2001)

Ainda segundo Mann (2000, 2001) de maneira geral, pode-se dizer que as principais conclusões da pesquisa realizada foram:

- Um pequeno número de estratégias e princípios inventivos são utilizados para geração de inovações;
- É altamente previsível como a tecnologia evolui;
- Elementos prejudiciais e indesejados de um sistema são transformados em recursos no desenvolvimento de soluções fortes;
- As contradições e *trade-offs* mais utilizados nas práticas de design são ativamente buscados e destruídos para a criação de soluções fortes.

Com a análise das patentes, Altshuller pôde perceber que a grande maioria delas possuía apenas melhorias nos produtos originais, ou seja, um pequeno nível de inovação. Foi observado também que as melhorias eram feitas sobre uma série típica de parâmetros, utilizando-se um padrão de princípios inventivos. Então, Altshuller levantou 39 parâmetros de engenharia e 40 princípios inventivos envolvidos na geração de inovações, que podem ser vistos no Quadro 3.3 e no Quadro 3.4 (BACK *et al.*, 2008, GOEL e SINGH, 1998; LOW *et al.*, 2001; ROZENFELD *et al.* 2007).

Quadro 3.3: 39 Parâmetros de Engenharia

1	Peso do objeto móvel	21	Potência
2	Peso do objeto estático	22	Perda de energia
3	Comprimento do objeto móvel	23	Perda de substância
4	Comprimento do objeto estático	24	Perda de informação
5	Área do objeto móvel	25	Perda de tempo
6	Área do objeto estático	26	Quantidade de substância
7	Volume do objeto móvel	27	Confiabilidade
8	Volume do objeto estático	28	Precisão de medição
9	Velocidade	29	Precisão de manufatura/fabricação
10	Força	30	Fatores externos indesejados atuando no objeto
11	Tensão ou pressão	31	Efeitos indesejados causados pela ação do objeto
12	Forma	32	Manufaturabilidade
13	Estabilidade da composição/objeto	33	Conveniência de uso
14	Resistência	34	Reparabilidade ou manutenibilidade
15	Durabilidade do objeto móvel	35	Adaptabilidade ou versatilidade
16	Durabilidade do objeto estático	36	Complexidade do dispositivo
17	Temperatura	37	Complexidade de controle
18	Intensidade luminosa	38	Nível de automação
19	Energia gasta pelo objeto móvel	39	Capacidade ou Produtividade
20	Energia gasta pelo objeto estático		

Fonte: Baseado em Altshuller (2007)

Quadro 3.4: 40 Princípios Inventivos

<b>1</b>	Segmentação ou fragmentação	<b>21</b>	Aceleração
<b>2</b>	Remoção ou extração	<b>22</b>	Transformação de prejuízo em lucro
<b>3</b>	Qualidade Localizada	<b>23</b>	Retroalimentação
<b>4</b>	Assimetria	<b>24</b>	Mediação
<b>5</b>	Consolidação	<b>25</b>	Auto-serviço
<b>6</b>	Universalização	<b>26</b>	Cópia
<b>7</b>	Aninhamento	<b>27</b>	Uso e Descarte
<b>8</b>	Contrapeso	<b>28</b>	Substituição dos meios mecânicos
<b>9</b>	Compensação prévia	<b>29</b>	Construção pneumática hidráulica
<b>10</b>	Ação Prévia	<b>30</b>	Uso de filmes finos e membranas flexíveis
<b>11</b>	Amortecimento prévio	<b>31</b>	Uso de materiais porosos
<b>12</b>	Equipotencialidade	<b>32</b>	Mudança de cor
<b>13</b>	Inversão	<b>33</b>	Homogeneização
<b>14</b>	Recurvação	<b>34</b>	Descarte e regeneração
<b>15</b>	Dinamização	<b>35</b>	Mudança de parâmetros e propriedades
<b>16</b>	Ação parcial ou excessiva	<b>36</b>	Mudança de fase
<b>17</b>	Transição para nova dimensão	<b>37</b>	Expansão térmica
<b>18</b>	Vibração mecânica	<b>38</b>	Uso de oxidantes fortes
<b>19</b>	Ação periódica	<b>39</b>	Uso de atmosferas inertes
<b>20</b>	Continuidade da ação útil	<b>40</b>	Uso de materiais compostos

Fonte: Baseado em Altshuller (2007)

A TRIZ pode ser utilizada em conjunto com diversos métodos, como pode ser visto nos trabalhos de Cho e Kim (2010), Cugini *et al.* (2009) e Low *et al.* (2001).

Devido a sua contribuição no desenvolvimento de produtos inovadores, pode-se constatar um grande aumento da aceitação do meio industrial ao longo das últimas décadas (CHOU, 2014). Para auxiliar nesse processo, a TRIZ possui diversas ferramentas, citadas no tópico 3.4, a seguir.

### **3.3. Ferramentas**

A TRIZ é composta por diversas ferramentas para auxiliar na resolução de problemas inventivos, que podem ser utilizadas de forma individual ou combinada. São elas: Matriz de Contradições, Método dos Princípios Inventivos – MPI; Algoritmo para a solução Inventiva de Problemas – ARIZ; Análise campo-substância, As 76 soluções padrão, Leis de Evolução do Sistema, dentre outras (CHOU, 2014; MANN, 2000; MOEHRLE, 2005).

A partir dessas ferramentas, procura-se solucionar o problema inventivo e gerar concepções que serão avaliadas para selecionar a melhor em cada situação (CHOU, 2014).

Esta dissertação irá explorar os métodos mais difundidos são o Método dos Princípios Inventivos e a Matriz de Contradições.

### **3.4. O Método dos Princípios Inventivos e a Matriz de Contradições**

As duas formas mais tradicionais de se utilizar a TRIZ são por meio do Método dos Princípios Inventivos e da Matriz de Contradições.

O Método dos Princípios Inventivos consiste na análise dos princípios e sua aplicação direta para melhorar ou solucionar o problema do sistema técnico sobre o qual se está atuando (CARVAHO e BACK, 2001; KIATAKE, 2004). Segundo Melgoza *et al.* (2012) “princípios são sugestões genéricas para executar uma ação para, e dentro de, um sistema técnico”. Cho e Kim (2010) destacam que diferentes concepções são obtidas a partir de diferentes combinações entre os princípios inventivos (CHO e KIM, 2010).

Além da identificação dos 40 princípios inventivos, Althuller realizou uma classificação deles, do mais usado ao menos usado: 35, 10, 1, 28, 2, 15, 19, 18, 32, 13, 26, 3, 27, 29, 34, 16, 40, 24, 17, 6, 14, 22, 39, 4, 30, 37, 36, 25, 11, 31, 38, 8, 5, 7, 21, 23, 12, 33, 9 e 20 (CARVALHO e BACK, 2001; DEMARQUE, 2005; KIATAKE, 2004).

Isso significa que o usuário possui duas opções: selecionar os princípios a serem utilizados pela análise de cada um deles ou utilizá-los de acordo com a ordem proposta por pelo autor da teoria.

Para utilização da Matriz de Contradições é necessária a identificação de contradições entre Parâmetros de Engenharia. Segundo Carvalho e Back (2001), “os parâmetros de engenharia correspondem a grandezas genéricas, presentes em problemas técnicos de diferentes áreas” (CARVALHO e BACK, 2001, p. 3).

Um problema de engenharia pode ser constituído por uma contradição entre parâmetros. Para eliminar as contradições são utilizados os princípios inventivos (ALTSULLER, 2007; BACK *et al.*, 2008, GOEL e SINGH, 1998; LOW *et al.*, 2001; ROZENFELD *et al.* 2007). Conforme citado anteriormente, o algoritmo da TRIZ possui 40 princípios, a partir dos quais, diversas soluções conceituais para problemas técnicos podem ser desenvolvidas (MELGOZA *et al.*, 2012).

Altshuller pôde identificar quais eram os princípios inventivos relacionados a cada tipo de contradição, ou seja, quais seriam aqueles a serem utilizados para solucioná-las, o que deu origem à Matriz. Dependendo da contradição podem ser utilizados determinados princípios inventivos para sua eliminação. (ALTSULLER, 2007; BACK *et al.*, 2008, GOEL e SINGH, 1998; LOW *et al.*, 2001; ROZENFELD *et al.* 2007).

Sendo assim, a Matriz de Contradições é composta pelos princípios de auxiliam na eliminação das contradições (DEMARQUE, 2005; KAITAKE, 2005; MELGOZA *et al.*, 2012). Para a utilização da Matriz de Contradições, deve-se identificar as contradições presentes no sistema, traduzindo-as em parâmetros de engenharia: um parâmetro a ser melhorado e outro que será prejudicado devido à melhora do primeiro.

Melhorar um parâmetro pode significar seu aumento ou redução, dependendo do caso. Sendo assim, há duas possibilidades para a elaboração das contradições: através da característica que necessita de melhoria e/ou pela característica que deve ser reduzida, eliminada ou neutralizada. Em seguida, deve-se formular essas contradições técnicas em função dos parâmetros de engenharia. A partir daí, é feita consulta da Matriz de contradições onde são identificados os princípios inventivos com maior potencial para a resolução dos problemas (CARVALHO e BACK, 2001).

A Figura 3.2 mostra um fragmento da Matriz de Contradições. A Matriz completa pode ser visualizada no ANEXO A.

	Característica Contraditória →	Característica a melhorar ↓	Peso do objeto em movimento	Peso do objeto parado	Comprimento do objeto em movimento	Comprimento do objeto parado	Área do objeto em movimento	Área do objeto parado	Volume do objeto em movimento	Volume do objeto parado	Velocidade	Força (Intensidade)	Força ou pressão	Forma
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Peso do objeto em movimento		+	-	15, 8, 29, 34	-	29, 17,	-	29, 2, 40, 28	-	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36,	10, 14,
2	Peso do objeto parado		-	+	-	10, 1, 29, 35	-	35, 30,	-	5, 35, 14, 2	-	8, 10, 19, 35	13, 29,	13, 10,
3	Comprimento do objeto em movimento		8, 15, 29, 34	-	+	-	15, 17, 4	-	7, 17, 4, 35	-	13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29
4	Comprimento do objeto parado		35, 28,	-	+	-	17, 7, 10, 40	-	35, 8, 2, 14	-	-	28, 10	1, 14, 35	13, 14,
5	Área do objeto em movimento		2, 17, 29, 4	-	14, 15,	-	+	-	7, 14, 17, 4	-	29, 30, 4,	19, 30,	10, 15,	5, 34, 29, 4
6	Área do objeto parado		-	30, 2, 14, 18	-	26, 7, 9, 39	-	+	-	-	-	1, 18, 35, 36	10, 15,	
7	Volume do objeto em movimento		2, 26, 29, 40	-	1, 7, 4, 35	-	1, 7, 4, 17	-	+	-	29, 4, 38, 34	15, 35,	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4
8	Volume do objeto parado		-	35, 10,	19, 14	35, 8, 2, 14	-	-	-	+	-	2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35
9	Velocidade		2, 28, 13, 38	-	13, 14, 8	-	29, 30, 34	-	7, 29, 34	-	+	13, 28,	6, 18, 38, 40	35, 15,
10	Força (Intensidade)		8, 1, 37, 18	18, 13, 1,	17, 19, 9,	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28,	+	18, 21, 11	10, 35,

Figura 3.2: Matriz de Contradições (Fragmento)  
Fonte: Demarque (2005)

Independentemente da ferramenta utilizada, o emprego da TRIZ gera diversos benefícios para as organizações, o que será mais explorado a seguir.

### 3.5. Benefícios

A utilização da TRIZ traz diversos benefícios no processo de desenvolvimento de produto. A teoria dá um direcionamento a soluções padrão, reduzindo o processo de tentativa e erro (CHOU, 2014; HEGEDUS, 2000). Pode ser utilizada com um guia para novos campos científicos, auxiliando pesquisadores na concepção.

Além disso, auxilia na compreensão dos fatores que podem afetar o desempenho do produto, mostrando qual caminho deve-se seguir para solucionar contradições (HEGEDUS, 2000). Sendo assim, Yan e Chen (2012) destacam a utilização da TRIZ como uma forma de prever desenvolvimentos futuros e tendências.

### 3.6. Contexto das pesquisas em TRIZ

De maneira similar ao que foi feito no Capítulo 2, para analisar as publicações sobre TRIZ foram identificados artigos publicados sobre o tema. Os dados foram extraídos da base de dados *ISI Web of Science*. Para compilar os dados e fazer as análises, foi utilizado o software

Microsoft Excel, além das ferramentas “Analisar resultados” e “Criar relatórios de citações” da própria base de dados *ISI Web of Science*.

Assim como o QFD, a Teoria da Solução Inventiva de Problemas – TRIZ – pode ser aplicada com as mais diversas finalidades, nas mais diversas áreas. Como o presente estudo deseja avaliar a aplicação da TRIZ no desenvolvimento de produtos, foi realizada uma pesquisa por “Tópico” utilizando os termos “TRIZ” e “*product development*” na base *ISI Web of Science*, no dia 16 de abril de 2015. Foram encontrados 81 documentos publicados entre os anos de 1998 e 2015, segundo a Figura 3.3.

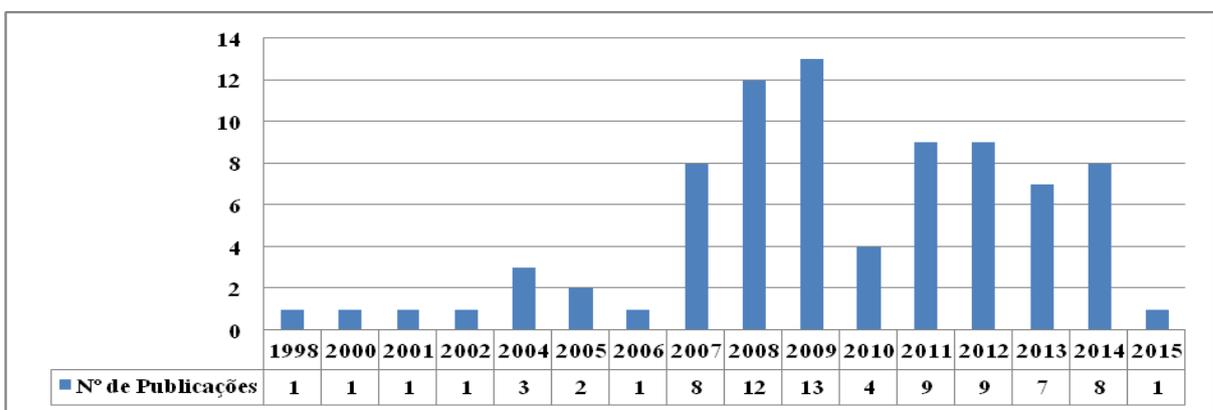


Figura 3.3: : Publicações relativas a “TRIZ” e “*product development*” por ano  
Fonte: *ISI Web of Science*

Analisando os “Tipos de Documentos” presentes nos resultados, verificou-se que 2% são revisões, 32% artigos publicados em periódicos e 66% artigos publicados em eventos (Congressos, Conferências, dentre outros) como mostrado na Figura 3.4.

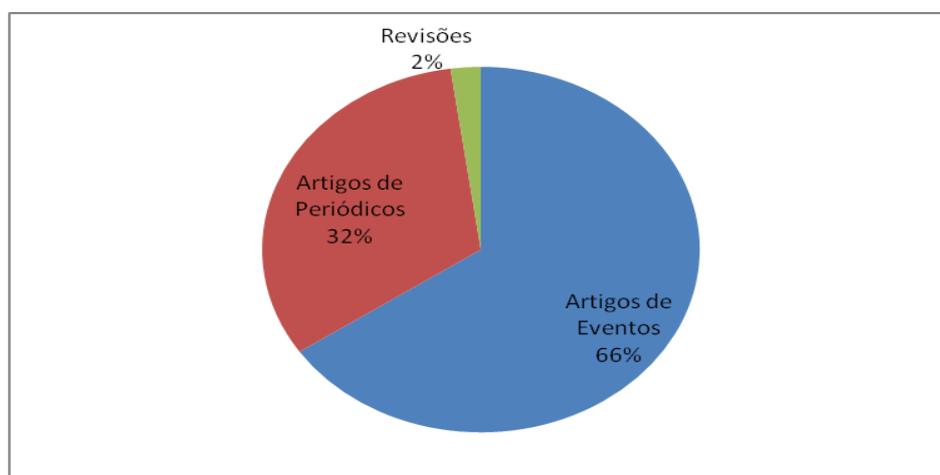


Figura 3.4: Tipos de Documentos relativos a “TRIZ” e “*product development*”  
Fonte: *ISI Web of Science*

Sendo assim, foi feito o refinamento por “Tipo de Documento” selecionando apenas “Artigos”, o que levou a uma amostra de 29 documentos, publicados entre os anos de 1998 e 2015, como mostrado na Figura 3.5.

O número de publicações é baixo em todos os anos, sendo o número máximo de publicações no ano de 2014. Em 1999, 2000, 2003 e 2006 não houve nenhuma publicação. Em relação ao ano de 2015 ainda não é possível tirar conclusões, devido à data em que a pesquisa foi realizada.

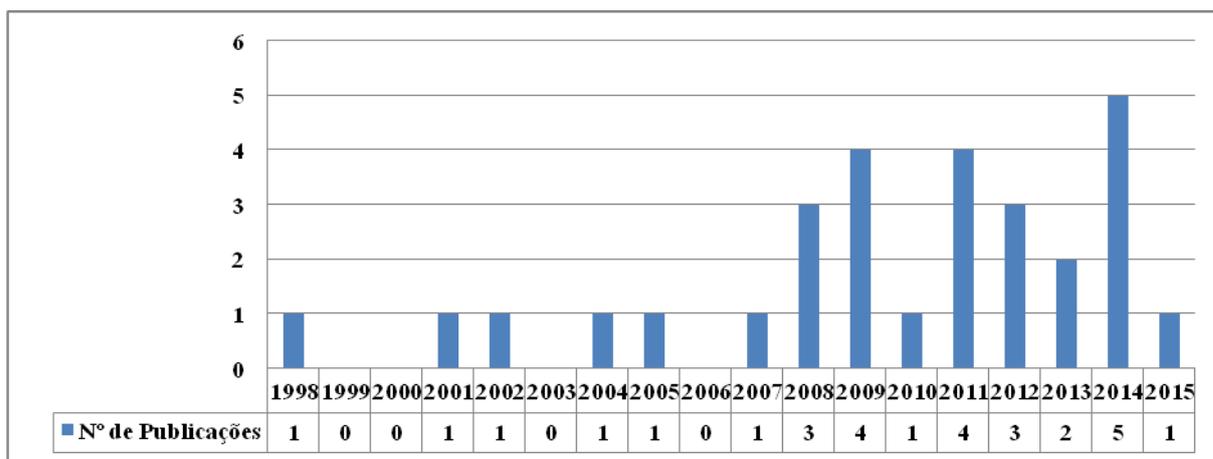


Figura 3.5: Publicações por ano em periódicos relativas a "TRIZ" e "product development"  
Fonte: ISI Web of Science

A amostra selecionada tem um total de 152 citações dentre os anos de 2004 e 2015, sendo que o máximo de citações ocorreu nos anos de 2013 e 2011, com 28 e 26, respectivamente, como mostra a Figura 3.6.

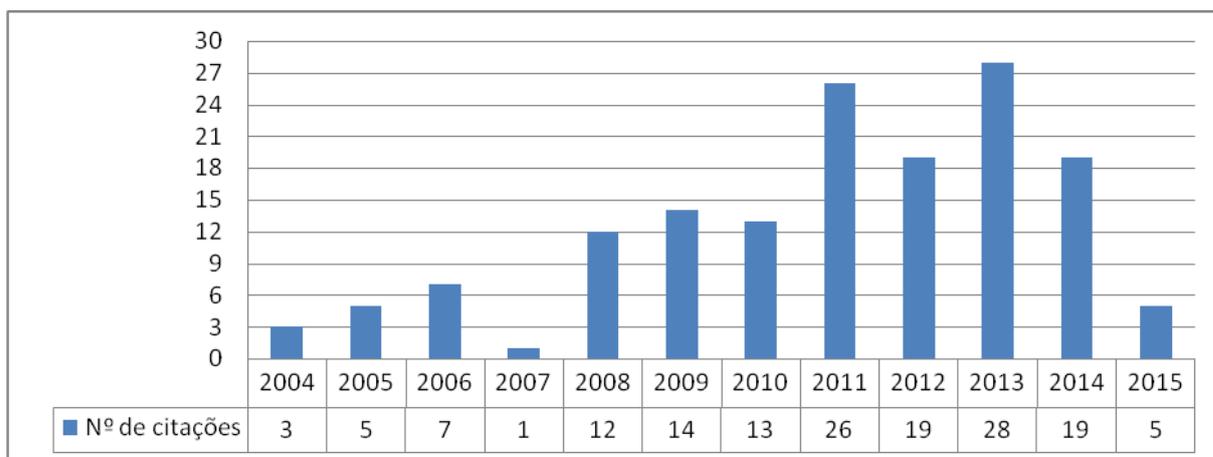


Figura 3.6: Citações por ano de artigos relativos a “TRIZ” e “product development”  
Fonte: ISI Web of Science

Nos artigos presentes na amostra, há um total de 83 autores. Somente dois deles publicaram mais de um artigo: Cascini, com 4 publicações e Rotini com 3.

Ao pesquisar quais são os periódicos aos quais pertencem as publicações, são identificados 24, mostrados no Quadro 3.5.. Somente 3 deles já publicaram mais de um artigo sobre TRIZ e desenvolvimento de produtos.

Quadro 3.5: Periódicos com artigos relativos a "TRIZ" e "product development"

Periódico	Nº de Publicações
INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH	4
COMPUTERS IN INDUSTRY	3
EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS	2
ADVANCED ENGINEERING INFORMATICS	1
ADVANCES IN MATERIALS MANUFACTURING SCIENCE AND TECHNOLOGY	1
APPLIED MATHEMATICAL MODELLING	1
COMPUTER AIDED DESIGN	1
COMPUTERS INDUSTRIAL ENGINEERING	1
CONCURRENT ENGINEERING RESEARCH AND APPLICATIONS	1
IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRONICS PACKAGING MANUFACTURING	1
INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING EDUCATION	1
INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE COMPUTING INFORMATION AND CONTROL	1
JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	1
JOURNAL OF MECHANICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY	1
JOURNAL OF SYSTEMS SCIENCE AND SYSTEMS ENGINEERING	1
JOURNAL OF THE BRAZILIAN SOCIETY OF MECHANICAL SCIENCES AND ENGINEERING	1
MATERIALS SCIENCE FORUM	1
PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS PART B JOURNAL OF ENGINEERING MANUFACTURE	1
PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS PART C JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING SCIENCE	1
RECENT PATENTS ON NANOTECHNOLOGY	1
RESEARCH TECHNOLOGY MANAGEMENT	1
STROJNISKI VESTNIK JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING	1
TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE	1
TRANSFORMATIONS IN BUSINESS ECONOMICS	1

Fonte: ISI Web of Science

Analisando o país de origem dos autores dos artigos, pôde-se verificar que as publicações vêm de 13 países, como mostrado no Quadro 3.6. A Itália possui 6 publicações, sendo o país que mais publica, seguido de Taiwan com 5.

O Brasil também já publicou 2 artigos sobre o tema: o artigo de Labouriau e Naveiro (2015) explora o conceito de padrão de evolução e outras ferramentas da TRIZ no desenvolvimento

de novos produtos, apresentando um estudo de caso em uma empresa brasileira; já o trabalho de Carvalho (2013) apresenta a metodologia de ideação de novos produtos chamada IDEATRIZ, desenvolvida pelo pesquisador em sua tese de Doutorado tomando como base a TRIZ.

Quadro 3.6: Número de artigos relativos a “QFD” e “*product development*” por país

País	Nº de Publicações
ITÁLIA	6
TAIWAN	5
CHINA	3
CORÉIA DO SUL	3
EUA	3
BRASIL	2
ROMÊNIA	2
INGLATERRA	1
FRANÇA	1
ÍNDIA	1
JAPÃO	1
ESLOVÊNIA	1
TURQUIA	1

Fonte: *ISI Web of Science*

De acordo com os resultados da base *ISI Web of Science*, percebe-se a existência de poucas publicações relacionadas a TRIZ. Não é possível identificar uma tendência de crescimento ou queda, pois o número de itens publicados por ano é bastante pequeno, sendo que em 2014 houve o máximo: 5 publicações. Conseqüentemente, o número de citações também é pequeno.

Os 29 artigos identificados foram publicados em 24 diferentes periódicos. Somente 3 deles possuem mais de 1 publicação. O mesmo comportamento é identificado em relação aos autores. São um total de 83 e somente 2 deles possuem mais de um artigo. Em relação aos países, os que mais publicam são Itália e Taiwan, com 6 e 5 publicações, respectivamente. Por meio dessa busca, foram identificados 2 artigos brasileiros.

Sendo assim, pode-se concluir que, há pesquisadores no Brasil que realizam pesquisas relacionadas a TRIZ, porém, assim como no *ISI Web of Science*, essa pesquisa ainda é reduzida.

Como essa pesquisa foca a contribuição da TRIZ para identificar os requisitos de projeto no contexto do QFD, se faz necessário realizar uma análise bibliométrica acerca dos artigos que abordam os dois métodos.

## 4. PUBLICAÇÕES CONJUNTAS QFD E TRIZ

Neste capítulo, são apresentados os artigos conjuntos acerca de QFD e TRIZ. Inicialmente é feito um levantamento e análise bibliométrica por meio da base de dados *ISI Web of Science* e da plataforma *Lattes*. Em seguida, é apresentada uma análise dessas publicações.

### 4.1. Contexto das publicações conjuntas TRIZ e QFD

Assim como foi realizado para a identificação das publicações sobre QFD e TRIZ separadamente, para avaliar o contexto das pesquisas conjuntas acerca de QFD e TRIZ foram levantados artigos publicados sobre o tema. Os dados foram extraídos da base de dados *ISI Web of Science* e da plataforma *Lattes*.

Para compilar os dados e fazer as análises, foram utilizados os softwares Citespace e o Microsoft Excel, além das ferramentas “Analisar resultados” e “Criar relatórios de citações” da própria base de dados *ISI Web of Science*.

No dia 16 de abril de 2015 foi realizada uma pesquisa por “Tópico” utilizando os termos “QFD” e “TRIZ” sem nenhuma restrição em relação aos anos de publicação na base de dados *ISI Web of Science*. Foram encontrados 66 documentos publicados entre os anos de 1998 e 2014, segundo a Figura 4.1.

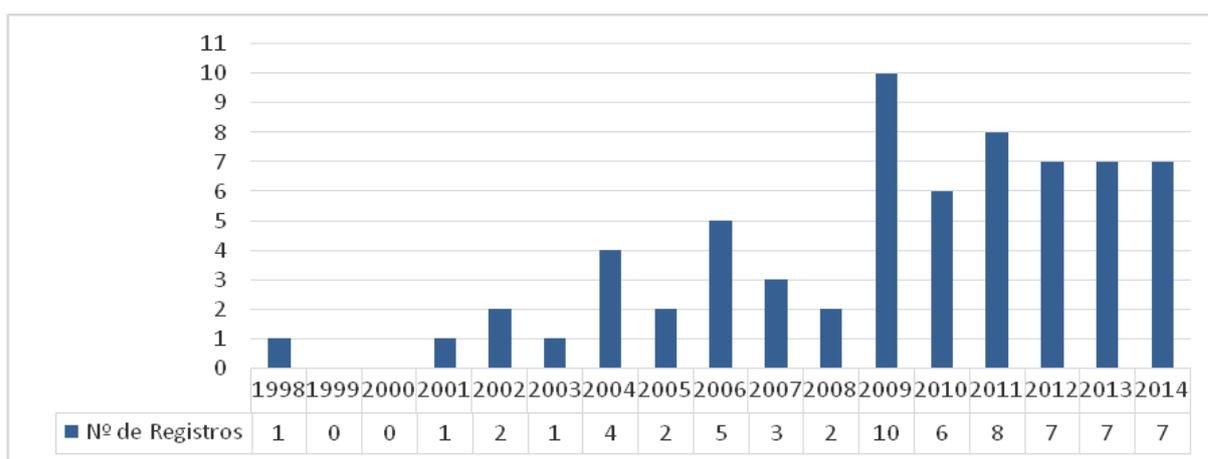


Figura 4.1: Publicações relativas a “QFD” e “TRIZ” por ano  
Fonte: *ISI Web of Science*

Analisando os “Tipos de Documentos” presentes nos resultados, verificou-se que 66% correspondiam a artigos publicados em eventos (Congressos, Conferências, dentre outros) e somente 33% eram artigos publicados em periódicos, como mostrado na Figura 4.2.

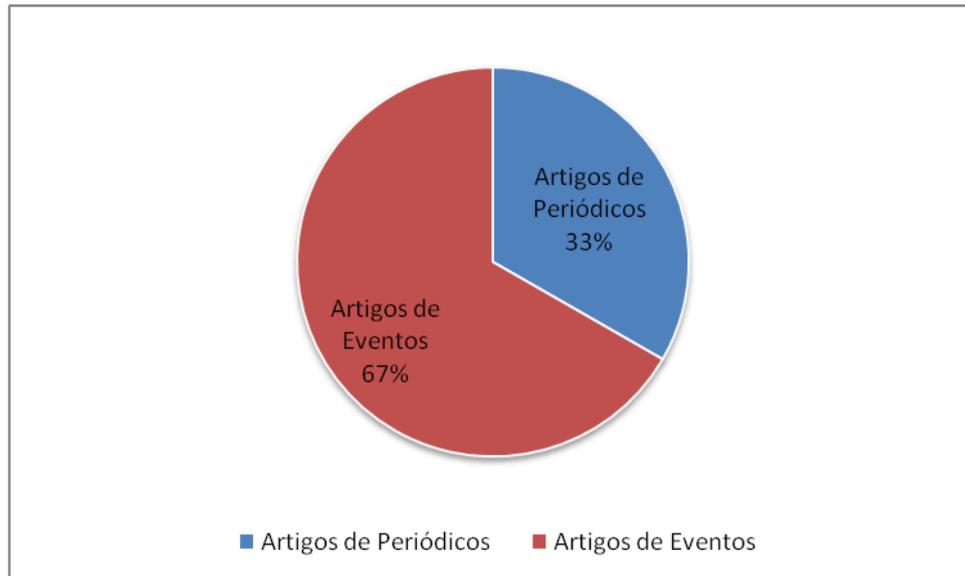


Figura 4.2: Tipos de Documentos relativos a "QFD" e "TRIZ"  
Fonte: ISI *Web of Science*

Sendo assim, foi feito o refinamento por “tipo de documento” selecionando apenas “artigos”, o que levou a uma amostra de 22 artigos, publicados entre os anos de 1998 e 2014, como mostrado na Figura 4.3. O número de publicações foi mais alto nos anos de 2011 e 2013, com um total de 3 artigos, constatando um baixo índice de publicações por ano. Nos anos de 1999, 2000, 2003, 2005 e 2006 não houve nenhuma publicação relacionada ao tema.

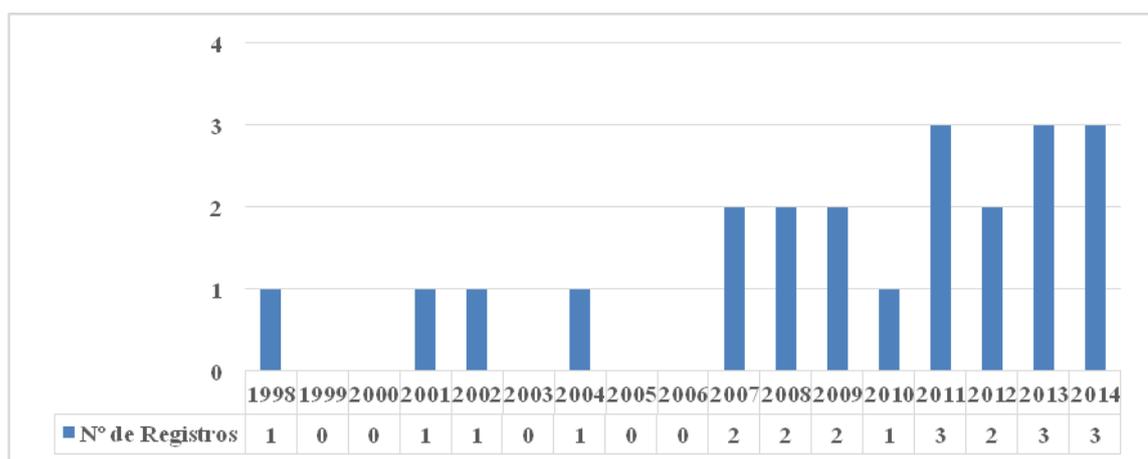


Figura 4.3: Publicações por ano em periódicos relativas a "QFD" e "TRIZ"  
Fonte: ISI *Web of Science*

A amostra selecionada tem um total de 181 citações dentre os anos de 2002 e 2015, sendo 32 o número máximo de citações registradas por ano (nos anos de 2011 e 2013). Pode-se observar também na Figura 4.4 que no ano de 2003 não houve nenhuma citação.

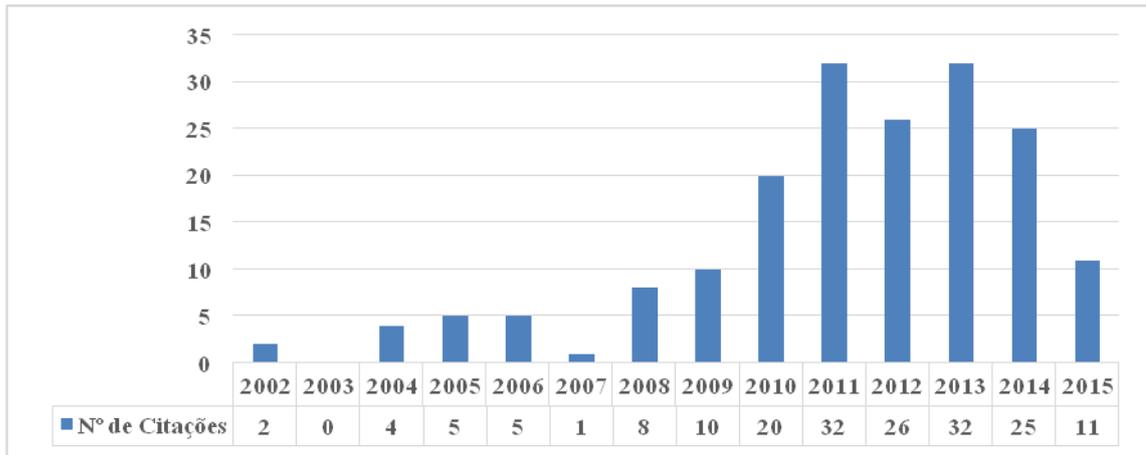


Figura 4.4: Citações por ano de artigos relativos a “QFD” e “TRIZ”  
Fonte: ISI Web of Science

Utilizando o software de análise bibliométrica Citespace, foi feita a rede de co-citações a partir dos dados dos artigos pertencentes à amostra. De acordo com a Figura 4.5, foi verificado que a publicação de Yamashina, Ito e Kawada (2002), que trata da integração dos métodos QFD e TRIZ, foi a publicação mais citada, seguida da publicação de Chan e Wu (2002), que trata do método QFD.

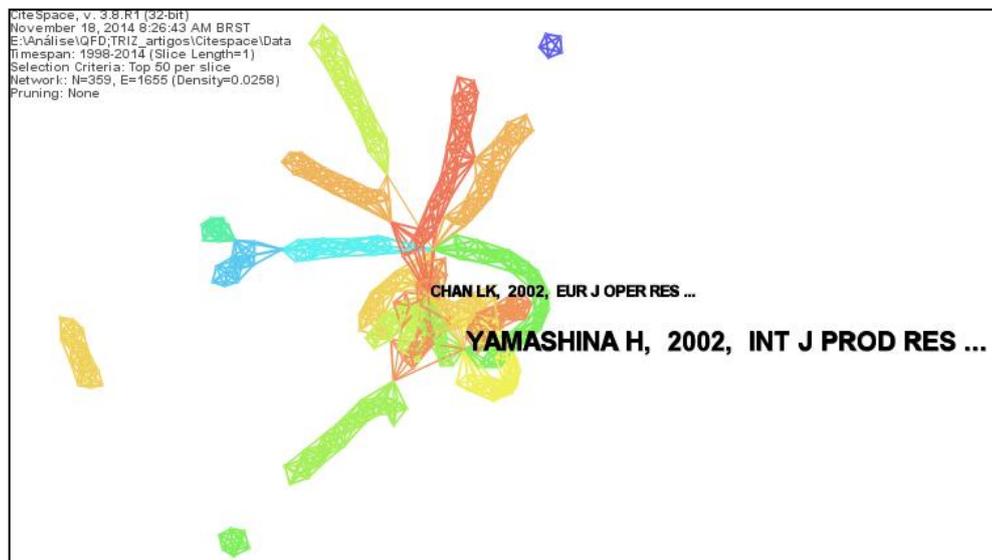


Figura 4.5: Rede de Co-citações

Nos artigos presentes na amostra, há um total de 54 autores. Como pode ser visto no Quadro 4.1, dentre eles, não há muita variação no número de artigos publicados, sendo que somente 1 autor publicou 3 artigos, 3 autores publicaram 2 e os demais tiveram somente uma publicação. Importante destacar que a ordenação da tabela é feita por número de publicações e, dentre os que possuem o mesmo número, por ordem alfabética.

Quadro 4.1: Autores dos artigos relativos a "QFD" e "TRIZ"

Autor	Nº de Publicações	Autor	Nº de Publicações
LIN CS	3	LIU CH	1
BRAD S	2	LIU WD	1
CHEN LS	2	MELEMEZ K	1
HSU CC	2	MELGOZA EL	1
BREMER-BREMER MH	1	MOLINA-RUIZ M	1
CHANG CY	1	MOOS S	1
CIURANA J	1	ROSELL A	1
DI GIRONIMO G	1	SAKAO T	1
EDELHAUSER E	1	SEFIK M	1
ESPOSITO G	1	SERENO L	1
FAN GC	1	SONG D	1
HU CS	1	SU CT	1
HUANG JCY	1	TSAI CC	1
IONICA A	1	TSENG CH	1
ITO T	1	VEZZETTI E	1
JUGULUM R	1	WANG C	1
KAWADA H	1	WANG R	1
KILLANDER AJ	1	WANG SY	1
KIM S	1	XU CD	1
KRETLI S	1	YAMASHINA H	1
LANZOTTI A	1	YANG ML	1
LEBA M	1	YEH CH	1
LEON N	1	YOON B	1
LEON-ROVIRA N	1	YU CK	1
LEWITES-CORNEJO I	1	ZHANG FL	1
LI H	1	ZHAO W	1
LI XL	1	ZHENG YK	1

Fonte: ISI Web of Science

O mesmo comportamento é identificado quando analisados os Periódicos em que os artigos da amostra foram publicados. Com um total de 17, somente 3 deles tiveram mais de 1 publicação sobre o tema, sendo 4 o número máximo de artigos publicados por periódico, o que pode ser confirmado no Quadro 4.2.

Quadro 4.2: Periódicos com artigos relativos a "QFD" e "TRIZ"

Periódico	Nº de Publicações
INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH	4
COMPUTER AIDED DESIGN	2
COMPUTERS INDUSTRIAL ENGINEERING	2
ADVANCES IN MECHANICAL ENGINEERING	1
COMPUTERS IN INDUSTRY	1
EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS	1
INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENT AND POLLUTION	1
INTERNATIONAL JOURNAL OF TECHNOLOGY MANAGEMENT	1
QUALITY QUANTITY	1
RESEARCH IN ENGINEERING DESIGN	1
SCIENTIFIC WORLD JOURNAL	1
SERVICE BUSINESS	1
STRUCTURAL AND MULTIDISCIPLINARY OPTIMIZATION	1
TECHNOLOGICAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT OF ECONOMY	1
TOTAL QUALITY MANAGEMENT BUSINESS EXCELLENCE	1
TRANSFORMATIONS IN BUSINESS ECONOMICS	1
TURKISH JOURNAL OF AGRICULTURE AND FORESTRY	1

Fonte: ISI Web of Science

Analisando o país de origem dos autores dos artigos, foi verificado que o país que mais publica é Taiwan com um total de 6 artigos. Em seguida estão China e Romênia com 3 e Itália e México, 2 publicações cada. Os demais países possuem somente um artigo publicado cada. Os valores absolutos podem ser verificados na Quadro 4.3 e os valores percentuais na Figura 4.6. No Brasil, não houve nenhuma publicação abordando QFD e TRIZ de forma conjunta.

Quadro 4.3: Número de artigos relativos a "TRIZ" e "QFD" por país

País	Nº de Publicações
TAIWAN	6
CHINA	3
ROMÊNIA	3
ITÁLIA	2
MÉXICO	2
CANADÁ	1
ALEMANHA	1
JAPÃO	1
CORÉIA DO SUL	1
ESPANHA	1
SUÉCIA	1
TURQUIA	1
EUA	1

Fonte: ISI Web of Science

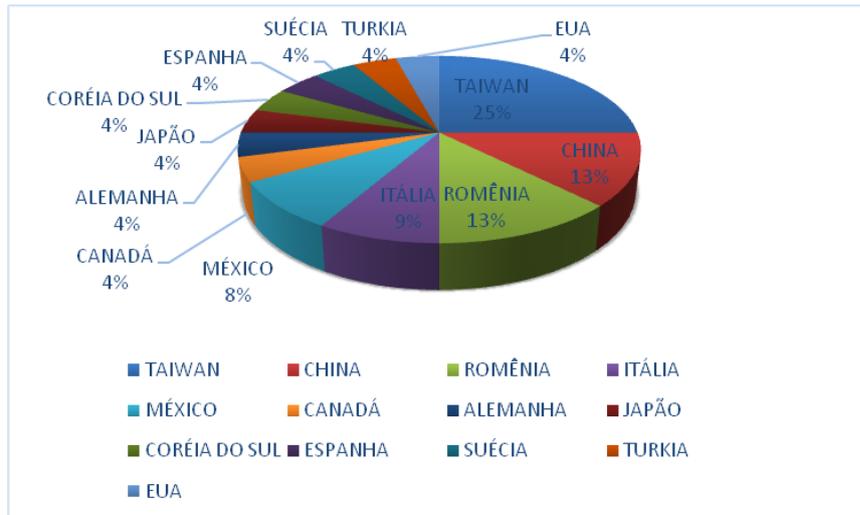


Figura 4.6: Porcentagem de Publicações sobre “QFD” e “TRIZ” por países  
Fonte: ISI Web of Science

Dentre os artigos identificados, somente o de Vezzetti, Moos e Kretli (2011) explora a utilização da TRIZ para auxiliar no processo de tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto no QFD. Os demais trabalhos, utilizam o QFD para identificação de contradições e TRIZ para solucioná-las, integrando algumas outras ferramentas no processo. No tópico 4.2 será apresentada uma análise dessas publicações.

Conforme verificado na análise bibliométrica a partir dos artigos encontrados na base *ISI Web of Science*, não houve publicações brasileiras sobre o tema. Com o intuito de verificar o cenário brasileiro em relação ao tema de pesquisa, foi feita uma análise a partir da plataforma *Lattes* em que estão cadastrados os currículos dos pesquisadores brasileiros.

A pesquisa foi realizada no dia 20 de fevereiro de 2015. Na página “Buscar Currículo *Lattes* (Busca Simples)”, em “Modo de Busca” foi selecionada a opção “Assunto (Título ou palavra chave da produção)” e feita a pesquisa “TRIZ” ; ”QFD”. Foram considerados “Doutores” e “Demais pesquisadores (Mestres, Graduados, Estudantes, Técnicos, etc.)” com nacionalidade “Brasileira” e “Estrangeira”. Como resultado, foram encontrados 25 currículos.

Foi então feita uma análise de cada currículo para verificar se havia algum tipo de atividade relacionada a QFD e TRIZ. Dentre os 25 currículos apresentados nos resultados, somente 7 possuem algum tipo de atividade relacionada ao uso conjunto das duas ferramentas de interesse, sendo que, dentre eles, somente 3 são doutores e 2 deles são Bolsistas de Produtividade do CNPQ.

Foram encontradas 12 publicações, dentre as quais 1 é uma tese de doutorado de 2002, 2 são dissertações de mestrado de 2006 e 2012 respectivamente, as outras 9 são artigos de

congressos, publicados entre 1999 e 2012 como mostrado na Figura 4.7. A partir da análise dos currículos *Lattes* não foi possível identificar nenhum artigo publicado em Periódico.

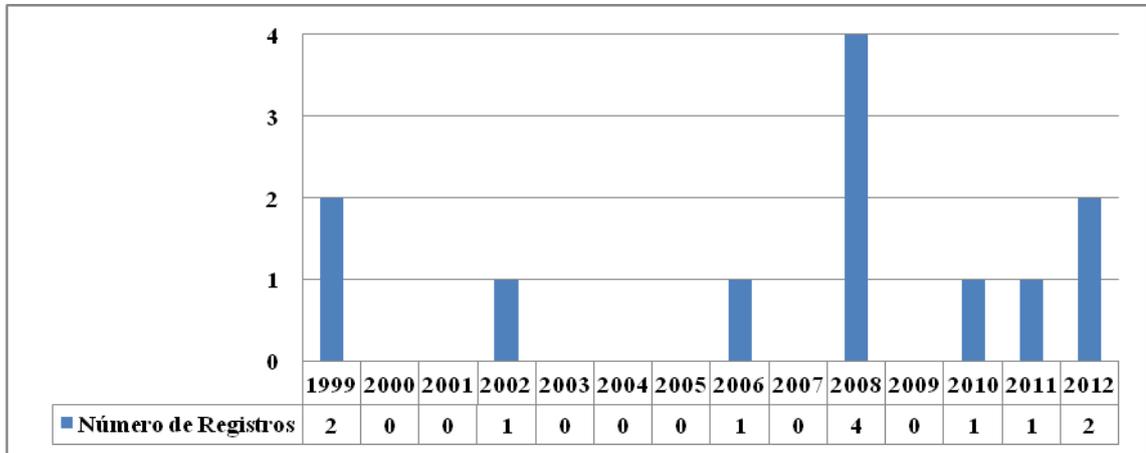


Figura 4.7: Publicações por ano no Brasil relativas a “QFD” e “TRIZ”

Fonte: *Lattes*

A tese de doutorado de Ferreira (2002) apresenta uma metodologia que integra os processos de projeto e estimativas de custos para as fases de projeto informacional e conceitual de componentes de plástico injetados, utilizando diversas ferramentas, dentre elas o QFD e a TRIZ. Com base em seu trabalho, pôde-se identificar 2 artigos publicados no ano de 1999, em parceria com Ogliari e Forcellini, no Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica e no *International Symposium on Quality Function Deployment*.

A pesquisa trata de uma adaptação na Matriz de Contradições da TRIZ, originalmente desenvolvida para sistemas técnicos, para utilização no desenvolvimento de componentes de plástico injetados. A matriz desenvolvida foi nomeada Matriz de Definição das Diretrizes de Projeto de Componentes Injetados. A proposta é utilizar o QFD para levantar as necessidades dos clientes, estabelecer requisitos de projeto, estabelecer as relações entre eles e identificar as contradições por meio das correlações entre requisitos de projeto. A partir daí, a matriz desenvolvida é utilizada para obter orientações para solucionar as contradições e definir as especificações necessárias. O trabalho não trata diretamente do processo de tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto.

A dissertação de Mestrado de Rosa (2012) tem como título "Estudo da correlação entre os resultados de testes e a aplicação dos conceitos de Gerenciamento de Projetos para o modelamento matemático da durabilidade de um componente automotivo". O trabalho é desenvolvido com base em diversas ferramentas, sendo que o QFD é utilizado para levantar necessidades e identificar contradições e a TRIZ, para solucioná-las com base na Matriz de

Contradições. Com base nesta dissertação, o autor publicou 7 artigos em congressos, sendo 4 no ano de 2008, 1 em 2010, 2011 e 2012, com a parceria de seu orientador Pepe.

A dissertação de mestrado de Marquez (2006) trata da utilização do QFD e da TRIZ na Engenharia Química, porém não foi possível acessá-la.

Sendo assim, apesar da importância do desenvolvimento de produtos e da possibilidade de sua estruturação com a utilização das ferramentas QFD e TRIZ, como mostrado no Capítulo 1, pôde-se notar que são poucas as publicações. As publicações identificadas a partir da base *ISI Web of Science*, relevam uma grande variação nos periódicos que publicam sobre o tema, bem como de autores. O país que mais publicou foi Taiwan, sendo que 46% das publicações são da Ásia. No Brasil, as publicações sobre o tema, se restringem a dissertações e publicações em congressos.

## 4.2. Análise das publicações

O levantamento realizado por meio da base de dados *Web of Science* identificou os artigos que tratam da integração dos métodos QFD e TRIZ. Porém só foi possível acessar 12 deles para que fossem analisados mais detalhadamente. O APÊNDICE A apresenta um quadro-resumo referente aos trabalhos aos quais se teve acesso.

Pode-se encontrar nos artigos algumas variações do método QFD, como o *Fuzzy QFD* e *Quality Policy Deployment* ou Desdobramento da política de Qualidade- QPD.

Além disso, pode-se notar que muitos dos trabalhos apresentam em suas propostas a integração de alguma outra ferramenta, como: *Analytic Hierarchy Process* ou Processo Analítico Hierárquico - AHP, *Design for Assembly* ou Projeto para Montagem - DFA, *Failure Mode and Effect Analysis* ou Análise do Modo e Efeito da Falha - FMEA, Modelo de Kano, Método de Taguchi.

Para realizar os testes, em alguns artigos, são utilizados softwares de simulação de protótipo e realidade virtual, do tipo *Computer-aided Design* ou Desenho assistido por computador - CAD - e *Computer-aided Engineering* ou Engenharia assistida por computador - CAE - para gerar os conceitos e facilitar a seleção do ideal.

Em relação ao conteúdo dos artigos, nota-se que as propostas de integração apresentadas são voltadas não só para o desenvolvimento de produtos, mas também de serviços. Há um certo padrão na forma em que é proposta a integração dos métodos. O QFD é utilizado no início da abordagem para captar a voz do cliente, transformando-a em requisitos de projeto. Esses

requisitos são traduzidos em parâmetros de engenharia, as contradições identificadas e o problema é solucionado utilizando-se a TRIZ.

O trabalho de Vezzetti, Moos e Kretli (2011) sugere ainda a utilização da TRIZ para formalizar o vocabulário durante a tradução dos requisitos de projeto, destacando a dificuldade das empresas em manter um padrão durante esse processo.

De todos os trabalhos analisados, somente o de Tsai, Chang e Tseng (2004) apresenta a lógica de integração de maneira diferente. Ao contrário das demais, essa pesquisa propõe a utilização do QFD após a aplicação da TRIZ, para selecionar a melhor opção por meio da matriz de decisão.

Sendo assim, identifica-se a possibilidade de utilizar os Parâmetros de Engenharia como forma de facilitar o processo de tradução. Vezzetti, Moos e Kretli (2011) propõem ligar as necessidades dos clientes aos Parâmetros de Engenharia por meio de uma análise de Cluster. Porém, a linguagem utilizada nos requisitos de projeto não é exatamente a mesma dos Parâmetros.

Com isso, de acordo com o Quadro 4.4, a integração entre o QFD e a TRIZ nesta dissertação é:

Quadro 4.4: Sugestão de integração entre QFD e TRIZ

Método		Etapa
QFD	TRIZ	
X		Identificar as necessidades dos clientes
X		Determinar importâncias e Classificação de Kano
X	X	Associar necessidades do cliente a parâmetros de engenharia da TRIZ para determinar requisitos de projeto
X		Determinar as orientações dos requisitos
X		Relacionar necessidades dos clientes aos requisitos de projeto (Matriz de Relação)
X		Relacionar os requisitos de projeto entre si (Telhado ou Matriz de Correlação)
X	X	Identificar requisitos de projeto ligado a qualidades atrativas a serem otimizados e os conflitantes
	X	Utilizar a Matriz de contradições para identificar princípios inventivos a serem utilizados (utilizar na ordem de maior utilização) ou o Método dos Princípios Inventivos, caso não sejam identificadas contradições
	X	Orientar a geração das concepções

Fonte: Baseado em Vezzetti, Moos e Kretli (2011)

Estas etapas utilizam o QFD para levantar as necessidades dos clientes e as contradições e a TRIZ para solucionar essas contradições e auxiliar na geração de concepções. Seu diferencial, obtido a partir do trabalho de Vezzetti, Moos e Kretli (2011), é utilizar os parâmetros da TRIZ para selecionar os requisitos de projeto, orientados pelos desdobramentos dos itens de qualidade exigidos pelos clientes (necessidades). Além disso, pode-se utilizar a Matriz de Contradições ou, quando não existirem contradições, sugere-se utilizar o Método dos Princípios Inventivos.

No Capítulo 5 a seguir, é apresentado o Planejamento e Condução da Pesquisa, elucidando todos os passos seguidos para a aplicação da integração sugerida (Quadro 4.4), permitindo analisar sua validade.

## 5. PLANEJAMENTO E CONDUÇÃO DA PESQUISA

Neste capítulo são elucidados o método de pesquisa utilizado (pesquisa-ação) e cada uma das etapas realizadas no planejamento e condução desta pesquisa. Além disso, são apresentados os três ciclos conduzidos para a realização da pesquisa.

### 5.1. A pesquisa-ação

É uma estratégia de pesquisa em que uma abordagem científica é utilizada para estudar questões organizacionais ou sociais e solucioná-las em conjunto com os atores envolvidos diretamente na situação (COUGHLAN e COGHLAN, 2002). É um método que busca contribuir para a base de conhecimento e, ao mesmo tempo, solucionar um problema prático. Isso significa que a pesquisa-ação é constituída de um objetivo prático ou técnico e um objetivo teórico e científico, sendo necessário um equilíbrio entre eles para o sucesso do processo de pesquisa (Mello *et al.*, 2012).

Algumas características são necessárias para que seja caracterizada a pesquisa-ação:

- pesquisa *na* ação, em vez de pesquisa *sobre* ação;
- participativa
- simultânea com a ação;
- uma sequência de eventos e uma abordagem para resolução d problemas (COUGHLAN e COGHLAN, 2002, p. 222)

Segundo Coughlan e Coughlan (2002), diferentemente da ciência tradicional positivista, cujo objetivo único é a geração de conhecimento, a pesquisa-ação tem como resultados o conhecimento e também a ação. Por isso, além de contribuir para a teoria, este método possui ampla relevância e aplicabilidade prática (WESTBROOK, 1995).

Porém, se por um lado o conhecimento gerado pela ciência tradicional positivista se propõe a ser universal, o conhecimento gerado pela pesquisa-ação é particular e situacional, visto que os dados gerados são contextualmente embasados e interpretados (COUGHLAN e COGHLAN, 2002).

Essas questões fazem com que o método seja questionado quanto a sua cientificidade e comparado a um projeto de consultoria (COUGHLAN e COGHLAN, 2002; MELLO *et al.*, 2012). Sendo assim Mello *et al.* (2012) destacam a importância da adoção de critérios para garantir a validade e confiabilidade da pesquisa-ação.

### **5.1.1. Validade e Confiabilidade**

Para garantir a confiabilidade e validade da pesquisa-ação, assim como em qualquer outro método de pesquisa, existem elementos que necessitam ser considerados pelo pesquisador a fim de provar seu rigor científico e qualidade (THOMPSON e PERRY, 2004).

A confiabilidade é garantida quando os resultados de uma pesquisa são replicáveis e suas inferências podem ser generalizadas. Já a validade é determinada pela veracidade das conclusões da pesquisa, ou seja, a pesquisa é confiável quando pode ser repetida gerando os mesmo resultados e válida quando suas conclusões são corretas (TURRIONI e MELLO, 2012).

Existem diferentes paradigmas por meio dos quais a confiabilidade e validade de uma pesquisa podem ser avaliadas. São eles: o positivismo, realismo, teoria crítica e construtivismo. Em todos os casos são analisados a ontologia, epistemologia e metodologia, porém cada um sob uma ótica (THOMPSON e PERRY, 2004).

Thompson e Perry (2004) destacam que o paradigma que mais se adéqua ao método de pesquisa-ação é o realismo, pois esse método não pretende gerar um conhecimento universal, visto que considera a realidade apenas imperfeita e probabilisticamente compreendida (COUGHLAN e COUGHLAN, 2002; THOMPSON e PERRY, 2004).

Para demonstrar a confiabilidade e validade, então, o pesquisador deve garantir que seu trabalho seja estruturado por meio da ordenação e determinação consciente dos ciclos de pesquisa-ação, fazendo com que seja possível avaliar suas suposições e generalizar para outras situações (COUGHLAN e COUGHLAN, 2002).

Sendo assim, no próximo tópico estão descritas as etapas realizadas nesta dissertação para garantir validade e confiabilidade, segundo o método utilizado.

### **5.1.2. Estruturação**

Segundo o modelo proposto por Mello *et al.* (2012) e mostrado na Figura 5.1, a estruturação da pesquisa-ação se dá pela realização de ciclos, compostos de cinco diferentes fases: planejar, coletar dados, analisar dados e planejar ações, implementar ações, e avaliar resultados e gerar relatório, sendo que para cada uma das fases existe um ciclo de melhoria e aprendizagem.

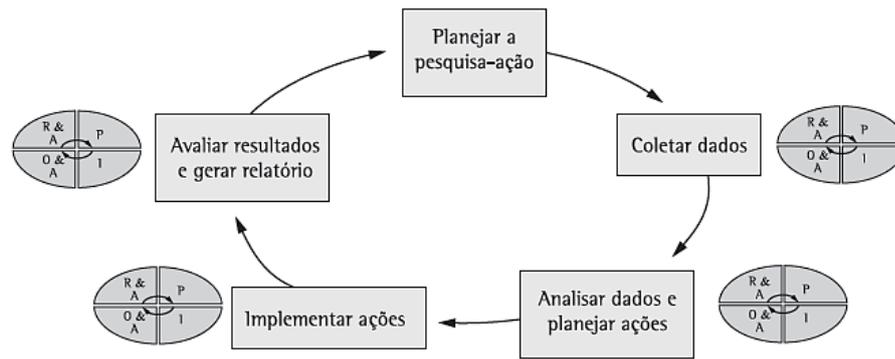


Figura 5.1: Estrutura para condução da pesquisa-ação.  
Fonte: Mello *et al.* (2012)

Segundo a Figura 5.2, cada fase proposta é subdividida em etapas e atividades. O detalhamento da condução desta pesquisa será apresentado a seguir.

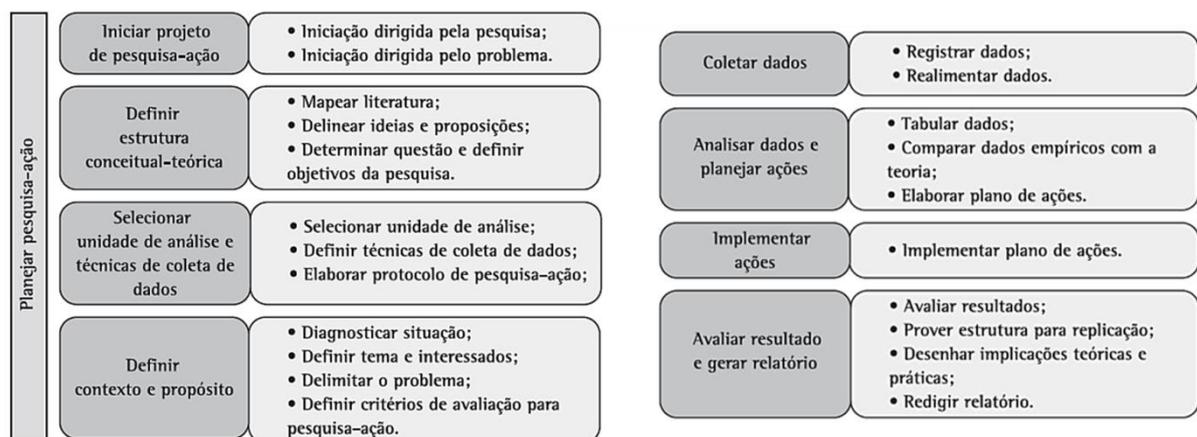


Figura 5.2: Detalhamento das fases, etapas e atividades propostas para a condução da pesquisa-ação.  
Fonte: Mello *et al.* (2012)

### 5.1.2.1. Planejamento

Para a realização da pesquisa, foi planejada a realização de três ciclos de pesquisa-ação, cada um deles com um objetivo específico.

- 1º Ciclo: verificar como ocorre a tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto na implementação do QFD e se há dificuldade na sua realização;
- 2º Ciclo: verificar se a sugestão de integração entre QFD e TRIZ pode ser efetiva, avaliando se os processos de tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto e geração de concepções são facilitados com sua utilização;

- 3º Ciclo: comparar os resultados gerados com a aplicação do QFD seguindo os passos tradicionais com os resultados gerados pela aplicação do QFD em conjunto com a TRIZ em relação a tradução de necessidades em requisitos e geração de concepções.

Sendo assim, a seguir está exposto o planejamento da pesquisa, bem como os detalhes da condução de cada um dos ciclos, seguindo a metodologia de estruturação proposta por Melo *et al.* (2012).

### ***Iniciação do projeto***

Segundo Mello *et al.* (2012) há duas formas de se iniciar uma pesquisa-ação: por meio da identificação de problemas teóricos e posterior busca de objetos de estudos práticos para resolvê-los ou pela identificação de um problema por uma organização e busca de uma solução pelo pesquisador utilizando o método e buscando contribuir com a literatura existente. Pode-se afirmar que a iniciação no caso desta dissertação é dirigida pelo pesquisador. Para iniciar esse trabalho de pesquisa, foram identificadas na literatura diversas dificuldades que ocorrem durante a implementação do método QFD, no que se refere a definição dos requisitos de projeto (GOVERS, 2001; FUN, CHEN e TANG, 2006; HERRMANN, HUBER e BRAUNSTEIN, 2000; LOWE e RIDGWAY, 2000; PARKIN, LINSLEY e STEWARDSON, 2002; PRESLEY, SARKIS e LILES, 2000; YANG e CHEN, 2012, ZHANG, YANG E LIU, 2014).

Como uma forma de preencher as lacunas identificadas e facilitar a implementação prática do QFD, principalmente por indivíduos com pouco conhecimento técnico, propõe-se integrar o método QFD à TRIZ.

### ***Definir a estrutura conceitual-teórica***

Esta etapa consiste em levantar a bibliografia existente e formular uma fundamentação teórica pertinente e explicativa que permita ao pesquisador elaborar sua questão de pesquisa (MELLO *et al.*, 2012).

No caso desta dissertação, o levantamento teórico refere-se ao Desdobramento da Função Qualidade (QFD), Teoria da Solução Inventiva de Problemas (TRIZ) e as propostas de integração dos dois métodos, já existentes na literatura científica. Os Capítulos 2, 3 e 4 apresentam o resultado dessa etapa.

A partir da fundamentação teórica, foi possível definir como problema de pesquisa a seguinte questão: Como a TRIZ pode contribuir no desdobramento dos itens de qualidade exigida

(necessidades dos clientes) em requisitos de projetos no contexto do QFD e subsidiar na geração de concepções?

### ***Selecionar unidade de análise e técnicas de coletas de dados***

A base para a justificativa e seleção da unidade de análise são critérios definidos a partir da questão de pesquisa, bem como das lacunas identificadas na fundamentação teórica (MELLO *et al.*, 2012).

Realizando a análise da literatura existente sobre o QFD, é possível identificar diversas dificuldades em sua implementação, mostradas no Capítulo 2, com destaque para o foco desta pesquisa que é a identificação dos requisitos de projeto. Ao mesmo tempo, levantamentos sobre a TRIZ e sobre sua integração com o QFD possibilitam identificar formas de preencher essa lacuna.

A partir da análise dos pontos de convergência entre as teorias, verifica-se a possibilidade dos Parâmetros de Engenharia da TRIZ auxiliarem no processo de tradução das características da qualidade (necessidades dos clientes) em requisitos técnicos. Há grande dificuldade na tradução principalmente devido à falta de conhecimento técnico e meios formais que orientem o processo (CHEN e CHEN, 2006; FUN, CHEN e TANG, 2006; KUTSCHENREITER-PRASZKIEWICZ, 2013; LIN, WANG e CHEN, 2006; LI *et al.*, 2012; MILAN, BARROS e GAVA, 2000; VEZZETTI, MOOS e KRETTLI, 2011; YANG e CHEN, 2012, ZHANG, YAN e LIU, 2014).

Utilizando o padrão estabelecido pela TRIZ, orienta-se essa tradução (VEZZETTI, MOOS e KRETTLI, 2011). Além disso, por meio da Matriz de Correlação ou Telhado da Casa da Qualidade do QFD é possível identificar contradições entre os requisitos (JUGULUM e SEFIK, 1998; KIM e YOON, 2012; LIN, CHEN e HSU, 2011; MELEMEZ *et al.*, 2013; MELGOZA *et al.*, 2012; SU e LIN, 2008; VEZZETTI, MOOS e KRETTLI, 2011; YAMASHINA, ITO e KAWADA, 2002; YEH, HUANG e YU, 2011; ZANG, YANG e LIU, 2014).

A partir daí, utilizando-se a Matriz de Contradições, pode-se identificar Princípios Inventivos a serem utilizados para solucionar as contradições, contribuindo para a geração de concepções. Por outro lado, caso nenhuma contradição seja identificada, pode ser utilizado o Método dos Princípios Inventivos.

Para verificar se a integração proposta é de fato efetiva, é necessária sua aplicação. No ambiente empresarial e industrial o acesso aos atores é dificultado e o tempo disponível para a realização dos ciclos é reduzido. Além disso, os funcionários de empresas precisam atender a

requisitos da organização, o que pode restringir o pensamento e fazer com que o pesquisador perca o controle sobre as variáveis que deseja analisar.

Portanto, para realizar os ciclos propostos na pesquisa-ação, optou-se por utilizar o ambiente de ensino, pois, além dos pontos mostrados, o acesso a ele é facilitado e a disponibilidade de tempo é maior em relação ao ambiente empresarial. Outro ponto importante é que quanto mais distante da realidade do caso prático estudado, maior a dificuldade na tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto. Essa distância é maior no ambiente de ensino do que no empresarial e, assim, será possível verificar se a dificuldade referente à tradução identificada na literatura é minimizada pela utilização da TRIZ.

Com isso, o objeto de estudo selecionado foram os alunos do 7º período de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá matriculados na disciplina Engenharia de Produto. O 1º Ciclo foi executado com a turma matriculada no ano de 2014 e o 2º e 3º Ciclos com a turma de 2015.

A disciplina Engenharia de Produto tem como objetivos capacitar os alunos nas principais técnicas de apoio: FMEA, DFX, QFD, Análise de Valor/ Engenharia de Valor - AV/EV, Confiabilidade de produto, Engenharia simultânea, Ergonomia, Desenvolvimento de embalagens e produtos sustentáveis.

A realização da disciplina se dá por meio de aulas expositivas, uso de recursos áudio visuais (transparências, vídeos ilustrativos etc.), temas para discussões em grupo, resolução de exercícios e estudos de caso, apresentações, laboratório para prática.

Nas aulas práticas, um produto selecionado pelos professores é utilizado como objeto de aplicação das teorias desenvolvidas na disciplina, sendo um produto diferente a cada ano. As aplicações das teorias no produto objeto de melhoria resultam em relatórios parciais e, ao final da disciplina, é entregue um relatório final que sintetiza todos os relatórios parciais e se consolida, para cada equipe, a concepção proposta para melhorias no produto.

Os docentes da disciplina utilizam os seguintes critérios para avaliação dos trabalhos:

- Viabilidade das recomendações sustentadas pelos conceitos teóricos;
- Apresentação: tempo, objetividade e sinergia da equipe;
- Relatório escrito.

As turmas são da ordem de 50 estudantes e, para realização das atividades práticas, são formadas equipes de 4 a 5 discentes. Como são alunos do quarto ano de engenharia, pode-se considerar que grande parte de sua formação técnica se encontra desenvolvida.

Dentro desse contexto, foram selecionados três casos práticos para a realização dos ciclos, os quais serão expostos no tópico 5.1.2.4. Conforme explicitado no Capítulo 1, a limitação ligada

a seleção do objeto de estudo é o fato de que as concepções geradas pelos alunos como resultado dos ciclos de pesquisa-ação não serão validadas pelas empresas. O que se deseja analisar é a contribuição da TRIZ para implementação do QFD, no que se refere a identificação dos requisitos de projeto, e a geração de concepções para o problema exposto.

Outro ponto importante do planejamento da pesquisa-ação é a determinação das técnicas de coletas de dados. Segundo Mello *et al.* (2012) a validação da pesquisa é favorecida com a utilização combinada de diferentes técnicas.

Woodside e Wilson (2003) destacam a triangulação entre observação direta e participante do pesquisador, sondagem dos participantes através da exploração de suas explicações e impressões quanto aos dados operacionais e análise do ambiente e de documentos escritos.

Os documentos escritos utilizados para a realização da análise dos ciclos são relatórios elaborados pelos alunos e um questionário em que são captadas as impressões dos participantes acerca da efetividade da integração entre QFD e TRIZ sugerida.

### ***Definir contexto e propósito***

A definição do contexto e propósito de uma pesquisa está diretamente ligada ao significado de sua racionalidade. É uma etapa importante e que tem como resultado o estabelecimento dos objetivos e do tema da pesquisa (MELLO *et al.*, 2012).

Conforme elucidado no Capítulo 1, a presente pesquisa é contextualizada pela crescente necessidade das empresas em aumentar sua vantagem competitiva a partir do desenvolvimento de produtos (MOUSAVI e TORABI, 2011) e a importância da definição do conceito do produto para determinação de seu sucesso no mercado (KAHRAMAN, ERTAY e BÜYÜKÖZKAN, 2006).

Ao mesmo tempo, a utilização do QFD possibilita que a definição ou aperfeiçoamento dos produtos sejam feitas de acordo com as necessidades dos clientes. A utilização da TRIZ visa preencher as lacunas identificadas na tradução das necessidades em requisitos de projeto e na geração das concepções.

Sendo assim, os principais interessados na presente pesquisa são empresas que desenvolvem e aperfeiçoam produtos e necessitam de um método para fazê-lo de acordo com as necessidades dos clientes (características da qualidade).

Esse contexto leva ao objetivo geral deste trabalho: analisar as contribuições da TRIZ na tradução dos itens de qualidade exigidos pelos clientes (necessidades) em requisitos de projeto no contexto do QFD e seu posterior subsídio na geração de concepções.

### **5.1.2.2. Coletar dados**

Para coletar os dados foram utilizados: os relatórios elaborados pelos estudantes após os ciclos; um questionário (APÊNDICE B); entrevistas não estruturadas; e a observação participante do pesquisador.

A coleta de dados condissse com o objetivo em cada ciclo: no 1º Ciclo desejava-se verificar como ocorre a tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto na implementação do QFD e se há dificuldade na sua realização; no 2º Ciclo, verificar se a utilização da TRIZ poderia auxiliar na tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto e na geração de concepções; no 3º Ciclo, comparar os resultados gerados com a aplicação do QFD seguindo os passos tradicionais com os resultados gerados pela aplicação do QFD em conjunto com a TRIZ em relação a tradução de necessidades em requisitos e geração de concepções.

### **5.1.2.3. Analisar os dados e planejar as ações**

Segundo Coughlan e Coughlan (2002), tanto o pesquisador quanto os participantes da pesquisa ação devem participar de maneira colaborativa do processo de análise de dados, destacando que este é um aspecto crítico da pesquisa ação.

Sendo assim, a análise dos dados desta dissertação será feita em conjunto com os estudantes durante a execução dos ciclos. Devem ser identificadas as dificuldades de aplicação do QFD e verificado se a TRIZ auxilia no processo de estabelecimento de requisitos de projeto e geração de concepções.

### **5.1.2.4. Implementar o plano de ação**

Essa etapa corresponde à implementação dos ciclos definidos. Foram realizados três ciclos, apresentados a seguir em ordem cronológica.

## **1º Ciclo**

### **1. Planejar**

O primeiro ciclo tem como objetivo verificar como ocorre a tradução e necessidades dos clientes em requisitos de projeto na implementação do QFD e se há dificuldade na sua realização.

A proposta de trabalho baseia-se em melhorar a qualidade ou desenvolver um novo produto para realizar a movimentação no solo de helicópteros que possuem esquis na base.

Atualmente essa função é realizada por rodas de reboque, que pode ser visualizada na Figura 5.3 e na Figura 5.4.



Figura 5.3: Diferentes tipos de roda de reboque



Figura 5.4: Roda de reboque no esqui do helicóptero

Após encaixada no esqui, a roda eleva o helicóptero até determinada altura possibilitando que ele seja empurrado da pista de pouso (no solo) até o hangar ou do hangar para a pista, sem danificar o trem de pouso. Esse equipamento, normalmente é transportado no compartimento de carga, deve elevar e suportar o peso do helicóptero básico (1.800kg), assegurar que a roda de reboque não provoque impacto ou vibrações no helicóptero durante sua subida ou descida, garantir a integridade física da pessoa que aciona a roda de reboque, assim como seu deslocamento empurrado em solo.

As rodas de reboque possuem diferentes tipos de mecanismos de acionamento resumidos no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 : Rodas de reboque

<b>Tipo de roda de reboque</b>	<b>Tempo de operação</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Manual</b>	8 segundos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agilidade da operação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exigência de elevada força humana para operação.</li> <li>• Pode causar acidentes durante o funcionamento</li> </ul>
<b>Hidráulica</b>	35 segundos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não exige força do operador.</li> <li>• Encaixe adequado ao esqui do helicóptero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suscetível a vazamento de óleo do sistema hidráulico.</li> <li>• Tempo de operação relativamente elevado.</li> </ul>
<b>Hidráulica alemã</b>	20 segundos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de operação adequado.</li> <li>• Não exige força do operador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encaixe inadequado ao esqui do helicóptero.</li> </ul>
<b>Rosca sem fim</b>	180 segundos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produto leve e com dimensões condizentes com o bagageiro do helicóptero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevado tempo de operação.</li> <li>• Fadiga do operador que realiza um pequeno esforço por elevado período de tempo.</li> </ul>

Fonte: elaborado pela autora

A empresa apresentava um elevado índice de reclamações de campo quanto a roda de reboque. Foi proposto aos alunos que trabalhassem para obter melhorias em quaisquer rodas ou criar um novo mecanismo para reboque. Para isso, eles deveriam observar alguns aspectos, como: segurança, tempo de operação, facilidade dos movimentos, esforço do operador, custo e dimensões do produto.

Assim esse problema foi apresentado para os alunos do 7º período de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá matriculados na disciplina de Engenharia de Produto no primeiro semestre de 2014. Para trabalhar com o problema proposto, deveriam formar grupos de 4 a 5 estudantes.

Para realizar a atividade, os alunos deveriam seguir os passos utilizados tradicionalmente para a aplicação do QFD, a saber:

- 1) Identificar as necessidades dos clientes
- 2) Determinar importâncias e classificação de Kano
- 3) Traduzir necessidades dos clientes em requisitos de projeto
- 4) Determinar as orientações dos requisitos
- 5) Relacionar necessidades dos clientes com requisitos de projeto (Matriz de Relação)

- 6) Relacionar os requisitos de projeto entre si (Telhado ou Matriz de Correlação)
- 7) Realizar análise de mercado
- 8) Gerar concepções

## 2. Implementar

A organização do trabalho realizado no 1º Ciclo, ocorreu em sete diferentes dias, como mostrado no Quadro 5.2. A aplicação do QFD, que contou como 50% de uma das duas notas da disciplina, sendo realizada pelos estudantes fora de sala de aula e, no fim do prazo estabelecido, os grupos apresentam os resultados obtidos no trabalho.

Quadro 5.2: Atividades realizadas no 1º Ciclo

	<b>Data</b>	<b>Atividade Realizada</b>	<b>Responsável</b>	<b>Duração</b>
<b>1º dia</b>	24 de fevereiro de 2014	Apresentação do produto utilizado na realização do trabalho prático da disciplina	Docente da disciplina	20 minutos
<b>2º dia</b>	10 de março de 2014	Aula expositiva sobre QFD	Docente da disciplina	100 minutos
<b>3º dia</b>	13 de março de 2014	Aula sobre planejamento de coleta de dados para QFD	Docente da disciplina	20 minutos
		Planejamento e elaboração do protocolo de coleta de dados do QFD	Estudantes	Variou entre os estudantes
<b>4º dia</b>	17 de março de 2015	Aula expositiva sobre QFD	Docente da disciplina	100 minutos
<b>5º dia</b>	18 de março	Visita à empresa	Alunos e docentes da disciplina	60 minutos cada grupo
<b>6º dia</b>	27 de março de 2014	Apresentação dos resultados do QFD	Estudantes	10 minutos
		Avaliação e comentários sobre a apresentação	Pesquisadora e docente da disciplina	5 minutos
<b>7º dia</b>	17 de abril de 2014	Apresentação das concepções geradas	Estudantes	10 minutos
		Avaliação e comentários sobre a apresentação	Pesquisadora e docente da disciplina	5 minutos

Fonte: Elaborado pela autora

No dia 24 de fevereiro de 2014, um dos docentes responsáveis pela disciplina ministrou uma aula introdutória, em que explicitava a organização e funcionamento da disciplina de Engenharia de Produto. Já neste primeiro encontro, informou aos alunos que o produto a ser utilizado na realização do trabalho prático da disciplina seria a roda de reboque para helicópteros.

Na aula realizada no dia 10 e 17 de março de 2014, o docente apresentou os conceitos básicos do QFD. No dia 13 de março de 2014 foi realizada em uma aula prática a elaboração do protocolo de coleta de dados do QFD para o trabalho.

No dia 18 de março de 2014 os alunos tiveram a oportunidade de captar a voz do cliente, por meio de uma visita preparada pela empresa, onde foi observado para cada tipo de roda: sua utilização pelos mecânicos; as reclamações feitas pelos clientes; as vantagens e deficiências; além de responderem a perguntas específicas. Para a realização da visita, os estudantes foram separados em dois grupos.

Além desse contato foram disponibilizados os manuais técnicos dos tipos de roda de reboque. Em um segundo momento a empresa disponibilizou o Diretor de Inovação para que as dúvidas dos estudantes fossem sanadas. Foi determinado que os estudantes teriam até o dia 27 de março de 2014 para entregarem um relatório técnico parcial abordando o QFD.

No dia 27 de março de 2014, com o acompanhamento do docente e da pesquisadora, os grupos apresentaram os trabalhos desenvolvidos. Cada um teve 10 minutos para apresentar sua Casa da Qualidade, bem como as análises realizadas. No dia 17 de abril de 2014, os estudantes apresentaram as concepções geradas, também com o acompanhamento do docente e da pesquisadora.

De posse dessas informações e de pesquisas na web os alunos desenvolveram a aplicação do QFD, seguindo os passos propostos. Cada grupo decidiu qual seria o modelo a ser trabalhado e, sendo assim, cada um deles optou por um tipo diferente de roda, gerando concepções.

Os estudantes elaboraram relatórios em que, além de apresentar os resultados obtidos, destacaram as principais dificuldades e lições aprendidas com a execução da atividade. As matrizes elaboradas, as concepções geradas e análises feitas pelos grupos podem ser visualizadas no APÊNDICE C.

No total foram 10 trabalhos desenvolvidos, descritos no Quadro 5.3. Na descrição dos trabalhos não foi detalhada a forma como foi feita a tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto, pois nenhum dos grupos utilizou métodos estruturados para realizar o processo.

Quadro 5.3: Descrição dos trabalhos gerados no 1º Ciclo (continua)

<b>Grupo</b>	<b>NCs</b>	<b>RPs</b>	<b>Concepção</b>	<b>Comentários</b>	<b>Nota</b>
1	10	7	Melhoria na roda de reboque manual com utilização de catraca	O grupo descreveu detalhadamente o problema e o produto analisado. Mostrou claramente a conversão da voz do cliente em qualidade exigida, a priorização de requisitos e identificação dos concorrentes. A Casa da Qualidade foi preenchida de maneira completa, os dados analisados e identificadas as oportunidades de melhoria. Mostrou e descreveu claramente a proposta de melhoria.	100
2	10	7	Melhoria na roda de reboque hidráulica alemã	O problema e produto foram descritos claramente, O grupo apresentou a tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto e a priorização dos requisitos de projeto. Preencheu a Casa da Qualidade de forma completa, fez as análises necessárias identificou as oportunidades de melhoria. Apresentou e explicou de maneira clara a concepção de melhoria apresentada.	100
3	10	10	Adaptação na roda de reboque parafuso sem fim, com aumento do passo da rosca e acréscimo de manivela	O grupo descreveu claramente o problema e o produto analisado. Apresentou as técnicas auxiliares ao QFD utilizadas, a conversão das necessidades dos clientes em requisitos de projeto e preencheu a Casa da Qualidade de forma completa. A partir da análise dos resultados, identificou-se as oportunidades de melhoria e apresentou-se o desenho da concepção proposta.	100
4	10	10	Melhoria na vedação do macaco na roda de reboque hidráulico e acréscimo de visor de acrílico para monitorar o nível de óleo	O grupo descreveu claramente o produto e o problema. Apresentou a descrição da elaboração do QFD, bem como o desdobramento das necessidades dos clientes em requisitos de projeto, por meio da análise de cena. Preencheu de maneira completa a Casa da Qualidade e identificou as oportunidades de melhoria. Apresentou a concepção proposta e a descreveu de maneira simples.	95
5	8	7	Adaptação da roda de reboque manual com um sistema de catraca/engrenagem	O grupo apresentou uma descrição detalhada do produto e do problema. Preencheu todos os campos possíveis da Casa da Qualidade, apresentou uma análise dos resultados e as oportunidades de melhoria. Apresentaram o desenho da concepção proposta, descrevendo-a sucintamente.	93

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 5.3: Descrição dos trabalhos gerados no 1º Ciclo (continuação)

<b>Grupo</b>	<b>NCs</b>	<b>RPs</b>	<b>Concepção</b>	<b>Comentários</b>	<b>Nota</b>
<b>6</b>	10	15	Melhorias na roda de reboque parafuso sem fim, com aumento do passo da rosca e acréscimo de alavanca	O grupo apresentou o produto analisado, bem como o problema descrito pelo público alvo. Apresentou a Casa da Qualidade e explicou em detalhes como foi o processo de elaboração. Em seguida, apresentou análise dos resultados e as oportunidades de melhoria identificadas. Apresentou o desenho e detalhamento da concepção idealizada.	97
<b>7</b>	6	6	Adaptação na roda de reboque manual, com acréscimo de catraca e trava de segurança	O grupo apresentou de maneira muito sucinta o produto e o problema analisados. Preencheu a Casa da Qualidade em todos os campos e apresentou uma análise simples dos resultados. Foi apresentado o desenho da concepção idealizada e uma explicação clara a respeito dela.	96
<b>8</b>	9	8	Adaptação da roda parafuso sem fim, substituindo o mecanismo por o um sistema hidráulico	O grupo descreveu o problema e produto analisado de maneira sucinta. Apresentou detalhadamente as técnicas auxiliares ao QFD, a conversão da voz do cliente em requisitos de projeto por meio da análise de cena, a classificação de Kano, a priorização de necessidades dos clientes, a identificação e análise de concorrentes. A Casa da Qualidade foi preenchida em todos os campos e as análise dos resultados possibilitou identificar os pontos de melhoria. O desenho da concepção foi apresentado de forma clara.	100
<b>9</b>	8	13	Adaptação do modelo alemão ao francês	O grupo descreveu claramente o produto analisado, bem como o problema foco do trabalho. Apresentou o desdobramento das necessidades em requisitos de projeto, bem como a classificação de Kano e a priorização de requisitos. Preencheu a Casa da Qualidade, exceto a análise de concorrentes. A partir da análise, pôde identificar os pontos de melhoria e apresentou o desenho da concepção idealizada.	100
<b>10</b>	8	8	Melhoria na roda de reboque hidráulica alemã	O grupo descreveu detalhadamente o produto, o público alvo e a amostra utilizada como base no trabalho. Descreveram sucintamente as técnicas auxiliares ao QFD. O grupo preencheu a Casa da Qualidade de forma completa, porém não apresentou muitas análises. Identificaram os pontos de melhoria com base na análise de concorrentes e apresentaram o desenho da concepção proposta.	96

Fonte: Elaborado pela autora

Dentre eles, foi selecionada uma amostra de três grupos para ser utilizada como base nas análises desta dissertação. A seleção foi realizada por meio dos critérios de avaliação da disciplina. Como as notas dos trabalhos foram de maneira geral altas outro critério para selecionar os trabalhos foi o tipo de roda de reboque com o qual o grupo trabalhou, para que pudessem ser analisados todos os tipos, além de serem selecionados os grupos com nota máxima e que levantaram o mesmo número de necessidades dos clientes.

Selecionou-se os grupos 1, 2 e 3, que trabalharam em melhorias na roda com mecanismo de acionamento manual, hidráulico e parafuso sem fim, respectivamente. O APENDICE C apresenta as matrizes QFD, concepções e análises dos grupos selecionados.

### 3. Observar e analisar

Para a realização do trabalho, cada grupo interpretou os dados individualmente, porém os resultados convergem. Analisando de maneira geral, os grupos identificaram as características ligadas ao tipo de mecanismo de acionamento e dimensões da roda como principais pontos a serem analisados.

Com base na observação da pesquisadora na apresentação do QFD feito pelos grupos e a análise dos relatórios escritos, foi elaborado o Quadro 5.4 que sintetiza os resultados.

Quadro 5.4: Síntese dos resultados do 1º Ciclo (continua)

		Grupo		
		1	2	3
<b>Necessidades dos clientes</b>	Adaptação a todos os solos		X	
	Aumentar segurança	X		X
	Confiabilidade			X
	Custar menos	X		
	Encaixe fácil do reboque		X	
	Evitar falhas	X		
	Evitar vazamento de óleo		X	X
	Fácil armazenamento	X		
	Fácil manutenção do reboque	X	X	X
	Fácil operação e manuseio	X	X	X
	Intercambialidade			X
	Rápida elevação (baixo tempo de operação)	X	X	X

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 5.4: Síntese dos resultados do 1º Ciclo (continuação)

		Grupo		
		1	2	3
<b>Necessidades dos Clientes</b>	Reduzir o peso do reboque	X	X	X
	Suave ao descer		X	
	Tamanho compacto (reduzir dimensões)	X	X	X
	Tamanho do pneu satisfatório	X	X	X
<b>Requisitos de projeto</b>	Acoplamento Roda-Sistema/ Tipo de encaixe	X		X
	Alavanca com angulação flexível		X	
	Dimensões/ Espessura do pneu	X	X	X
	Dimensões/Geometria do equipamento	X	X	X
	Massa/peso do equipamento	X	X	X
	Material			X
	Mecanismo de trava			X
	Dimensão do encaixe			X
	Peso suportado pelo equipamento			X
	Resistência do material	X		
	Tempo de acionamento		X	
	Tipo de Mecanismo de Acionamento	X		X
	Tipo de Pneu	X		X
	Velocidade controlada na descida		X	
<b>Dificuldades relatadas</b>	Tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto	X	X	X
	Pouco contato com o produto	X	X	X
	Pouco tempo para realização das atividades			X
	Reduzido contato com o cliente	X	X	X
	Falta de conhecimento técnico ou informações técnicas		X	X
<b>Tipo de roda de reboque utilizada para desenvolver a concepção</b>	Manual	X		
	Hidráulica			
	Hidráulica alemã		X	
	Rosca sem fim			X

Fonte: Elaborado pela autora

De maneira geral, as necessidades dos clientes podem ser apresentadas como:

- O tempo de operação deve ser reduzido;
- A operação do equipamento deve ser segura, não representar riscos ao operador;

- O esforço para a operação deve ser reduzido;
- A roda de reboque deve ser de fácil manuseio, ou seja, leve, e deve ter dimensões compatíveis com o bagageiro do helicóptero;
- A roda deve possuir uma altura suficiente para que o trem de pouso do helicóptero não se choque no solo, como por exemplo, no caso de oscilações na pista.
- O procedimento de subida e descida do helicóptero deve ser suave e estável para não danificar seus componentes;
- O equipamento deve estar sempre disponível para uso imediato, ou seja, necessita de confiabilidade;
- A roda deve ter o encaixe compatível com o esqui do helicóptero;
- A manutenção deve ser fácil, deve haver a possibilidade de trocar peças em caso de defeito.

Cada grupo levantou o mesmo número de necessidades dos clientes, mas não exatamente as mesmas. Dentre as dez, seis foram consideradas pelos três grupos, sendo aquelas relativas ao tempo e facilidade de operação, manuseio e manutenção, dimensões e peso do equipamento e tamanho do pneu utilizado.

A tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto foi realizada por cada equipe sem o auxílio de métodos estruturados, com base somente no conhecimento técnico dos envolvidos. Os requisitos comuns a todos os grupos foram "dimensões/geometria do equipamento", "dimensões/espessura do pneu" e "massa/peso do equipamento". Os requisitos "tipo de mecanismo de acionamento", "tipo de pneu" e "acoplamento roda-sistema/tipo de encaixe" foram identificados por dois deles: o grupo 1 e o grupo 3. Os outros requisitos de projeto não se repetiram entre grupos.

Pode-se notar que em alguns casos os estudantes levantaram soluções e não requisitos de projeto, como é o caso de "alavanca de angulação flexível" e "velocidade controlada na descida" descritos pelo grupo 2.

As concepções desenvolvidas representaram apenas melhorias no produtos existentes, não sendo apresentado nenhum conceito totalmente novo. O grupo 1 trabalhou com o modelo de roda manual. Foi proposta a utilização de uma catraca para aumentar a segurança do equipamento. Ao contrário do modelo original, que possui um único pino de segurança para travar o mecanismo, a cada passo com a alavanca a catraca travaria o sistema, não exigindo que o operador necessite segurar todo o peso do helicóptero durante todo o processo de subia ou descida.

O grupo 2 sugeriu melhorias ao modelo de roda de reboque hidráulica alemã com a implantação de um encaixe flexível, que possibilitaria a utilização da roda em qualquer tipo de esqui. Além disso, a redução do peso do equipamento e compactação de suas dimensões, sem causar problemas de danos ao trem de pouso do helicóptero por choques.

Já para a roda de reboque parafuso sem fim, o grupo 3 propôs aumentar o passo da rosca sem fim; utilizar uma manivela no lugar da alavanca utilizada no modelo atual; aumentar o braço da alavanca; aumentar as dimensões da roda.

Dentre as dificuldades relatadas em relatório, o pouco contato com o produto e com o cliente foram destacadas por todos os grupos. A empresa disponibilizou apenas uma visita, sendo que o contato direto foi feito somente com pessoas do nível operacional. Além disso, devido a questões de segurança foram proibidas fotos ou filmagens. Posteriormente foram disponibilizadas fotografias e manuais técnicos da roda de reboque e do helicóptero e o contato com um funcionário do nível estratégico da empresa para esclarecer dúvidas dos estudantes.

O trabalho foi realizado em um momento de elevada produção da empresa, fator que restringiu contatos verbais ou escritos, limitando a validação da matriz e das ideias geradas. Outro fator que deve também ser considerado é que a empresa esperava que os alunos desenvolvessem opções diferentes das tradicionais. Por isso, o fornecimento de informações foi reduzido, para que eles fossem mais ativos e buscassem de forma independente novas ideias.

Por meio de entrevista não estruturada, após a apresentação dos resultados, os grupos destacaram a dificuldade de tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto, atribuindo-a ao baixo conhecimento técnico dos envolvidos na atividade. Essa dificuldade é evidenciada pela análise dos requisitos apresentados, que são gerais, pouco técnicos e de difícil mensuração. Além das soluções proposta se limitarem aos mecanismos de acionamento existentes (concepções).

#### **4. Refletir e agir**

De fato, como identificado na literatura, durante a implementação do QFD houve dificuldade em traduzir as necessidades dos clientes em requisitos de projeto, principalmente pelo reduzido conhecimento técnico dos estudantes.

Ao analisar os requisitos descritos, nota-se certa limitação, visto que em alguns casos representam opções de soluções para o problema (por exemplo: "alavanca com angulação

flexível", "velocidade controlada na descida" e "acoplamento roda-sistema/ tipo de encaixe") e em outros, são bastante gerais e de difícil mensuração (por exemplo: "material", "mecanismo de trava" e "tipo de pneu"). O pouco contato dos estudantes com os clientes e com o produto também dificultou a execução do trabalho.

Nas concepções apresentadas os grupos não se limitaram ao aperfeiçoamento de nenhum modelo de específico de roda: o grupo 1 propôs melhorias para a roda manual, o grupo 2 para a hidráulica alemã e o grupo 3 para o modelo rosca sem fim. As concepções geradas representaram melhorias nos modelos (concepções) de rodas de reboque existentes, levando em conta, de maneira geral, aspectos de segurança.

Apesar das dificuldades, os grupos puderam concluir o trabalho e alcançaram o objetivo proposto no ciclo. No próximo ciclo será analisada a contribuição da TRIZ na tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto e na geração de concepções, no contexto do QFD.

## **2º Ciclo**

### **1. Planejar**

O segundo ciclo tem como objetivo verificar se a sugestão de integração entre QFD e TRIZ pode ser efetiva, avaliando se os processos de tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto e geração de concepções são facilitados com sua utilização.

O caso prático utilizado é o de uma empresa de embalagens localizada na Zona da Mata de Minas Gerais, no polo moveleiro de Ubá. A empresa possui três funcionários trabalhando na produção e um sócio proprietário que realiza as funções de gestão da empresa e produz embalagens para cadeiras e peças de silicones utilizadas em mesas e cristaleiras, que são descritas e mostradas no APENDICE D. Fornece para três fábricas de móveis do polo, sendo de:

- grande porte, da qual vem mais 90% de sua receita,
- pequeno porte que realiza pequenas compras semanais e
- pequeno porte que realiza compras eventuais.

Reconhecendo o risco de ter grande dependência em relação a somente um cliente, a empresa deseja aumentar sua capacidade para captar mais clientes.

A empresa afirma que o produto que possui menor produtividade é o silicone. Esse produto é utilizado em mesas com tampo de vidro, colocado entre a base da mesa e o tampo, evitando o

contato direto entre os dois, como mostrado na Figura 5.5. Podem ser de diferentes diâmetros, dependendo de seu uso, da espessura do vidro, como pode ser visto na Figura 5.6.



Figura 5.5: Peça de silicone entre a base da mesa e o tampo de vidro



Figura 5.6: Peças de silicone de diferentes diâmetro

A demanda mensal de silicone é em média 8000 unidades. É um número consideravelmente grande, visto que a fabricação é manual sendo feita uma unidade por vez. A empresa relata que em alguns momentos não consegue produzir toda a demanda de silicone, devido ao elevado número de pedidos também dos outros itens. Para não correr o risco de perder o mercado para outro fabricante de embalagens, a empresa compra de fornecedores externos o silicone já cortado e repassa para os clientes, na maioria das vezes pelo mesmo valor de compra, não obtendo nenhum lucro com a venda.

O processo de corte do silicone é um trabalho simples, mas que exige bastante esforço. As ferramentas (pino vazado e maretá) usadas para realizar o trabalho são simples e rudimentares, como pode ser visto na Figura 5.7. Outras imagens das ferramentas utilizadas podem ser encontradas também no APENDICE D.



Figura 5.7: Ferramentas para a fabricação de peças de silicone

A Figura 5.8 mostra o processo de corte das peças de silicone. O rendimento do trabalho é muito baixo e exige grande aplicação de força pelo trabalhador. Cada marretada resulta em somente um silicone e depois de um certo número de marretadas o trabalhador precisa parar para retirar os silicons que ficam presos no pino vazado.

Além disso, é um trabalho bastante repetitivo, não podendo ser desconsiderado o risco de acidentes com marreta nas mãos/dedos. Nos dias em que é necessária a produção de um elevado número de peças, os funcionários reclamam de dores nos braços e nas costas.



Figura 5.8: Processo de fabricação do silicone

A partir desse problema, deveriam ser geradas concepções para melhorar a produtividade do processo de corte do silicone.

A realização do trabalho ocorreu conforme sugestão de integração de QFD e TRIZ, sendo:

- 1) Identificar as necessidades dos clientes
- 2) Determinar importâncias e Classificação de Kano
- 3) Associar necessidades do cliente a parâmetros de engenharia da TRIZ para determinar requisitos de projeto

- 4) Determinar as orientações dos requisitos
- 5) Relacionar necessidades dos clientes aos requisitos de projeto (Matriz de Relação)
- 6) Relacionar os requisitos de projeto entre si (Telhado ou Matriz de Correlação)
- 7) Identificar requisitos de projeto ligado a qualidades atrativas a serem otimizados e os conflitantes
- 8) Utilizar a Matriz de contradições para identificar princípios inventivos a serem utilizados ou o Método dos Princípios Inventivos, caso não sejam identificadas contradições
- 9) Gerar concepções

No caso do problema proposto não seria possível a realização da análise de mercado, pois não foram identificados produtos que já realizassem as funções necessárias ao processo.

O trabalho foi proposto aos alunos do 7º período de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá matriculados na disciplina de Engenharia de Produto no primeiro semestre de 2015. Para trabalhar com o problema proposto, deveriam formados grupos de 4 a 5 estudantes.

## **2. Implementar**

Diferentemente do ciclo anterior, em que o trabalho foi proposto aos alunos para ser realizado fora da sala de aula e apresentado em uma data estabelecida, no 2º ciclo a atividade foi realizada totalmente em sala de aula. Foram utilizados quatro dias da disciplina de Engenharia de Produto, explicitados no Quadro 5.5.

No dia 2 de março de 2015, o docente da disciplina de Engenharia de Produto apresentou aos estudantes o método QFD. No dia 9 março de 2015, foi finalizado o conteúdo referente ao QFD pelo docente da disciplina e repassado aos alunos as noções iniciais de TRIZ e sua utilização no contexto do QFD pela pesquisadora.

Em seguida, foi apresentada a proposta de trabalho aos estudantes, por meio de uma descrição da situação da empresa e do processo a ser trabalhado, além de um vídeo fornecido pela própria empresa em que o trabalhador é mostrado em seu posto de trabalho, realizando o corte das peças. Foram disponibilizadas também peças de silicone, folhas que seriam cortadas e outras já cortadas para que os alunos pudessem ter contato com o produto final. Devido à distância geográfica entre a empresa e a universidade, não foi possível que os alunos tivessem contato direto com os funcionários.

Quadro 5.5: Atividades realizadas no 2º Ciclo

	<b>Data</b>	<b>Atividade Realizada</b>	<b>Responsável</b>	<b>Duração</b>
<b>1º dia</b>	2 de março de 2015	Aula expositiva sobre QFD	Docente da disciplina	100 minutos
<b>2º dia</b>	9 de março de 2015	Aula expositiva sobre QFD	Docente da disciplina	20 minutos
		Aula expositiva sobre TRIZ e sua utilização no contexto do QFD	Pesquisadora	30 minutos
		Apresentação da atividade proposta	Pesquisadora e docente da disciplina	15 minutos
		Início do preenchimento da Casa da Qualidade do QFD	Estudantes	35 minutos
<b>3º dia</b>	30 de março de 2015	Aula expositiva de revisão sobre a utilização da TRIZ no contexto do QFD, com foco nos pontos de maior dúvida (tradução, determinação da orientação dos requisitos e determinação de correlações, uso da Matriz de Contradições, e Método dos Princípios Inventivos)	Pesquisadora	20 minutos
		Revisão da atividade proposta e esclarecimento de questões do processo	Pesquisadora	20 minutos
		Preenchimento da Casa da Qualidade do QFD	Estudantes	60 minutos
<b>4º dia</b>	31 de março de 2015	Finalização da Casa da Qualidade do QFD	Estudantes	15 minutos
		Geração de concepções	Estudantes	80 minutos
		Preenchimento dos Questionários	Estudantes	5 minutos

Fonte: Elaborado pela autora

Como era o primeiro contato deles com a teoria, foi disponibilizado um material de apoio para que pudessem entender melhor do que se tratavam os Parâmetros de Engenharia e Princípios Inventivos da TRIZ. O material utilizado foi o elaborado por Demarque (2005) e apresentado nos anexos de sua dissertação.

Com base em todas as informações, os grupos de trabalho iniciaram o preenchimento da Casa da Qualidade do QFD. Pelo fato das condições de trabalho do funcionário serem críticas houve uma tendência dos grupos realizar uma análise mais ergonômica, não focando necessariamente no problema de produtividade do corte de silicone. Eles foram alertados e procuraram focar no processo, porém não conseguiram terminar o preenchimento da Casa da Qualidade durante esta aula.

Levando em conta as dificuldades para o preenchimento da Casa da Qualidade e dificuldade dos grupos em entender o processo analisado, na aula do dia 30 de março de 2015 a pesquisadora ministrou uma aula expositiva de revisão sobre a utilização da TRIZ no contexto do QFD.

Foi dado maior foco à tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto, determinação da orientação dos requisitos e de correlações entre eles e à utilização da Matriz de Contradições e Método dos Processos Inventivos para geração de concepções. Além disso, o processo de corte de silicone foi novamente mostrado e explicado aos grupos. Neste dia, puderam continuar o preenchimento da Casa da Qualidade, retirando as dúvidas junto à pesquisadora.

No dia 31 de março de 2015, alguns grupos ainda não tinham terminado de estabelecer as correlações entre requisitos de projeto, sendo esta atividade aquela que gerou mais dúvidas. Ao finalizá-la os grupos iniciaram a geração de concepções, utilizando os Princípios Inventivos por meio da Matriz de Contradições ou pelo Método dos Princípios Inventivos.

Ao finalizar o trabalho, os estudantes responderam ao questionário apresentado no APÊNDICE B, em que avaliaram as dificuldades do QFD e contribuições da TRIZ no trabalho. O resultado deste questionário será analisado no Capítulo 6.

No total foram 9 trabalhos desenvolvidos, de acordo com o Quadro 5.6. Dentre os trabalhos, foi selecionada uma amostra de três grupos (Grupos 1, 2 e 3) para ser utilizada como base nas análises desta dissertação, tomando como base os critérios de avaliação da disciplina. A seguir, segue uma análise dos resultados gerados pelos grupos selecionados.

Quadro 5.6: Descrição dos trabalhos gerados no 2º Ciclo (continua)

Grupo	NCs	RPs	Concepção	Comentários	Nota
1	8	10	Melhoria no pino vazado	O grupo identificou um número considerável de necessidades dos clientes, realizou a priorização e a classificação de Kano. Foram identificados um bom número de requisitos de projeto e as Matrizes de Relação e Correlação foram bem preenchidas. Foi identificado o princípio inventivo utilizado e feito um desenho claro da concepção proposta, porém a descrição poderia ter sido mais completa.	90
2	6	15	Prensa para corte e mudança no formato de entrega do produto	O grupo identificou as necessidades dos clientes, realizou a priorização e a classificação de Kano. A tradução de necessidades em requisitos de projeto foi bem feita e as Matrizes de Relação e Correlação foram bem preenchidas. Foram apresentadas as contradições encontradas e os princípios inventivos utilizados. O desenho da concepção mostrou claramente a proposta, assim como a descrição de seu funcionamento.	95
3	5	8	Mesa de corte, possibilidade de troca de matriz e bandeja para armazenar as peças cortadas.	O grupo identificou as necessidades dos clientes, realizou a priorização e a classificação de Kano. Identificou os requisitos de projeto e preencheu as Matrizes de Relação e Correlação. Não foram identificadas contradições, porém o grupo deixou claro o critério utilizado para selecionar os Princípios Inventivos utilizados. Foi apresentado o desenho da concepção, bem como a descrição do seu funcionamento.	90
4	4	6	Organização do ambiente de trabalho e melhoria na ferramenta	Foi identificado um número consideravelmente baixo de necessidades dos clientes e de requisitos de projeto. Foi feita a priorização de necessidades, porém não foi apresentada a classificação de Kano. As Matrizes de Relação e Correlação foram preenchidas de maneira completa. A descrição das contradições encontradas, dos Princípios Inventivos utilizados e da concepção gerada foi satisfatória. O desenho foi dividido em duas partes, ficando claro o conceito.	80
5	7	9	Placa com vários cilindros e aquecimento da filha de silicone para corte	O grupo identificou as necessidades dos clientes, realizou a priorização dos requisitos e classificação de Kano. Foi feito um bom desdobramento para requisitos de projeto e a Matriz de Relação foi bem preenchida. A Matriz de Correlação, porém não foi bem preenchida. O desenho da concepção não foi claro e a descrição de seu funcionamento pode ser considerada pobre.	75

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 5.6: Descrição dos trabalhos gerados no 2º Ciclo (continuação)

<b>Grupo</b>	<b>NCs</b>	<b>RPs</b>	<b>Concepção</b>	<b>Comentários</b>	<b>Nota</b>
<b>6</b>	8	10	Prensa ativada por alavanca	O grupo identificou as necessidades dos clientes, realizou a priorização e a classificação de Kano. A tradução de necessidades em requisitos de projeto foi bem feita e as Matrizes de Relação e Correlação foram bem preenchidas. Não ficou clara a forma de seleção dos Princípios Inventivos. O desenho da concepção foi claro, mas poderia ter sido explicado mais o seu funcionamento.	85
<b>7</b>	6	10	Prensa hidráulica	O grupo identificou as necessidades dos clientes, realizou a priorização e a classificação de Kano. Identificou os requisitos de projeto e preencheu as Matrizes de Relação e Correlação. Foram identificadas contradições e com base nelas, selecionados os Princípios Inventivos. O desenho e a descrição da concepção foram muito simples e com pouca informação.	75
<b>8</b>	6	7	Organização do processo em linha de produção, com pequena melhoria na ferramenta	O grupo identificou as necessidades dos clientes, realizou a priorização e a classificação de Kano. Identificou os requisitos de projeto e preencheu as Matrizes de Relação e Correlação. Foram descritas claramente as contradições encontradas e os Princípios Inventivos selecionados dentre os descritos na Matriz de Contradições. O desenho da concepção foi bastante simples, bem como a descrição.	80
<b>9</b>	6	7	Prensa com acionamento por botões, possibilidade de troca de matrizes e com compartimento de armazenagem das peças cortadas	O grupo identificou as necessidades dos clientes, realizou a priorização dos requisitos e classificação de Kano. Foi feito o desdobramento para requisitos de projeto e a Matriz de Relação foi bem preenchida. A Matriz de Correlação, porém não foi bem preenchida. Não ficou claro o critério para seleção dos Princípios Inventivos utilizados. O desenho e a descrição da concepção foram bem feitas.	80

Fonte: Elaborado pela autora

### 3. Observar e analisar

Neste ciclo, todo o trabalho foi desenvolvido em sala de aula, tendo os estudantes tomado como base somente o material com a descrição da empresa mostrado no APÊNDICE D. Com base na observação da pesquisadora, na análise da Casa da Qualidade do QFD elaborada pelos grupos e na análise dos relatórios escritos, foi elaborado o Quadro 5.7 com a síntese dos resultados do ciclo.

Quadro 5.7: Síntese dos resultados do 2º Ciclo (continua)

		Grupo		
		1	2	3
<b>Necessidades dos clientes</b>	Ambiente de trabalho mais confortável		X	X
	Aproveitamento de material	X		
	Facilidade no corte do silicone	X	X	
	Maior eficiência na colagem	X		
	Maior ergonomia de operação	X	X	
	Maior produtividade	X	X	X
	Pouca força aplicada ao corte	X		X
	Redução de perdas		X	
	Retirada do produto na ferramenta/ facilidade de extração do silicone	X	X	X
	Segurança na operação	X	X	X
<b>Requisitos de projeto</b>	Área do objeto estático		X	
	Área do objeto móvel	X	X	
	Complexidade do objeto			X
	Comprimento do objeto estático			X
	Facilidade de operação		X	X
	Fatores nocivos causados pelos objeto		X	X
	Força (de corte)	X	X	X
	Forma (da ferramenta)	X		
	Intensidade de Iluminação	X	X	
	Manufaturabilidade		X	
	Nível de Automação		X	
	Perda de Substância	X	X	

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 5.7: Síntese dos resultados do 2º Ciclo (continuação)

		Grupo		
		1	2	3
<b>Requisitos de Projeto</b>	Perda de tempo	X	X	X
	Peso do objeto móvel	X	X	
	Produtividade		X	X
	Temperatura (do ambiente)	X	X	
	Uso da energia por objeto móvel		X	
	Velocidade	X	X	X
<b>Dificuldades relatadas</b>	Entender o funcionamento do processo	X	X	X
	Pouco conhecimento técnico	X	X	X
	Estabelecimento de correlações entre requisitos de projeto	X	X	X
	Falta de contato direto com o processo e com os clientes	X	X	X
	Tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto			
<b>Concepção proposta</b>	Melhoria na ferramenta (pino vazado/ vazador)	X		
	Prensa e mudança do formato de entrega do produto		X	
	Mesa de corte com prensa			X

Fonte: Elaborado pela autora

Assim, analisando os trabalhos realizados, pode-se elencar algumas necessidades dos clientes identificadas:

- O esforço para a operação deve ser reduzido
- Deve-se reduzir as perdas
- A operação deve ser mais rápida
- A retirada do silicone da ferramenta deve ser fácil
- Deve-se aumentar o número de silicones produzidos de uma só vez
- A execução do processo deve ser segura, não representar riscos ao operador
- É necessário produzir peças de silicone de diferentes diâmetros
- O processo de separação do silicone para embalagem deve ser facilitado
- Deve-se melhorar a ergonomia no posto de trabalho
- Deve-se aproveitar o máximo o material

Dentre elas, três foram citadas por todos os grupos: "maior produtividade", "segurança na operação" e "retirada do produto na ferramenta/ facilidade de extração do silicone". Outras três necessidades foram levantadas por dois grupos: "maior ergonomia de operação", "pouca

força aplicada ao corte", "ambiente de trabalho mais confortável". As demais não se repetiram dentre os grupos.

Como proposto, o processo de tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto foi orientado pelos Parâmetros de Engenharia da TRIZ. Todos os grupos chegaram aos requisitos de projeto "velocidade", "força", "perda de tempo". Já os requisitos "peso do objeto móvel", "área do objeto móvel", "intensidade de iluminação", "temperatura", "perda de substância", "produtividade", "facilidade de operação" e "fatores nocivos causados pelo objeto" foram citados por dois dos grupos.

Outros sete requisitos foram elencados, porém não se repetiram. Essa variação entre os grupos evidencia que, mesmo seguindo um padrão pré-estabelecido os resultados dos grupos dependem diretamente da interpretação de cada um.

Por outro lado, pode-se notar que os resultados dos grupos estão diretamente relacionados, pois dentre os três requisitos de projeto priorizados, dois estão relacionados ao equipamento utilizado na operação e à operação em si e o outro ao tempo gasto na operação, ainda que os requisitos não sejam exatamente os mesmos.

A seleção dos Princípios Inventivos a serem utilizados para orientar a geração de concepções teve direta relação com o preenchimento da Casa da Qualidade de cada grupo. Os grupos 1 e 2 identificaram contradições por meio da Matriz de Correlações e utilizaram a Matriz de Contradições para identificar potenciais Princípios Inventivos a serem utilizados. Dentre eles, optaram por utilizar alguns.

O grupo 3, por não ter encontrado nenhuma contradição, utilizaram o Método dos Princípios Inventivos, selecionando os princípios por meio da lista ordenada por frequência de utilização.

Ficou evidenciado, com base na observação participante, que o material de apoio disponibilizado pode ter limitado a seleção de Princípios Inventivos a serem utilizados. Isso porque o material apresenta, além da lista com os Princípios Inventivos uma descrição de cada um deles e exemplos de aplicações. Ao visualizar os exemplo, caso não tivessem relação direta com o problema analisado, os estudantes já descartavam sua utilização. Assim, de certa forma, os estudantes ficaram presos ao material disponibilizado, restringindo relativamente a criatividade.

As concepções geradas pelos grupos variaram entre si. O grupo 1 optou por trabalhar em melhorias no pino vazado ou vazador com base no princípio inventivo (17) transição para nova dimensão. Diferente do pino original realiza o corte de 3 peças de silicone por cada

marretada. Os estudantes optaram por aumentar a área de contato com a marreta para melhorar a segurança do operador e criaram um mecanismo composto por uma mola para extrair o silicone de dentro da ferramenta. Depois de marretar algumas vezes, o operador aciona o pino extrator para retirar os silicons presos na ferramenta, fazendo a retirada dos três furos ao mesmo tempo.

Orientado pelos princípios (29) construção pneumática ou hidráulica, (1) segmentação ou fragmentação e (35) mudança de propriedade, o grupo 2 idealizou uma prensa pneumática ou hidráulica com o funcionamento por um pedal, por meio da qual muitas peças de silicone seriam cortadas ao mesmo tempo. Além disso, poderia ser aumentada a temperatura do silicone para que a tarefa do corte fosse facilitada. O grupo sugeriu também que o molde para corte fosse modificado: os silicons seriam entregues em peças com quatro, para que o cliente destacasse no momento do uso. Com isso, a tarefa de embalagem ficaria mais simples, porém é necessário cuidado para não haver desperdício de material.

Já o grupo 3, utilizando os princípios (25) auto-serviço, (29) construção pneumática ou hidráulica e (6) universalização, criou uma concepção de mesa de corte para automatizar o processo de corte e extração. Segundo a concepção, a prensa realiza vários cortes na folha de silicone de uma só vez, por meio de uma matriz de corte. Posteriormente, utilizando injeção de ar proveniente de tubos acoplados à matriz é feita a extração das peças, que caem em uma bandeja de coleta.

Sendo assim, em resumo, o grupo 1 sugeriu uma concepção aperfeiçoada para a ferramenta utilizada no corte do silicone (o pino vazado ou vazador), ou seja, trabalhou em melhorias no conceito original e os grupos 2 e 3 criaram conceitos novos de equipamentos para realizar o processo com base em uma prensa, sendo cada concepção diferente.

Porém é importante destacar que o grupo 1 levou em conta aspectos relacionados ao custo para elaborar a concepção apresentada e, ainda assim, pode-se notar que a concepção para o pino vazado é totalmente diferente do conceito original da ferramenta, podendo ser considerada uma nova concepção.

Neste ciclo, os grupos demonstraram grande dificuldade no estabelecimento de correlações entre os requisitos de projeto na Matriz de Correlação da Casa da Qualidade. Relataram também que os pontos que dificultaram a execução do trabalho foram a falta de contato direto com o processo e clientes, limitando o entendimento funcionamento do processo analisado, e o pouco conhecimento técnico dos integrantes dos grupos. Por outro lado, destacaram que a utilização da TRIZ, por meio do roteiro de trabalho apresentado, facilitou a execução do

trabalho, não sendo encontradas dificuldades em realizar a tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto.

#### **4. Refletir e agir**

Diferentemente do 1º Ciclo, os grupos não destacaram a dificuldade de estabelecimento de requisitos de projeto durante a execução do trabalho, deixando explícito que a TRIZ ajudou de forma significativa neste processo.

Por outro lado, algumas dificuldades coincidiram com as levantadas anteriormente: reduzido conhecimento técnico dos participantes; utilização de um caso distante da realidade dos alunos; a falta de contato com o processo; e os clientes foram destacados como limitadores do processo.

Outra dificuldade destacada pelos estudantes foi a de correlacionar os requisitos de projeto. Essa dificuldade ficou mais evidente neste ciclo pelo destaque dado à identificação de contradições para utilizar a Matriz de Contradições da TRIZ. E mesmo que os grupos não tenham conseguido identificar as contradições, o trabalho não foi inviabilizado devido à utilização do Método dos Princípios Inventivos.

As concepções geradas pelos estudantes representaram novos conceitos, sendo somente um deles melhorias na ferramenta utilizada, que ainda assim pode ser considerada uma nova concepção, pelo fato de ser um conceito bastante diferente da ferramenta original.

Uma questão importante foi o fato da utilização do material de apoio com exemplos de soluções originadas dos princípios Inventivos terem limitado as soluções geradas, visto que os alunos os associavam diretamente ao problema, descartando aqueles que não tinham exemplo com relações diretas com o caso estudado.

Enfim, foi possível evidenciar a efetividade da utilização da TRIZ no contexto do QFD para auxiliar no processo de estabelecimento de requisitos e geração de concepções. Sendo assim, no próximo ciclo, serão comparados resultados gerados pela integração da TRIZ com o QFD com aqueles gerados pela aplicação tradicional do QFD.

### **3º Ciclo**

#### **1. Planejar**

Nos dois ciclos anteriores, foram feitas propostas de trabalho específicas aos estudantes: no primeiro, eles deveriam utilizar somente o QFD para que fossem verificadas as dificuldades

de aplicação e, no segundo, a sugestão de integração de QFD e TRIZ para que fosse verificada sua validade para determinação de requisitos de projeto e para subsídio na geração de concepções.

No terceiro ciclo, deseja-se comparar os resultados de grupos que utilizarem somente o QFD e outros que utilizarem a proposta de integração de QFD e TRIZ. Assim, o problema a ser trabalhado será apresentado aos alunos e eles ficam livres para solucioná-lo da forma como julgarem melhor.

Nesse ciclo, o caso apresentado a eles foi relativo a aparelhos medidores de pressão arterial. Os alunos deveriam definir o público-alvo e coletar as informações com os potenciais clientes, verificando quais melhorias poderiam ser feitas.

Os aparelhos a serem analisados realizam a aferição da pressão de forma automática, podendo ser utilizados no braço ou pulso, dependendo do modelo. A seguir estão descritos os medidores utilizados pelos grupos:

- Aparelho de Pressão Arterial Automático de Braço da marca Omron, modelo HEM-7113, mostrado na Figura 5.9



Figura 5.9: Aparelho HEM-713  
Fonte: Omron *Health Care*, 2015

- Aparelho de Pressão Arterial *Techline Smart Pro* Digital Automático de Pulso Q4-00, mostrado na Figura 5.10.



Figura 5.10: Aparelho Q4-00  
Fonte: Techline, 2015

- Aparelho de pressão Digital de Pulso LP200 – PREMIUM, mostrado na Figura 5.11.



Figura 5.11: Aparelho LP200  
Fonte: *Accumed Glicomed, 2015*

- Aparelho de Pressão Digital de Pulso G-TECH HOME BP3MOA, mostrado na Figura 5.12.



Figura 5.12: Aparelho BP3MOA  
Fonte: *Accumed Glicomed, 2015*

A definição do público-alvo e contato com os potenciais clientes ficou sob a responsabilidade dos estudantes. Eles deveriam, então, determinar as modificações a serem realizadas no produto escolhido para melhorar sua qualidade de acordo com as necessidades dos clientes identificadas.

Assim como no 2º Ciclo, o trabalho foi proposto aos alunos do 7º período de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá matriculados na disciplina de Engenharia de Produto no primeiro semestre de 2015. Para trabalhar com o problema proposto, deveriam formados grupos de 4 a 5 estudantes.

## 2. Implementar

A organização do trabalho realizado no 3º Ciclo, assemelha-se a do 1º ciclo. A aplicação do QFD, que contou como 50% da nota final da disciplina, seria realizada pelos estudantes fora de sala de aula e, no fim do prazo estabelecido, os grupos deveriam apresentar os resultados obtidos no trabalho.

O Quadro 5.8 apresenta as atividades desenvolvidas neste ciclo. É importante destacar que, como o 2º e o 3º ciclo tiveram os mesmos participantes, algumas atividades se repetem em ambos.

Quadro 5.8: Atividades realizadas no 3º Ciclo

	<b>Data</b>	<b>Atividade Realizada</b>	<b>Responsável</b>	<b>Duração</b>
<b>1º dia</b>	23 de fevereiro de 2015	Apresentação do produto utilizado na realização do trabalho prático da disciplina	Docente da disciplina	20 minutos
<b>2º dia</b>	2 de março de 2015	Aula expositiva sobre QFD	Docente da disciplina	100 minutos
<b>3º dia</b>	5 de março de 2015	Aula sobre planejamento de coleta de dados para QFD	Docente da disciplina	20 minutos
		Planejamento e elaboração do protocolo de coleta de dados do QFD	Estudantes	Variou entre as equipes
<b>4º dia</b>	9 de março de 2015	Aula expositiva sobre QFD	Docente da disciplina	20 minutos
		Aula expositiva sobre TRIZ e sua utilização no contexto do QFD	Pesquisadora	30 minutos
<b>5º dia</b>	26 de março de 2015	Apresentação dos resultados do QFD	Estudantes	10 minutos
		Avaliação e comentários sobre a apresentação	Pesquisadora e docente da disciplina	5 minutos
<b>6º dia</b>	23 de abril de 2015	Apresentação das concepções geradas	Estudantes	10 minutos
		Avaliação e comentários sobre a apresentação	Pesquisadora e docente da disciplina	5 minutos

Fonte: elaborado pela autora

No dia 23 de fevereiro de 2015, um dos docentes responsáveis pela disciplina ministrou uma aula introdutória, em que explicitava a organização e funcionamento da disciplina de Engenharia de Produto. Já neste primeiro encontro, informou aos alunos que os produtos a serem utilizados na realização do trabalho prático da disciplina seriam os medidores de pressão arterial.

A aula realizada no dia 2 de março de 2015, foi exatamente a mesma do ciclo anterior em que o docente apresentou os conceitos básicos do QFD. No dia 5 de março de 2015 foi realizada em uma aula prática a elaboração do protocolo de coleta de dados do QFD para o trabalho.

Foi determinado que os estudantes teriam até o dia 26 de março de 2015 para realizar a implementação do QFD, definindo o público alvo, realizando as entrevistas, fazendo as pesquisas e análises necessárias.

Antes do prazo final de entrega, no dia 09 de março de 2015, coincidindo com o 2º Ciclo, foi ministrada uma aula expositiva sobre a TRIZ e sua utilização no contexto do QFD. Porém, não foi exigido dos estudantes que utilizassem a abordagem apresentada nesta aula.

No dia 26 de março de 2015, com o acompanhamento do docente e da pesquisadora, os grupos apresentaram os trabalhos desenvolvidos. Cada um teve 10 minutos para apresentar sua Casa da Qualidade, bem como as análises realizadas. No dia 23 de abril de 2015, os estudantes apresentaram as concepções geradas, também com o acompanhamento do docente e da pesquisadora.

No total, foram elaborados 7 trabalhos (Quadro 5.9), dentre os quais:

- 5 utilizaram a abordagem tradicional de aplicação do QFD, mostrada no 1 ciclo.
- 1 usou os Parâmetros de Engenharia da TRIZ para auxiliar a tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto, porém não utilizaram os Princípios Inventivos para auxiliar na geração de concepções
- 1 utilizou a TRIZ para tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto e geração de concepções.

Para verificar as diferenças entre as formas de realização do trabalho, foram selecionados 1 trabalho de cada, num total de 3. No caso da utilização da TRIZ para tradução e utilização da TRIZ para tradução e geração de concepções, como existia somente 1 trabalho de cada e estes foram bem elaborados, não foi feita seleção.

Dentre os outros 5 trabalhos, além de utilizar os critérios de avaliação da disciplina para selecionar os trabalhos mais bem elaborados e representativos, a questão chave para seleção foi levantamento do mesmo número de necessidades dos clientes que os demais grupos, para que a comparação e análise dos resultados pudesse ser realizada.

Quadro 5.9: Descrição dos trabalhos gerados no 3º Ciclo (continua)

Grupo	NCs	RPs	Concepção	Comentários	Nota
1	10	11	Sugestões de melhoria no aparelho de pressão Digital de Pulso LP200 – PREMIUM	O grupo descreveu detalhadamente o produto, determinou público alvo, definiu as técnicas auxiliares a implementação do QFD, mostrou o desdobramento da voz do cliente e a classificação de Kano. A tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto foi realizada por <i>brainstorming</i> . O grupo apresentou alguns concorrente, porém não foi feita nenhuma análise. A análise dos resultados foi coerente, bem como a identificação de oportunidades de melhoria, que foi base para a geração da concepção.	90
2	10	12	Sugestões de melhoria no aparelho de Pressão Arterial <i>Techline Smart Pro</i> Digital Automático de Pulso Q-400	O grupo descreveu as características do produto, bem como sua forma de funcionamento. O público alvo foi selecionado de forma clara, as entrevistas filmadas para posterior análise, além de serem colocadas com anexo do trabalho as descrições de todas as entrevistas realizadas. Foram apresentadas as técnicas utilizadas, o desdobramento da voz do cliente, análises de vários concorrentes identificados. A tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto foi orientada pelos Parâmetros de Engenharia da TRIZ. A análise da Casa da Qualidade e a identificação das oportunidades de melhoria foram realizadas de forma coerente. A concepção foi gerada com base na análise dos concorrentes.	95
3	10	15	Concepção de aplicativo para aparelhos móveis com conexão <i>bluetooth</i> com a adaptação do aparelho de Pressão Arterial Automático de Braço da marca Omron, modelo HEM-7113	O grupo descreveu o produto e determinou o segmento-alvo com clareza. Foram apresentadas as técnicas auxiliares utilizadas, bem como os concorrentes do produto analisado. A tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto foi orientada pelos Parâmetros de Engenharia da TRIZ. Foi o único grupo que com a análise da dos resultados identificou as contradições e utilizou a Matriz de Contradições para selecionar os Princípios Inventivos, que guiaram a geração da concepção.	95
4	5	4	Sugestões de melhoria no aparelho de Pressão Digital de Pulso G-TECH HOME BP3MOA	O relatório escrito foi simples e pouco detalhado. O grupo fez uma breve descrição do produto e apresentou alguns concorrentes. Determinou com pouca clareza o segmento alvo de mercado. Explicitou as técnicas auxiliares utilizadas, porém o desdobramento da voz do cliente e a classificação de Kano não foram detalhados. A tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto foi realizada por <i>brainstorming</i> . A Casa da Qualidade teve pouco conteúdo e não foi anexada ao relatório escrito. A análise dos resultados e descrição das oportunidades de melhoria, que guiaram a geração da concepção, foram descritas de forma sucinta.	70

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 5.9: Descrição dos trabalhos gerados no 3º Ciclo (continuação)

Grupo	NCs	RPs	Concepção	Comentários	Nota
5	7	9	Sugestões de melhoria no aparelho de Pressão Digital de Pulso G-TECH HOME BP3MOA	O grupo descreveu o produto analisado e identificou concorrente, porém não acrescentou a análise dos concorrentes na matriz. O segmento de mercado foi claramente definido, assim como o tamanho da amostra e o critério de seleção dos entrevistados. As técnicas auxiliares ao QFD foram bem apresentadas e o desdobramento da voz do cliente feito por meio da análise da descrição dos depoimentos obtidos na entrevista. A classificação de Kano foi realizada e o questionário utilizado foi anexado ao relatório. A tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto foi feita por meio de <i>brainstorming</i> . A análise dos resultados foi coerente e foram as oportunidades de melhoria identificadas que guiaram a geração da concepção.	90
6	5	9	Sugestões de melhoria no aparelho de Pressão Digital de Pulso G-TECH HOME BP3MOA	O grupo descreveu o produto analisado, identificou e analisou os concorrentes, o que não foi colocado na Casa da Qualidade. O segmento alvo de mercado, tamanho da amostra e a seleção das pessoas entrevistadas foram apresentados com clareza. Foram descritas as técnicas auxiliares utilizadas, mostrados os depoimentos dos envolvidos na entrevistas, bem como a classificação de Kano. A tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto foi feita por meio de <i>braisntorming</i> . A análise dos resultados foi apresentada e as oportunidades de melhoria identificadas orientaram a geração da concepção.	95
7	6	8	Sugestões de melhoria no aparelho de pressão Digital de Pulso LP200 – PREMIUM	O produto foi brevemente descrito. O público alvo e as técnicas auxiliarem ao QFD foram detalhadamente apresentados. Foi apresentado o desdobramento da voz do cliente, a classificação de Kano e os concorrentes identificados, porém não foi feita a análise dos concorrentes na Casa da Qualidade. A tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto foi realizada por meio de <i>braisntorming</i> . Foi apresentada a análise dos resultados e identificadas a oportunidades de melhoria, que guiaram a geração da concepção.	80

Fonte: Elaborado pela autora

Foram selecionados os trabalhos dos grupo 1, 2 e 3, sendo os resultados obtidos apresentados no APÊNDICE F e, no tópico seguinte, analisados os resultados gerados por eles.

### 3. Observar e analisar

Analisando os resultados apresentados pelos grupos, pode-se fazer algumas considerações. Como foi dito anteriormente, não foi exigido dos grupos que utilizassem uma metodologia específica, sendo selecionados 3 trabalhos para análise.

Com base na observação da pesquisadora na apresentação do QFD feito pelos grupos e a análise dos relatórios escritos, foi elaborado o Quadro 5.10 com a síntese dos resultados do ciclo.

Quadro 5.10: Síntese dos resultados do 3º Ciclo (continua)

		Grupo		
		1	2	3
<b>Necessidades dos clientes</b>	Aferição mais rápida			X
	Aparelho fácil de guardar		X	
	Avisar quando a pilha está fraca		X	
	Botões padronizados		X	
	Braçadeira maior/ Apertar menos	X		X
	Compartilhamento de dados			X
	Customização do nível ideal de pressão	X		
	Data e hora			X
	Embalagem fácil de abrir e fechar		X	
	Fácil visualização em ambientes escuros			X
	Facilidade de colocar a braçadeira			X
	Indicador de Interpretação de nível de pressão/ Indicador com níveis coloridos/ Interpretar os dados	X	X	X
	Letras maiores no visor/ Enxergar medição com mais facilidade	X	X	
	Maior durabilidade	X		
	Maior duração/durabilidade da bateria	X		X
Maior precisão nas medições		X		
Manual mais explicativo	X			

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 5.10: Síntese dos resultados do 3º Ciclo (continuação)

		<b>Grupo</b>		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Necessidades dos clientes</b>	Melhor indicação para o posicionamento da braçadeira/ Maior facilidade no manuseio do aparelho		X	X
	Menor sensibilidade ao movimento	X		
	Pequeno peso do aparelho			X
	Pulseira mais resistente	X		
	Pulseira não machucar		X	
	Registro de leituras anteriores	X		
	Trocar pilhas com facilidade		X	
<b>Requisitos de projeto</b>	Carga das pilhas	X		
	Consumo de energia	X		
	Função de registro da pressão padrão do paciente	X		
	Histórico de leituras	X		
	Instruções claras e objetivas	X		
	Pressão da pulseira	X		
	Proteção do circuito interno	X		
	Robustez da estrutura	X		
	Sensibilidade no sensor	X		
	Tamanho da letra do visor digital	X		
	Visor colorido	X		
	Adaptabilidade		X	X
	Complexidade do dispositivo		X	X
	Comprimento do objeto móvel			X
	Confiabilidade		X	
	Dificuldade de detecção e medição		X	
	Duração da ação do objeto móvel			X
	Facilidade de manutenção		X	
	Facilidade de operação, simplicidade		X	X
	Fatores nocivos causados pelo objeto móvel			X
Forma (da embalagem de proteção)		X		
Forma (do aparelho)			X	
Intensidade de Iluminação			X	

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 5.10: Síntese dos resultados do 3º Ciclo (continuação)

		Grupo		
		1	2	3
<b>Requisitos de Projeto</b>	Material (pulseira)		X	
	Perda de energia		X	
	Perda de Informação			X
	Perda de tempo		X	
	Peso do objeto estático			X
	Peso do objeto móvel			X
	Precisão da medida		X	X
	Produtividade		X	
	Resistência			X
	Uso da energia por objeto estático			X
	Volume do objeto estático			X
<b>Dificuldades relatadas</b>	Falta de foco dos clientes ao repassar informações		X	
	Falta de conhecimento técnico da equipe	X	X	X
	Divergência de opiniões		X	
	Pouco tempo para a execução do trabalho	X		
	Tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto	X		
	Estabelecimento de correlações entre requisitos de projeto	X	X	X
	Diferença nos horários disponíveis dos integrantes do grupo			X
<b>Concepção proposta</b>	Melhoria no modelo L200	X		
	Melhoria no modelo Q-400		X	
	Aplicativo de celular			X

Fonte: Elaborado pela autora

Para analisar os resultados gerados, primeiramente, é importante destacar o modelo de aparelho analisado e público alvo utilizado em por cada um dos grupos (Quadro 5.11):

Quadro 5.11: Modelos analisados e públicos alvo selecionados no 3º Ciclo

	Modelo analisado	Público alvo selecionado
<b>Grupo 1</b>	Aparelho de pressão Digital de Pulso LP200 – PREMIUM	Idosos com mais de 60 anos que alguma vez já tiveram problemas de pressão
<b>Grupo 2</b>	Aparelho de Pressão Arterial <i>Tecline Smart Pro</i> Digital Automático de Pulso Q4-00	Idosos com mais de 75 anos que fazem o controle de pressão sozinhos
<b>Grupo 3</b>	Aparelho de Pressão Arterial Automático de Braço da marca Omron, modelo HEM-7113	Adultos entre 20 e 40 anos que buscam fazer um controle da pressão arterial como forma de prevenção ou tratamento de doenças cardíacas

Fonte: Elaborado pela autora

Dependendo do público alvo e do modelo analisado, as dificuldades na utilização dos aparelhos serão diferentes, bem como suas necessidades. De maneira geral, as necessidades dos clientes identificadas pelos grupos foram:

- A leitura deve ser precisa, confiável e rápida;
- A embalagem deve ser fácil de manusear, sendo fácil guardar o produto;
- A braçadeira/pulseira não deve apertar ou machucar;
- A durabilidade da pilha/bateria deve ser alta, o aparelho deve avisar quando estiver ficando fraca e a troca de pilhas/baterias deve ser uma operação fácil;
- O aparelho deve ser fácil de utilizar;
- O manual deve ser claro e simples de entender, com letras em um tamanho considerável;
- O aparelho e a pulseira/braçadeira devem ter alta durabilidade;
- A letra do visor deve ser grande o suficiente para ser visualizada com facilidade e deve ser de fácil visualização em ambientes escuros;
- Deve haver algum tipo de indicador do nível de pressão;
- São desejáveis funções de compartilhamento de dados, histórico de leituras, customização do nível ideal de pressão,
- Os botões devem ser padronizados;
- O aparelho não deve pesar muito e ser menos sensível a movimentos.

Os grupos analisados identificaram, cada um, 10 necessidades dos clientes. Dentre elas, somente "Indicador de Interpretação de nível de pressão/ Indicador com níveis coloridos/ Interpretar os dados" foi encontrada pelos três grupos. As necessidades "braçadeira maior/ apertar menos", "letras maiores no visor/ enxergar medição com mais facilidade", "maior duração/durabilidade da bateria", "melhor indicação para o posicionamento da braçadeira/ maior facilidade no manuseio do aparelho" foram citadas por dois dos grupos. As demais não se repetiram dentre os grupos.

Em relação ao estabelecimento de requisitos de projeto, há diferenças importantes. O grupo 1, que não utilizou a TRIZ para auxiliar na tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto, levantou 11 diferentes requisitos. Ao analisá-los pode-se notar que são pouco técnicos e mensuráveis e representam, em grande parte, soluções para as necessidades levantadas pelos clientes, o que pode limitar a geração de concepções.

Já os grupos 2 e 3, utilizaram a TRIZ, seguindo o padrão estabelecido pelos Parâmetros de Engenharia. O grupo 2 estabeleceu 12 requisitos de projeto e o grupo 3, 15 requisitos de

projeto, sendo "adaptabilidade", "complexidade do dispositivo", "facilidade de operação, simplicidade" e "precisão de medida" citados por ambos. Os demais foram diferentes dentre eles.

Para a geração de concepções, os grupos 1 e 2 não utilizaram os Princípios Inventivos da TRIZ. As concepções geradas por eles tiveram como base os pontos identificados por meio do QFD para aperfeiçoar os aparelhos analisados. Com isso, eles não desenvolveram conceitos novos e sim formas de melhorias.

O grupo 1 sugeriu a inserção de informações na embalagem do produto, melhorias no manual de instrução e a adição de amortecedores de silicone ao longo da pulseira para amortecer a compressão durante o uso. O grupo 2 sugeriu trocar o material da pulseira, padronizar os botões, acrescentar um visor da carga da bateria e uma função de interpretação e visualização dos dados.

Já o grupo 3 utilizou a Matriz de contradições para identificar os Princípios Inventivos para solucionar a contradição identificada na Matriz de Correlação da Casa da Qualidade "facilidade de operação"x"adaptabilidade". Dentre os Princípios indicados, o grupo optou por trabalhar com "segmentação", "dinamização" e "ação parcial ou excessiva", criando a concepção de um aplicativo para aparelhos móveis (*tablets e smartphones*). A braçadeira do aparelho seria conectada ao aplicativo por *bluetooth* e seriam oferecidas ao usuários diversas funções, dentro do aplicativo. Além disso, a braçadeira seria ajustável, para que fosse possível sua utilização por pessoas que necessitam de braçadeiras maiores.

A diferença entre os resultados gerados pelos grupos que não utilizaram os Princípios Inventivos e o que utilizou é bastante evidente, visto que os que não utilizaram indicaram apenas melhorias no produto existente, enquanto o que utilizou gerou um conceito totalmente novo para o uso do produto.

Dentre as dificuldades relatadas pelos grupos, todos destacaram a falta de conhecimento técnico para o estabelecimento de requisitos técnicos. Como já era esperado, somente o grupo 1, que não utilizou os Parâmetros de Engenharia da TRIZ, relatou dificuldades no processo de tradução. Os outros 2 grupos relataram que a TRIZ contribuiu para a identificação dos requisitos técnicos.

#### **4. Refletir e agir**

O caso trabalhado neste ciclo facilitou o desenvolvimento da atividade pelos alunos. Eles tiveram maior contato com o produto que deveria ser melhorado e, por terem sido eles que

selecionaram o público-alvo, o contato com os clientes e o próprio processo de identificação de necessidades foi facilitado.

Ao fim do terceiro ciclo, fica evidenciado o auxílio fornecido pela integração da TRIZ na implementação do QFD. De acordo com o observado e relatado pelos participantes dos ciclos, os Parâmetros de Engenharia podem auxiliar no processo de tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto. Além disso, a concepção gerada com subsidio dos Princípios Inventivos foi claramente mais criativa e diferenciada, visto que os grupos que não os utilizaram, geraram apenas melhorias nos produtos.

Novamente, foram citadas a falta de conhecimento técnico e o estabelecimento de correlações entre os requisitos de projeto como principais dificuldades dos grupos, o que pode evidenciar uma nova lacuna a ser explorada.

#### **5.1.2.5. Avaliar resultados e gerar relatórios**

Esta fase da pesquisa-ação envolve uma reflexão sobre os resultados gerados, sendo a base para o planejamento dos próximos ciclos (COUGHLAN e COGHLAN, 2002). Essa reflexão foi realizada durante as etapas “Observar e Analisar” e “Refletir e Agir”, na fase de Implementação. Com o intuito de reunir as informações geradas nessas fases o Quadro 5.12 é apresentado a seguir.

Quadro 5.12: Quadro-resumo para a Pesquisa-ação (continua)

<b>Ciclo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Período</b>	24 de fevereiro, 10, 13, 17, 18 e 27 de março e 17 de abril de 2014	2, 9, 30 e 31 de março de 2015	23 de fevereiro, 2, 5 e 26 de março e 23 abril de 2015
<b>Participantes</b>	Alunos do 7º período de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, matriculados em Engenharia do Produto no 1º semestre de 2014	Alunos do 7º período de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, matriculados em Engenharia do Produto no 1º semestre de 2015	Alunos do 7º período de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, matriculados em Engenharia do Produto no 1º semestre de 2015
<b>Objetivo</b>	Verificar como ocorre a tradução e necessidades dos clientes em requisitos de projeto na implementação do QFD e se há dificuldade na sua realização	Verificar se a sugestão de integração entre QFD e TRIZ pode ser efetiva, avaliando se os processos de tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto e geração de concepções são facilitados	Comparar os resultados gerados com a aplicação do QFD seguindo os passos tradicionais com os resultados gerados pela aplicação do QFD em conjunto com a TRIZ em relação a tradução de necessidades em requisitos e geração de concepções
<b>Caso Utilizado</b>	Roda de Reboque	Processo de corte de silicone de uma fábrica de embalagens	Aparelho de pressão arterial automático
<b>Atividades Executadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação do QFD, de acordo com sua utilização tradicional;</li> <li>• Elaboração de Relatórios com os resultados obtidos durante a execução das atividades;</li> <li>• Apresentação do trabalho.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação da proposta de integração de QFD e TRIZ sugerida;</li> <li>• Elaboração de Relatórios com os resultados obtidos durante a execução das atividades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação do método QFD seguindo os passos tradicionais ou a proposta de integração entre QFD e TRIZ sugerida, a critério dos participantes.</li> <li>• Seleção do público-alvo a ser utilizado;</li> <li>• Elaboração de Relatório com os resultados obtidos durante a execução das atividades;</li> <li>• Apresentação do trabalho.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 5.12: Quadro-resumo para a Pesquisa-ação (continuação)

Ciclo	1	2	3
<p><b>Reflexão/ Avaliação</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficou evidenciada a dificuldade na tradução de necessidades dos clientes em requisitos técnicos, associada principalmente ao reduzido conhecimento técnico dos participantes;</li> <li>• Os requisitos gerados são pouco técnicos e mensuráveis, representando opções de soluções, o que pode limitar a geração de concepções;</li> <li>• O pouco contato dos estudantes com os clientes e com o produto também dificultou a execução do trabalho;</li> <li>• As concepções geradas representaram melhorias nos modelos de rodas de reboque existentes. Nenhuma das equipes obteve o conceito de um produto totalmente novo para realizar a função.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferentemente do 1º Ciclo, os grupos não destacaram a dificuldade de estabelecimento de requisitos de projeto durante a execução do trabalho, deixando explícito que a TRIZ ajudou de forma significativa neste processo.</li> <li>• Algumas dificuldades coincidiram com as levantadas anteriormente: reduzido conhecimento técnico dos participantes, a utilização de um caso distante da realidade dos alunos e a falta de contato com o processo e os clientes;</li> <li>• Uma nova dificuldade foi identificada: correlacionar os requisitos de projeto, devido ao destaque dado à identificação de contradições para utilizar a Matriz de Contradições da TRIZ;</li> <li>• Geração de novos conceitos, sendo somente um deles melhorias na ferramenta utilizada;</li> <li>• A utilização do material de apoio com exemplos de soluções originadas dos princípios Inventivos podem ter limitado as soluções geradas;</li> <li>• Foi possível evidenciar a efetividade da utilização da TRIZ no contexto do QFD para auxiliar no processo de estabelecimento de requisitos e geração de concepções.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produto mais próximo à realidade dos estudantes e acessível facilitou a execução das atividades, assim com o fato de os próprios participantes terem definido o público-alvo com o qual trabalhariam;</li> <li>• O grupo que não utilizou os Parâmetros de Engenharia da TRIZ para auxiliar a tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto destacaram dificuldade em realizar a tarefa;</li> <li>• As concepções geradas pelos grupos que não utilizaram a proposta de integração, de maneira completa, foram parecidas, enquanto o grupo que a utilizou gerou uma concepção diferenciada;</li> <li>• Novamente, foram citadas a falta de conhecimento técnico e o estabelecimento de correlações entre os requisitos de projeto como principais dificuldades dos grupos, o que pode evidenciar uma nova lacuna a ser explorada.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pela autora

## 6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste tópico são analisadas as respostas obtidas com a aplicação do questionário apresentado no APÊNDICE B, bem como a comparação dos resultados obtidos no 1º e 2º Ciclos e dos resultados do 3º Ciclo.

### 6.1. Resultados dos questionários

O questionário (APÊNDICE B) aplicado após a realização do 2º Ciclo de pesquisa-ação é composto por quatro questões de múltipla escolha e foi respondido por 33 estudantes.

Nas questões 1 e 2, as opções de resposta foram: (1) Nenhum, (2) Baixo, (3) Moderado e (4) Elevado; nas questões 3 e 4, as opções foram: (1) Prejudicaram, (2) Não auxiliaram, (3) Auxiliaram pouco e (4) Auxiliaram significativamente.

Nesse questionário, os estudantes analisaram o nível de dificuldade do aprendizado e implementação do QFD, além de informar se a TRIZ conseguiu auxiliar ou não no processo de tradução de requisitos e geração de concepções. A seguir, estão descritas cada uma das questões e analisadas as respostas obtidas em cada uma delas.

*Questão 1: Qual o nível de dificuldade no aprendizado do método QFD?*

Como exposto na Figura 6.1, 66% dos estudantes julgaram o nível de dificuldade de aprendizado do método QFD moderado e 34%, baixo. Nenhum dos estudantes julgou elevado ou inexistente.

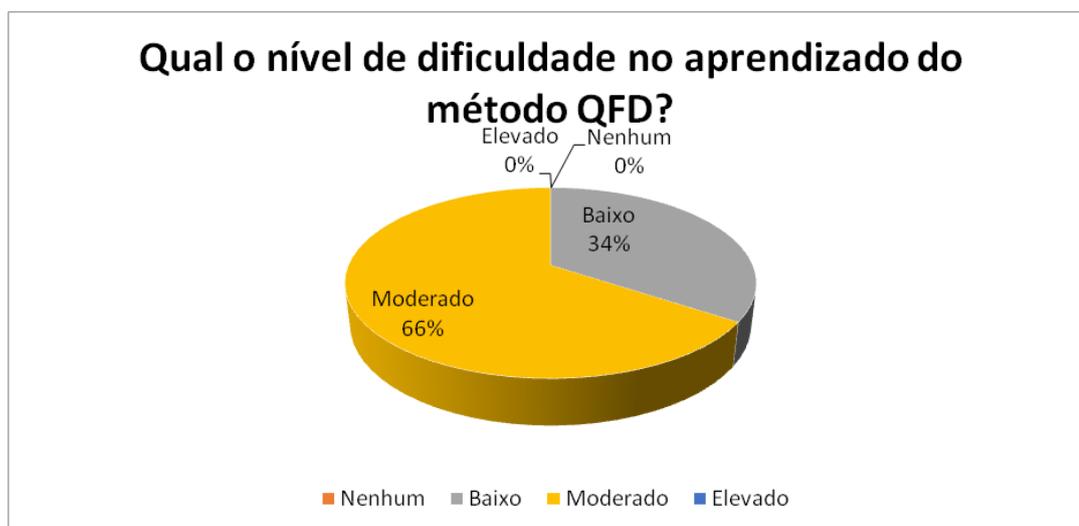


Figura 6.1: Resultado da Questão 1

*Questão 2: Qual o nível de dificuldade de cada uma das atividades?*

Nesta questão, foram apresentadas 6 diferentes atividades pertencentes ao processo de implementação do método QFD, a saber:

- 2.1. Obter as informações com o cliente
- 2.2. Interpretar a voz do cliente, para identificar as necessidades dos clientes
- 2.3. Traduzir necessidades dos clientes em requisitos de projeto
- 2.4. Realizar as correlações
- 2.5. Priorizar requisitos
- 2.6. Definir especificações-meta

Para cada uma delas, os estudantes deveriam julgar o nível de dificuldade, dentre as opções: nenhum, baixo, moderado ou elevado. Além disso, foi disponibilizado um espaço para que os estudantes preenchessem com alguma outra dificuldade que tivessem identificado, porém os respondentes não elencaram nenhuma. As respostas dos estudantes estão mostradas nos *boxplots* da Figura 6.2.

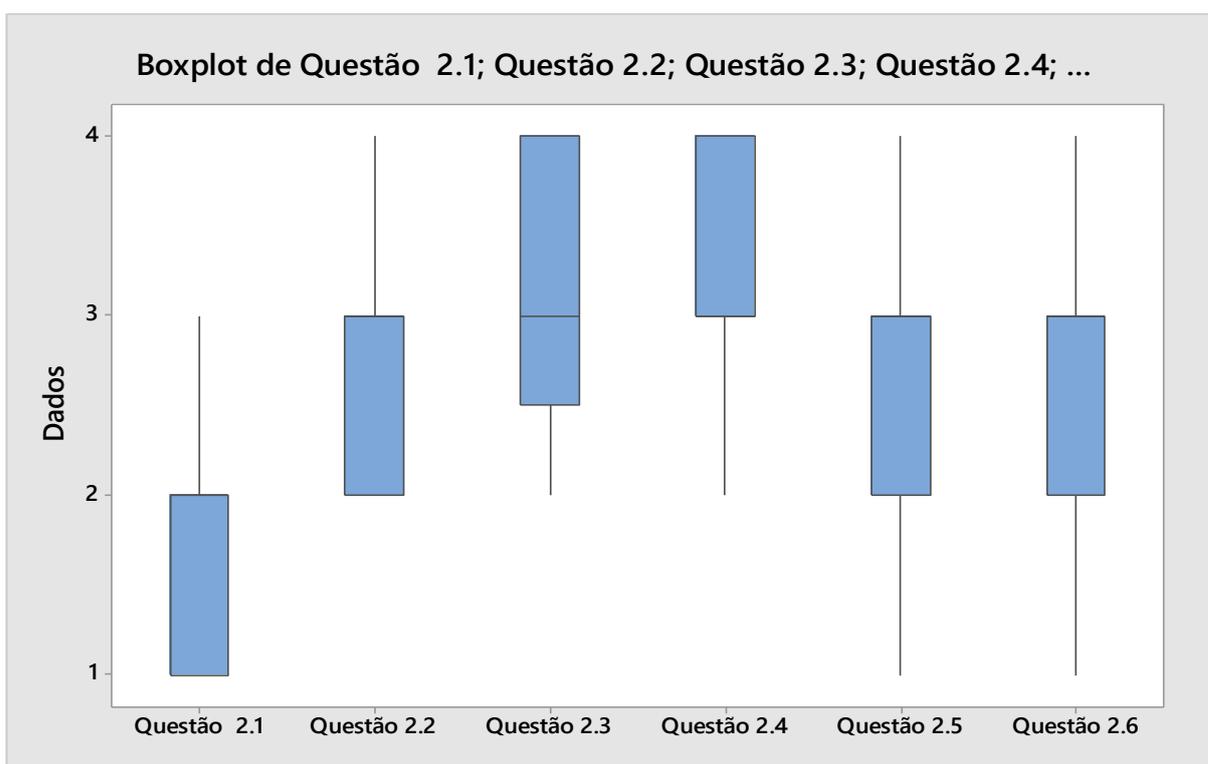


Figura 6.2: *Boxplots* Questão 2

Com base na análise dos gráficos, não é possível afirmar estatisticamente que há diferença entre o nível de dificuldade das atividades, pois os intervalos dos *boxplots* se cruzam. Além disso, com exceção da questão 2.1, cuja mediana  $M=2$ , todas as demais possuem a mesma

mediana  $M=3$ . Todas as questões possuem a mesma altura no *boxplot*, exceto a 2.3 que é um pouco maior, o que pode indicar que elas possuem a mesma dispersão.

Sendo assim, para avaliar se as amostras possuem de fato estatisticamente a mesma dispersão, utiliza-se o teste de Kruskal – Wallis (JUNIOR, 2012). Este teste é realizado com base na mediana para comparar no mínimo 3 grupos, utilizando as seguintes hipóteses:

- $H_0$  : os grupos têm a mesma distribuição de valores;
- $H_1$  : os grupos não têm a mesma distribuição de valores.

Utilizando o software Minitab, obtém-se o seguinte resultado:

Kruskal-Wallis Test on C2

fator	N	Median	Ave Rank	Z
1	33	2,000	47,0	-5,77
2	33	3,000	98,6	-0,09
3	33	3,000	122,2	2,49
4	33	3,000	134,5	3,85
5	33	3,000	92,7	-0,75
6	33	3,000	102,0	0,28
Overall	198		99,5	

H = 45,77 DF = 5 P = 0,000

H = 52,55 DF = 5 P = 0,000 (adjusted for ties)

Considerando o valor de *p-value*, sugere-se que as dispersões dos grupos são significativamente diferentes. Sendo assim, pela análise do *boxplot* pode-se notar que as questões 2.3 e 2.4 possuem maior nível de dificuldade, enquanto a questão 2.1 é a com menor. Carnevalli e Cauchick Miguel (2007), Chan e Wu (2005) e Fung, Chen e Tang (2006) destacam a dificuldade relacionada ao preenchimento das matrizes. Segundo os dados obtidos, as atividades de tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto e estabelecimento de correlações são as atividades que os estudantes julgaram com maior nível de dificuldade, enquanto a obtenção das informações dos clientes é a que possui menor nível de dificuldade.

As atividades de interpretar a voz do cliente, para identificar as necessidades dos clientes, priorizar requisitos e definir especificações-meta possuem dificuldade intermediária em relação às demais.

*Questão 3. As noções de TRIZ apresentadas em sala de aula auxiliaram na tradução dos requisitos de projeto da Matriz do QFD?*

Com essa questão, desejava-se analisar se os estudantes consideraram que o conteúdo passado sobre a TRIZ, bem como a proposta de integração apresentada, auxiliaram no processo de tradução dos requisitos. Essa atividade foi verificada no primeiro ciclo com uma das que os alunos tiveram mais dificuldades.

Como mostrado na Figura 6.3, dentre os respondentes, nenhum julgou que a tradução foi prejudicada pela TRIZ e 69% consideraram que o auxílio foi significativo. Por outro lado, 9% considerou que as noções de TRIZ não auxiliaram e 22% que auxiliaram pouco.



Figura 6.3: Resultado da Questão 3

*Questão 4: As noções de TRIZ apresentadas em sala de aula auxiliaram na geração de concepções que atendam às necessidades dos clientes levantadas na Matriz do QFD?*

A quarta e última questão do questionário, cujo resultado é mostrado na Figura 6.4, teve como objetivo analisar se a utilização dos Princípios Inventivos, seja por meio do Método dos Princípios Inventivos ou Matriz de Contradições, auxiliou a geração de concepções, atendendo às necessidades dos clientes levantadas no QFD.

Nenhum dos respondentes considerou que a TRIZ prejudicou ou não auxiliou na geração das concepções. Já os que consideraram o auxílio significativo foram 75% e, 25%, baixo.

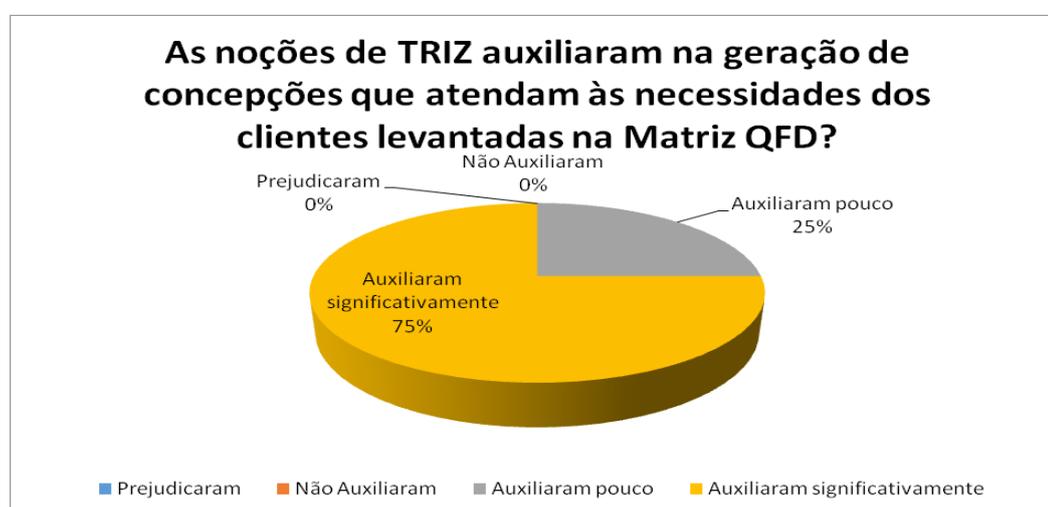


Figura 6.4: Resultado da Questão 4

## 6.2. Comparações entre o 1º e 2º Ciclos

Como elucidado no Capítulo 5, o 1º e o 2º Ciclo tiveram objetivos específicos. O 1º Ciclo foi planejado para verificar como ocorre a tradução e necessidades dos clientes em requisitos de projeto na implementação do QFD e se há dificuldade na sua realização. Já no 2º Ciclo, procurou-se verificar se a sugestão de integração entre QFD e TRIZ pode ser efetiva, avaliando se os processos de tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto e geração de concepções são facilitados com sua utilização.

Sendo assim, considerações importantes a respeito do estabelecimento de requisitos de projeto e geração de concepções podem ser feitas.

No 1º Ciclo de pesquisa-ação os estudantes trabalharam com o problema relativo à roda de reboque para helicópteros com esquis na base e, no 2º Ciclo, com o processo de corte de silicone.

Dentre as dificuldades levantadas no 1º Ciclo, destaca-se a tradução de necessidades de clientes em requisitos de projeto, que foi atribuída pelos participantes ao reduzido conhecimento técnico e que é o foco de análise desta dissertação. No 2º Ciclo, o reduzido conhecimento técnico dos participantes é destacado como uma dificuldade, porém a dificuldade de tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto não é citada.

Comparando os resultados utilizados na análise dos dois ciclos nota-se que o número de requisitos gerados no 1º ciclo é consideravelmente menor que no 2º ciclo.

No primeiro, o número de requisitos de projeto estabelecidos, em todos os casos, é menor que o número de necessidades dos clientes levantadas. Já no 2º Ciclo, ocorre a situação contrária: a tradução gera um número de requisitos de projeto maior que o número de necessidades dos clientes. Isso pode indicar uma maior facilidade na realização da tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto.

Outra análise importante é o fato de os requisitos gerados pelos grupos no 1º Ciclo terem caráter pouco técnico e mensurável. Um exemplo disso é o requisito "material", que pode envolver diversas questões, como resistência e estabilidade de composição, de acordo com os termos da TRIZ.

Alguns requisitos também representaram soluções para atender as necessidades dos clientes, como no caso de "alavanca com angulação flexível" que pode ser relacionada, por exemplo a velocidade de decida, adaptabilidade, facilidade de operação, de acordo com os termos da TRIZ. Essas questões podem limitar a análise, pois trabalha-se com um universo muito mais restrito de possibilidades.

Já os participantes dos 2º Ciclo, basearam-se nos Parâmetros de Engenharia da TRIZ para realizar a tradução, o que faz com o que requisitos de projeto considerados sejam técnicos e mensuráveis.

Além disso, pode-se notar também uma diferença significativa entre as concepções geradas em cada ciclo. No 1º Ciclo, os estudantes trabalharam com sugestões de melhorias para aperfeiçoar o produto, não tendo gerado nenhum conceito totalmente novo. Já no 2º Ciclo, os grupos utilizaram os Princípios Inventivos para orientar a geração de concepções. Somente um dos grupos trabalhou no conceito de melhoria da ferramenta utilizada gerando um conceito novo, e os demais, desenvolveram concepções novas de equipamentos para realizar o processo analisado.

Sendo assim, fica evidenciada a eficácia da utilização da TRIZ para auxiliar, tanto o processo de tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto como o de geração de concepções. É importante destacar, porém, que com esta análise não é conclusiva, visto que as condições em que os ciclos foram realizados, bem como os casos estudados são diferentes.

Portanto, planejou-se a realização do 3º Ciclo, em que diferentes grupos trabalhariam com o mesmo problema, utilizando abordagens diferentes, para que fosse possível uma comparação conclusiva, que será mostrada no tópico seguinte.

### **6.3. Comparação entre os Resultados gerados no 3º Ciclo**

Como mostrado no Capítulo 5 e no APÊNDICE F, os trabalhos elaborados no 3º ciclo utilizaram o mesmo problema prático relativo aos medidores de pressão, porém seguiram estruturas diferentes, a saber:

- Grupo 1: utilização a abordagem tradicional de aplicação do QFD;
- Grupo 2: utilização dos Parâmetros de Engenharia da TRIZ para auxiliar a tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto, sem utilizar os Princípios Inventivos para auxiliar na geração de concepções
- Grupo 3: utilização da TRIZ para tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto (Parâmetros de Engenharia) e geração de concepções (Princípios Inventivos).

De acordo com os objetivos definidos para esta dissertação, segue uma análise do processo de tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto e das concepções geradas com o desenvolvimento do 3º Ciclo.

Analisando os resultados gerados por cada um dos grupos, podem ser feitas algumas considerações sobre o processo de tradução. Primeiramente, o grupo 1, que não utilizou os Parâmetros de Engenharia como base, gerou requisitos que se aproximam mais de soluções para as questões levantadas nas necessidades dos clientes e que não são mensuráveis. Como exemplo, podem ser citados os requisitos de projeto "instruções claras e objetivas", "visor de colorido" e "função de registro da pressão do paciente".

O problema relacionado a este tipo de requisito é a limitação na geração das concepções, visto que as soluções para as necessidades dos clientes já foram determinadas, o que pode restringir a criatividade e geração de conceitos novos. Além disso, dentre os três grupos de trabalho este foi o único a destacar a dificuldade em realizar o processo de tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto.

Em seu trabalho, Kim, Lee e Kim (2007) realizaram um experimento similar ao trabalho desenvolvido nesta dissertação: compararam os resultados gerados por dois grupos de estudantes que deveriam estabelecer requisitos de projeto, sendo que um deles não utilizaria um mecanismo formal, baseando-se apenas seu conhecimento técnico, e o outro utilizaria um método baseado na TRIZ. Assim como neste trabalho, uma das principais considerações feitas pelos autores foi o fato dos requisitos elencados pelo grupo que utilizou o método baseado na TRIZ serem mensuráveis e técnicos, enquanto no grupo, terem alto nível de subjetividade, visto que dependem diretamente das experiências e opiniões dos envolvidos.

Os autores observaram também que o grupo que utilizou um padrão baseado na TRIZ para realizar o processo de tradução estabeleceu um número maior de requisitos de projeto que o grupo que não utilizou. Isso significa, pelos resultados de sua pesquisa, que a utilização de um método para auxiliar no estabelecimento de requisitos de projeto implica em gerar um maior número de requisitos. No caso desta dissertação também houve um aumento do número de requisitos com a utilização da TRIZ, sendo que o grupo 1, estabeleceu 11 requisitos de projeto; o grupo 2, 12 e o grupo 3, 15.

Em relação à geração de concepções, nota-se que os grupos 1 e 2 trabalharam apenas em melhorias nos produtos analisados, enquanto o grupo 3 gerou um novo conceito para os medidores de pressão. A diferença na condução destes trabalhos está no fato de somente o grupo 3 ter utilizado os Princípios Inventivos da TRIZ para subsidiar a geração de concepções.

Sendo assim, os resultados gerados neste ciclo sugerem, como citado por Altshuller (2004, 2007), Back *et al.* (2012), Chou (2014), Goel e Singh (1998), Hegedus (2000), Low *et al.*

(2001), Rozenfeld *et al.* (2007) e Yan e Chen (2012), que a utilização dos Princípios Inventivos da TRIZ pode desenvolver a criatividade, auxiliar no desenvolvimento produtos inovadores e na previsão de desenvolvimentos futuros e tendências.

É interessante observar que o grupo 3 destacou como uma de suas dificuldades o reduzido conhecimento técnico dos participantes, o que não impossibilitou a geração de uma nova concepção para o medidor de pressão, o que demonstra a sistematização do processo de inovação citada por Terninko, Zusman e Zlotin (1998).

## 7. CONCLUSÕES

Baseado na revisão de literatura realizada, pôde-se identificar a lacuna relacionada a falta de meios formais para realizar a tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto por meio do QFD.

Há grande dificuldade de realizar esse processo, visto que depende diretamente do conhecimento técnico, que é constituído não só pelo conhecimento adquirido por meio da formação do indivíduo, mas também pela experiência pessoal, intuição.

Por outro lado, foi identificada a oportunidade de integrar a TRIZ com o QFD, obtendo assim um meio formalizado para a tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto e também um subsídio na geração de concepções.

A verificação da efetividade do uso integrado desses métodos foi realizada por meio de aplicações. Como objeto de estudo, optou-se por utilizar o ambiente de ensino, devido à maior disponibilidade e facilidade de acesso.

Os participantes da pesquisa, então, foram estudantes do quarto ano, mais especificamente, alunos matriculados na disciplina de Engenharia de produto do curso de Engenharia de Produção na Universidade Federal de Itajubá. Além disso, contou-se com a colaboração dos docentes da disciplina.

A análise dos resultados gerados se deu por meio da observação participante, entrevistas não estruturadas, relatórios e questionário. Esses instrumentos permitem analisar a execução dos trabalhos e comparar os resultados gerados entre os grupos.

### 7.1. Síntese dos ciclos

Foram realizados três ciclos de pesquisa-ação, cada um com um objetivo específico: o 1º Ciclo teve como objetivo verificar as dificuldades encontradas na aplicação do QFD; o 2º Ciclo, verificar se a sugestão de integração entre QFD e TRIZ pode ser efetiva, avaliando se os processos de tradução das necessidades dos clientes em requisitos de projeto e geração de concepções são facilitados com sua utilização; e o 3º Ciclo, comparar os resultados gerados com a aplicação do QFD seguindo os passos tradicionais com os resultados gerados pela aplicação do QFD em conjunto com a TRIZ em relação a tradução de necessidades em requisitos e geração de concepções.

Durante o 1º Ciclo, realizado nos dias 24 de fevereiro, 10, 13, 17, 20 e 27 de março e 17 de abril de 2014, foram gerados 10 trabalhos. Utilizando os critérios de avaliação da disciplina determinados pelos professores, foram selecionados os trabalhos de 3 grupos para a análise.

O 1º Ciclo demonstra claramente a dificuldades dos estudantes em realizar o processo de tradução, visto que os requisitos foram gerados em número reduzido, além de serem pouco mensuráveis e se aproximarem mais de soluções para necessidades dos clientes que de fato de requisitos técnicos. As concepções geradas pelos grupos foram sugestões de melhorias no produto analisado, sendo os conceitos limitados a melhorias dos produtos existentes.

Já no 2º Ciclo, realizado no dias 2, 9, 30 e 31 de março de 2015, foram gerados 11 trabalhos e, de maneira semelhante ao ciclo anterior, selecionados 3 trabalhos para análise.

Ao utilizarem a TRIZ para auxiliar no processo de implementação do QFD e na geração de concepções, o número de requisitos gerados foi consideravelmente maior e, como se tratavam dos Parâmetros de Engenharia da TRIZ, de caráter técnico e mensurável. Além disso, ao contrário do 1º Ciclo, os estudantes geraram concepções que tratavam de novos conceitos para realizar o processo que estava sendo analisado.

Porém, como 1º e 2º Ciclos utilizaram casos e foram executados em condições totalmente diferentes, não se podem ser feitas considerações conclusivas, e sim, levantar evidências. Sendo assim, no 3º Ciclo os estudantes trabalharam com o mesmo problema, porém utilizando abordagens diferentes.

Foram gerados 9 trabalhos e, assim como nos demais ciclos, selecionados 3 grupos para a análise. Além de considerar os critérios de avaliação da disciplina utilizado pelos docentes, a seleção se deu por tipo de abordagem utilizada: um grupo que aplicou o QFD seguindo os passos tradicionais, um que utilizou a TRIZ para auxiliar no estabelecimento de requisitos, mas não na geração de concepções e um que utilizou a sugestão de integração completa, sendo a TRIZ utilizada para auxiliar tanto no estabelecimento de requisitos quanto na geração de concepções.

O grupo que não utilizou a TRIZ para auxiliar no processo de tradução gerou um número menor de requisitos, além de, assim como ocorreu no 1º Ciclo, os requisitos gerados serem pouco técnicos e mensuráveis e já representarem soluções para atender as necessidades dos clientes. Os grupos que utilizaram a TRIZ, por outro lado, determinaram seus requisitos com base nos Parâmetros Engenharia.

Em relação à geração de concepções as evidências demonstram que a utilização dos Princípios Inventivos de fato auxiliam na geração de soluções criativas, pois o único grupo

que se baseou neles foi o que gerou um conceito novo para o produto analisado. Os demais, como no 1º Ciclo, sugeriram apenas melhorias para aperfeiçoar o conceito do produto existente.

## **7.2. Considerações finais e sugestões para trabalhos futuros**

Os resultados analisados sugerem que a utilização da TRIZ para auxiliar no processo de tradução das necessidades dos cliente e no subsídio de concepções é, de fato, efetiva. Ficou evidenciado que o ensino do QFD pode ser facilitado por meio da utilização dos Parâmetros de Engenharia, visto que os estudantes que utilizaram puderam desenvolver melhor e implementar de maneira mais técnica a Casa da Qualidade.

Pôde-se verificar durante a execução dos ciclos a dificuldade de preenchimento da Matriz de Correlação ou Telhado da Casa da Qualidade. Com o telhado da Casa da Qualidade identifica-se aqueles requisitos que influenciam positiva ou negativamente outros.

Uma relação positiva significa que, ao melhorar o desempenho de um requisito, é melhorado também o de outro e, ao contrário, uma relação negativa é aquela em que ao melhorar o desempenho de um requisito é piorado o de outro, o que caracteriza a contradição. Porém, dizer que uma relação é negativa não é aumentar um requisito e diminuir outro. Por exemplo, no caso da empresa de embalagem no 2º ciclo, se for reduzida a força necessária para o corte do silicone há o aumento a facilidade de operação.

Ao contrário do que se pode deduzir inicialmente, essa é uma relação positiva, pois, apesar de diminuir um requisito e aumentar outro, ambos estão melhorando seu desempenho, pois o ideal para o meu processo é que tenha alta facilidade de operação e seja necessária baixa força para executar a tarefa. Fica evidenciada a importância da fase de determinar a orientação dos requisitos.

Por outro lado, é importante destacar que o fato de contradições não serem identificadas não inviabiliza a utilização da TRIZ. Da forma como foi feito pelos grupos, pode-se selecionar Princípios Inventivos desejados para auxiliar na geração de concepções, ou seja, utilizar o Métodos dos Princípios Inventivos. Ainda assim, a identificação das contradições, ou seja, o preenchimento da Matriz de Correlações, é um passo importante e, como foi destacada sua dificuldade, devem ser pesquisadas formas de facilitar este processo.

O uso dos Princípios Inventivos auxiliou o desenvolvimento da criatividade dos estudantes, fazendo com que pudessem gerar novos conceitos para os casos analisados e não só sugerir

melhorias para eles. Porém, a utilização de um material de apoio com exemplos de soluções geradas pelos Princípios Inventivos acabou por limitar a criatividade.

Ao analisar o material, os estudantes procuraram encontrar nos exemplos soluções que tivessem relação direta com o problema ou produto analisado e, caso não tivessem, os Princípios já eram descartados. Sendo assim, em vez de analisarem os Princípios Inventivos em si, os estudantes se prenderam aos exemplos de solução, não aproveitando totalmente o potencial de auxílio de criatividade.

Uma questão que deve ser considerada é o fato dos ciclos terem sido executados em diferentes condições e os casos analisados em cada um terem dificuldades tecnológicas distintas. Assim, as dificuldades encontradas, os relatos dos estudantes e os resultados gerados são influenciados pelas particularidades dos ciclos.

De maneira geral, pode-se afirmar que os estudantes irão procurar resolver os problemas da maneira mais simples possível, o que implicou na maioria dos casos em identificar apenas melhorias para os produtos analisados em vez de criar novos conceitos.

No 1º ciclo, os estudantes não tiveram contato com os Princípios Inventivos e nem a nenhum outro método de auxílio a criatividade e, devido à grande ênfase dada pela empresa aos pontos negativos e problemas dos tipos de roda de reboque, procuraram simplesmente atender às exigências dos mecânicos, sugerindo melhorias nos conceitos, ainda que estivessem livre para gerar novos conceitos para realizar a movimentação dos helicópteros em solo.

No 2º ciclo, os estudantes precisavam solucionar o problema de produtividade da empresa de embalagem e foram condicionados ao uso dos Princípios Inventivos, a pensar em soluções novas.

Já no 3º ciclo, os estudantes deveriam trabalhar com os medidores de pressão, identificando pontos de melhoria. Não foram condicionados a utilizar os Princípios Inventivos, porém já sabiam de sua existência. De todos os grupos, somente 1 deles utilizou os princípios inventivos e foi o único que gerou uma solução diferenciada em relação aos demais.

Sugere-se ao docentes utilizar, assim como foi feito no 3º ciclo, produtos mais próximos da realidade dos estudantes, para que o contato com o próprio produto e com o público-alvo seja mais efetivo e a implementação do QFD seja facilitada.

Tradicionalmente, o QFD é implementado por equipes multifuncionais, formadas por profissionais das mais diversas formações, porém os ciclos foram executados somente com estudantes de Engenharia de Produção. Mesmo sendo um curso de caráter multidisciplinar, as dificuldades encontradas pelos estudantes relacionam-se aos domínios tecnológicos restritos

por sua formação. É importante considerar que a situação vivenciada provavelmente não ocorreria no ambiente empresarial, que contaria com pessoas de diversos departamentos para a implementação do método.

Aliado a isso, deve-se considerar as limitações relacionadas ao fato dos ciclos terem sido realizados no ambiente de ensino. Focou-se na validação do processo de implementação e não no resultado final em si. Não foi avaliada a viabilidade técnica, econômica e financeira das concepções propostas. No ambiente empresarial essa realidade seria diferente. Poderiam, por exemplo, ser gerados protótipos das concepções e a viabilidade de cada uma verificada. Essa pode ser uma vertente para o aprofundamento desta pesquisa.

Sendo assim, uma sugestão para próximos trabalhos é realizar a validação da sugestão de integração entre TRIZ e QFD junto a empresas, com a participação de seus funcionários.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A - QUADRO RESUMO DAS PUBLICAÇÕES

A	<b>Título Artigo</b>		Building a robust manufacturing strategy
	<b>Publicação</b>		International Conference on Computers and Industrial Engineering
	<b>Autores</b>		Jugulum e Sefik (1998)
	<b>Enfoque de Integração QFD e TRIZ</b>		Desenvolvimento de Estratégias
	<b>Método de pesquisa</b>		Outros
	<b>Objeto de estudo</b>		Não possui
	<b>Comentários</b>		Utilização de <i>Quality Policy Deployment</i> (QPD) para determinar os objetivos e políticas da organização. Utilização das ferramentas do QFD em conjunto com SPC e Método de Taguchi para integrar estratégia de mercado com o processo de desenvolvimento de produto. Utilização da TRIZ para sistematizar a inovação, eliminando conflitos de engenharia durante o processo. Destaque para a importância gestão de pessoas durante o processo.
	<b>Pertinência com a dissertação</b>	<b>Desdobramento das necessidades em requisitos de projeto</b>	Não aborda
<b>Geração de concepções</b>		Não aborda	

<b>B</b>	<b>Título Artigo</b>		Innovative product development process by integrating QFD and TRIZ
	<b>Publicação</b>		International Journal of Production Research
	<b>Autores</b>		Yamashina, Ito e Kawada (2002)
	<b>Enfoque de Integração QFD e TRIZ</b>		Criação de Inovações técnicas para novos produtos
	<b>Método de pesquisa</b>		Outros
	<b>Objeto de estudo</b>		Máquina de lavar
	<b>Comentários</b>		Utilização de árvores de função e mecanismo para representar o produto com o qual se trabalha. Utilização da Casa da Qualidade do QFD para relacionar necessidades do consumidor e características de qualidade, e características da qualidade e mecanismos presentes no produto. Priorização através da determinação de pesos. Com essas ferramentas, são especificados os mecanismos que necessitam de inovação tecnológica. Aplicação da TRIZ para geração de soluções, utilizando matriz de contradições, efeitos e/ou modelo campo-substância.
	<b>Pertinência com a dissertação</b>	<b>Desdobramento das necessidades em requisitos de projeto</b>	Aborda, porém não há mecanismo formal
<b>Geração de concepções</b>		Utiliza a matriz de contradições, efeitos e/ou modelo campo-substância	

<b>C</b>	<b>Título Artigo</b>		Optimal design of metal seated ball valve mechanism
	<b>Publicação</b>		Structural and Multidisciplinary Optimization
	<b>Autores</b>		Tsai, Chang e Tseng (2004)
	<b>Enfoque de Integração QFD e TRIZ</b>		TRIZ para formulação e resolução do problema e QFD para decisão do melhor conceito
	<b>Método de pesquisa</b>		Outros
	<b>Objeto de estudo</b>		Mecanismos de válvula de metal
	<b>Comentários</b>		Utilização das ferramentas da TRIZ para esclarecer o problema e gerar conceitos. Utilização da matriz de decisão do QFD para selecionar o melhor conceito para realizar o projeto de concretização. Utilização de softwares CAD/CAE para, com base nos conceitos, gerar protótipos virtuais e avaliá-los.
	<b>Pertinência dissertação</b>	com a	<b>Desdobramento das necessidades em requisitos de projeto</b>
<b>Geração de concepções</b>			Utiliza Matriz de Contradições e design ideal do processo

<b>D</b>	<b>Título Artigo</b>		A case study on the application of Fuzzy QFD in TRIZ for service quality improvement
	<b>Publicação</b>		Quality & Quantity
	<b>Autores</b>		Su e Lin (2008)
	<b>Enfoque de Integração QFD e TRIZ</b>		Aplicação em serviços
	<b>Método de pesquisa</b>		Pesquisa-ação
	<b>Objeto de estudo</b>		Empresa de <i>e-commerce</i>
	<b>Comentários</b>		Proposta focada para a aplicação em serviços. Identificação de determinantes para qualidade em serviços com base na literatura existente. Determinação da situação ideal para o problema estudado, com base no conceito de idealidade da TRIZ. Utilização de <i>Fuzzy</i> QFD para identificar determinantes críticos relativos à satisfação do consumidor. Análise dos determinantes críticos para identificar contradições. Aplicação da TRIZ para gerar soluções para melhoria da qualidade em serviços, utilizando matriz de contradições
	<b>Pertinência dissertação</b>	<b>com a</b>	<b>Desdobramento das necessidades em requisitos de projeto</b>
<b>Geração de concepções</b>			No contexto de serviços, gera soluções com base nos Princípios Inventivos

<b>E</b>	<b>Título Artigo</b>		Integration of four-phase QFD and TRIZ in product R&D: a notebook case study
	<b>Publicação</b>		Research In Engineering Design
	<b>Autores</b>		Yeh, Huang e Yu (2011)
	<b>Enfoque de Integração QFD e TRIZ</b>		TRIZ integrada ao QFD de quatro fases para determinação de soluções de projeto verde
	<b>Método de pesquisa</b>		Pesquisa-ação
	<b>Objeto de estudo</b>		Notebook
	<b>Comentários</b>		Proposta de integração do planejamento QFD de quatro fases. Em todas as fases, o QFD para identificar as principais contradições nas esferas de engenharia e administração. Utilização dos princípios inventivos e matriz das contradições da TRIZ integrados elementos de eco eficiência para encontrar soluções de projeto verde. Utilização de outras ferramentas: DFA, FMEA.
	<b>Pertinência com a dissertação</b>	<b>Desdobramento das necessidades em requisitos de projeto</b>	Não aborda
<b>Geração de concepções</b>		Gera soluções com base nos princípios inventivos	

<b>F</b>	<b>Título Artigo</b>		A product lifecycle management methodology for supporting knowledge reuse in the consumer packaged goods domain
	<b>Publicação</b>		Computer-Aided Design
	<b>Autores</b>		Vezzetti, Moos e Krettli (2011)
	<b>Enfoque de Integração QFD e TRIZ</b>		Apoio às operações de codificação do conhecimento e gestão do conhecimento
	<b>Método de pesquisa</b>		Outros
	<b>Objeto de estudo</b>		Embalagem de bens de consumo
	<b>Comentários</b>		Utilização do QFD para levantar necessidades do consumidor, transformar os requisitos técnicos primários e para identificar conflitos. Utilização da TRIZ para formalizar o vocabulário usado na determinação dos requisitos de projeto (39 parâmetros de engenharia) e para eliminação das contradições.
	<b>Pertinência dissertação</b>	<b>com a</b>	<b>Desdobramento das necessidades em requisitos de projeto</b>
		<b>Geração de concepções</b>	Utiliza a Matriz de Contradições

<b>G</b>	<b>Título Artigo</b>		An innovative approach for RFID product functions development
	<b>Publicação</b>		Experts Systems with Applications
	<b>Autores</b>		Lin, Chen e Hsu (2011)
	<b>Enfoque de Integração QFD e TRIZ</b>		Modelo de Kano para priorizar novas funções com base nos clientes
	<b>Método de pesquisa</b>		Pesquisa-ação
	<b>Objeto de estudo</b>		Produtos com tecnologia RFID
	<b>Comentários</b>		Utilização do QFD para transformar as demandas em requisitos de projeto, relacioná-los e identificar as contradições através do telhado da Casa da Qualidade. Utilização da TRIZ para gerar novos projetos de funções com base nas contradições. Utilização do modelo de Kano e o modelo de Kano refinado para verificar como os clientes avaliam as funções propostas para os produtos. Classificação das necessidades em relação a importância e satisfação do cliente para uso como referência em outros processos de desenvolvimento.
	<b>Pertinência com a dissertação</b>	<b>Desdobramento das necessidades em requisitos de projeto</b>	É uma das etapas propostas, porém não é especificado como fazer o desdobramento.
<b>Geração de concepções</b>		Geração de novas opções de funções usando os princípios inventivos.	

<b>H</b>	<b>Título Artigo</b>		An integrated parameterized tool for designing a customized tracheal stent
	<b>Publicação</b>		Computer aided design
	<b>Autores</b>		Melgoza <i>et al.</i> (2012)
	<b>Enfoque de Integração QFD e TRIZ</b>		Geração de concepção de acordo com a necessidades dos clientes, na área médica.
	<b>Método de pesquisa</b>		Pesquisa-ação
	<b>Objeto de estudo</b>		Prótese endovascular traqueal
	<b>Comentários</b>		Utilização do QFD para relacionar necessidades do consumidor e requisitos de projeto, atribuindo valores alvo, importância e identificando as contradições através do telhado da Casa da Qualidade. Classificação das contradições em materiais ou geométricas. Utilização da TRIZ para emparelhar contradições físicas e separação dos resultados em materiais ou de forma. Consulta aos clientes para garantir que os requisitos estão de acordo. Seleção do conceito final e parametrização do mesmo utilizando uma plataforma CAD. Exportação para uma plataforma CAM para verificar a precisão geométrica.
	<b>Pertinência dissertação</b>	<b>com a</b>	<b>Desdobramento das necessidades em requisitos de projeto</b>
		<b>Geração de concepções</b>	A partir dos princípios Inventivos da TRIZ, pela matriz das Contradições

<b>I</b>	<b>Título Artigo</b>		Developing a process of concept generation for new product-service systems: a QFD and TRIZ-based approach
	<b>Publicação</b>		Service Business
	<b>Autores</b>		Kim e Yoon (2012)
	<b>Enfoque de Integração QFD e TRIZ</b>		Geração de novos sistemas produto-serviço
	<b>Método de pesquisa</b>		Pesquisa-ação
	<b>Objeto de estudo</b>		Serviço de aluguel de carro
	<b>Comentários</b>		Proposta focada em Product-service Systems (PSS). Utilização de QFD para identificação de características críticas de produtos e serviços. Utilização da TRIZ para eliminar as contradições, com base na matriz de contradições e nos 40 princípios inventivos. Proposta de geração do conceito de serviço, depois dos conceitos do produto, para formar o conceito do PSS.
	<b>Pertinência com a dissertação</b>	<b>Desdobramento das necessidades em requisitos de projeto</b>	Não aborda como realizar
<b>Geração de concepções</b>		Conceito do serviço e do produto a partir dos princípios inventivos da TRIZ	

<b>J</b>	<b>Título Artigo</b>		Concept design in virtual reality of a forestry trailer using QFD-TRIZ based approach
	<b>Publicação</b>		Turkish Journal of Agriculture and Forestry
	<b>Autores</b>		Melemez et al. (2013)
	<b>Enfoque de Integração QFD e TRIZ</b>		Geração de conceitos para serem selecionados por AHP com auxílio de realidade virtual
	<b>Método de pesquisa</b>		Pesquisa-ação
	<b>Objeto de estudo</b>		Reboque florestal
	<b>Comentários</b>		Utilização da Casa da Qualidade do QFD como ferramenta para transformar requisitos do consumidor em características de qualidade, focando o desenvolvimento na satisfação do consumidor. Utilização da TRIZ para eliminar as contradições e auxiliar na geração de diferentes conceitos. Utilização de softwares CAD para representar as soluções inventivas da TRIZ. Comparação das diversas opções geradas e seleção do conceito ótimo com a utilização de Analytic Hierarchy Process (AHP).
	<b>Pertinência com a dissertação</b>	<b>Desdobramento das necessidades em requisitos de projeto</b>	Não determina como realizar
<b>Geração de concepções</b>		Utiliza matriz de contradições, identificando princípios inventivos.	

<b>K</b>	<b>Título Artigo</b>		Using integrated quality function deployment and theory of inventive problem solving approach for ergonomic product design
	<b>Publicação</b>		Computers & Industrial Engineering
	<b>Autores</b>		Zhang, Yang e Liu (2014)
	<b>Enfoque de Integração QFD e TRIZ</b>		Proposta para concepção de produto inovador e ergonômico
	<b>Método de pesquisa</b>		Pesquisa-ação
	<b>Objeto de estudo</b>		Exaustor para fogão
	<b>Comentários</b>		Identificação das necessidades do consumidor e utilização de técnicas para garantir a confiabilidade e completude dos dados coletados. Utilização da Casa da Qualidade do QFD para identificar os problemas críticos de ergonomia e as áreas críticas, além da identificação de relacionamentos negativos através do telhado da Casa da Qualidade. Utilização da TRIZ e de ferramentas de análise de contradições para solucionar os problemas de contradição identificados. Além disso, utilização de uma combinação de princípios inventivos da TRIZ, as áreas de design ergonômico críticas e os princípios de design ergonômico para gerar alternativas de concepções inovadoras. Avaliação das alternativas geradas e seleção através da teoria fuzzy de tomada de decisão em grupo.
	<b>Pertinência dissertação</b>	<b>com</b>	<b>a</b>
		<b>Desdobramento das necessidades em requisitos de projeto</b>	Cita o problema de objetividade no processo, porém não abordagem
		Geração de concepções	Utiliza a Matriz de Contradições

<b>L</b>	<b>Título Artigo</b>		Innovative product design based on comprehensive customer requirements of different cognitive levels
	<b>Publicação</b>		The Scientific World Journal
	<b>Autores</b>		Li <i>et al.</i> (2014)
	<b>Enfoque de Integração QFD e TRIZ</b>		Desenvolvimento de produtos inovadores com foco na satisfação do cliente
	<b>Método de pesquisa</b>		Pesquisa-ação
	<b>Objeto de estudo</b>		Sistema de direção automotiva
	<b>Comentários</b>		Utilização de AHP para avaliação da importância dos requisitos dos clientes. Utilização do QFD para traduzir requisitos dos clientes em requisitos de projeto, identificação daqueles que necessitam de melhorias urgentes e identificação de contradições no telhado da Casa da Qualidade. Utilização da TRIZ para geração de soluções inovadoras a partir da resolução de contradições.
<b>Pertinência com a dissertação</b>	<b>Desdobramento das necessidades em requisitos de projeto</b>	Aborda, mas não há mecanismo formal	
	<b>Geração de concepções</b>	Propõe a utilização de diversas ferramentas da TRIZ: Matriz de Contradições, Modelo Campo-Substância, Efeitos, etc.	

## APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO

### Questionário – EPR 707

Aluno: \_\_\_\_\_

Email: \_\_\_\_\_

1. Qual o nível de dificuldade no aprendizado do método QFD?

- (1) Nenhum
- (2) Baixo
- (3) Moderado
- (4) Elevado

2. Qual o nível de dificuldade de cada uma das atividades?

Sendo: (1) Nenhum (2) Baixo (3) Moderado (4) Elevado

Atividade	(1)	(2)	(3)	(4)
Obter as informações com o cliente				
Interpretar a voz do cliente, para identificar os requisitos dos clientes				
Traduzir requisitos dos clientes em requisitos de projeto				
Realizar as correlações				
Priorizar requisitos				
Definir especificações-meta				
Outra:				

3. As noções de TRIZ apresentadas em sala de aula auxiliaram na tradução dos requisitos técnicos da Matriz do QFD?

- (1) Prejudicaram
- (2) Não auxiliaram
- (3) Auxiliaram pouco
- (4) Auxiliaram significativamente

4. As noções de TRIZ apresentadas em sala de aula auxiliaram na geração de concepções que atendam às necessidades dos clientes levantadas na Matriz do QFD?

- (1) Prejudicaram
- (2) Não auxiliaram
- (3) Auxiliaram pouco
- (4) Auxiliaram significativamente

## APÊNDICE C - RESULTADOS DO 1º CICLO

Os grupos de trabalho interpretaram as informações à sua maneira e realizaram aplicações da matriz QFD. A seguir, seguem os resultados obtidos por cada um.

### Grupo 1: adaptação da roda de reboque manual

Com base nos dados obtidos, o grupo pôde traduzir a voz do cliente em requisitos de projeto, preenchendo a Casa da Qualidade mostra na Figura 1.

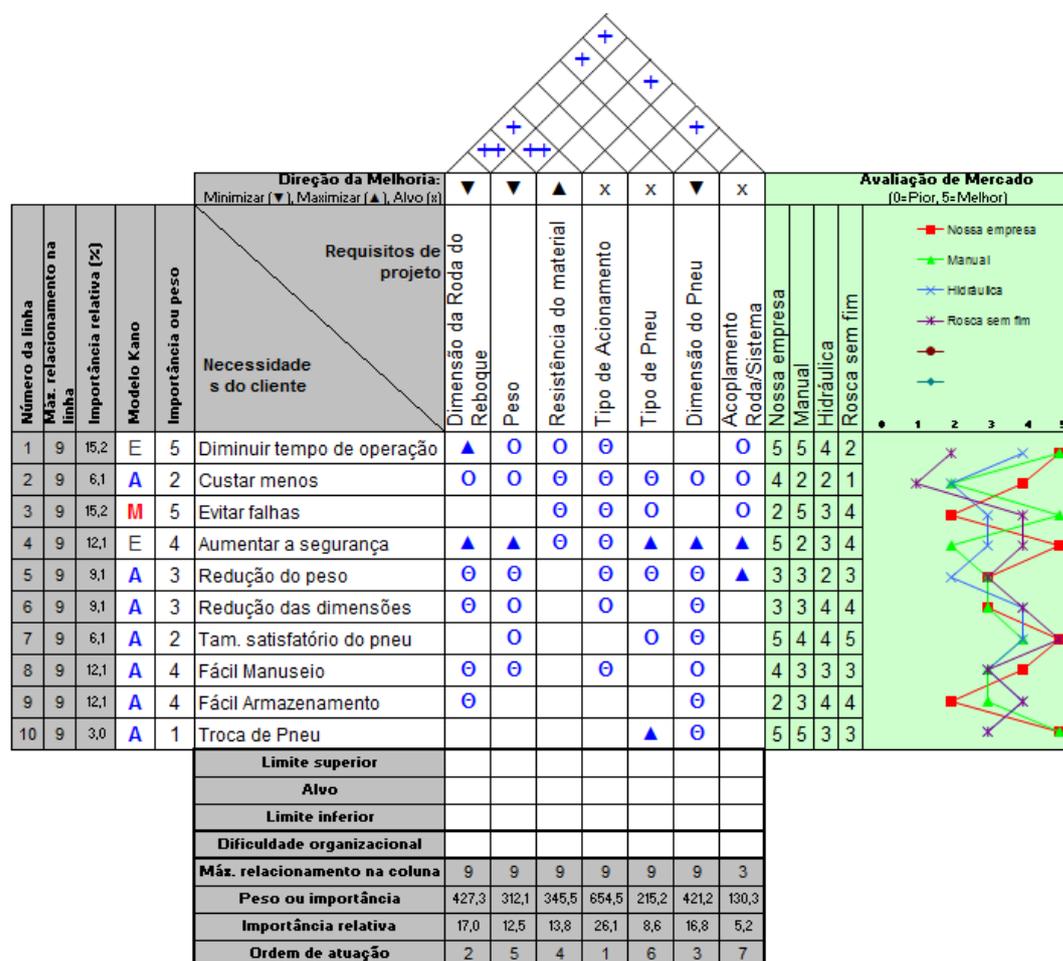


Figura 1– Casa da Qualidade Grupo 1

De acordo com os resultados, os itens com maior peso ou importância são o tipo de reboque e sua dimensão. Por outro lado, os itens que exigem menos preocupação seriam a forma de acoplamento do reboque e o tipo de pneu utilizado.

Dessa forma, o grupo identificou oportunidades de melhoria nos seguintes pontos críticos:

- Tipo de acionamento;
- Dimensões da roda de reboque;

- Dimensões do pneu.

Diante disso, para definir a nova concepção do produto, o grupo teve que levar em consideração os seguintes pontos: o tipo de acionamento deve garantir ao processo máxima praticidade com uma curta duração de tempo; além disso, as rodas de reboque precisam ser minimizadas para que ocupem menor espaço no bagageiro e sejam mais leves, sem que isso interfira na eficiência do produto; ao mesmo tempo, as dimensões do pneu devem ser suficientes para que não haja impacto do trem de pouso com o solo, caso haja algum tipo de irregularidade na pista.

O grupo então, optou por trabalhar em modificações na roda de reboque manual. Esse modelo é o que possui menor tempo de operação e é o mais utilizado pelos mecânicos devido à sua praticidade. Porém, exige grande aplicação de força pelo operador, o que pode comprometer tanto a sua segurança quanto a do helicóptero. Dependendo da experiência e peso do operador, ele pode não ser capaz de levantar o helicóptero.

Considerando essas questões o grupo propôs modificações para aumentar a segurança do equipamento. Ao contrário do modelo original, que possui um único pino de segurança para travar o mecanismo, o grupo propôs a utilização de uma catraca (Figura 2 e Figura 3) que a cada passo com a alavanca travaria o sistema, não exigindo que o operador necessite segurar todo o peso do helicóptero durante todo o processo de subia ou descida.

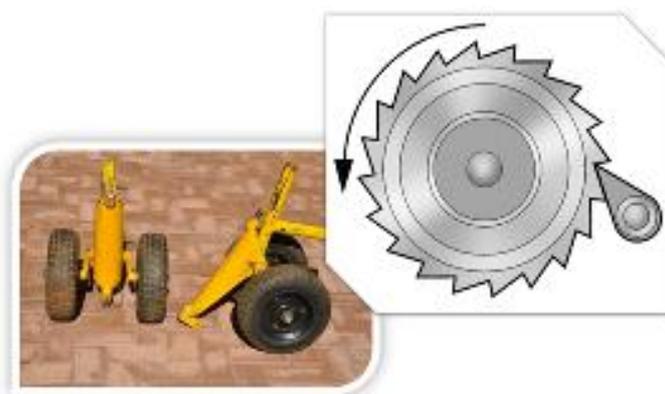


Figura 2: Catraca

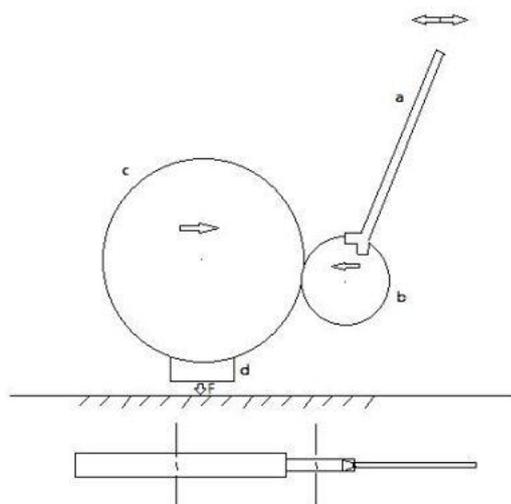


Figura 3: Sistema proposto de Roda de Reboque (a: Alavanca; b: Engrenagem menor; c: Engrenagem maior; d: Suporte)

### **Grupo 2: adaptação da Roda de Reboque hidráulica alemã**

A Matriz da Qualidade elaborada pelo Grupo 2 pode ser observada na Figura 4. Nela estão descritas as necessidades dos clientes, os requisitos de projetos e todas as relações.

De acordo com os resultados da Matriz, puderam-se identificar os requisitos de projeto mais críticos: tempo de acionamento do reboque, que aparece como o primeiro na ordem de atuação, seguido do diâmetro da roda junto com a espessura do pneu, que são fatores que contribuem para que o helicóptero sofra menos impacto.

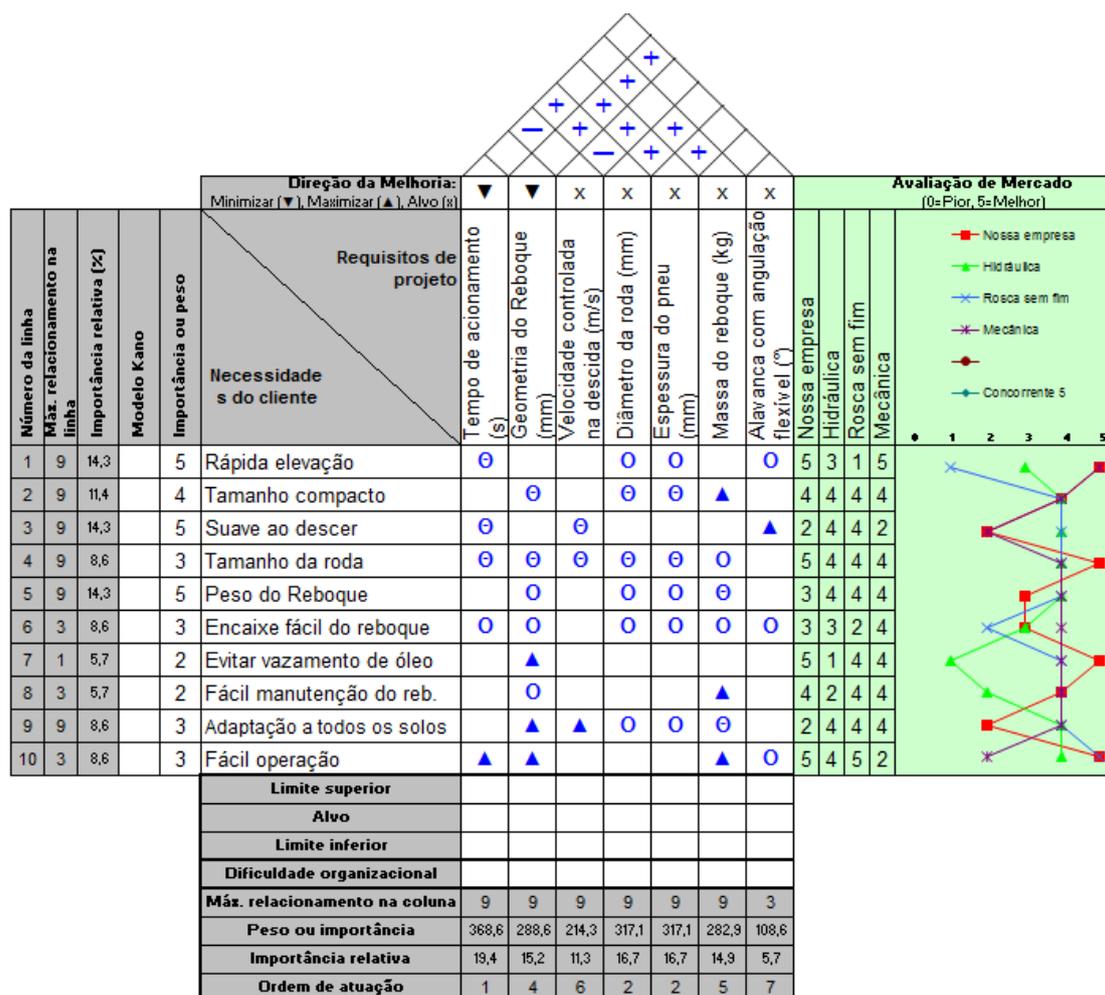


Figura 4– Casa da Qualidade Grupo 2

O grupo identificou que as oportunidades de melhoria deveriam ser relacionadas aos seguintes fatores:

- Tamanho e peso da roda
- Encaixe no esqui
- Manutenção

Analisando então os resultados da matriz, o grupo escolheu trabalhar em modificações no modelo hidráulico. A roda de reboque hidráulica utilizada atualmente se encaixa perfeitamente no esqui do helicóptero, porém há grande incidência de vazamento de óleo, o que faz com que todo o produto precise ser trocado, não só a parte hidráulica. Já o modelo hidráulico alemão, não possui histórico de vazamento de óleo e se adapta a qualquer tipo de terreno, porém as dimensões do encaixe não são adequadas às dos esquis dos helicópteros produzidos. Sendo assim, o grupo optou por trabalhar na adaptação da roda alemã aos padrões franceses.

Com isso, a principal modificação seria a implantação de um encaixe flexível, que possibilitaria a utilização da roda em qualquer tipo de esqui. Além disso, propuseram a redução do peso do equipamento e compactação de suas dimensões, sem causar problemas de danos ao trem de pouso do helicóptero por choques.

### Grupo 3: adaptação da roda de reboque parafuso sem fim

Os resultados obtidos pelo Grupo 3, podem ser observados Figura 5. Fazendo a análise da matriz da qualidade, o tipo de mecanismo aparece em primeiro lugar na ordem de atuação e em segundo encontram-se as dimensões do equipamento e o peso. O grupo considerou que outros requisitos, como mecanismo de trava, apesar de possuírem notas relativamente baixas em relação aos dois itens mais críticos, merecem atenção especial, pois estão ligados também à segurança, tanto do operador quanto da própria aeronave.

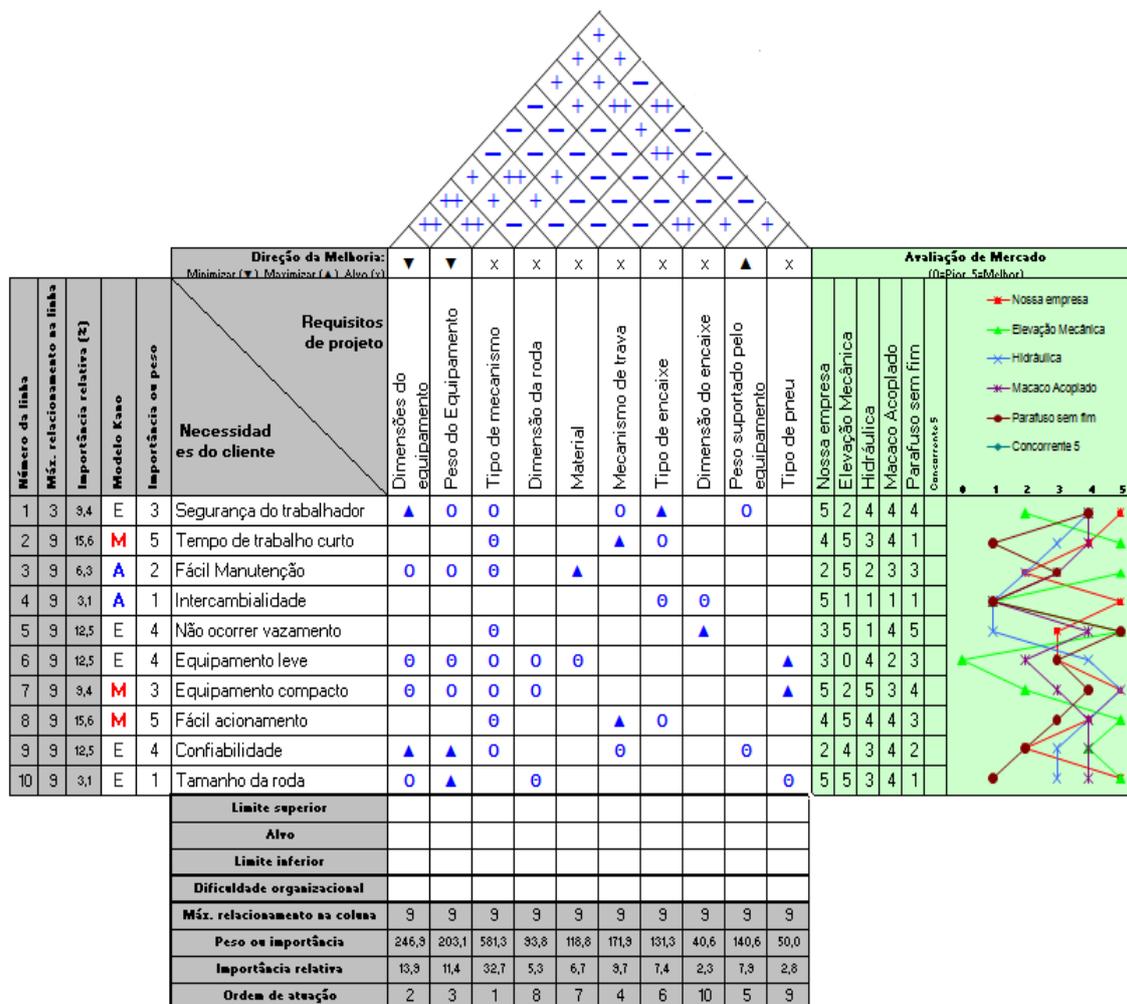


Figura 5 – Casa da Qualidade Grupo 3

Avaliando os resultados da matriz QFD, o grupo pôde identificar que as oportunidades de melhoria estavam ligadas aos seguintes fatores críticos:

- Tipo de acionamento;
- Dimensões do equipamento;
- Peso do equipamento.

Então, o grupo optou por trabalhar com o modelo rosca sem fim. Esse modelo de roda de reboque é mais leve em relação aos demais e possui dimensões condizentes com o bagageiro do helicóptero. Porém, sua utilização é inviabilizada por possuir elevado tempo de operação devido ao passo da rosca ser muito pequeno. Mesmo não exigindo grande aplicação de força, causa fadiga do operador, pois é necessário realizar um pequeno esforço por muito tempo. Além disso, o diâmetro da roda é baixo, o que faz com que o helicóptero entre em contato com o solo em caso de oscilações na pista.

Sendo assim, propuseram as seguintes modificações no produto:

- Aumento do passo da rosca sem fim;
- Utilizar uma manivela no lugar da alavanca utilizada no modelo atual;
- Aumentar o braço da alavanca;
- Aumento nas dimensões da roda.

A Figura 6 representa o esquema para nova concepção para a roda de reboque rosca sem fim.

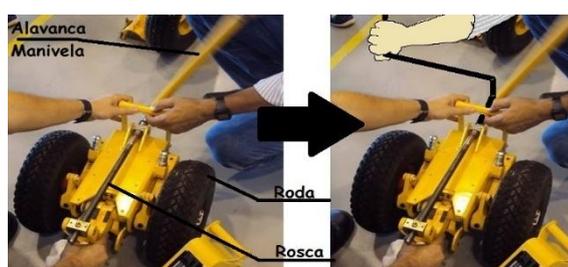


Figura 6 – Adaptação Roda de Reboque Rosca sem fim

## APÊNDICE D - O CASO UTILIZADO NO 2º CICLO

### EPR 707 – Exercício de Aplicação de QFD

#### O Caso de uma Empresa de Embalagens

Situada no pólo moveleiro de Ubá na Zona da Mata de Minas Gerais, a EMBALAGEM é uma empresa do ramo de embalagens que produz: manta, saco de plástico-bolha, sapata e silicones (fotos).



Manta



Saco de Plástico Bolha



Sapata



Silicone



Cadeira embalada com manta, sapata e saco de plástico bolha

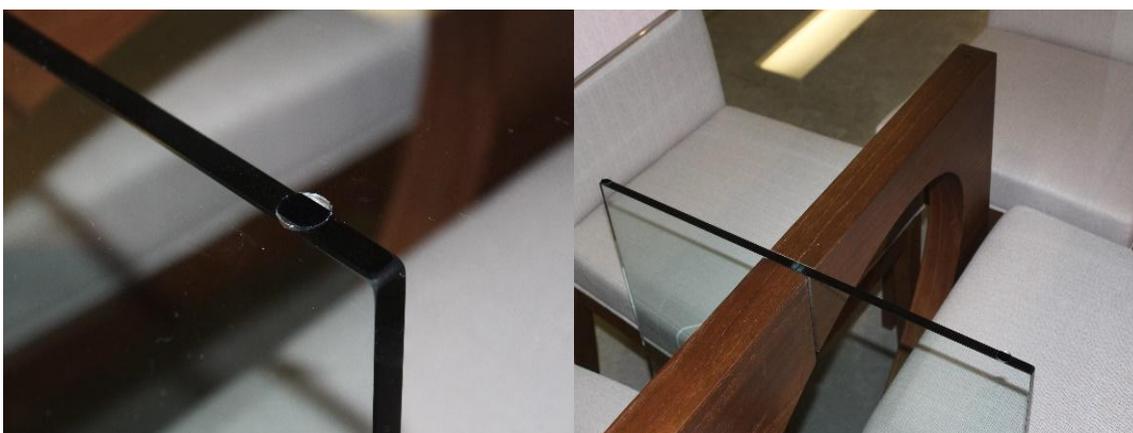
Esses produtos são fornecidos para 3 fábricas de móveis da região, sendo:

- uma empresa de grande porte, da qual vem mais 90% de sua receita,
- uma empresa de pequeno porte que realiza pequenas compras semanais e
- uma empresa de pequeno porte que realiza compras eventuais.

A empresa conta com 3 funcionários trabalhando na produção e um sócio proprietário que realiza as funções de gestão da empresa.

Reconhecendo o risco de ter grande dependência em relação a somente um cliente, a EMBALAGEM deseja aumentar sua capacidade para captar mais clientes.

A empresa afirma que o produto que possui menor produtividade é o silicone. Esse produto é utilizado em mesas com tampo de vidro, colocado entre a base da mesa e o tampo, evitando o contato direto entre os dois (fotos). Podem ser de diferentes diâmetros, dependendo de seu uso, da espessura do vidro.



Silicone entre a base e o tampo de vidro



Mesa com tampo de vidro

A demanda mensal de silicone é em média 8000 unidades. É um número consideravelmente grande, visto que durante a fabricação é feita uma unidade por vez. É um trabalho simples, mas que exige bastante esforço. As ferramentas usadas para realizar o trabalho são simples e rudimentares (fotos).



Ferramentas



Folha de silicone



Marreta, pinos vazados (vazadores) e folha de silicone



Marreta e pinos vazados (vazadores) de diferentes diâmetros



Pinos vazados (vazadores) e silicone



Pino vazado (vazador)

A empresa relata que em alguns momentos não consegue produzir toda a demanda de silicone, devido ao elevado número de pedidos também dos outros itens. Para não correr o risco de perder o mercado para outro fabricante de embalagens, a empresa compra de fornecedores externos o silicone já cortado e repassa para os clientes, na maioria das vezes pelo mesmo valor de compra, não obtendo nenhum lucro com a venda.

O vídeo mostra qual é o processo de trabalho atual para a fabricação do silicone. Porém, não é mostrado o passo inicial: é colocada uma folha adesiva sobre a folha de silicone para que,

após cortado ele possa se fixar na base da mesa. Esse é um passo que também merece atenção, pois caso haja algum tipo de imperfeição após a colagem da folha adesiva (bolhas, dobras), todo o material é perdido, descartado, ou seja, não é utilizado no corte.

Pode-se notar que o rendimento do trabalho é muito baixo e exige grande aplicação de força pelo trabalhador. Cada marretada resulta em somente um silicone e depois de um certo número de marretadas o trabalhador precisa parar para retirar os silicões que ficam presos no pino vazado. Além disso, é um trabalho bastante repetitivo, não podendo ser desconsiderado o risco de acidentes com marreta e mãos/dedos. Nos dias em que é necessária a produção de um elevado número de peças, os funcionários reclamam de dores nos braços e nas costas.

De acordo com as informações fornecidas no texto, vídeo, fotos e material mostrado em sala e, tomando como base os conceitos de QFD e TRIZ apresentados, levantar as necessidades dos clientes, analisar a cena, elaborar a matriz contendo os requisitos dos clientes e requisitos de projeto, bem como suas relações.



De acordo com a matriz, a forma da ferramenta, área do objeto em movimento e perda de tempo são os requisitos de maior peso ou importância. Isso significa que é necessário dar atenção às características da ferramenta utilizada durante o processo.

Ao mesmo tempo, o grupo pôde identificar uma contradição entre o peso e a área do objeto móvel, ou seja, da ferramenta. Se por um lado a ferramenta precisa ser o mais leve quanto possível para que o esforço feito pelo operador seja minimizado, sua área deve ser maximizada para que seja possível cortar mais silicones em um mesmo intervalo de tempo. Com base na Matriz de Contradições, o grupo identificou os princípios inventivos: (2) remoção ou extração, (17) transição para nova dimensão, (29) construção pneumática ou hidráulica e (4) assimetria. Optou-se, então, por trabalhar em melhorias no pino vazado ou vazador com base no princípio inventivo 17.

A concepção gerada pelo grupo, mostrada na Figura 2, diferente do pino original realiza o corte de 3 peças de silicone por cada marretada

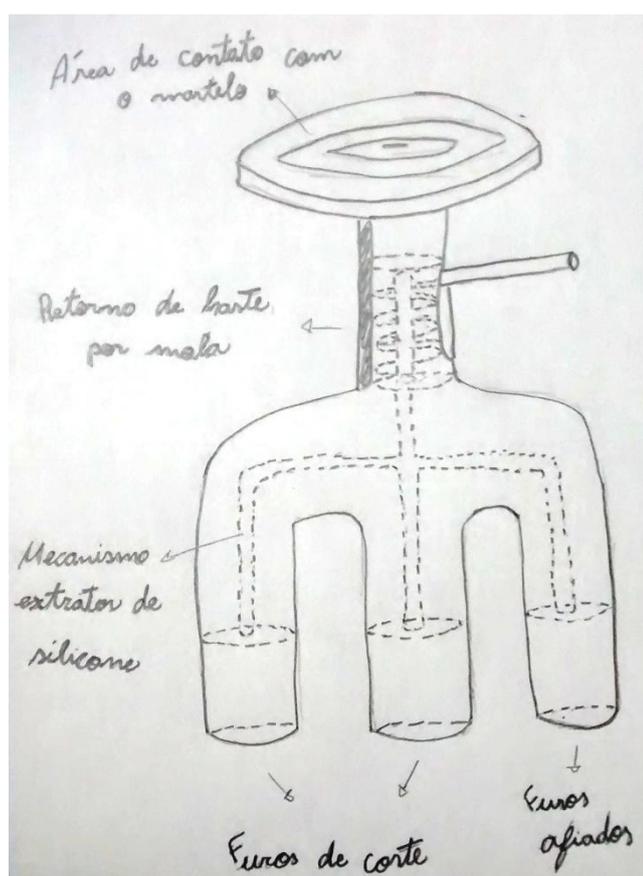


Figura 2: Concepção de melhoria no pino vazado (vazador)

. Os estudante optaram por aumentar a área de contato com a marreta para melhorar a segurança do operador e criaram um mecanismo composto por uma mola para extrair o



A partir da correlação entre os requisitos de projeto, foram identificadas quatro diferentes contradições: peso do objeto em movimento x área do objeto em movimento, área do objeto estático x força, área do objeto em movimento x uso da energia por objeto em movimento e área do objeto estático x uso da energia por objeto em movimento. O grupo optou por trabalhar na resolução de duas delas: peso do objeto móvel x área do objeto móvel, área do objeto estático x força.

Então, dentre os princípios identificados por meio da Matriz de Contradições, o grupo optou por trabalhar com (29) construção pneumática ou hidráulica, (1) segmentação ou fragmentação e (35) mudança de propriedade. Com isso, a concepção mostrada na Figura 4 foi criada. O grupo sugeriu que fosse utilizada uma prensa pneumática ou hidráulica com o funcionamento por um pedal, por meio da qual muitas peças de silicone seriam cortadas ao mesmo. Além disso, poderia ser aumentada a temperatura do silicone para que a tarefa do corte fosse facilitada. O grupo sugeriu também que o molde para corte fosse modificado: os silicones seriam entregues em peças com quatro, para que o cliente destacasse no momento do uso. Com isso, a tarefa de embalagem ficaria mais simples, porém é necessário cuidado para não haver desperdício de material.

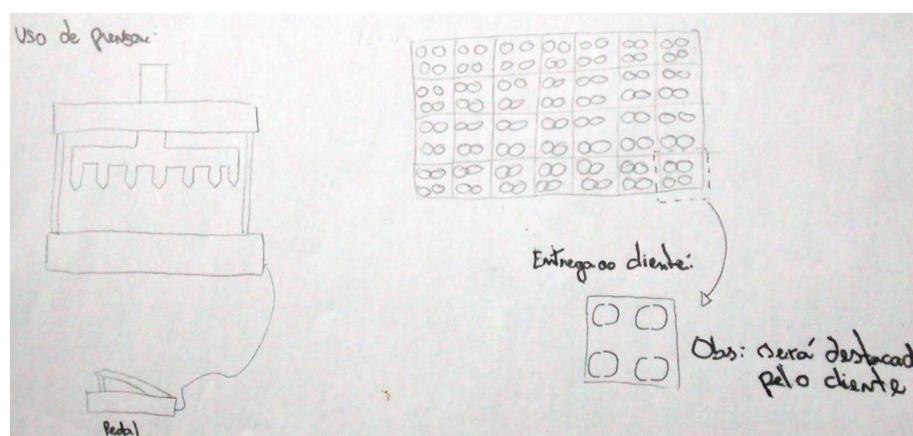


Figura 4: Concepção da prensa para corte do silicone

### Grupo 3: concepção de mesa de corte

Com base no material disponibilizado para a execução da atividade, o grupo 3 elaborou a Casa da Qualidade apresentada na Figura 5. Com o preenchimento da Matriz de Correlação, não foi possível identificar contradições. O grupo utilizou, então, o Método dos Princípios inventivos para guiar as concepções.

Analisando os resultados, os requisitos de projeto com maior peso ou importância foram complexidade do dispositivo, velocidade e facilidade de operação. Sendo assim, o grupo deveria procurar formas de aumentar a produtividade do processo, reduzindo a complexidade na execução do corte e extração do silicone. Os princípios inventivos utilizados foram: (25) auto-serviço, (29) construção pneumática ou hidráulica e (6) universalização. A identificação foi feita tomando como base a lista de parâmetros segundo frequência de utilização.

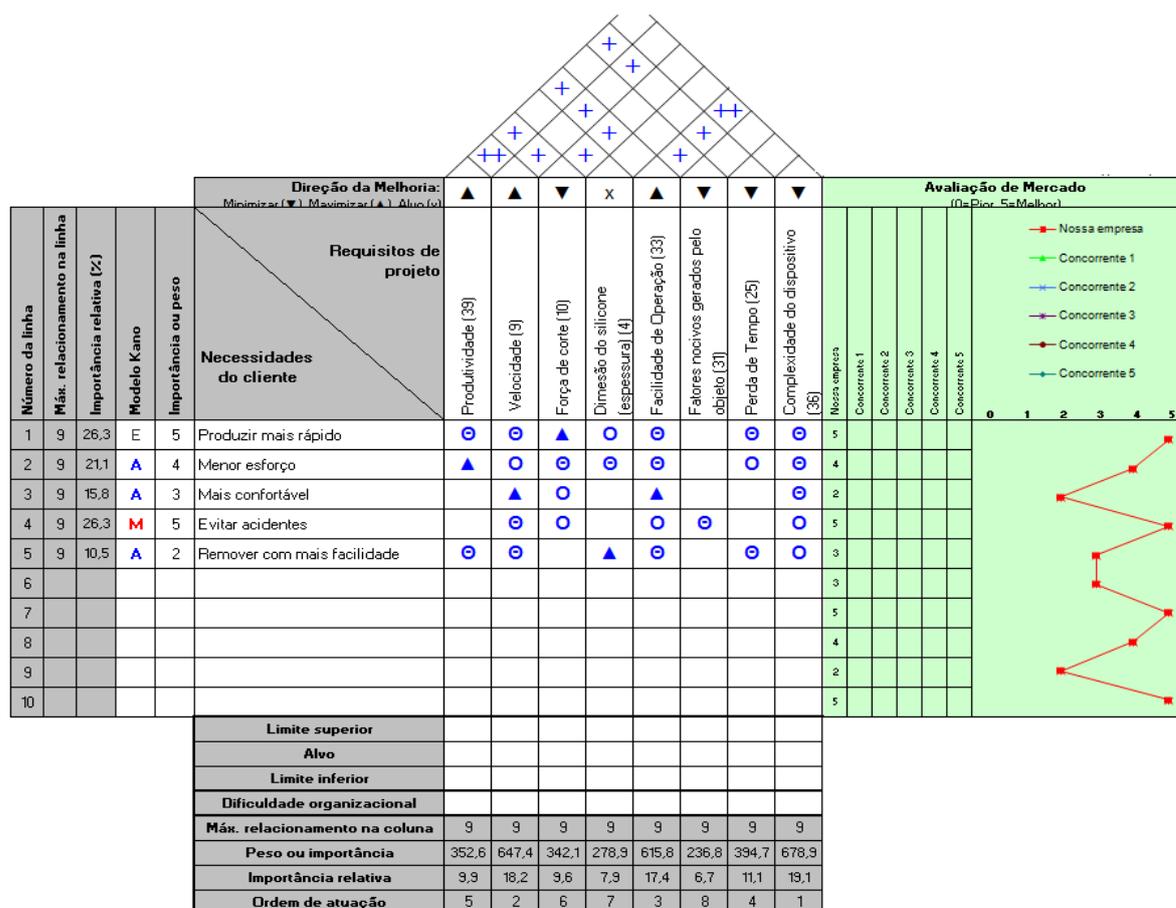


Figura 5: Casa da Qualidade grupo 3

O grupo criou uma concepção de mesa de corte para automatizar o processo de corte e extração mostrada na Figura 6. Segundo a concepção, a prensa realiza vários cortes na folha de silicone de uma só vez, por meio de uma matriz de corte. Posteriormente, utilizando injeção de ar proveniente de tubos acoplados à matriz é feita a extração das peças, que caem em uma bandeja de coleta.

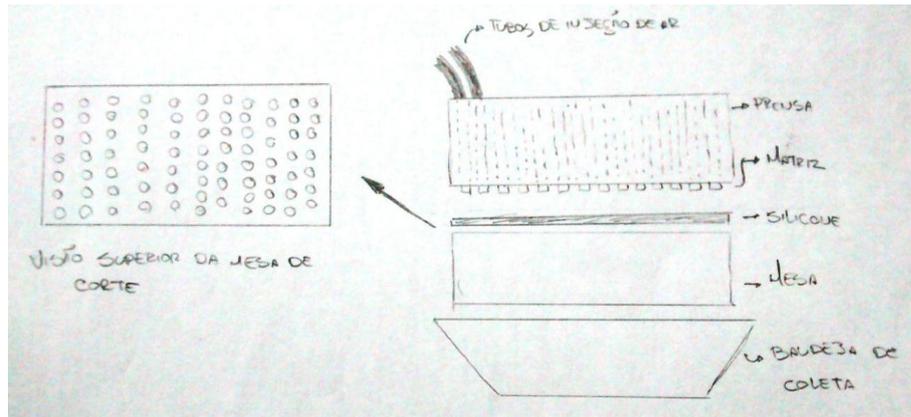


Figura 4: Concepção de mesa de corte

## APÊNDICE F - RESULTADOS DO 3º CICLO

No 3º Ciclo, os grupos trabalharam com o problema relativos aos aparelhos medidores de pressão. Cada um deles analisou um modelo de aparelho, selecionou o público alvo e aplicou a metodologia de forma diferente:

- O grupo 1 analisou o aparelho de pressão Digital de Pulso LP200 – PREMIUM utilizando os passos tradicionais de implementação do QFD;
- O grupo 2 analisou o aparelho de Pressão Arterial *Techline Smart Pro* Digital Automático de Pulso Q-400 utilizando os Parâmetros de Engenharia da TRIZ para auxiliar no processo de tradução de necessidades dos clientes em requisitos de projeto;
- O grupo 3 analisou o aparelho de Pressão Arterial Automático de Braço da marca Omron, modelo HEM-7113 utilizando a sugestão de integração proposta nesta dissertação.

A seguir, seguem os resultados obtidos por cada um dos grupos.

### **Grupo 1: Método QFD tradicional**

Utilizando como base o modelo LP200, o grupo 1 definiu como público alvo idosos com idade maior que 60 anos que alguma vez já tiveram problemas de pressão e que são aconselhadas pelos médicos a fazerem um controle de pressão com maior frequência. Foram realizadas entrevistas com uma parcela do público alvo e foram levantadas as necessidades dos clientes. O estabelecimento dos requisitos de projeto se deu por meio de *braisntorming* realizado com os integrantes do grupo. A partir daí, foi elaborada a Casa da Qualidade apresentada na Figura 1.

Analisando a matriz, nota-se que os principais requisitos a serem trabalhados são pressão no pulso e instruções claras e objetivas do manual. O grupo propôs então, acrescentar na própria embalagem do produto informações importantes sobre o produto e melhorar de maneira expressiva o manual de instruções. Em relação à pulseira, o grupo sugeriu que fossem adicionados amortecedores de silicone ao longo da pulseira. O objetivo do silicone seria amortecer a compressão, sem prejudicar a captação dos batimentos cardíacos.





relação aos concorrentes no quesito “enxergar medição com facilidade”. Dessa maneira, esse foi um ponto considerado como importante no projeto de melhoria do produto, assim como a troca do material da pulseira para um que não machuque o idoso.

Uma melhoria enfatizada pelo grupo foi a interpretação dos dados, considerada de extrema importância para o cliente e que gera um alto índice de insatisfação.

Sendo assim, em resumo, as melhorias propostas pelo grupo, mostradas na Figura 4, são: acréscimo de um visor da carga da bateria e de uma função para a interpretação e visualização dos dados, modificação do material da pulseira e padronização dos botões.



Figura 4: Melhorias no medido Q-400

### Grupo 3: Sugestão de integração entre QFD e TRIZ

Utilizando como base o modelo HEM-7113, o grupo3 definiu como público alvo adultos na faixa etária de 20-40 anos que buscam fazer um controle da pressão arterial como forma de prevenção ou tratamento de doenças cardíacas e controle de pressão arterial. Para identificação das necessidades dos clientes, o grupo entrevistou uma amostra de 5 pessoas, composta pelos integrantes do próprio grupo, visto que todos fazem parte do público definido. Utilizando os Parâmetros Inventivos da TRIZ o grupo realizou a tradução das necessidades em requisitos de projeto. A partir daí, foi elaborada a Casa da Qualidade apresentada na Figura 5.



A concepção gerada pelo grupo, então, é composta pela interface do aplicativo idealizado (Figura 6) e do novo conceito da braçadeira (Figura 7).

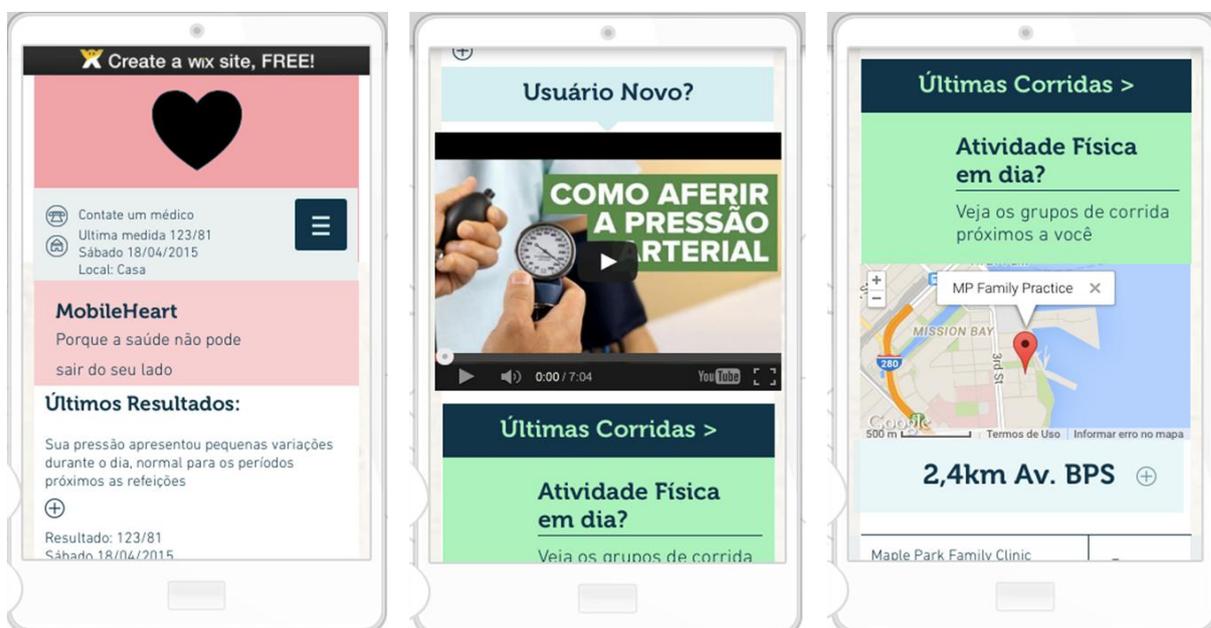


Figura 6: Interface do aplicativo idealizado



Figura 7: Novo conceito da braçadeira

O funcionamento do aparelho ocorrerá da seguinte forma: a braçadeira deve estar devidamente carregada para que tanto a bomba para pressão quanto o conector *bluetooth* possam funcionar. Assim quando o velcro for posicionado e fixado corretamente, a braçadeira irá realizar um esforço comandado pelo aplicativo, os níveis de pressão serão calculados e as

informações trocadas serão armazenadas. O armazenamento funcionará diretamente no celular e back-ups realizados por nuvem.

## REFERÊNCIAS

- ACCUMED GLICOMED. Disponível em: [http://www.accumed.com.br/?product\\_cat=aparelhos-pessao](http://www.accumed.com.br/?product_cat=aparelhos-pessao). Acesso em 17/04/2015.
- AGUIAR, G. F.; PEINADO, J.; GRAEML, A.; AGUIAR, B. C. X. C. Modelando o Tempo de Execução de Tarefas em Projetos: uma Aplicação das Curvas de Aprendizagem. 5º SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2008.
- AKAO, Y. **Introdução ao desdobramento da qualidade**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996. 187 p.
- ALTSHULLER, G. **And Suddenly the Inventor Appeared: TRIZ, the Theory of Inventive Problem Solving**, Technical Innovation Center, 2004.
- ALTSHULLER, G. **Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity**. Worcester: Technical Innovation Center, 2007.
- ARAÚJO, Carlos Alberto. Bibliometria: evolução história e questões atuais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, jan./jun. 2006.
- BACK, N.; OGLIARY, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. 1 ed. São Paulo: Manole, 2008. 601 p.
- BARCZAK, G.; GRIFFIN, A.; KAHN, K. Trends and drivers of success in NPD practices: Results of the 2004 PDMA Best Practices Study. **Journal of Product Innovation Management**, v. 26, n. 1, p. 3–23, 2009.
- CARDOSO, J. F.; FILHO, N. C.; CAUCHICK MIGUEL, P. A. Application of Quality Function Deployment for the development of an organic product. **Food Quality and Preference**, v. 40, p. 180-190, 2015.
- CARNEVALLI, J. A.; SASSI, A.; CAUCHICK MIGUEL, P.A. Comparação do uso do QFD no Brasil e no Reino Unido. **Produto & Produção**, v.6, n. 2, p. 31-39, 2002.
- CARNEVALLI, J. A.; CAUCHICK MIGUEL, P. A. Revisão, análise e classificação da literatura sobre o QFD – tipos de pesquisa, dificuldades de uso e benefícios do método. **Gestão & Produção**, v. 14, n. 3, p. 557-579, 2007.
- CARVALHO, M. A. **Metodologia IDEATRIZ para ideação de novos produtos**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. 232 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, 2007.
- CARVALHO, M. A. IDEATRIZ - A Methodology for New Product Ideation. **International Journal of Engineering Education**, v. 29, p. 355-364, 2013.
- CARVALHO, M. A.; BACK, N. Uso dos conceitos fundamentais da triz e do método dos princípios inventivos no desenvolvimento de produtos. 3º CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 2001. Florianópolis.
- CHAN, L. K.; WU, M. L. Quality Function Deployment: A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 143, p. 463-497, 2002.
- CHAN, L. K.; WU, M. L. A systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example. **International Journal of Management Science**, v. 33, n. 2, p. 119-139, 2005.

- CHEN, Y.; CHEN, L. A non-linear possibilistic regression approach to model functional relationships in product planning. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 28, p. 1175-1181, 2006.
- CHEN, L. S.; LIU, C. H.; HSU, C.C.; LIN, C. S. C-Kano model: A novel Approach for discovering attractive quality elements. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 21, n. 11, p. 1189- 1214, 2010.
- CHEN, C. C.; CHUANG, M. C. Integrating the Kano model into a robust design approach to enhance customer satisfaction with product design. **International Journal Production Economics**, v. 114, p. 667-681, 2008.
- CHENG, L. C.; SCAPIN, C. A.; OLIVEIRA, C. A. de; KRAFETUSKI, E.; DRUMOND, F. B.; BOAN, F. S.; PRATES, L. R.; VILELA, R. M. **QFD: planejamento da qualidade**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995. 261 p.
- CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. **QFD: Desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Editora Blücher, 2007.
- CHO, C. H.; KIM, K. H. Product development with TRIZ: design evolution of deburring tools for the intersecting holes. **Journal of Mechanical Science and Technology**, v. 21, p. 169-173, 2010.
- CHOU, J. R. An ideation method for generating new product ideas using TRIZ, concept mapping, and fuzzy linguistic evaluation techniques. **Advanced Engineering Informatics**, v. 28, p. 441-454, 2014.
- COUGHLAN, P.; COGHLAN, D. Action research. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.
- COSTA, L. **Aprendizagem dos Riscos do Processo de Desenvolvimento de Produtos Baseada em Jogos**. 2015. 190 P. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2015.
- COSTA, T.; LOPES, S.; FERNÁNDEZ-LLIMÓS, F.; AMANTE, M. J.; LOPES, P. F. A bibliometria e a avaliação da produção científica: indicadores e ferramentas. **Actas do Congresso Nacional de Bibliotecários, Arquivistas e Documentalistas**, n. 11, 2012.
- CRISTIANO, J.J.; LIKER, J. K.; WHITE, C. C. Customer-driven product development through quality function deployment in the US and Japan. **Journal of Product Innovation Management**, v. 17, n. 4, p. 286-308, 2000.
- CUGINI, U.; CASCINI, G.; MUZZUPAPPA, M.; NIGRELLI, V. Integrated Computer-Aided Innovation: The PROSIT approach. **Computers in Industry**, v. 60, p. 629-641, 2009.
- DEMARQUE, E. **TRIZ: Teoria para a Resolução de Problemas Inventivos aplicada ao Planejamento de Processos na indústria automotiva**. 2005. 160 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- DIAS, M. C.; TURRIONI, J. B.; SILVA, C. V. O uso do aprendizado baseado em problemas no ensino da Engenharia de Produção. **Anais do XXX Encontro Nacional De Engenharia De Produção – ENEGEP**, Bento Gonçalves, RS, Brasil, 2012.
- DURMUŞOĞLU, S. S.; BARCZAK, G. The use of information technology tools in new product development phases: Analysis of effects on new product innovativeness, quality, and market performance. **Industrial Marketing Management**, v. 40, p. 321–330, 2011.

FERNANDES, J. M. R.; REBELATO, M. G. Proposta de um método para integração entre QFD e FMEA. **Gestão & Produção**, v. 12, n. 2, p. 245-259, 2006.

FERREIRA, C. V. **Metodologia para as Fases de Projeto Informacional e Conceitual de Componentes de Plástico Injetados Integrando os Processos de Projeto e Estimativa de Custo**. 2002. (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina.

FRANK, A. G.; SOUZA, V. S.; RIBEIRO, J. L. D.; ECHEVESTE, M. E. A framework for decision-making in investment alternatives selection. **International Journal of Production Research**, v. 51, p. n. 9, p. 5866-5883, 2013.

FUNG, R. Y. K.; CHEN, Y.; TANG, J. Estimating the functional relationships for quality function deployment under uncertainties. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 157, p. 98-120, 2006.

GOEL, P.S.; SINGH, N. Creativity and Innovation in Durable Product Development. **Computers & Industrial Engineering**, v. 35, p. 5-8, 2008

GONZÁLEZ, M. O. A.; TOLEDO, J. C. A integração do cliente no processo de desenvolvimento de produto: revisão bibliográfica sistemática e temas para pesquisa. **Produção**, v. 22, n. 1, 2012.

GOVERS, C.P.M. What and how about quality function deployment (QFD). **International Journal of Production Economics**. v.46/47. p. 575-585, 1996.

GOVERS, C. P. M. QFD not a just a tool but a way of quality management. **International Journal of Production Economics**, v. 69, p. 151-159, 2001.

GRAAFF, E.; CHRISTENSEN, H.P. (2004) Editorial: Theme Issue On Active Learning In engineering education. **European Journal of Engineering Education**. 29, 461-463.

GRIFFIN, A.; HAUSER, J. R. Patterns of Communication Among Marketing, Engineering and Manufacturing-A Comparison Between Two New Product Teams. **Management Science**, v. 38, n. 3, p. 360-373, 1992.

GRIFFIN, A.; HAUSER, J. R. The voice of the customer. **Marketing Science**, v. 12, n. 1, p. 1- 27, 1993.

GRIFFIN, A. PDMA Research New Product Development Practices: Updating Trends and Benchmarking Best Practices. *Journal of Product Innovation Management*, v. 14, p. 429-458, 1997.

HEGEDUS, C. E. TRIZ – teoria da solução criativa de problemas – uma rápida visão dessa ferramenta para o desenvolvimento de novos produtos. **2º CONGRESSO BRASILDEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO**, 2000. São Carlos.

HERRMANN, A.; HUBER, F.; BRAUNSTEIN, C. Market-driven product and service design: Bridging the gap between customer needs, quality management, and customer satisfaction. **International Journal of Production Economics**, v. 66, p. 77-96, 2000.

HSU, C. H.; CHANG, T. M.; WANG, S. Y.; LIN, P. Y. Integrating Kano's Model into quality Function Deployment to facilitate Decision Analyses for Service Quality. **International Conference on Mathematics and Computers in Business and Economics**, 2007. Vancouver.

HUANG, F. Technology innovation and new product development process integrating QFD and TRIZ. **Innovation Conference**, 2013, Suzhou.

ISI WEB OF SCIENCE. Disponível em: [http://apps.webofknowledge.com/WOS\\_GeneralSearch\\_input.do?SID=4F7KeMMrKU9t4JQbFZu&product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch](http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?SID=4F7KeMMrKU9t4JQbFZu&product=WOS&search_mode=GeneralSearch). Acesso em: 16 de abril de 2015.

JUGULUM, R.; SEFIK, M. Building a robust manufacturing strategy. **International Conference on Computers and Industrial Engineering**, p. 225-228, 1998.

KAHRAMAN, C.; ERTAY, T. BÜYÜKÖZKAN. A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach. **European Journal of Operational Research**, v. 171, p. 390-411, 2006.

KARSAK, E. E.; SOZER, S.; ALPETIKIN, S. E. Product planning in quality function deployment using a combined analytic network process and goal programming approach. **Computers & Industrial Engineering**, v. 44, p. 171-190, 2002.

KIATAKE, M. **Método de suporte ao projeto criativo em arquitetura: uma aplicação da TRIZ - Teoria da Solução Inventiva de Problemas**. São Paulo: USP, 2005. 124p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2004.

KIM, S.; YOON, B. Developing a process of concept generation for new product-service systems: a QFD and TRIZ-based approach. **Service Business**, v. 6, p. 323-348, 2012.

KOTLER, Philip. **Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle**. São Paulo: Atlas, 1998.

KIM, D. H.; LEE, M. S.; KIM, K. J. A systematic method for generating engineering characteristic candidates in quality function deployment. **International Journal of Industrial Engineering: applications and practice**, v. 14, p. 179-187, 2007.

KUTSCHENREITER-PRASZKIEWICZ, I. Application of Neural network in QFD matrix. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 24, n. 2, p. 397-404, 2013.

LABOURIAU, F. C.; NAVEIRO, R. M. Using the evolutionary pattern to generate ideas in new product development. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, v. 37, p. 231-241, 2015.

LATTES. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/>. Acesso em 20 de fevereiro de 2015.

LETTL, C. User involvement competence for radical innovation. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 24, p. 53-75, 2007.

LI, Y. L.; TANG, J. F.; CHIN, K. S.; HAN, Y.; LUO, X. G. A rough set approach for estimating correlation measures in quality function deployment. **Information Science**, v. 189, p. 126-142, 2012.

LI, X.; ZHAO, W.; ZHENG, Y.; WANG, R.; WANG, C. Innovative product design based on comprehensive customer requirements of different cognitive levels. **The Scientific World Journal**, p. 1-11, 2014.

LIN, C.S.; CHEN, L. S.; HSU, C.C. An innovative approach for RFID product functions development. **Experts Systems with Applications**, v. 38, p. 15523-15533, 2011.

LIN, M.C.; WANG, C. C.; CHEN, T. C. A Strategy for Managing Customer-oriented Product Design. **Concurrer Engineering: Research and Applications**, v. 14, n. 3, p. 231-244, 2006.

- LOW, M.K.; LAMVIK, T.; WALSH, K.; MYKLEBUST, O. Manufacturing a green service: Engaging the TRIZ model of innovation. **IEEE Transactions on Electronics Packagens Manufacturing**, v. 24, n. 1, p. 10-17, 2001.
- LOWE, A.; RIDGWAY, K. UK user's Guide to Quality Function Deployment. **Engineering Management Journal**, v. 10, n. 3, p. 147-155, 2000.
- MAÑÀ, Jorge C. Reassessment of cocitation methods for science indicators: effect of methods improving recall rates. **Scientometrics**, Society of Composers, Inc., New York, NY, v. 37, p. 223-244, 1998.
- MANN, d. The four pillars of TRIZ. **Engineering Design Conference**. Brunel University, 2000.
- MANN, D. An introduction to TRIZ: The Theory of Inventive Problem Solving. **Innovation**, v. 10, p. 123 – 125, 2001.
- MARX, Â. M.; PAULA, I. C. DE. Proposta de uma sistemática de gestão de requisitos para o processo de desenvolvimento de produtos sustentáveis. **Produção**, 2010.
- MELEMEZ, K.; DI GIRONIMO, G.; ESPOSITO, G.; LANZOTTI, A. Concept design in virtual reality of a forestry trailer using QFD-TRIZ based approach. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**. v. 37, p. 789-801, 2013.
- MELGOZA, E. L.; SERENÓ, L.; ROSELL, A.; CIURANA, J. An integrated parameterized tool for designing a customized tracheal stent. **Computer aided design**. V. 44, p. 1173 – 1181, 2012
- MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B.; XAVIER A. F.; CAMPOS, D. F. Pesquisa-ação na Engenharia de Produção: proposta de estruturação para sua condução. **Produção**, v. 22, n. 1, p. 1-13, 2012.
- MILAN, M.; BARROS, J. W.; GAVA, J. L. Planning soil tillage using Quality Function Deployment (QFD). **Scientia Agricola**, v. 60, n. 2, p. 217-221, 2003.
- MOEHRLE, M. G. What is TRIZ? From Conceptual Basics to a Framework for Research. **Creativity and Innovation Management**, v.14, n. 1, p. 3-13, 2005.
- MOUSAVI, S. M.; TORABI, S. A. A Hierarchical Group Decision-Making Approach for New Product Selection in a Fuzzy Environment. **Arab J Sci Eng**, v. 38, p. 233–3248, 2013.
- NAGUMO, G. K. **Desdobramento da função qualidade (QFD) aplicado à produção de mudas de café (Coffea arábica L.)**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2005. 61p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- OMRON. Disponível em [https://omronhealthcare.la/pt\\_BR/product/monitor-pessao-arterial-braco-automatico](https://omronhealthcare.la/pt_BR/product/monitor-pessao-arterial-braco-automatico). Acesso em 17/04/2015.
- PARKIN, N.; LINSLEY, M. J.; CHAN, J. F. L.; STEWARDSON, D. J. The introduction of QFD in a UK original equipment manufacturer. **Managerial Auditing Journal**, v. 17, n. 1, p. 43-54, 2002.
- PHILLIPS, F., SRIVASTAVA, R. Committed Costs vs. Uncertainty in New Product Development. **IC2 Working Paper**. The University of Texas at Austin, 1993.
- PRESLEY, A.; SARKIS, J.; LILES, D. H. A Soft-systems methodology approach for product and process innovation. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 47, n. 3, 2000.

PRINCE, M. Does Active Learning Work? A review of the Research. **Journal of Engineering Education**, ProQuest Central, p.223-231, 2004.

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

ROOS, C; SARTORI, S; GODOY, L.P; Modelo de Kano para a identificação de atributos capazes de superar as expectativas do cliente; **Revista Produção Online**, v.9, n.2, p. 536-550, set. de 2009.

ROSA, S. L. S. P. S. **Estudo de correlação entre os resultados de testes e a aplicação de conceitos de Gerenciamento de Projetos para modelamento matemático da durabilidade de um componente automotivo**. Salvador: UFBA, 2012. 128 p. Dissertação de mestrado – Universidade Federal da Bahia. Salvador.

SANTOS, M. **A importância dos jogos na aprendizagem da matemática**. 2010. Dissertação (Pós-graduação em Contextos de Aprendizagem). Escola Superior de Educação de Paula Frassinetti, Porto, 75 p, 2010.

SANTOS, S. R. B.; SILVA, M. A. S. Os cursos de engenharia no Brasil e as transformações no processos produtivos - do século XIX aos primórdios do século XXI. **Educação em Foco**, v. 2, n. 12, p. 21-35, 2008.

SILVA, C. E. S. **Desdobramento da Função Qualidade-QFD**: um modelo conceitual aplicado em treinamento. Orientadora: Profa.: Maria Aparecida Sanches Coelho, Coorientador: Prof. João Batista Turrioni. Itajuba: [s.n.], 1996. 146 p. Dissertação(Mestrado)-Escola Federal de Engenharia de Itajuba.

STENBECK, C; SVENSSON, J. **Value balancing method for product development: a case study at Volvo Car Corporation**. Tese (Doutorado) - Bussiness Administration, School of Economic and Commercial Law, Gotemburg University, 2004.

SU, C. T.; Lin, C. S. A case study on the application of Fuzzy QFD in TRIZ for service quality improvement. **Quality & Quantity**, v. 42, n. 8, p. 563-578, 2008

TERNINKO, J. **Step-by-Step QFD**: Customer-Driven Product Design, second ed. St. Lucie Press, Boca Raton, FL, 1997.

TECHLINE. Disponível em <http://www.techline.com.br/>. Acesso em 17/04/2015.

TERNINKO, J.; ZUSMAN, A.; ZLOTIN, B. **Systematic Innovation**: an introduction to TRIZ (Theory of inventive problem solving). Boca Raton. St. Lucie Press, 1998. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=QqPCvdo23dgC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=QqPCvdo23dgC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em 07/03/2015.

THOMPSON, F.; PERRY, C. Generalising results of an action research project in one work place to other situations: Principles and practice. **European Journal of Marketing**, v. 38, p. 401–417, 2004.

TSAI, C. C.; CHANG, C. Y.; TSENG, C. H. Optimal design of metal seated ball valve mechanism. **Structural and Multidisciplinary Optimization**, v. 26, p. 249-255, 2004.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção** - Estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá. UNIFEI, 2012.

TZOKAS, N.; HULTINK, E. J.; HART, S. Navigating the new product development process. **Industrial Marketing Management**, v.33, p. 619-626, 2004.

VEZZETTI, E.; MOOS, S.; KRETLI, S. A product lifecycle management methodology for supporting knowledge reuse in the consumer packaged goods domain. **Computer-Aided Design**. v. 43, p. 1902-1911, 2011.

WEBB, A., TRIZ: an inventive approach to invention, **Engineering Management Journal**, vol.12, no.3, p.117,124, Jun 2002.

WESTBROOK, R. Action research: a new paradigm for research in production and operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 12 p. 6–20, 1995.

WOODSIDE, A. G.; WILSON, E. J. Case studies research methods of theory building. **Journal of Business and Industrial Marketing**, v. 18, n. 6/7, p. 493-508, 2003.

WANG, Y.; TSENG, M. M. Integrating comprehensive customer requirements into product design. **CIRP Annals-Manufacturing Technology**, v. 60, n. 1, p. 175-178, 2011

XU, Q. L.; JIAO, R. J.; YANG, X.; HELANDER, M.; KHALID, H. M. OPPERUD, A. An analytical Kano model for customer need analysis. **Design Studies**, v. 3, n. 1, p. 87-100, 2009.

YAMASHINA, H.; ITO, T.; KAWADA H. Innovative product development process by integrating QFD and TRIZ. **International Journal of Production Research**, v. 40, n. 5. p. 1031-1050, 2002.

YAN, C. J.; CHEN, J. L. Forecasting the design of eco-products by integrating TRIZ evolution patterns with CBR and Simple LCA methods. **Expert Systems with Application**, v. 39, p. 2884-2892, 2012.

YAN, H. B.; MA, T. A group decision-making approach to uncertain quality function deployment based on fuzzy preference relation and fuzzy majority. **European Journal of Operational Research**, v. 241, p. 815-829, 2015.

YANG, Z.; CHEN, Y. Fuzzy soft-based approach to prioritizing technical attributes in quality function deployment. **Neural Computing and Applications**, v. 23, p. 2493-2500, 2013.

YEH, C. H.; HUANG, J. C. Y.; YU, C. K. Integration of four-phase QFD and TRIZ in product R&D: a notebook case study. **Research In Engineering Design**, v. 22, p.125-141, 2011.

ZHANG, F.; YANG, M.; LIU, W. Using integrated quality function deployment and theory of inventive problem solving approach for ergonomic product design. **Computers & Industrial Engineering**, v. 76, p. 60-74, 2014.

## **ANEXOS**

### **ANEXO A -MATRIZ DE CONTRADIÇÕES**

A seguir, segue a Matriz de Contradições presente no trabalho de Demarque (2005).

		<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Característica degradada</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Característica a melhorar</b></p> </div> </div>												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		Peso do objeto em movimento	Peso do objeto parado	Comprimento do objeto em movimento	Comprimento do objeto parado	Área do objeto em movimento	Área do objeto parado	Volume do objeto em movimento	Volume do objeto parado	Velocidade	Força(intensidade)	Tensão ou pressão	Forma	Estabilidade da composição de um objeto
1	Peso do objeto em movimento	+	-	15,08, 29,34	-	29,17, 38,34	-	29,02, 40,28	-	02,08, 15,38	08,10, 18,37	10,36, 37,40	10,14, 35,40	01,35, 19,39
2	Peso do objeto parado	-	+	-	10,01, 29,35	-	35,30, 13,02	-	05,35, 14,02	-	08,10, 19,35	13,29, 10,18	13,10, 29,14	26,39, 01,40
3	Comprimento do objeto em movimento	08,15, 37,34	-	+	-	15,17, 04	-	07,17, 04,35	-	13,04, 08	17,10, 04	01,08, 35	01,08, 10,29	01,08, 15,34
4	Comprimento do objeto parado	-	35,28, 40,29	-	+	-	17,07, 10,40	-	35,08, 02,14	-	28,10	01,14, 35	13,14, 15,07	39,37, 35
5	Área do objeto em movimento	02,17, 29,04	-	14,15, 18,04	-	+	-	07,14, 17,04	-	29,30, 04,34	19,30, 35,02	10,15, 36,28	05,34, 29,04	11,02, 13,39
6	Área do objeto parado	-	30,02, 14,18	-	26,07, 09,39	-	+	-	-	-	01,18, 35,36	10,15, 38,40	-	02,38
7	Volume do objeto em movimento	02,26, 29,40	-	01,07, 04,35	-	01,07, 04,17	-	+	-	29,04, 38,34	15,35, 36,37	06,35, 36,37	01,15, 29,04	28,10, 01,39
8	Volume do objeto parado	-	35,10, 19,14	-	35,08, 02,14	-	-	-	+	-	02,18, 37	24,35, 35	07,02, 35,40	34,28, 35,40
9	Velocidade	02,28, 13,38	-	13,14, 08	-	29,30, 34	-	07,29, 34	-	+	13,28, 15,19	06,18, 38,40	35,15, 18,34	28,33, 01,18
10	Força(intensidade)	08,01, 37,18	18,13, 01,28	17,19, 09,36	28,10	19,10, 15	01,18, 36,37	15,09, 12,37	02,36, 18,37	13,28, 15,12	+	18,21, 11	10,35, 40,34	35,10, 21
11	Tensão ou pressão	10,36, 37,40	13,29, 10,18	35,10, 36	35,01, 14,16	10,15, 36,28	10,15, 36,37	06,35, 10	35,24	06,35, 36	36,35, 21	+	35,04, 15,10	35,33, 02,40
12	Forma	08,10, 29,40	15,10, 26,03	29,34, 05,04	13,14, 10,07	05,34, 04,10	-	14,04, 15,22	07,02, 35	35,15, 34,18	35,10, 37,40	34,15, 10,14	+	33,01, 18,4
13	Estabilidade da composição de um objeto	21,35, 02,39	26,39, 01,40	13,15, 01,28	37	02,11, 13	39	28,10, 19,39	34,28, 35,40	33,15, 28,18	10,35, 21,16	02,35, 40	22,01, 18,04	+
14	Resistência	01,08, 40,15	40,26, 27,01	01,15, 08,35	15,14, 28,26	03,34, 40,29	09,40, 28	10,15, 14,07	09,14, 17,15	08,13, 26,14	10,18, 03,14	10,03, 18,40	10,30, 35,40	13,17, 35
15	Duração da ação por objeto em movimento	19,05, 34,31	-	02,19, 09	-	03,17, 19	-	10,02, 19,30	-	03,35, 05	19,02, 16	19,03, 27	14,26, 28,25	13,03, 35
16	Duração da ação por objeto parado	-	06,27, 19,16	-	01,40, 35	-	-	-	-	35,34, 38	-	-	-	39,03, 35,23
17	Temperatura	36,22, 06,38	22,35, 32	15,19, 09	15,19, 09	03,35, 39,18	35,38	34,39, 40,18	35,06, 04	02,28, 36,30	35,10, 03,21	35,39, 19,02	14,22, 19,32	01,35, 32
18	Intensidade da Iluminação	19,01, 32	02,35, 32	19,32, 16	-	19,32, 26	-	02,13, 10	-	10,13, 19	26,19, 06	-	32,30, 27	32,03, 27
19	Uso de energia por objeto em movimento	12,18, 28,31	-	12,28	-	15,19, 25	-	35,13, 18	-	08,35, 35	16,26, 21,02	23,14, 25	12,02, 29	19,13, 17,24
20	Uso de energia por objeto parado	-	19,09, 06,27	-	-	-	-	-	-	-	36,37	-	-	27,04, 29,18
21	Potência	08,36, 38,31	19,26, 17,27	01,10, 35,37	-	19,38	17,32, 13,38	35,06, 38	30,06, 25	15,35, 02	26,02, 36,35	22,10, 35	29,14, 02,40	35,32, 15,31
22	Perda de Energia	15,06, 19,28	19,06, 18,09	07,02, 06,13	06,38, 07	15,26, 17,30	17,07, 30,18	07,18, 23	07	16,35, 38	36,38	-	-	14,02, 39,6
23	Perda de Substância	35,06, 23,40	35,06, 22,32	14,29, 10,39	10,28, 28,11	35,02, 10,31	10,18, 39,31	01,29, 30,36	03,39, 18,31	10,13, 28,38	14,15, 18,40	03,36, 37,10	29,35, 03,05	02,14, 30,40
24	Perda de Informação	10,24, 35	10,35,5	01,26	26	30,26	30,16	-	-	02,22	26,32	-	-	-
25	Perda de Tempo	10,20, 37,35	10,20, 26,05	15,02, 29	30,24, 14,05	26,04, 05,16	10,35, 17,04	02,5, 34,10	35,16, 32,18	-	10,37, 36,05	37,36, 04	04,10, 34,17	35,03, 22,05
26	Qualidade da substância/ a matéria	35,06, 18,31	27,26, 18,35	29,14, 35,18	-	15,14, 29	02,18, 40,04	15,20, 29	-	35,29, 34,28	35,14, 03	10,36, 14,03	35,14	15,02, 17,40
27	Confiabilidade	03,08, 10,40	03,10, 08,28	15,09, 14,04	15,29, 28,11	17,10, 14,16	32,35, 40,04	03,10, 14,24	02,35, 24	21,35, 11,28	08,28, 10,03	10,24, 35,19	35,01, 16,11	-
28	Precisão da medição	32,35, 26,28	28,35, 25,26	28,26, 05,16	32,28, 03,16	26,28, 32,03	26,28, 32,03	32,13, 06	-	28,13, 32,24	32,02	06,28, 32	06,28, 32	32,35, 13
29	Precisão da manufatura	28,32, 13,18	28,35, 27,09	10,28, 29,37	02,32, 10	28,33, 29,32	02,29, 18,36	32,23, 37,35	25,10, 35	10,28, 31,22	28,19, 34,36	03,35	32,30, 40	30,18
30	Fator indesejável que afeta o objeto	22,21, 27,39	02,22, 13,24	17,01, 39,4	01,18	22,01, 33,28	27,02, 39,35	22,23, 37,35	34,39, 19,27	31,22, 35,28	13,35, 39,18	22,02, 37	22,01, 03,35	35,24, 30,18
31	Fator indesejável gerado pelo objeto	19,22, 15,39	35,22, 01,39	17,15, 16,22	-	17,02, 18,39	22,01, 40	17,02, 40	30,18, 35,04	35,28, 03,23	35,28, 01,40	02,33, 27,18	35,01	35,40, 27,39
32	Facilidade de Manufatura	28,29, 15,16	01,27, 36,13	01,29, 13,17	15,17, 27	13,01, 26,12	16,40	13,29, 01,40	35	35,13, 08,01	35,12	35,19, 01,37	01,28, 13,27	11,13, 01
33	Facilidade de operação	25,02, 13,15	06,13, 01,25	01,17, 13,12	-	01,17, 13,16	18,16, 15,39	01,16, 35,15	04,18, 39,31	18,13, 34	28,13, 35	02,32, 12	15,34, 29,28	32,35, 30
34	Facilidade de reparo	02,27, 35,11	02,27, 35,11	01,28, 10,25	03,18, 31	15,13, 32	16,25	25,02, 35,11	01	34,09	01,11, 10	13	01,13, 02,04	02,35
35	Adaptabilidade ou versatilidade	01,06, 15,08	19,15, 29,16	35,01, 29,02	01,35, 16	35,30, 29,7	15,16	15,35, 29	-	35,10, 14	15,17, 20	35,16	15,37, 01,8	35,30, 14
36	Complexidade do dispositivo	26,30, 34,36	02,26, 35,39	01,19, 26,24	26	14,01, 13,16	06,36	34,26, 06	01,16	34,10, 28	26,16	19,01, 35	29,13, 28,15	02,22, 17,19
37	Dificuldade na detecção e/ou medição	27,26, 28,13	6,13, 28,01	16,17, 26,24	26	02,13, 18,17	02,39, 30,16	29,01, 04,16	02,18, 26,31	03,04, 16,35	30,28, 40,19	35,36, 37,32	27,13, 01,39	11,22, 39,30
38	Amplitude da automação	28,26, 18,35	28,26, 35,10	14,13, 17,28	23	17,14, 13	-	35,13, 16	-	28,10	02,35	13,35	15,32, 01,13	18,01
39	Produtividade	35,26, 24,37	28,27, 15,3	18,04, 28,38	30,07, 14,26	10,26, 34,31	10,35, 17,07	02,06, 34,10	35,37, 10,02	-	28,15, 10,36	10,37, 14	14,10, 34,40	35,03, 22,39

		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
		Resistência	Duração da ação por objeto em movimento	Duração da ação por objeto parado	Temperatura	Intensidade da Iluminação	Uso de energia por objeto em movimento	Uso de energia por objeto parado	Potência	Perda de Energia	Perda de Substância	Perda de Informação	Perda de Tempo	Qualidade da substância/ a matéria	
1	Peso do objeto em movimento	28, 27, 18, 40	05, 34, 31, 35	-	06, 29, 04, 38	19, 01, 32	35, 12, 34, 31	-	12, 36, 18, 31	06, 02, 34, 19	05, 35, 03, 31	10, 24, 35	10, 35, 20, 28	03, 26, 18, 31	
2	Peso do objeto parado	28, 02, 10, 27	-	02, 27, 19, 06	28, 19, 32, 22	19, 32, 35	-	18, 19, 28, 01	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	05, 08, 13, 30	10, 15, 35	10, 20, 35, 26	19, 06, 18, 26	
3	Comprimento do objeto em movimento	08, 35, 29, 34	19	-	10, 15, 19	32	08, 35, 24	-	01, 35	07, 02, 35, 39	04, 29, 23, 10	01, 24	15, 02, 29	29, 35	
4	Comprimento do objeto parado	15, 14, 28, 26	-	01, 10, 35	03, 35, 38, 18	03, 25	-	-	12, 08	06, 28	10, 28, 24, 35	24, 26	30, 29, 14		
5	Área do objeto em movimento	03, 15, 40, 14	06, 03	-	02, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32	-	19, 10, 32, 18	15, 17, 02, 39	10, 35, 02, 39	30, 26	26, 04	29, 30, 06, 13	
6	Área do objeto parado	40	-	02, 10, 19, 30	35, 39, 38	-	-	-	17, 32	17, 07, 30	10, 14, 18, 39	30, 16	10, 35, 04, 18	02, 18, 04, 04	
7	Volume do objeto em movimento	09, 14, 15, 07	06, 35, 04	-	34, 39, 10, 18	02, 13, 10	35	-	35, 06, 13, 18	07, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	02, 22	02, 06, 34, 10	29, 30, 07	
8	Volume do objeto parado	09, 14, 17, 15	-	35, 34, 38	35, 06, 04	-	-	-	30, 06	-	10, 39, 35, 34	-	35, 16, 32, 18	35, 03	
9	Velocidade	08, 03, 26, 14	03, 19, 35, 05	-	28, 30, 36, 02	10, 13, 19	08, 15, 35, 38	-	19, 35, 38, 02	14, 20, 19, 35	10, 13, 28, 38	13, 26	-	10, 19, 29, 38	
10	Força(intensidade)	35, 10, 14, 27	19, 02	-	35, 10, 21	-	19, 17, 10, 16	01, 16, 36, 37	19, 35, 18, 37	14, 15	08, 35, 40, 05	-	10, 37, 36	14, 29, 18, 36	
11	Tensão ou pressão	09, 18, 03, 40	19, 03, 27	-	35, 39, 19, 02	-	14, 24, 10, 37	-	10, 35, 14	02, 36, 25	10, 36, 3, 37	-	37, 36, 04	10, 14, 36	
12	Forma	30, 14, 10, 40	14, 26, 09, 25	-	22, 14, 19, 32	13, 15, 32	02, 06, 34, 14	-	04, 06, 02	14	35, 29, 03, 05	-	14, 10, 34, 17	36, 22	
13	Estabilidade da composição de um objeto	17, 09, 15	13, 27, 10, 35	39, 03, 35, 23	35, 01, 32	32, 03, 27, 16	13, 19	27, 04, 29, 18	32, 35, 27, 31	14, 02, 39, 6	02, 14, 30, 40	-	35, 27	15, 32, 35	
14	Resistência	+	27, 03, 26	-	30, 10, 40	35, 19	19, 35, 10	35	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40	-	29, 03, 28, 10	29, 10, 27	
15	Duração da ação por objeto em movimento	27, 03, 10	+	-	19, 35, 39	02, 19, 04, 35	28, 06, 35, 18	-	19, 10, 35, 38	-	28, 27, 03, 18	10	20, 10, 28, 18	03, 35, 10, 40	
16	Duração da ação por objeto parado	-	-	+	19, 18, 36, 40	-	-	-	16	-	27, 16, 18, 38	10	28, 20, 10, 16	03, 35, 31	
17	Temperatura	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40	+	32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17	-	02, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31	-	35, 28, 21, 18	03, 17, 30, 39	
18	Intensidade da Iluminação	35, 19	02, 19, 6	-	32, 35, 19	+	32, 01, 19	32, 35, 01, 15	32	13, 16, 01, 06	13, 01	01, 06	19, 01, 26, 17	01, 19	
19	Uso de energia por objeto em movimento	05, 19, 09, 35	28, 35, 06, 18	-	19, 24, 03, 14	02, 15, 19	+	-	06, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 05	-	35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18	
20	Uso de energia por objeto parado	35	-	-	19, 02, 35, 32	-	-	+	-	-	28, 27, 18, 31	-	-	03, 35, 31	
21	Potência	26, 10, 28	19, 35, 10, 38	16	02, 14, 17, 25	16, 06, 19	16, 06, 19, 37	-	+	10, 35, 18, 38	-	10, 19	35, 20, 10, 06	04, 34, 19	
22	Perda de Energia	26	-	-	19, 38, 07	01, 13, 32, 15	-	-	03, 38	+	35, 27, 02, 37	19, 10	10, 18, 32, 07	07, 18, 25	
23	Perda de Substância	35, 28, 31, 40	28, 27, 03, 18	27, 16, 18, 38	21, 36, 39, 31	01, 06, 13	35, 18, 24, 05	28, 27, 12, 31	28, 27, 18, 38	35, 27, 02, 31	+	-	15, 18, 35, 10	06, 03, 10, 24	
24	Perda de Informação	-	10	10	-	19	-	-	10, 19	19, 10	-	+	24, 26, 28, 32	24, 28, 35	
25	Perda de Tempo	29, 03, 28, 18	20, 10, 28, 18	28, 20, 10, 16	35, 29, 10, 16	01, 19, 26, 17	35, 38, 19, 18	01	35, 20, 10, 06	10, 05, 18, 32	35, 18, 10, 39	24, 26, 28, 32	+	35, 38, 18, 16	
26	Qualidade da substância/ a matéria	14, 35, 34, 10	03, 35, 10, 40	03, 35, 31	03, 17, 39	-	34, 29, 16, 18	03, 35, 31	35	07, 18, 25	06, 03, 10, 24	24, 28, 35	35, 38, 18, 16	+	
27	Confiabilidade	11, 28	02, 35, 03, 25	34, 27, 06, 40	03, 35, 10	11, 32, 13	21, 11, 27, 19	36, 23	21, 11, 26, 31	10, 11, 35	10, 35, 29, 39	10, 28	10, 30, 04	21, 28, 40, 03	
28	Precisão da medição	28, 06, 32	28, 06, 32	10, 26, 24	06, 19, 28, 24	06, 01, 32	03, 06, 32	-	03, 06, 32	26, 32, 27	10, 16, 31, 28	-	24, 34, 28, 32	02, 06, 32	
29	Precisão da manufatura	03, 27	03, 27, 40	-	19, 26	03, 32	32, 02	-	32, 02	13, 32, 02	35, 31, 10, 24	-	32, 26, 28, 18	32, 30	
30	Fator indesejável que afeta o objeto	18, 35, 37, 01	22, 15, 33, 28	17, 01, 40, 33	22, 33, 35, 02	01, 19, 32, 13	01, 24, 6, 27	10, 02, 22, 37	19, 22, 31, 02	21, 22, 35, 02	33, 22, 19, 40	22, 10, 02	35, 18, 34	35, 33, 29, 31	
31	Fator indesejável gerado pelo objeto	15, 35, 22, 02	15, 22, 33, 31	21, 39, 16, 22	22, 35, 02, 24	19, 24, 39, 32	02, 35, 06	19, 22, 18	02, 35, 18	21, 35, 02, 22	10, 01, 34	10, 21, 29	01, 22	03, 24, 39, 01	
32	Facilidade de Manufatura	01, 03, 10, 32	27, 01, 04	35, 16	27, 26, 18	28, 24, 27, 01	28, 26, 27, 01	01, 04	27, 01, 12, 24	19, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16	04, 28, 27, 22	04, 28, 10, 34	12, 35
33	Facilidade de operação	32, 40, 03, 28	29, 03, 08, 25	01, 16, 25	26, 27, 13	13, 17, 01, 24	01, 13, 24	-	35, 34, 02, 10	02, 19, 13	28, 32, 02, 24	-	04, 10, 27, 22	04, 28, 10, 34	12, 35
34	Facilidade de reparo	11, 01, 02, 09	11, 29, 28, 27	01	04, 10	15, 01, 13	15, 01, 28, 16	-	15, 10, 32, 02	15, 01, 32, 19	02, 35, 34, 27	-	32, 01, 10, 25	02, 28, 10, 25	
35	Adaptabilidade ou versatilidade	35, 03, 32, 06	13, 01, 35	02, 16	27, 02, 03, 35	6, 22, 26, 01	19, 35, 29, 13	-	19, 01, 29	18, 15, 01	15, 10, 02, 13	-	35, 28	03, 35, 15	
36	Complexidade do dispositivo	02, 13, 28	10, 04, 28, 15	-	02, 17, 13	24, 17, 13	27, 02, 29, 28	-	20, 19, 30, 34	10, 35, 13, 02	35, 10, 28, 29	-	06, 29	13, 03, 27, 10	
37	Dificuldade na detecção e/ou medição	27, 03, 15, 28	19, 29, 39, 25	25, 34, 06, 35	03, 27, 35, 16	02, 24, 26	35, 38	19, 35, 16	18, 01, 16, 10	35, 3, 15, 19	01, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22	18, 28, 32, 09	03, 27, 29, 18	
38	Amplitude da automação	25, 13	06, 09	-	26, 02, 19	08, 32, 19	02, 32, 13	-	28, 02, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33	24, 28, 35, 30	35, 13	
39	Produtividade	29, 28, 10, 18	35, 10, 02, 18	20, 10, 16, 38	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 01	35, 10, 38, 19	01	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	28, 10, 35, 23	13, 15, 23	-	35, 38	

Característica degradada



Característica a melhorar



**Característica degradada** →

↓  
**Característica a melhorar**

		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
		Confiabilidade	Precisão da medição	Precisão da manufatura	Fator indesejável que afeta o objeto	Fator indesejável gerado pelo objeto	Facilidade de Manufatura	Facilidade de operação	Facilidade de reparo	Adaptabilidade ou versatilidade	Complexidade do dispositivo	Dificuldade na detecção e/ou medição	Amplitude da automação	Produtividade	
1	Peso do objeto em movimento	01, 03, 11, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27	22, 35, 31, 39	27, 28, 31, 36	35, 03, 02, 24	02, 27, 28, 11	29, 05, 15, 08	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 03, 24, 37	
2	Peso do objeto parado	10, 28, 08, 03	18, 26, 28	10, 01, 35, 17	02, 19, 22, 37	35, 22, 01, 39	28, 01, 01, 39	06, 13, 01, 32	02, 27, 28, 11	19, 15, 29	01, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	02, 26, 35	01, 28, 15, 35	
3	Comprimento do objeto em movimento	10, 14, 29, 40	28, 32, 04	10, 28, 29, 37	01, 15, 17, 24	17, 15	01, 29, 17	15, 29, 35, 04	01, 28, 10	14, 15, 01, 16	01, 19, 26, 24	35, 01, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 04, 28, 29	
4	Comprimento do objeto parado	15, 29, 28	32, 28, 03	02, 32, 10	01, 18		15, 17, 27	02, 25	03	01, 35	01, 26	26		30, 14, 07, 26	
5	Área do objeto em movimento	29, 09	26, 28, 32, 03	02, 32	22, 33, 28, 01	17, 02, 18, 39	13, 01, 26, 24	15, 17, 13, 16	15, 13, 10, 01	15, 30	14, 01, 13	02, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 02	
6	Área do objeto parado	32, 35, 40, 04	26, 28, 32, 03	02, 29, 18, 36	27, 02, 39, 35	22, 01, 40	22, 01, 40	40, 16	16, 04	16	15, 16	01, 18, 36	02, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 07
7	Volume do objeto em movimento	14, 01, 40, 11	25, 26, 28	25, 28, 02, 16	22, 21, 27, 35	17, 02, 40, 01	29, 01, 40	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 01	29, 26, 04	35, 34, 16, 24	10, 06, 02, 34	
8	Volume do objeto parado	02, 35, 16		35, 10, 25	34, 39, 19, 27	30, 18, 35, 04	35				01, 31	02, 17, 26		35, 37, 10, 02	
9	Velocidade	11, 35, 27, 28	28, 32, 01, 24	10, 28, 32, 25	01, 28, 35, 23	02, 24, 35, 21	35, 13, 08, 01	32, 28, 13, 12	34, 02, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 04, 34	03, 34, 27, 16	10, 18		
10	Força(intensidade)	03, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	01, 35, 40, 18	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 01	01, 28, 3, 25	15, 01, 11	15, 17, 10, 18	26, 35, 10, 19	36, 37, 10, 19	02, 35	03, 28, 35, 37	
11	Tensão ou pressão	10, 13, 19, 35	06, 28, 25	03, 35	22, 02, 37	02, 33, 27, 18	01, 35, 16	11	02	35	19, 01, 35	02, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37	
12	Forma	10, 40, 16	28, 32, 01	32, 30, 40	22, 01, 02, 35	35, 01	01, 32, 17, 28	32, 15, 26	02, 13, 21	01, 15, 29	16, 29, 39	15, 13, 39	15, 01, 32	17, 26, 34, 10	
13	Estabilidade da composição de um objeto		13	18	35, 24, 30, 18	35, 40, 27, 39	35, 19	32, 35, 30	02, 35, 10, 16	35, 30, 34, 02	02, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	01, 08, 35	23, 35, 40, 3	
14	Resistência	11, 03	03, 27, 16	03, 27	18, 35, 37, 01	15, 35, 22, 02	11, 03, 10, 32	32, 40, 25, 02	27, 11, 03	15, 03, 32	02, 13, 25, 28	27, 03, 15, 40	15	29, 35, 10, 14	
15	Duração da ação por objeto em movimento	11, 02, 13	03	03, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28	16, 22	27, 01, 04	12, 27	29, 10, 27	01, 35, 13	10, 4, 29, 15	19, 29, 39, 35	06, 10	35, 17, 14, 19	
16	Duração da ação por objeto parado	34, 27, 06, 40	10, 26, 24		17, 1, 40, 33	22	35, 10	01	01	02		25, 34, 6, 35	01	20, 10, 16, 38	
17	Temperatura	19, 35, 03, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2	22, 35, 02, 24	26, 27	26, 27	04, 10, 16	20, 18, 27	02, 17, 16	03, 27, 35, 31	26, 2, 19, 16	15, 28, 35	
18	Intensidade da Iluminação		11, 15, 32	03, 32	15, 19	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 01, 19	06, 32, 13	32, 15	02, 26, 10	02, 25, 16	
19	Uso de energia por objeto em movimento	19, 21, 11, 27	03, 01, 32		01, 35, 06, 27	02, 35, 06	28, 26, 30	19, 35	01, 15, 17, 28	15, 17, 13, 16	02, 29, 27, 28	35, 38	32, 02	12, 28, 35	
20	Uso de energia por objeto parado	10, 36, 23			10, 02, 22, 37	19, 22, 18	01, 04					19, 35, 16, 25		01, 06	
21	Potência	19, 24, 26, 31	32, 15, 02	32, 02	19, 22, 31, 02	02, 35, 18	26, 10, 34	26, 35, 10	35, 02, 10, 34	19, 17, 34	20, 19, 30, 34	19, 35, 16	28, 02, 17	28, 35, 34	
22	Perda de Energia	11, 10, 35	32		21, 22, 35, 02	2, 22		35, 32, 01	02, 19		07, 23	35, 03, 15, 23	02	28, 10, 29, 35	
23	Perda de Substância	10, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 40	10, 01, 34, 29	15, 34, 33	32, 28, 02, 24	02, 35, 34, 27	15, 10, 02	35, 10, 28, 24	35, 18, 10, 13	35, 10, 18	28, 35, 10, 23	
24	Perda de Informação	10, 28, 23			22, 10, 01	10, 21, 22	32	27, 22				35, 33	35	13, 23, 15	
25	Perda de Tempo	10, 30, 04	24, 34, 28, 32	24, 26, 28, 18	35, 18, 34	35, 22, 18, 39	34, 04	04, 28, 10, 34	32, 01, 10	35, 28	06, 29	18, 28, 32, 10	24, 28, 35, 30		
26	Qualidade da substância/ a matéria	18, 03, 28, 40	13, 02, 28	33, 30	35, 33, 29, 31	03, 35, 40, 39	29, 01, 35, 27	35, 29, 25, 10	02, 32, 10, 25	15, 03, 29	03, 13, 27, 10	03, 27, 29, 18	08, 35	13, 29, 03, 27	
27	Confiabilidade	+	32, 03, 11, 23	11, 32, 01	27, 35, 02, 40	35, 02, 40, 26		27, 17, 40	01, 11	13, 35, 8, 24	13, 35, 01	27, 40, 28	11, 13, 27	01, 35, 29, 38	
28	Precisão da medição	05, 11, 01, 23	+		28, 24, 22, 26	03, 33, 39, 10	06, 35, 25, 18	01, 13, 17, 34	01, 32, 13, 11	13, 35, 02	27, 35, 10, 34	26, 24, 32, 28	28, 02, 10, 34	10, 34, 28, 32	
29	Precisão da manufatura	11, 32, 01		+	26, 28, 10, 36	04, 17, 34, 26		01, 32, 35, 23	25, 10		26, 02, 18		26, 28, 18, 23	10, 18, 32, 39	
30	Fator indesejável que afeta o objeto	27, 24, 02, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18	+		24, 35, 02	02, 25, 28, 39	35, 10, 02	35, 11, 22, 31	22, 19, 29, 40	22, 19, 29, 40	33, 03, 34	22, 35, 13, 24	
31	Fator indesejável gerado pelo objeto	24, 02, 40, 39	03, 33, 26	04, 17, 34, 26		+					19, 01, 31	02, 21, 27, 1	02	22, 35, 18, 39	
32	Facilidade de Manufatura		01, 35, 12, 18		24, 02		+	02, 05, 13, 16	35, 01, 11, 9	02, 13, 15	27, 26, 01	6, 28, 11, 01	08, 28, 01	35, 01, 10, 28	
33	Facilidade de operação	17, 27, 08, 40	25, 13, 02, 34	01, 32, 35, 23	02, 25, 28, 39		02, 05, 12	+	12, 26, 01, 32	15, 34, 01, 16	32, 26, 12, 17		01, 34, 12, 3	15, 01, 28	
34	Facilidade de reparo	11, 10, 01, 16	10, 02, 13	25, 10	35, 10, 02, 16		01, 35, 11, 10	01, 12, 26, 15	+	07, 01, 04, 16	35, 01, 13, 11		34, 35, 07, 13	01, 32, 10	
35	Adaptabilidade ou versatilidade	35, 13, 08, 24	35, 05, 01, 10		35, 11, 32, 31		01, 13, 31	15, 34, 01, 16	01, 16, 7, 04	+	15, 29, 37, 28	01	27, 34, 35	35, 28, 06, 37	
36	Complexidade do dispositivo	13, 35, 01	02, 26, 10, 34	26, 24, 32	22, 19, 29, 40	19, 01	27, 26, 01, 13	27, 09, 26, 24	01, 13	29, 15, 28, 37	+	15, 10, 37, 28	15, 01, 24	12, 17, 28	
37	Dificuldade na detecção e/ou medição	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28		22, 19, 29, 28	02, 21	05, 28, 11, 29	02, 05	12, 26	01, 15	15, 10, 37, 28	+	34, 21	35, 18	
38	Amplitude da automação	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23	02, 33	02	01, 26, 13	01, 12, 34, 03	01, 35, 13	27, 04, 01, 35	15, 24, 10	34, 27, 25	+	05, 12, 35, 26	
39	Produtividade	01, 35, 10, 38	01, 10, 34, 28	18, 10, 32, 01	22, 35, 13, 24	35, 22, 18, 39	35, 28, 02, 24	01, 28, 07, 10	01, 32, 10, 25	01, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 02	05, 12, 35, 26	+	