

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA E DE
MATERIAIS**

EMANUELA LIMA SILVEIRA

**INDEXAÇÃO E MAPEAMENTO DE EXEMPLOS PARA AS HEURÍSTICAS
COMPILADAS DA TRIZ**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CURITIBA
2016**

EMANUELA LIMA SILVEIRA

**INDEXAÇÃO E MAPEAMENTO DE EXEMPLOS PARA AS HEURÍSTICAS
COMPILADAS DA TRIZ**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Engenharia Mecânica, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Engenharia de Manufatura.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio de Carvalho

**CURITIBA
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

S587i Silveira, Emanuela Lima
2016 Indexação e mapeamento de exemplos para as
heurísticas compiladas da TRIZ / Emanuela
Lima Silveira.-- 2016.
132 f: il.; 30 cm

Texto em português, com resumo em inglês.
Dissertação (Mestrado) - Universidade
Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais.
Área de Concentração: Engenharia de Manufatura.
Bibliografia: p. 106-113.

1. Engenharia mecânica - Dissertações. 2.
Teoria TRIZ. 3. Heurística. 4. Idéia (Filosofia).
I.Carvalho, Marco Aurélio de. II.Universidade
Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais.
III. Título.

CDD: Ed. 22 -- 620.1

TERMO DE APROVAÇÃO

EMANUELA LIMA SILVEIRA

INDEXAÇÃO E MAPEAMENTO DE EXEMPLOS PARA AS HEURÍSTICAS COMPILADAS DA TRIZ

Esta Dissertação foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia, área de concentração em Manufatura, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais.

Prof. Paulo César Borges, Dr.
Coordenador do Programa

Banca Examinadora

Prof. Marco Aurélio de Carvalho, Dr.
UTFPR - orientador

Prof. Carlos Cziulik, Ph.D.
UTFPR

Prof. Aguinaldo dos Santos, Ph.D.
UFPR

Dedicado à minha família: Meus irmãos e em especial a aos meus pais, Maria e Carlos, pelo exemplo, suporte e amor incondicional.

A Lucas, meu grande amor, que me faz ter certeza a cada dia, que a vida tem muito mais sentido quando compartilhada.

A Deus, o mais perfeito projetista, que se fez presente nos mínimos detalhes, fortalecendo e iluminando os caminhos percorridos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e aos professores do programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais (PPGEM) pela oportunidade e aprendizagem de novos conhecimentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa e fomento à pesquisa realizada.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marco Aurélio de Carvalho, pela troca de experiências e pelo valioso conhecimento compartilhado. O seu elevado conhecimento e especialidade na TRIZ demonstraram o potencial desta metodologia que me despertou curiosidade e encantamento em pesquisá-la, contribuiu e me direcionou para elaboração desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Carlos Cziulik, pela composição da banca e relevante contribuição na elaboração desta pesquisa, compartilhando seus conhecimentos e ideias, inspirando-me profissionalmente e pessoalmente.

Ao Prof. Dr. Alexandre Vieira Pelegrini, convidado externo ao programa, por compor a banca do projeto de dissertação e compartilhar seu conhecimento, de modo pertinente e significativa para elaboração desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Aguinaldo dos Santos, pela atenção e disponibilidade em compor a banca como professor externo a instituição.

Ao especialista em TRIZ Dr. Simon Dewulf, pelos proveitosos exemplos e informações referentes aos Princípios Combinados e outros estudiosos da metodologia TRIZ contatados ao longo da pesquisa que colaboraram com conceitos e ideias.

Ao Prof. Dr. Admilson Teixeira Franco, pela sua disponibilidade, contribuição com explicações, referências e direcionamentos valiosos referentes ao método numérico.

À Profa. Dra. Adriana de Paula Lacerda Santos (PPGEP | UFPR), ao Prof. Dr. Dalton Luiz Razera (PPGDesign | UFPR) e ao Prof. Dr. Jamerson Viegas Queiroz (PPGTE | UTFPR) pelos seus ensinamentos referentes à metodologias, inovação e tecnologia, contribuindo com conteúdo, conhecimentos e ideias para elaboração da pesquisa.

Ao coordenador do PPGEM Prof. Dr. Paulo César Borges pela atenção e pelos direcionamentos durante o período de desenvolvimento da dissertação.

Aos meus colegas de mestrado que de alguma forma contribuíram e somaram ao meu percurso de pesquisa e à construção da dissertação. Em especial a Ana Paula Weigert e Harry Rodrigues Junior pelas experiências compartilhadas.

À bolsista de Iniciação (PIBIC - UTFPR) Sedaminou Floriane Isabelle Kpanou, por dedicação e trabalho conjunto de busca de exemplos, realizado nas heurísticas referentes aos Princípios Combinados.

Manifesto minha sincera gratidão a todos que contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa.

“Longo é o caminho ensinado pela teoria. Curto e eficaz, o do exemplo.”
(Sêneca)

RESUMO

SILVEIRA, Emanuela Lima. **Indexação e Mapeamento de Exemplos para as Heurísticas Compiladas da TRIZ**. 2016. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica, área de concentração: Manufatura) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

A consciência da intensificação da concorrência global e os desafios sociais e ecológicos complexos ampliam a atenção e o interesse em inovação e tecnologia. Neste contexto, exige-se uma constante busca por novas fontes de inspiração, demandando que a geração de ideias e soluções de problemas inventivos sejam cada vez mais eficientes. Uma metodologia reconhecida pela sua eficiência, sistemática e estimula ao pensamento inventivo é a TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving*). A aplicação da TRIZ propõe a utilização de diversas ferramentas e conceitos que incluem princípios inventivos e combinados, padrões e *templates*, denominados neste estudo de heurísticas inventivas. As heurísticas são aplicadas como estratégia cognitiva que levam os projetistas para um espaço de soluções diversas explorando ideias mais criativas e de elevado potencial. No entanto, o número elevado de Heurísticas Inventivas da TRIZ demanda um tempo significativo para serem compreendidas selecionadas e aplicadas, representando um obstáculo para os recém-chegados à TRIZ. A fim de suprir esta lacuna, este estudo tem por objetivo desenvolver um catálogo a partir das heurísticas inventivas de TRIZ, previamente compiladas, exemplificando-as e indexando-as. O método de pesquisa dos exemplos ocorreu por meio de análise funcional e uso de palavras-chaves, com busca em banco de dados online, patentes, revistas, livros, entre outros. A seleção dos exemplos foi focada em situações, processos e produtos reais em que a criatividade ou a grande capacidade competitiva proveniente de inovação foram evidenciadas. A sua descrição ocorreu de modo textual e visual. O índice unificado proposto leva em consideração estudo de autores antecessores, além de funções e atributos de cada heurística. Após estruturação, o Catálogo de Heurísticas foi aplicado em estudos de caso, que evidenciaram a relevância deste na sistematização das heurísticas compiladas, demonstrando o seu potencial no processo de ideação e geração de soluções criativas com potencial inovador.

Palavras-chave: Resolução de Problemas; Ideação; Heurísticas Inventivas; TRIZ.

ABSTRACT

SILVEIRA, E.L. **Inventive Heuristics of TRIZ: Index and Mapping of Examples for Inventive Problem Solving and Generation of Creative Ideas.** 2016. 131f. Dissertation. (Mestrado em Engenharia Mecânica, área de concentração: Manufatura) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais. The Federal University of Technology – Paraná. Curitiba, 2016.

Awareness of the intensifying global competition and complex social and ecological challenges increased the attention and interest in innovation and technology. In this context, it is required a constant search for new sources of inspiration, demanding generation of increasingly efficient ideas and inventive problem solving. A methodology recognized for its efficiency, systematic and stimulating inventive thinking is the TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving). This methodology proposes the use of several tools and concepts, including, inventive and combined principles, standard solutions and templates, referred as inventive heuristics in this study. Heuristics are applied as cognitive strategy that leads designers to a place of diverse solutions, exploring more creative and high-potential ideas. However, the high quantity of Inventive Heuristics of TRIZ demands significant time to be understood, selected and applied, representing an obstacle for newcomers to TRIZ. In order to fill this gap, this study aims to develop a catalog, based on the Inventive Heuristics of TRIZ previously compiled, exemplifying and indexing them. The research method of examples occurred through functional analysis and generation of keywords, surveyed by means of online database, patents, journals, books, and more. The selection of examples was focused on cases, processes and real products where creativity and great competitiveness from innovation were evidenced. The proposed unified index takes into account the study from previous authors, as well as functions and attributes of each heuristic. The study provided a more didactic view of heuristics and the mapping of examples in order to make a more practical application, improving the process of transfer of ideas to generate creative solutions with great innovative potential.

Keywords: Problem solving, Ideation, Inventive Heuristics, TRIZ.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Problema e Oportunidade de Pesquisa.....	19
Figura 2 - Objeto de Estudo da Dissertação	24
Figura 3 - Abordagem Tradicional da Criatividade e TRIZ.....	26
Figura 4 - Classificação dos Métodos de Geração de Ideias Criativas.....	27
Figura 5 - Método Synectics (Gordon, 1961 e Prince, 1972).....	29
Figura 6 - Visão hierárquica da TRIZ	34
Figura 7 - Resultados Final Ideal (RFI) estratégia e exemplo.....	35
Figura 8 - Exemplo de Imagem do Operador de Sistema para o “Projeto de Caneta”	37
Figura 9 - Processo de formulação do Problema e Solução do Problema.....	39
Figura 10 - Formulário da Ferramenta “Explorador de Problemas”	40
Figura 11 - Compilação de Heurísticas proposto por Tessari e De Carvalho (2015).....	44
Figura 12 - Aplicação da Matriz de Contradição Clássica	45
Figura 13 - Lista dos 40 Princípios Inventivos.....	46
Figura 14 - Influência do tipo de Problemas, exemplo de índice 1	47
Figura 15 - Exemplo de índice 2 – Princípios Crescente, Decrescente e Neutros	49
Figura 16 - Estratégias para Solução de Contradições Físicas	50
Figura 17 - Misturador de aço fundido	51
Figura 18 - Modelo gráfico do problema (Modelo Substância-Campo)	52
Figura 19 - Interações entre as Substâncias e Campos.....	52
Figura 20 - Comparação entre os 121 Heurísticas e os Princípios Inventivos	55
Figura 21 - Exemplo ilustrado da heurística “Inversão”	62
Figura 22 - Exemplo da heurística Segmentação	62
Figura 23 - Exemplo da heurística Segmentação “b. Seccionar um objeto”.....	63
Figura 24 - Exemplos de Cartão “Projeto Heurístico”	64
Figura 25 - Fases da pesquisa (Visão Geral)	67
Figura 26 - Detalhamento ‘Fase 3’	68
Figura 27 - Detalhamento ‘Fase 4’	69
Figura 28 - Estrutura das Heurísticas e Exemplos.....	73
Figura 29- Demonstração de Heurística e exemplos direcionados no processo de pesquisa. ..	74
Figura 30 - Classes Índice Unificado	76
Figura 31 - Exemplo Heurística 28.....	83
Figura 32 - Fluxograma de Uso.....	84

Figura 33 - Imagens de parte da estrutura do Catálogo de Heurísticas	86
Figura 34 - Fabricação de garrafas de chocolate com licor	88
Figura 35- Passo 1: Definição do Problema “Fabricação de Chocolate com Licor”	89
Figura 36 - Passo 2: Pesquisa de solução e Definição da Classe	89
Figura 37 - Passo 3: Particularização das Heurísticas	90
Figura 38- Heurística 13 - Inversão (Catálogo de Heurísticas)	91
Figura 39- Heurística 24 - Intermediação (Catálogo de Heurísticas)	91
Figura 40- Heurística “35 - Mudança de Parâmetro e Propriedades”	92
Figura 41- Heurística 46 - Selecionar de modo máximo ou mínimo	92
Figura 42 - “Cotovelo do tubo - Jateamento de aço” / Solução TRIZ.....	93
Figura 43 “Modelo Substância-Campo (Padrões Inventivos)	94
Figura 44 - Passo 1: Definição do Problema “Tubo de Jateamento de Aço”	95
Figura 45 - Passo 2: Pesquisa de solução e Definição da Classe	95
Figura 46 - Passo 3: Particularização das Heurísticas	96
Figura 47 - Heurística 48 – Modificar uma Substância Existente	96
Figura 48 - Heurística 48 – Modificar uma Substância Existente	97
Figura 49- Heurística 56 - Usar aditivos magnéticos	97
Figura 50 - Navio "Quebra-Gelo "	99
Figura 51- Passo 1: Definição do Problema “Navio-Quebra-Gelo”	100
Figura 52- Passo 2: Pesquisa de solução e Definição da Classe	100
Figura 53- Passo 3: Particularização das Heurísticas	101
Figura 54 - Heurística 2 – Remoção	101
Figura 55 - Aninhamento.....	102
Figura 56 - Heurística 17 - Outra Dimensão	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Comparação entre os Índices Existentes.	60
Quadro 2 - Número de Heurísticas Compiladas em cada grupo sem repetições.....	80
Quadro 3 - Distribuição das Heurísticas Compiladas em cada classe (com repetições)	82

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição de Heurísticas dentro das Classes.....	82
Gráfico 2 - Percentual de classificação de cada heurísticas	82

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

TRIZ “Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch”

Teoria da Solução Inventiva de Problemas

ASIT “Advanced Structured Inventive Thought”

USIT “Unified Structured Inventive Process”

SIT “Structured Inventive Thought”

GTI “General Theory of Innovation”

ABREVIATURAS

PIs – Princípios Inventivos

121 H – “121 Heurísticas”

PC – Princípios Combinados

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 CONTEXTO	17
1.2 PROBLEMA	18
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	20
1.3.1 Objetivo Geral.....	20
1.3.2 Objetivos Específicos.....	20
1.4 JUSTIFICATIVA	20
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	24
2.1 A CRIATIVIDADE	25
2.2 MÉTODOS PARA GERAÇÃO DE IDEIAS CRIATIVAS	26
2.2.1 Métodos Intuitivos	27
2.2.1.1 Método <i>Synectics</i>	28
2.2.2 Métodos Sistemáticos	30
2.2.2.1 Analogia Sistemática	30
2.2.2.2 Método de Análise e Síntese Funcional.....	31
2.3 A TRIZ	33
2.3.1 Conceitos Fundamentais da TRIZ.....	34
2.3.2 Tendências da Evolução (TEs).....	38
2.3.3 Estratégia da TRIZ	39
2.3.4 Ferramenta de Exploração da Hierarquia do Problema	39
2.4 HEURÍSTICAS INVENTIVAS DA TRIZ	41
2.4.1 Definição das Heurísticas.....	41
2.4.2 Estudos Similares aos realizados por Tessari e De Carvalho (2015).....	41
2.4.3 Compilação de Heurísticas, Tessari e De Carvalho (2015)	42
2.5 ANÁLISE DOS GRUPOS DE HEURÍSTICAS INVENTIVAS COMPILADAS.....	45

2.5.1 O Método dos Princípios Inventivos (MPI).....	45
2.5.1.1 Exemplos de Índices direcionadores de Princípios Inventivos (PIs).....	47
2.5.2 Padrões Inventivos	51
2.5.2.1 Índices Propostos para os Padrões Inventivos	53
2.5.3 121 Heurísticas.....	54
2.5.4 Seis Princípios de Savransky	55
2.5.5 Princípios Combinados	57
2.5.6 Templates	58
2.5.7 Discussões referentes à seção 2.5.....	59
2.6 A IMPORTÂNCIA DOS EXEMPLOS PARA AS HEURÍSTICAS	61
2.6.1 Exemplos em Estudos Similares à Proposta da Dissertação	63
2.7 Considerações da Fundamentação Teórica	64
3 MÉTODO DE PESQUISA.....	66
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	66
3.2 ETAPAS DA PESQUISA	67
4 RESULTADOS	71
4.1 Método de Pesquisa e Seleção de Exemplos para as Heurísticas Compiladas	71
4.2 Concepção do índice unificado que englobe as Heurísticas Compiladas.....	75
4.2.1 Descrição do Índice Unificado.....	76
4.2.2 Direcionamento das Heurísticas compiladas para cada classe.....	80
4.3 Diretrizes de uso para o Catálogo de Heurísticas	84
5 ESTUDO DE CASOS	87
5.1 Primeiro Estudo de Caso “Produção de bombons com licor”	87
5.2 Aplicação do Catálogo de Heurística “Produção de bombons com licor ”	88
5.3 Segundo Estudo de Caso “Tubo para Jateamento de Granalha”	93
5.3.1 Aplicação do Catálogo de Heurística “Tubo para Jateamento de Granalha”	94
5.3.2 Terceiro Estudo de Caso “Navio Quebra-Gelo”	98
5.3.3 Aplicação do Catálogo de Heurística “Navio Quebra-Gelo”	99

5.3.4 Discussões	102
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	105
6.1 Considerações Finais	105
6.2 Estudos futuros	106
6.3 Lição Aprendida	107
REFERÊNCIAS	108
GLOSSÁRIO	116
APÊNDICE A DIRETRIZES DE USO	118
ANEXO A 263 HEURÍSTICAS	119

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

A consciência da intensificação da concorrência global e os desafios sociais e ecológicos complexos, ampliam a atenção e o interesse mundial em inovação e tecnologia (YILMAZ, 2010; HOLDREN *et al.*, 2012; CHEN; CHEN, 2014; NGO, 2014). Exige-se, deste modo, uma constante busca por novas fontes de inspiração, demandando que a fase de ideação no processo de projeto de produtos, serviços e soluções de problemas inventivos sejam cada vez mais eficientes.

Neste contexto, na busca por desenvolver projetos diferenciados, uma metodologia heurística reconhecida por sua eficiência e sistemática é a TRIZ, acrônimo para a frase russa "Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch", a "Teoria da Solução Inventiva de Problemas", desenvolvida na antiga União Soviética por esforços de Genrich Altshuller em 1946 para compreender o processo de inovação e invenção (ILEVBARE; PROBERT; PHAAL, 2013).

Rousselot, Merk e Cavallucci (2012), ressaltam que o objetivo central da TRIZ é desenvolver o pensamento inventivo e, para isto, esta metodologia possui uma estruturação lógica e sistemática baseada nos métodos heurísticos. A TRIZ proporciona assim repetitividade, previsibilidade e confiabilidade no tratamento das soluções de um problema. Diferencia-se, então, dos métodos intuitivos, estes os quais são ainda muito utilizados no processo de ideação na indústria e na pesquisa científica mas, que embora tenham sua utilidade, levam muitas vezes a resultados imprevisíveis ou que não podem ser repetidos (BARRY; DOMB; SLOCUM, 2006).

De acordo com Ilevbare, Probert e Phaal (2013), a metodologia TRIZ vem se expandindo sendo aplicada em diversas Universidades em mais de 35 países, além de um número crescente de empresas e organizações globais, como General Electric, Procter & Gamble, Intel, Samsung, entre outras, que encontram na TRIZ um método útil para estimular o desenvolvimento de produtos inovadores de forma sistemática (SOUCHKOV, 2008).

Para De Carvalho (2003), a TRIZ configura-se como a abstração, compilação e organização das melhores formas de resolver problemas por meio de estratégias e princípios. Inicialmente sua aplicação ocorreu na engenharia antiga, envolvendo soluções da mecânica, elétrica, química e civil, expandindo-se atualmente em diversas áreas do conhecimento, relacionadas a publicidade, artes, pedagogia, administração, entre outras.

A aplicação da TRIZ propõe a utilização de diversas ferramentas e conceitos que incluem os princípios inventivos e combinados, padrões e templates, que podem ser denominados, de modo geral, como heurísticas inventivas. Estas são utilizadas como estratégia cognitiva para auxiliar no processo de descoberta de novos projetos e soluções potenciais para problemas inventivos proporcionando “atalhos” cognitivos. As heurísticas podem ser definidas como estratégias cognitivas aplicadas a problemas de projetos que levam os projetistas para um espaço de soluções diversas, não exploradas, gerando ideias mais criativas e de elevado potencial (YILMAZ, 2010).

No entanto, o principal objetivo das heurísticas não é apenas gerar diversas soluções por pura tentativa e erro ou *brainstorming*. Na verdade, elas funcionam como dispositivos que contribuem para reduzir o número médio de soluções a serem buscadas, ajudando na descoberta de um caminho para a resposta de problemas complexos (CHU *et al.*, 2010) e chamando atenção para os aspectos mais relevantes do problema (RENKL, HILBERT, SCHWORM, 2009).

1.2 PROBLEMA

Tessari e De Carvalho (2015) ressaltam que, mesmo as heurísticas inventivas da TRIZ sendo utilizadas como ferramentas para solução de problemas, estas devido ao seu elevado número, aproximadamente 470, demandam um tempo significativo para serem compreendidas, selecionadas e aplicadas. Este número relativamente grande representa um obstáculo para os recém-chegados à TRIZ. Deste modo, a necessidade de avaliar as heurísticas, adequando-as à resolução de problemas de modo que não sejam repetitivas (numerosas, prejudicando a aplicabilidade) e nem sejam muito genéricas (alternativas superficiais e de baixo potencial), se torna evidente.

Com o objetivo de suprir esta lacuna, Tessari e De Carvalho (2015) realizaram um processo de compilação das heurísticas obtendo ao final uma redução significativa em seu número, sendo que de 469 heurísticas analisadas, permaneceram 263. Todavia, os autores reconhecem a necessidade de estudos futuros que atendam aspectos não apenas de compilação mas de exemplificação e indexação, a fim de facilitar a aplicação das heurísticas em resoluções de problemas e ideação de novos produtos.

Ilevbare, Probert e Phaal (2013) obtiveram, após estudo prático junto a projetistas, sugestões de melhorias e dificuldades encontradas na aplicação dos métodos da TRIZ. Estas

são: i. Redução da complexidade para iniciantes, no entanto, não demasiada para não distorcer princípios da metodologia; ii. busca por maneiras de ensinar a TRIZ de modo mais didático para pessoas que não sejam de áreas técnicas; iii. ultrapassar a barreira da língua (dialeto russo) que muitos dos livros da TRIZ foram escritos, aplicando os princípios da TRIZ de modo mais visual, reduzindo as barreiras de aprendizagem típicas criadas pela linguagem; iv. melhor cooperação entre usuários iniciantes e experientes de TRIZ para facilitar a aprendizagem; v. o aumento da consciência de como a TRIZ foi aplicada e a sua utilidade.

Outro problema ressaltado por Mak e Shu (2004) refere-se à capacidade dos projetistas iniciantes aplicarem estratégias análogas. Os autores descobriram que estes tendem a desenvolver conceitos de projeto não-análogos pois, muitas vezes, não conseguem identificar as estratégias mais abstratas. Estudos realizados por Helms, Vattam e Goel (2010) também confirmam que, por vezes, os projetistas apresentam dificuldade em reconhecer semelhanças estruturais entre descrições de texto e problemas de projeto e, assim, deixam de aplicar tais informações de forma análoga.

Após levantamento destes problemas e oportunidades de pesquisa, elaborou-se a figura 1 que destaca os problemas e oportunidades de pesquisa, consideradas essenciais.



Figura 1 - Problema e Oportunidade de Pesquisa
Fonte: Autoria própria (2015).

A partir de tal discussão, identifica-se como problema principal deste estudo o elevado número de Heurísticas Inventivas da TRIZ e a falta de exemplos indexados que tornem a sua aplicação mais prática e eficiente. Pretende-se, assim, desenvolver um catálogo que apresente as heurísticas compiladas, indexadas e exemplificadas, com referências textuais e visuais, a fim de facilitar a compreensão da linguagem e aplicação do método heurístico pelos projetistas iniciantes na TRIZ.

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo principal do estudo é desenvolver um catálogo a partir das heurísticas inventivas de TRIZ, previamente compiladas por Tessari e De Carvalho (2015), indexando-as e exemplificando-as. Pretende-se assim contribuir com a aplicação das heurísticas, desenvolvendo-se um modelo mais didático com descrições textuais e visuais para os exemplos, a fim de tornar a compreensão e aplicação mais eficiente por projetistas iniciantes na TRIZ.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para atingir esse objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- a) Analisar o referencial teórico de metodologias de ideação de produtos e solução de problemas inventivos, além de conceitos e ferramentas da TRIZ;
- b) Analisar as heurísticas inventivas da TRIZ, já previamente compiladas por Tessari e De Carvalho (2015);
- c) Organizar as heurísticas inventivas em índice para aplicação;
- d) Mapear e direcionar exemplos para as heurísticas inventivas indexadas;
- e) Propor um catálogo que auxilie a solução criativa de problemas, composto de estruturas textuais e visuais.

1.4 JUSTIFICATIVA

De acordo com Pahl e Betz (2013, p.91), o projeto de catálogos deve apresentar compilações reconhecidas e comprovadas para desenvolver soluções, fornecendo acesso mais rápido e orientado ao conteúdo. Além disso, os catálogos contêm diferentes tipos de soluções e níveis distintos para sua utilização, que podem ser úteis em diversas situações.

Desse modo, a fim de facilitar o acesso do projetista às 263 Heurísticas compiladas, optou-se pelo desenvolvimento de um catálogo que organizasse as diferentes heurísticas em classes. O catálogo possibilita acoplar as informações de cada heurística e exemplos de uma forma sistemática, permitindo gerar uma lista de heurísticas que posteriormente podem ser facilmente reorganizadas. Ou seja, se necessário, as informações do catálogo podem gerar um

banco de dados digital ou ainda serem transformadas mais facilmente em cartões, jogos, entre outros materiais impressos ou digitais. Deste modo o desenvolvimento de um catálogo se justifica por este possibilitar a padronização e o ordenamento dos elementos, a fim de facilitar a comunicação, a disseminação de informações e a transferência de conhecimento entre diferentes domínios.

A metodologia TRIZ promove a inovação sistemática e a procura por novas soluções para os problemas existentes. Rantanen e Domb (2008) afirmam que a TRIZ possibilita a geração de ideias melhores, de modo mais rápido, resolvendo problemas de forma eficaz e com melhorias contínuas. Sendo assim, o uso da TRIZ é uma excelente maneira de empresas que buscam por inovação marcarem suas posições no mercado e se diferenciarem das demais (MARQUES, 2014).

Uma vez que existem diferentes tipos de ferramentas de resolução de problemas, a escolha mais adequada para o processo de idealização pode interferir no resultado desejado. De acordo com o estudo promovido por Tessari e De Carvalho (2015) os métodos heurísticos tendem a ser mais eficazes em processos de ideação de novos produtos.

De Carvalho (2008, p.151), com base em experimentos realizados, afirma ainda que as ferramentas da TRIZ utilizadas no processo de ideação demonstram conduzir a um maior percentual de ideias criativas.

Pahl *et al.* (2005, p.59) destacam que a analogia dos sistemas técnicos existentes faz parte dos principais meios auxiliares com os quais é possível chegar a soluções e variantes aperfeiçoadas. Reconhece-se assim a função fundamental dos exemplos no entendimento das heurísticas, pois estes fornecem analogias demonstrando soluções já aplicadas que obtiveram retorno positivo na resolução de diversos problemas. Os autores ressaltam, no entanto, que mesmo que a analogia ao sistema técnico seja particularmente útil quando se trata de encontrar pontos de partidas para soluções, corre-se o risco de ficar preso a soluções existentes e não enveredar por novos caminhos.

Ressalta-se ainda, de acordo com Epstein *et al.* (2013), que uma das competências principais para treinamento e geração de ideias criativas relaciona-se ao conhecimento e habilidades adquiridos deliberadamente fora das áreas de atuação específica do projetista.

Deste modo, justifica-se a exploração das características universais da TRIZ e suas heurísticas, mapeando exemplos de diferentes áreas como, química, física, biologia, medicina, a fim de estimular a geração de novas alternativas de produtos e soluções inventivas de modo

mais criativo e diferenciado por meio das analogias inspirando os projetistas a explorarem novas direções.

Para Kwon, Lee e Kim (2015), as habilidades criativas dos projetistas relacionam-se também com a sua capacidade de geração de pensamentos análogos provenientes de bases de conhecimento, pensamentos laterais, mentalidade flexível, imaginação estruturada, entre outros. Portanto, a capacidade de um indivíduo transferir ideias de um assunto particular a outro (raciocínio analógico) é considerado como uma das características mais importantes no desenvolvimento de projetos criativos, auxiliando para a resolução de problemas mal definidos, complexos ou situações desconhecidas.

Seguindo tal direcionamento, as heurísticas inventivas devidamente exemplificadas além de se tornarem mais acessíveis e de fácil compreensão, estimulam a geração de analogias para resolução de problemas. O processo de geração de soluções torna-se assim mais eficiente, através do compartilhamento de experiências anteriores que orientam na resolução de novos problemas de modo mais criativo, elevando o potencial de inovação (DE CARVALHO; WEI; SAVRANSKY, 2003. p.15).

Petrov (2002) destaca ainda que a TRIZ possui diversos pontos que justificam a sua utilização para ideação e resolução de problemas, como: i. a capacidade de identificar a essência do problema; ii. aprender a encontrar maneiras de afastar-se de soluções tradicionais; iii. a capacidade de pensar logicamente de forma sistemática; iv. aumentar significativamente a eficácia do trabalho criativo; v. olhar para as coisas e fenômenos de uma nova maneira; vi. seleção de áreas promissoras de desenvolvimento tecnológico e reduzir os custos de desenvolvimento e produção; vii. impulsionar o processo de inovação; viii. ampliar horizontes.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi estruturado em sete partes principais: Introdução, Fundamentação, Materiais e Métodos, Resultados contendo o Modelo Proposto, Análise, Conclusões e Referências.

O Capítulo 1 apresenta a introdução ao contexto do estudo, destacando-se os problemas a serem solucionados, objetivos que se deseja atingir e as justificativas para a elaboração da seguinte dissertação.

O Capítulo 2 refere-se à fundamentação teórica, abordando-se conceitos e princípios relacionados à criatividade e aos métodos de geração de ideias criativas, como: Método Intuitivo (Synectics), Método Sistemático (Analogia Sistemática e Método de Análise e Síntese Funcional) e Método Heurístico (TRIZ). Neste capítulo são detalhados conceitos, estratégias, ferramentas de exploração do problema e ideação da TRIZ, com destaque para as Heurísticas Inventivas e o estudo de compilação realizado por Tessari e De Carvalho.

Na seção referente às Heurísticas Inventivas, dentro do capítulo 2, detalham-se os diferentes grupos das Heurísticas compiladas por Tessari e De Carvalho, que incluem: Método dos Princípios Inventivos (MPI), Padrões Inventivos, 121 Heurísticas, Seis Princípios, Princípios Combinados e *Templates*. Cada grupo tem o seu conceito e método descrito, destacando-se a existência de índices e a importância dos exemplos para o entendimento das heurísticas. A seção tem o fechamento com a caracterização da oportunidade.

O Capítulo 3 expõe os Materiais e Métodos utilizados apresentando a caracterização e as etapas da pesquisa.

O Capítulo 4 apresenta o processo utilizado para atingir o resultado, descrevendo as etapas para elaboração do Catálogo de Heurísticas, os métodos de pesquisa utilizados para seleção dos exemplos e a análise da fundamentação teórica realizada para a concepção do índice das heurísticas.

O Capítulo 5 demonstra a aplicação do Catálogo de Heurísticas por meio de estudo de casos de problemas clássicos da TRIZ. Sendo comparados os resultados anteriores, com os obtidos com a aplicação do novo modelo de Catálogo de Heurísticas.

O Capítulo 6 descreve as conclusões e recomendações que destacam se os objetivos da pesquisa foram atingidos com considerações a respeito da necessidade de estudos futuros.

Por fim, apresentam-se as seções de referencial bibliográfico, glossário, anexos e apêndices utilizados no desenvolvimento desta dissertação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo de fundamentação teórica são abordados os assuntos direcionados ao embasamento desta dissertação. A interpolação dos conteúdos, proposta na figura 2, destaca de modo geral, aspectos considerados importantes para fomentar o processo de inovação referente à criatividade, métodos para ideação e resolução de problemas, incluindo a metodologia da TRIZ, e aspectos vinculados especificamente às Heurísticas Inventivas e seus exemplos.



Figura 2 - Objeto de Estudo da Dissertação
Fonte: A autora (2015).

A abordagem considera que para alcançar a inovação, o estímulo à criatividade com a aplicação de métodos e metodologias como a TRIZ, suas heurísticas e exemplos são de grande relevância. Deste modo, os aspectos que serão abordados a fim de atingir o objeto de estudo, são:

- a. **Criatividade:** definição e descrição da relevância da criatividade para a inovação, comparativo com aspectos da TRIZ;
- b. **Métodos para Geração de Ideias Criativas:** sistematização e classificação de alguns métodos utilizados para o processo de idealização, e resolução de problemas;
- c. **Teoria da Solução Inventiva de Problemas (TRIZ):** descrição de conceitos e ferramentas da TRIZ;
- d. **Heurísticas Inventivas da TRIZ:** definição e aplicabilidade das Heurísticas, com destaque para o estudo realizado por Tessari e De Carvalho (2015);
- e. **Exemplos:** destaca-se a importância dos exemplos para o entendimento das heurísticas e geração de analogias. Os exemplos não se encontram apenas dentro das Heurísticas

Inventivas da TRIZ, mas englobam de um modo amplo o universo criativo e de inovações.

2.1 A CRIATIVIDADE

Pode-se considerar que a criatividade é a antecessora da inovação porque "toda inovação começa com ideias criativas" (DUL e CEYLAN, 2014).

“A criatividade se refere à inventividade e à engenhosidade dos indivíduos na resolução de problemas ligados à vida e às atividades humanas. Por ser um processo natural, regido por leis e fenômenos imprevisíveis, não pode ser ensinada. No entanto, existem aspectos inerentes à mesma que podem ser treinados para conduzir às ideias ou soluções originais.” (GOMES FILHO 2006, p.3)

Back *et al.* (2008, p.236) elucidam que criatividade é a habilidade de ter ideias novas e úteis para resolver um problema proposto ou para sugerir soluções para a concepção de um produto. De acordo com os autores, os produtos, processos, soluções e ideias criativas devem possuir as seguintes qualidades: Apresentar novidade, ser única, ser útil ou apreciada, e simples.

Yilmaz (2010) ressalta três abordagens estratégicas para geração de ideias criativas:

- a) Criatividade Combinatória, em que novas ideias surgem da combinação incomum ou associação de ideias familiares;
- b) Criatividade Exploratória, que consiste na aplicação de procedimentos de busca dentro de um espaço conceitual definido, e;
- c) Criatividade Transformacional, onde os modelos são baseados em técnicas evolutivas e incluem procedimentos para a modificação de soluções de partes definidas.

As abordagens e estratégias propostas ampliam o processo criativo e são fundamentais para auxiliar no desenvolvimento de ideias e conceitos de maior potencial inventivo.

Mann (2002, p.31) ressalta que grande parte das ferramentas voltadas à criatividade é construída sobre a crença de que uma proporção muito pequena da capacidade cerebral é utilizada. Portanto, a principal tarefa das ferramentas de criatividade seria auxiliar de modo mais eficaz no desbloqueio e na extração de todas as grandes ideias. Por outro lado, o autor ressalta que uma das descobertas chave da pesquisa por trás da TRIZ é que "alguém, em algum lugar já resolveu um problema similar ao meu".

Por exemplo, um grupo de projetistas que aplique as melhores ferramentas de criatividade para gerar ideias conseguirá sugerir muitas formas de se chegar a uma solução. Porém, nenhuma delas será capaz de evocar ideias que estejam fora do conhecimento dos participantes. O acesso a uma base de conhecimentos da TRIZ, por outro lado, iria permitir que o grupo tivesse acesso a boas soluções já propostas por outros projetistas. Esta abordagem externa, voltada ao conhecimento global, é uma vantagem definitiva que a TRIZ tem sobre determinadas ferramentas de abordagem interna voltada à criatividade (MANN, 2002, p.32).

No entanto, deve-se ressaltar que não quer dizer que esta perspectiva externa seja melhor ou que exista necessidade de se escolher entre as estratégias de criatividade interna e externa, mas, que a combinação dos pontos fortes de ambas as abordagens, pode auxiliar na definição e solução dos problemas de modo mais eficaz aumentando o potencial das alternativas (Figura 3).

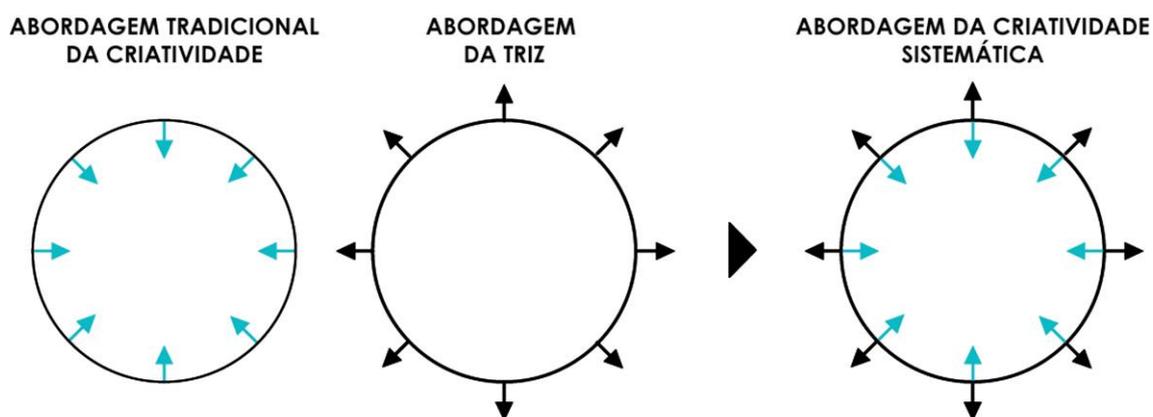


Figura 3 - Abordagem Tradicional da Criatividade e TRIZ
Fonte: Adaptado de Mann (2002, p.32).

Nesta dissertação ressaltam-se assim além dos métodos heurísticos que incluem a TRIZ, alguns métodos intuitivos e sistemáticos considerados relevantes para construção do pensamento criativo interno e externo.

2.2 MÉTODOS PARA GERAÇÃO DE IDEIAS CRIATIVAS

Existem vários métodos de projeto que se destinam a ajudar e estimular o pensamento criativo. Em geral, eles tentam aumentar o fluxo de ideias removendo os bloqueios mentais que inibem a criatividade ou expandindo a área em que é feita uma busca de soluções (CROSS, 2008, p.48).

Os métodos de ideação apresentados neste trabalho seguem a abordagem de De Carvalho (2008) que apresenta as seguintes classificações metodológicas: Métodos Intuitivos, Sistemáticos e Heurísticos (Figura 4).

Métodos Intuitivos	Métodos Sistemáticos	Métodos Heurísticos
<i>Brainstorming</i> ; Questionário e <i>Checklists</i> ; 635, <i>Lateral Thinking</i> ; <i>Synectics</i> ; Galeria;	Busca direta; Análise de Valor; Método Morfológico; Análise e Síntese Funcional ; Analogia Sistemáticas ;	Algoritmos; Programas; Grande parte dos Métodos da TRIZ ;

Figura 4 - Classificação dos Métodos de Geração de Ideias Criativas

Fonte: Adaptado de De Carvalho (2008).

Os métodos intuitivos para a solução criativa de problemas estão entre os primeiros que foram formalizados e possuem um escopo mais genérico. Desta forma, não são voltados especificamente para o desenvolvimento de produtos, mas são aplicados também em outras áreas. Os métodos sistemáticos possuem uma estrutura considerada mais adequada para a solução de problemas complexos, facilitando a divisão do trabalho e a rastreabilidade do processo criativo. A última categoria, de método heurístico, contém os métodos baseados em regras e padrões do processo criativo. Tais métodos procuram fazer uso de múltiplas regras, bases de conhecimento e de sistemas computacionais (DE CARVALHO, 2008).

No entanto, é importante ressaltar que existem sobreposições entre as classificações de métodos propostos, uma vez que há métodos intuitivos que incluem heurísticas para aumentar a probabilidade de encontrar soluções criativas. Assim como há métodos sistemáticos que utilizam métodos heurísticos e intuitivos. Portanto, não se busca que a classificação proposta seja definitiva. Pretende-se descrever métodos e ferramentas de uma maneira ordenada que contribuam com o escopo desta pesquisa.

Nas seções 2.2.1 e 2.2.2 são descritos, respectivamente, os métodos intuitivos e sistemáticos. O método heurístico da TRIZ recebe destaque sendo abordado na seção 2.3.

2.2.1 Métodos Intuitivos

De acordo com De Carvalho (2008), os métodos intuitivos são baseados, principalmente, nos estudos psicológicos da criatividade e em tentativa e erro para buscar soluções criativas.

Dentre os métodos intuitivos apresentados na figura 4 destaca-se nesta dissertação o método *Synectics*. De acordo com Herstatt e Kalogerakis (2005), o método *Synectics*

possibilita a geração de ideias criativas de produtos com base em analogias por meio de um processo formalizado. Desta forma, acredita-se que seus conceitos e processos, podem contribuir com a pesquisa.

2.2.1.1 Método *Synectics*

Synectics é uma técnica criativa originalmente desenvolvida por William Gordon (1961). O termo inglês *synectics* (no português - sinética) é usado para expressar a resolução de problemas com base no pensamento criativo. Pahl *et al.* (2005, p.63) ressalta que a palavra sinética é um neologismo derivado do grego “*synergía*” e significa reunião de conceitos diferentes, aparentemente independentes entre si. Ou ainda de acordo com Houaiss, Villar e Franco (2009), *sinergia* é entendido como um ato coordenado de vários órgãos na realização de uma função, ou uma associação de vários fatores que contribuem para uma ação coordenada ou simultânea.

De acordo com Back *et al.* (2008 p. 259), o método proposto nada mais é do que o uso coordenado de analogias para a solução de problemas. Para Pahl *et al.* (2005, p.63) em seu procedimento, o método é mais estruturado do que a coleta arbitrária de ideias do *brainstorming*.

Back *et al.* (2008. p. 258), no decorrer da aplicação do método *synectics*, propõem três classificações de analogias: analogia direta, simbólica e pessoal.

A analogia direta refere-se à utilização de fontes análogas da natureza, da técnica, ou outros campos de conhecimento para encontrar soluções.

A analogia simbólica, também conhecida sob o nome de palavra-chave, propõe inicialmente a procura por um verbo que possua a declaração condensada do problema. Em seguida deve-se substituir a palavra ou declaração por sinônimos ou alternativas que tenham alguma relação com a original. Este procedimento permite analisar o problema sob outro ponto de vista e dispara novas soluções ou aplicações (BACK *et al.*, 2008, p.258).

A analogia pessoal, ou empatia, termo normalmente usado na psicologia, expressa o comportamento de deslocar-se para a situação e as circunstâncias experimentadas por outra pessoa. Em outras palavras: colocar-se no lugar de uma peça, mecanismo ou operação e analisar como se comportaria. Essa identificação pessoal com o elemento libera o indivíduo para encontrar soluções novas ou alternativas.

O fluxograma que demonstra a sequência de aplicação do método *Synectics* é apresentado na figura 5.

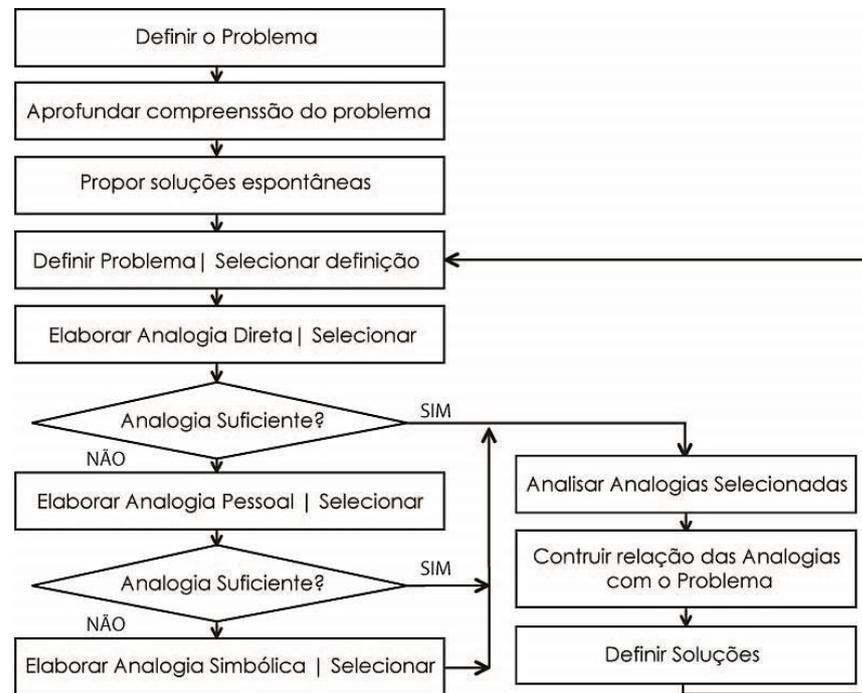


Figura 5 - Método Synectics (Gordon, 1961 e Prince, 1972)
Fonte: Adaptado de De Carvalho (2008).

De acordo com Herstatt e Kalogerakis (2005) os dois primeiros passos são dedicados à compreensão do problema pelo grupo, o estranho deve tornar-se familiar - o problema é definido e analisado. No terceiro passo, procura-se gerar, espontaneamente, soluções preliminares para o problema, cuja finalidade principal é aprofundar a compreensão sobre o problema. No quarto passo, definições alternativas para o problema ou subproblemas são produzidas e uma delas é escolhida para ser utilizada.

Os três passos seguintes sugerem a geração e seleção de analogias – diretas, simbólicas e pessoais para o problema. De acordo com VanGundy (1988), os organismos biológicos fornecem uma rica fonte de analogias diretas para problemas técnicos.

As analogias escolhidas então são analisadas quanto às suas características, atributos e funções. Em seguida, buscam-se novas associações entre conceitos e outras implicações das analogias de forma a relacioná-las com o problema original e, a partir daí, gerar soluções para o mesmo (GORDON, 1961). Se não forem encontradas soluções satisfatórias pode-se retornar à quarta etapa trabalhando com outra definição para o problema.

De acordo com Pahl *et al.* (2005, p.63), neste método o coordenador do grupo tem uma tarefa adicional: baseado nas analogias manifestadas ele deve tentar levar adiante o fluxo de ideias. É sugerido que uma das diretrizes de aplicação do método seja compor um grupo multidisciplinar de quatro a sete pessoas no máximo, a fim de evitar a dispersão dos processos mentais.

O foco em tal método intuitivo nesta pesquisa deve-se porque, de acordo com experiências relatadas por Altshuller (2003), apesar deste exigir um maior esforço dos participantes, este é o método intuitivo mais eficaz em fornecer a produção de ideias originais e úteis (DE CARVALHO, 2008).

2.2.2 Métodos Sistemáticos

Os métodos sistemáticos são estruturados em etapas a fim de elevar a probabilidade de se chegar a soluções adequadas. Pode-se dizer que estes métodos são direcionados à solução de problemas complexos, subdividindo o problema complexo em problemas mais simples. Dentre os métodos sistemáticos, são descritos a seguir o método de analogia sistemática e o método de análise e síntese funcional.

Estes dois métodos possibilitam o aprofundamento em questões de analogia e funcionalidade, conceitos considerados relevantes para esta dissertação.

2.2.2.1 Analogia Sistemática

De acordo com Linde e Hill (1993, *apud* DE CARVALHO, 2008), o processo sistemático para a geração de analogias pode ser composto das seguintes fases:

- a. Definição do problema;
- b. Abstração das características mais relevantes do problema;
- c. Transferência das características do problema para possíveis áreas de analogia;
- d. Comparação entre as características do problema com características da área de analogia;
- e. Transferência e ajuste das características consideradas mais úteis ao problema, obtendo-se soluções básicas.

De acordo com Pahl *et al.* (2005, p.59), com as analogias procura-se identificar características funcionais ou estruturais originárias de diversas áreas e traduzi-las para a geração de novas soluções. Back *et al.* (2008, p.257) destacam ainda que a biologia e a fisiologia são riquíssimas em ideias, princípios e soluções que podem ser transferidas de modo análogo para solucionar problemas de projeto.

2.2.2.2 Método de Análise e Síntese Funcional

Os termos Análise e Síntese Funcional incorporam uma variedade de conceitos e técnicas que podem ser encontrados na literatura com termos correspondentes como “raciocínio funcional” e “interação funcional”, entre outros. Conceituar, definir ou compreender um produto ou sistema, em termos de função, é um aspecto fundamental do projeto (OTTO e WOOD, 2001; ULRICH e EPPINGER, 2004; PAHL *et al.*, 2005; PAHL e BEITZ, 2013, ULLMAN, 2010)

A análise funcional corresponde à extração a partir de um sistema existente de sua estrutura funcional. Já a síntese funcional está relacionada ao processo de criação de novas estruturas funcionais, realizada a partir de analogias com sistemas existentes e /ou parâmetros que o novo sistema deverá ter. Segundo De Carvalho (2008), os objetivos do método da análise e síntese funcional são:

- a) Definir a lógica de funcionamento do sistema independentemente de soluções;
- b) Normalizar o projeto: a padronização de função permite a padronização de soluções em catálogos de projeto;
- c) Subdividir o sistema técnico em módulos;
- d) Definir com clareza sistemas a serem desenvolvidos.

De acordo com Ullman (2010), uma função pode ser descrita em:

1. Linguagem semântica: pelo uso da representação textual (e.g., descrição textual de função em linguagem natural) ou verbal do objeto de projeto (e.g. a palavra “parafuso” ou a sentença funcional “Transmitir força do eixo excêntrico para a bucha de ligação”). Para Ullman, o nível da linguagem semântica vai do abstrato para o concreto. No nível abstrato, a linguagem semântica é mais qualitativa, enquanto no nível concreto ela é referenciada por valores de parâmetros específicos ou componentes;

2. Linguagem gráfica: pelo uso de elementos geométricos para descrever ou representar o objeto de projeto. Inclui todas as formas de desenho em duas ou três dimensões, tais como esboço, vistas ortogonais, em perspectiva.

3. Linguagem analítica: pelo uso de equações ou fórmulas para representar o objeto de projeto (*e.g.*, as equações de resistência ou performance de partes do produto, equações diferenciais que regem certos comportamentos do produto, matriz de rigidez, modelagem funcional ‘caixa preta’, entre outras).

De acordo com Santos (2009), nos últimos 30 anos, foram propostos vários tipos distintos de modelos de descrição textual de função. Quatro importantes visões funcionais são aqui brevemente descritas:

1. A primeira visão utiliza a descrição textual da função por meio da utilização do <verbo> como: ampliar/reduzir, guiar/não guiar (KOLLER, 1985) ou <verbo> + <substantivo>, assim como: transferir torque, facilitar montagem (PAHL e BEITZ, 2013). Hirtz *et al.* (2002) apresentam também, um modelo de conceito correspondente, que chama de “função objetivo”, cuja finalidade é descrita por meio do <verbo> + <complemento> de modo a permitir ao utilizador definir a intenção do produto evitando ambiguidades;
2. Na segunda visão os pesquisadores utilizam à descrição textual de função em linguagem natural acrescentando um qualificador adverbial. Compõe-se assim uma estrutura de <verbo>+<advérbio> tais como: empilhar mochila facilmente, dobrar mochila para baixo (TAKEDA, TOMIYAMA, e SHIMOMURA, 1994);
3. A terceira incorpora o uso de outros descritores lingüísticos para visão funcional, utilizando estruturas frasais que contêm: <verbo> + <substantivo> + <magnitude dos atributos> + <direção dos atributos> + < objetos (substantivos concretos) > + <palavras-chave (características funcionais) > , a exemplo das frases citadas por Mukhejee e Liu (1997): fornecer força de 10 N sob a superfície de apoio da flange;
4. Alguns pesquisadores pensaram em estender o conceito de qualificador para além da questão adverbial com o objetivo de entender a intenção do projetista. Nessa visão, Linhares (2005) sugeriu a padronização da sentença funcional escrita pelos seguintes constituintes frasais: <verbo> + <substantivo> + <advérbio/adjetivo/outras> como “Apoiar presilha lateralmente”, “Prover assentamento superficial”.

2.3 A TRIZ

Localizada neste estudo dentro dos métodos heurísticos, a TRIZ recebe destaque devido ao objetivo deste trabalho relacionar-se diretamente com as suas heurísticas inventivas.

A TRIZ, começou a ser desenvolvida durante os anos 40 na antiga União Soviética pelo cientista e engenheiro russo G. S. Altshuller.

Altshuller e sua equipe procuraram definir os processos envolvidos na obtenção das soluções criativas contidas em patentes. Estudaram assim cerca de 400.000 patentes tecnológicas, das quais observaram certas regularidades e padrões básicos que regem os processos de resolução de problemas. O objetivo desse estudo consistiu em buscar alternativas mais eficazes aos métodos existentes para a solução criativa de problemas, especialmente aos métodos puramente psicológicos (NUMA USP, 2008; ILEVARE, PROBERT e PHAAL, 2013).

Surgiu, assim, a TRIZ, que se baseia na premissa de que a evolução da tecnologia e a geração de ideias inovadoras não é um processo aleatório, mas previsível e regido por certas leis, com base em padrões e linhas de evolução (EVERSHEIM, 2009; ZLOTIN; ZUMANN; HALLFELL, 2011). Gadd (2011 b) ressalta ainda que a TRIZ é o conjunto de métodos que abordam os vários aspectos do problema, auxiliando na busca e compreensão das melhores soluções.

A TRIZ abrange desta forma vários aspectos, sendo descrita de várias maneiras – uma metodologia, um conjunto de ferramentas, uma filosofia (NAKAGAWA, 2001), uma ciência (BARRY; DOMB; SLOCUM, 2006). Mann (2002) destaca que além de metodologia, filosofia e ciência, a TRIZ, no seu nível mais alto, pode ser vista como um estudo sistemático da excelência (Figura 6).



Figura 6 - Visão hierárquica da TRIZ
 Fonte: Adaptado de Mann (2002).

A figura 6, mostra na base da hierarquia da TRIZ, uma ampla e completa série de ferramentas e técnicas. No segundo nível encontra-se o "método". De acordo com Mann (2002), é neste nível que muitos dos problemas com a TRIZ ocorrem devido à variedade de métodos. Para os projetistas que estão tendo contato com a TRIZ pela primeira vez, a diversidade de opções e de aconselhamentos disponíveis pode representar uma limitação para a sua utilização. No entanto, a aplicação das ferramentas propostas pela TRIZ, pelo potencial das soluções que pode proporcionar, merece atenção e pode ser apresentada de modo eficiente (MANN, 2002).

Partindo de tal premissa, pretende-se demonstrar alguns dos princípios e ferramentas de TRIZ de uma forma que possibilite uma fácil compreensão e aplicação de seus conceitos, úteis para o desdobramento desta dissertação.

2.3.1 Conceitos Fundamentais da TRIZ

De acordo com Zlotin e Zusman (2005), os conceitos fundamentais da TRIZ são: Idealidade, Contradição, Recursos, Sistemática (Espaço/Tempo/Interface) e Funcionalidade.

Ao analisar os bancos de patentes, Altshuller identificou uma tendência na qual os sistemas sempre evoluem em direção a aumentar a sua "**Idealidade**".

A **idealidade** para a TRIZ consiste em um método ideal, um processo ideal, uma substância ideal e uma técnica ideal. Ou seja, a obtenção dos efeitos desejados sem gasto de tempo, espaço, energia, sem necessidade de manutenção ou custo (PIMENTEL, 2004).

Nesse sentido, uma técnica ideal representa o resultado perfeito que, infelizmente, na maioria dos casos não pode ser atingido, mas que serve como parâmetro de comparação para a solução efetivamente adotada. A ferramenta de formulação do Resultado Final Ideal (RFI), proposta pela TRIZ, é considerada uma das principais ferramentas para a análise de situação e para a definição do problema a fim de alcançar idealidade dos sistemas. O raciocínio básico requerido pela ferramenta segue a linha: "Se eu não posso chegar à especificação do RFI, então qual é o menor passo para trás que eu consigo dar?" e, em seguida: "Se eu não consigo encontrar a solução a partir deste passo, qual é o próximo menor passo para trás que eu poderia tentar?", e continuando, assim por diante, até que uma solução conceitual exequível seja obtida (Figura 7).

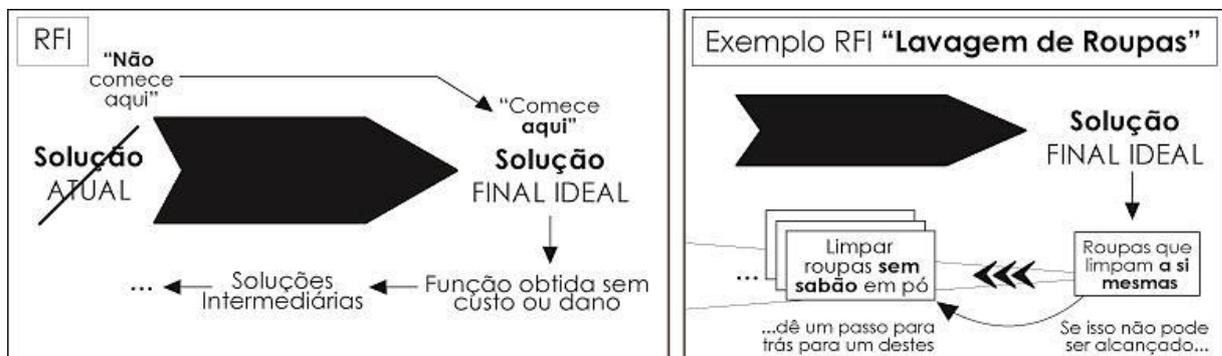


Figura 7 - Resultados Final Ideal (RFI) estratégia e exemplo
Fonte: Adaptado de Mann (2002).

Mann (2002) destaca que a ferramenta de RFI é muito importante para TRIZ e para a "criatividade sistemática". O exemplo citado na figura 7, processo 'Lavagem de Roupas', teve um notável avanço no raciocínio das estratégias de negócio dos fabricantes de sabão em pó. Antes a estratégia era construída sobre a premissa de "vender mais sabão em pó", avançando para a premissa "vender mais limpeza de roupas". A diferença simples, mas profundamente importante entre o primeiro e o segundo objetivo, é que a primeira representa uma solução e a segunda representa uma função. A distinção é importante porque as soluções se modificam e as funções continuam sendo as mesmas.

As **Contradições** ocorrem quando a melhoria em um parâmetro ou característica de uma técnica afeta negativamente outros parâmetros ou características da técnica (SAVRANSKY, 2000). Destacam-se nesta dissertação dois tipos principais de contradições, as contradições técnicas e contradições físicas.

A **Contradição Técnica** ocorre quando há conflito entre dois parâmetros. Ou seja, as tentativas usuais para melhorar um deles piora outro. De acordo com Savransky (2000), podem ocorrer quando:

- a) A criação ou intensificação de uma função útil em um subsistema cria ou intensifica uma função prejudicial em outro subsistema;
- b) A redução ou eliminação de uma função prejudicial em um subsistema prejudica uma função útil em outro subsistema;
- c) A intensificação de uma função útil ou reduzir uma função prejudicial em um subsistema causa uma complicação inaceitável em outro subsistema ou mesmo em toda a técnica.

Para exemplificar, usa-se a contradição técnica entre “potência” e “peso”, por exemplo, o maior, mais potente motor proposto a um carro para aumentar a sua velocidade, aumentaria o seu peso (indesejável);

A **Contradição Física**, segundo Savransky (2000) pode ocorrer quando ao se intensificar uma função útil em um subsistema, intensifica-se uma função prejudicial no mesmo subsistema. Ou ainda, quando ao reduzir uma função prejudicial em um subsistema, reduz-se uma função útil no mesmo subsistema (e.g. um guarda-chuva de uma dimensão grande contribui com a proteção da chuva, mas pode fazê-lo demasiadamente pesado para carregar).

A formulação correta das contradições forma a base para o início de uma solução inventiva. Segundo Altshuller (2003), uma situação inventiva é inerente a um grupo de contradições técnicas e/ou físicas de um sistema técnico. Normalmente, a formulação bem-sucedida de uma contradição física mostra o núcleo do problema.

Com relação aos **recursos**, este é um conceito utilizado intensamente na TRIZ. Para Mann (2002), qualquer sistema que não tenha atingido a idealidade ainda tem algum recurso de substâncias ou de campo, que são possíveis de serem utilizados. Por exemplo:

- a) Qualquer substância ou qualquer coisa feita de uma substância (incluindo resíduos) disponível no sistema ou em seu ambiente;
- b) Uma reserva de energia, tempo livre, espaço desocupado, informação, entre outros;
- c) A capacidade funcional e tecnológica para realizar funções adicionais, incluindo propriedades das substâncias assim como física, química e outros efeitos.

A TRIZ demanda uma incansável análise do sistema, incluindo o seu entorno, que não está sendo utilizado até o seu máximo potencial absoluto. A descoberta de tais recursos revela então oportunidades através das quais o projeto do sistema pode ser aprimorado. Para Russo, Regazzoni e Montecchi (2011), uma boa exploração dos recursos pode ser um parâmetro de controle para avaliar a eficácia real de um sistema.

A **sistemática** corresponde ao incentivo da TRIZ em levar o ‘solucionador de problemas’ a enxergar a situação problemática e as possíveis soluções de modo sistemático, dentro de um contexto que envolve espaço, tempo e interface (relacionamentos) (DE CARVALHO, 2008). A ferramenta que operacionaliza isto dentro da TRIZ é o Operador de Sistema (Figura 8).

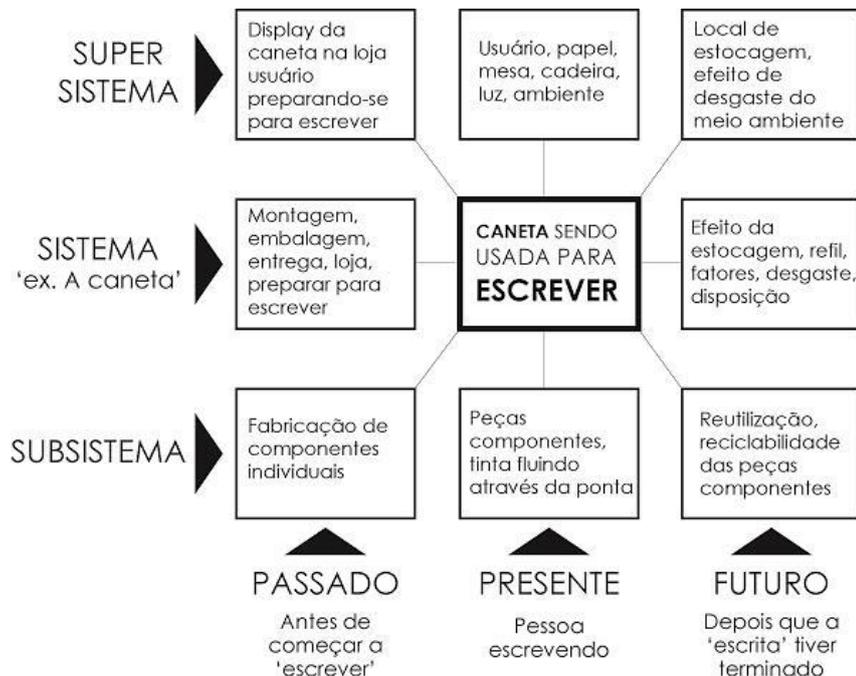


Figura 8 - Exemplo de Imagem do Operador de Sistema para o “Projeto de Caneta”
Fonte: Adaptado de Mann (2002).

No Operador de Sistema, as linhas representam o supersistema, o sistema e o subsistema, e as colunas, o passado, o presente e o futuro do sistema analisado. O preenchimento desta matriz inicia-se pelo centro (sistema no presente), e prossegue primeiramente na coluna presente e, depois pela coluna passado e então futuro. A finalidade é conduzir o usuário a considerar a situação problemática como um sistema de problemas e, portanto, criar uma visão ampliada do problema original.

O princípio de **funcionalidade**, referente ao mapeamento de funções dentro da TRIZ, enfatiza tanto os relacionamentos positivos quanto os relacionamentos negativos de um sistema. Além disso, enfatiza a utilização da ‘Análise de Funções’ como um meio de identificar os conflitos, as contradições, os relacionamentos ineficazes, excessivos e prejudiciais presentes dentro e em torno do sistema. Torna-se assim, uma ferramenta importante de definição de problemas presentes no sistema.

2.3.2 Tendências da Evolução (TEs)

Para Altshuller (1989), as tendências da evolução dos sistemas técnicos permitem aumentar a previsibilidade do processo de evolução da tecnologia. Ou seja, a análise dos padrões tecnológicos dos produtos existentes auxilia na previsão dos próximos passos da evolução e na tomada de decisões estratégicas no desenvolvimento de outros projetos.

De acordo com Lagenvin (2013), após o estudo de patentes, Altshuller estabeleceu oito tendências de evolução dos sistemas técnicos:

1. A tecnologia segue um ciclo de nascimento, crescimento, maturidade e declínio;
2. Idealidade crescente;
3. Desenvolvimento desigual de subsistemas, resultando em contradições;
4. Dinamismo e controlabilidade crescentes;
5. Complexidade crescente, seguida por simplicidade;
6. Integrando e separando partes;
7. Transição de microssistemas para macrossistemas usando campos de energia para melhorar a performance e controle;
8. Redução do envolvimento humano e aumentando a automação.

Por exemplo, a tendência evolutiva relacionada à dinamização sugere que o sistema técnico, durante o seu processo evolutivo, faça uma transição de uma superfície rígida a uma estrutura flexível, como uma antena dobrável, ou o trem de pouso de um avião que se dobra e se retrai, entre outros. Esta transição pode ser resumida como se segue: um sistema sólido obtém um conjunto, em seguida, várias articulações, em seguida todo o sistema torna-se completamente flexível. A dinamização também significa que um sistema pode ser dividido em elementos que se tornam móveis em relação um ao outro (LAGENVIN, 2013).

Para De Carvalho (2008), Altshuller ao propor as Tendências da Evolução dos Sistemas Técnicos acreditou estar contribuindo de duas formas. A primeira seria na ideação

de novos sistemas técnicos, por dedução, a partir de sistemas técnicos existentes. E a segunda contribuição, acreditou ser que as tendências seriam um critério de decisão para a solução mais adequada para um problema.

2.3.3 Estratégia da TRIZ

Para De Carvalho (2008), a análise das circunstâncias problemáticas e a formulação do problema correspondem ao processo de compreender inter-relações. Ou seja, identificar claramente o problema a ser resolvido e por meio de estratégias levantar informações potencialmente úteis para a solução do mesmo. O processo básico proposto pela TRIZ através do qual isto ocorre está ilustrado na figura 9.

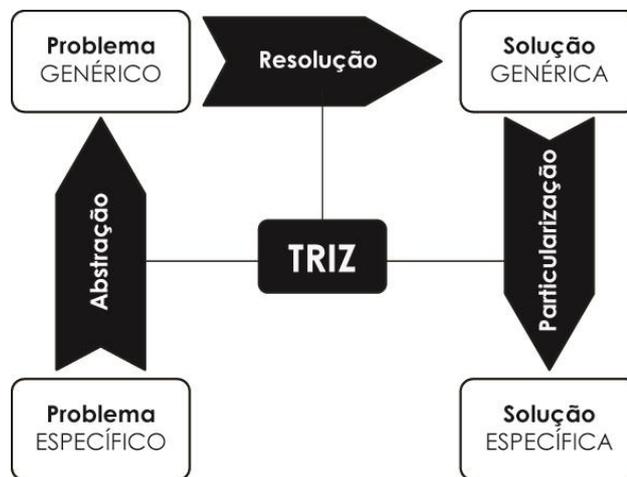


Figura 9 - Processo de formulação do Problema e Solução do Problema
Fonte: Adaptado de De Carvalho (2008).

O método proposto pela TRIZ apresenta um processo sistemático de criatividade, construído, primariamente, sobre o conceito da abstração. O ‘solucionador do problema’ analisa inicialmente um problema específico e vai até um problema genérico – gera analogias genéricas - e, a partir deste problema surge uma solução genérica que requer uma reformulação para aplicação no problema específico.

2.3.4 Ferramenta de Exploração da Hierarquia do Problema

A definição do problema possui grande relevância dentro da TRIZ. Saber qual o real problema é o primeiro passo para se encontrar a solução adequada. O Explorador da Hierarquia do Problema é uma ferramenta que auxilia no esclarecimento do problema original

e de todo o seu em torno relacionado. De acordo com Mann (2002), a ideia básica subjacente a esta ferramenta é o uso de duas perguntas "Por que?" e "O que está nos impedindo?" para respectivamente ampliarem e estreitarem o problema inicialmente enunciado. Obtém-se assim uma lista hierárquica de definições do problema, determinando quais são os limites que definem o problema/oportunidade. A figura 10 demonstra o funcionamento do mecanismo desta ferramenta, por meio de um exemplo de fácil compreensão.

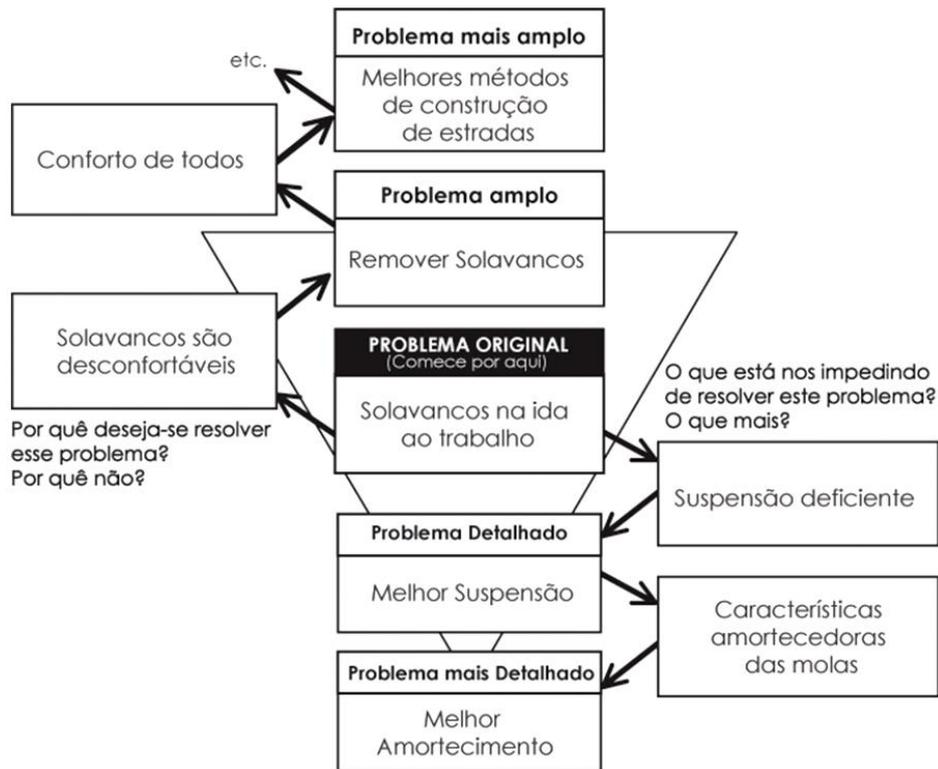


Figura 10 - Formulário da Ferramenta "Explorador de Problemas"
Fonte: Adaptado de Basadur (1996).

O problema original, proposto para exemplificar a ferramenta, refere-se a solavancos decorrentes em viagens de ida ao trabalho. Este problema é submetido a um formulário que possibilita ampliar e estreitar a sua visão, auxiliando no entendimento completo da situação problemática a ser enfrentada. Pode-se assim ultrapassar o problema em ambas as direções aumentando o espaço em cada nível hierárquico. Quanto mais para cima na ferramenta, mais próximo se chega de entender a principal função útil do sistema. No exemplo dado, poderia ser "transportar de A até o trabalho", e assim sequencialmente, alcançando perguntas de nível ainda mais alto, como: "Por que é preciso viajar até o trabalho?". De modo oposto, quanto mais para baixo mais se aproxima de um entendimento em escala micro da forma como as coisas funcionam. No exemplo, o próximo nível abaixo do problema original "solavancos em

viagens” pode-se referir à necessidade de um “melhor amortecimento”, ou, ainda, de modo mais detalhado, a necessidade de “melhores propriedades de histerese do fluido amortecedor” (MANN, 2002).

2.4 HEURÍSTICAS INVENTIVAS DA TRIZ

Nesta seção, além de definições e ressalvas a respeito da importância das heurísticas, é detalhado o estudo e método utilizado para compilação das Heurísticas Inventivas realizada por Tessari e De Carvalho (2015).

2.4.1 Definição das Heurísticas

Segundo o dicionário Houaiss (2009), a palavra heurística possui uma origem controversa, na qual algumas pessoas acreditam derivar do verbo grego *heurisko*, que significa “encontrar, descobrir, inventar, obter”, e há quem prefira comparar com o francês *heuristique* que é um adjetivo “que serve para a descoberta; arte de fazer descoberta”.

De acordo com estudo de Daly *et al.* (2012), a abordagem das heurísticas na geração de conceitos apresenta evidências sistemáticas de utilidade nos projetos de engenharia. O projeto focado nas Heurísticas busca a identificação das estratégias de ideação já utilizadas por projetistas e engenheiros (DALY *et al.*, 2010; YILMAZ, *et al.*, 2011; YILMAZ; SEIFERT; GONZALEZ, 2011).

Daly *et al.* (2012) definem que as heurísticas inventivas podem ser definidas como “*prompts*”, indutores cognitivos que apontam no sentido de exploração de variações das soluções e conceitos de projetos. De Carvalho (2008) ressalta ainda que as heurísticas inventivas são como regras criadas a partir da experiência para resolver problemas e refletem o conhecimento acumulado em uma determinada área tendendo a direcionar problemas no sentido de soluções satisfatórias.

2.4.2 Estudos Similares aos realizados por Tessari e De Carvalho (2015)

Descreve-se nesta seção, alguns estudos apresentados por Tessari e De Carvalho (2015) que possuem o objetivo comum de tentar extrair a essência da TRIZ e condensá-la de modo a facilitar a sua aplicação.

O Métodos SIT '*Structured Inventive Thought*' (HOROWITZ e MAIMON, 1997), USIT '*Unified Structured Inventive Process*' (SICKAFUS, 1997) e ASIT '*Advanced Structured Inventive Thought*' (HOROWITZ, 2001), propuseram comprimir o número de heurísticas, assim como substituir relações de contradições, gerando um conjunto mínimo de heurísticas que conduzem a soluções. De acordo com Horowitz (2004), a principal diferença entre o método USIT e o ASIT é o fato de que este último é centrado em ideação de novos produtos ao invés de apenas resolver problemas. Rantanen e Domb (2008) também propuseram a simplificação e utilização de cinco padrões que consideraram mais úteis de evolução da TRIZ que são: i. evolução desigual da tecnologia; ii. transição para o nível macro; iii. transição para o nível micro; iv. aumento de interações; v. expansão; incluindo a aplicação dos critérios do Resultado Final Ideal (RFI).

Tessari e De Carvalho (2015) consideram não apenas as publicações anteriores, que propõem que as heurísticas da TRIZ sejam simplificadas e abstraídas, mas também trabalhos que tenham sido realizados a fim de satisfazer os projetistas que procuram soluções mais específicas e detalhadas de problemas.

A exemplo de Zlotin e Zusman (2005), que com a intenção de criar um software para resolução de problemas inventivos, buscaram em suas pesquisas unificar a maior parte das ferramentas e conhecimentos da TRIZ, sob o que chamaram de um "Sistema de Operadores". Este sistema de operadores foi então apresentado na forma de '*Innovation Workbench Software System*'TM. O software redesenhou todos os operadores existentes (TRIZ Princípios, Soluções padrão, as utilizações dos recursos e outros), tornando-os mais detalhados e específicos, a fim de atender à necessidade específica de cada usuário.

De acordo com Tessari e De Carvalho (2015), as tentativas de condensar a TRIZ ficaram restritas às heurísticas propostas por Altshuller, ignorando toda a pesquisa feita mais tarde. Considerando este ponto, os autores propuseram a compilação de heurísticas clássicas e recentes de TRIZ ressaltando ainda que a TRIZ deve dar uma resposta para os problemas atuais e futuros, focando na universalidade da teoria.

2.4.3 Compilação de Heurísticas, Tessari e De Carvalho (2015)

Os autores realizaram uma revisão de literatura seguindo uma linha histórica para esclarecer o processo de evolução da TRIZ. Essa perspectiva foi utilizada a fim de tornar

evidente quais dos grupos de heurísticas selecionados foram originalmente concebidos na TRIZ Clássica e avaliar todos os outros que vieram como ‘melhorias’ dos anteriores.

A pesquisa de Tessari e De Carvalho (2015) foi focada em seis grupos principais de heurísticas:

1. O primeiro grupo é composto pelos 40 Princípios Inventivos (PIs), desenvolvidos por Altshuller entre 1956 e 1971 (ALTSHULLER, 1998).;
2. O segundo é composto pelas 76 Padrões Inventivos (ALTSHULLER *et al.*, 1989).
3. O terceiro conjunto de heurísticas inclui o trabalho de outro pesquisador da ex-URSS, Polovinkin (1985, 1988 *apud* TESSARI e DE CARVALHO, 2015). Este sugeriu uma série de heurísticas para o projeto e solução de problemas que mais tarde foi reduzido para 121 Heurísticas de De Carvalho, Wei e Savransky (2003);
4. O quarto grupo, de autoria de Savransky (2000), inclui seis heurísticas publicadas como ‘Novos Sub-Princípios’ e adicionadas aos 40 Princípios Inventivos;
5. O quinto grupo desenvolvidos por Mann *et al.* (2010), inclui 37 combinações de heurísticas, formando um conjunto de 105 heurísticas chamadas de Princípios Combinados; e,
6. O sexto grupo de heurísticas propostos por Yezersky (2006), inclui 63 Templates da Teoria Geral da Inovação (GTI).

Após Tessari e De Carvalho (2015) reunirem as 469 heurísticas, a pesquisa começou com o confronto das heurísticas desenvolvidas por cada um dos autores. Foram eliminadas aquelas com o mesmo significado, acrescentando para a lista final apenas aquelas consideradas originais.

Antes de iniciar o processo de confronto, todas as heurísticas foram reescritas, a fim de facilitar a comparação. Elas foram reformuladas de acordo com o padrão funcional sintático:

<Verbo> + <Objeto> + <Complemento>.

Neste padrão utilizado, o verbo no infinitivo denota “o que fazer”, o objeto “fazê-lo com o que” e o complemento traz a ideia de “como, quando e onde fazer”. Com isso, a intenção central de cada heurística foi levada imediatamente a prova, o que segundo os autores tornou o processo de comparação mais fácil.

Após esta definição de sintaxe, o processo de comparação e eliminação foi iniciado. Tessari e De Carvalho definiram dois critérios de exclusão:

- 1) As heurísticas com o mesmo significado em suas descrições deveriam ser eliminadas. Ou seja, aquelas com natureza semelhante ou com base no mesmo princípio físico;
- 2) Heurísticas com exemplos comuns deveriam ser removidas. Ou seja, aqueles que usam o mesmo exemplo ou outros muito semelhantes para demonstrar a sua utilidade e aplicabilidade.

Tessari e De Carvalho (2015), após estudo, consideraram os 40 Princípios Inventivos de Altshuller consistentes e sem repetição, definindo-os como base de comparação para eliminação das demais heurísticas (Figura 11).

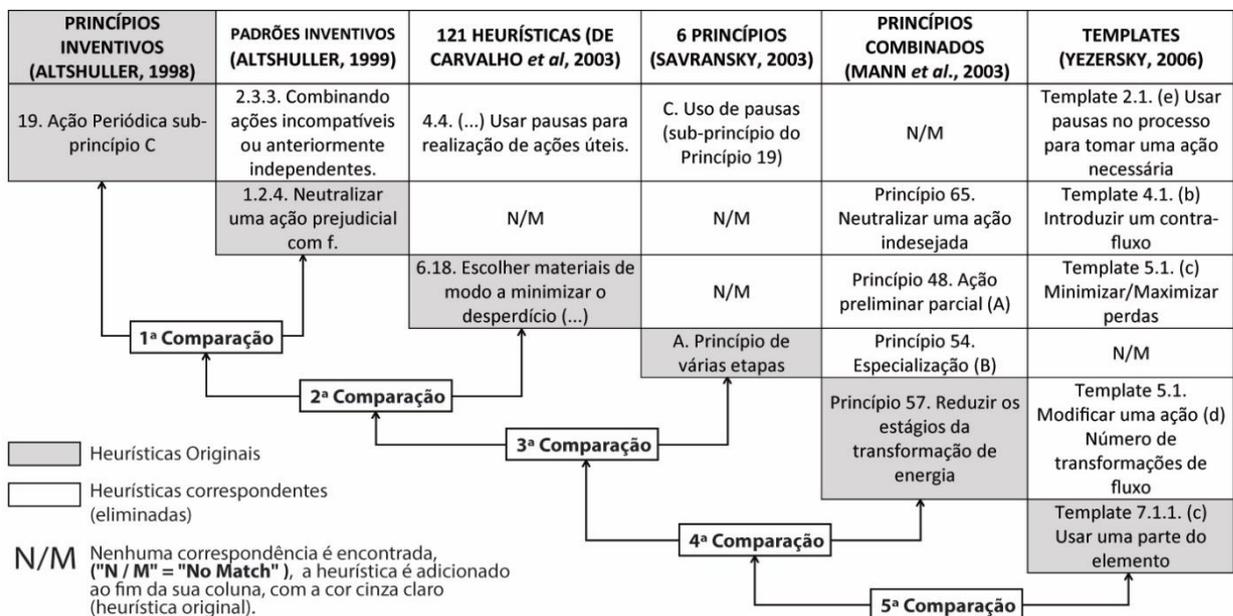


Figura 11 - Compilação de Heurísticas proposto por Tessari e De Carvalho (2015)
 Fonte: Adaptado de Tessari e De Carvalho (2015).

Todas as comparações posteriores seguiram este mesmo processo. Naturalmente a quantidade de heurísticas eliminadas de cada grupo foi crescendo a cada passo e apenas as consideradas originais foram mantidas. Depois de todas essas etapas, a compilação de uma lista única de 263 heurísticas foi desenvolvida. Devido sua importância para esta pesquisa, a lista completa das heurísticas inventivas compiladas é apresentada no final deste trabalho, (ANEXO A).

Tessari e De Carvalho (2015) reconhecem a relevância do trabalho realizado, mas encontram neste, oportunidades de estudos futuros que apresentem exemplos e índices para a

seleção e aplicação das heurísticas. Lacuna que este projeto de dissertação pretende preencher.

2.5 ANÁLISE DOS GRUPOS DE HEURÍSTICAS INVENTIVAS COMPILADAS

Devido à relevância e necessidade de entendimento de cada um dos seis grupos heurísticos compilados por Tessari e De Carvalho, nesta seção retoma-se cada um deles: i. Princípios Inventivos; ii. Padrões Inventivos; iii. 121 Heurísticas; iv. 6 Princípios; v. Princípios Combinados; vi. *Templates*. Realiza-se assim uma análise e mapeamento dessas categorias a fim de averiguar os exemplos e índices, quando existentes.

2.5.1 O Método dos Princípios Inventivos (MPI)

De acordo com Ilevbare, Probert e Phaal, (2013), o Método dos Princípios Inventivos é um dos mais utilizados dentro da TRIZ. Esta ferramenta consiste na aplicação da matriz de contradições para seleção dos Princípios Inventivos mais adequados para resolução do conflito encontrado.

A matriz de contradição clássica, proposta por Altshuller, corresponde a um índice que apresenta 39 parâmetros técnicos ou de engenharia que direcionam o projetista aos 40 princípios inventivos, a fim de resolver conflitos no sistema (Figura 12).

		Parâmetros de engenharia						
		...	8	9	10	11	12	...
Parâmetros de engenharia a ser MELHORADO	9 Velocidade				13,28, 15,19	6, 18, 38, 40	35,15, 18,34	
	10 Força		2,36, 18,37	13,28 15,12		18,21, 11	10,35, 40, 34	
	11 Esforço ou pressão		35, 34	6,35, 36	36,35, 21		35, 4, 15,10	
	12 Forma		7,2,35	35,15, 34,18	35,10, 37,40	34, 15 10,14		
	13 Estabilidade do objeto		34,28, 35	33,15, 28,18	10, 35 21,16	2,35, 40	22,1, 18, 4	

PIORADOS

Princípios Inventivos que possam resolver o conflito

Exemplo:
Princípios Inventivos que possam resolver o conflito entre **Velocidade x Forma**
(35) Mudança de Parâmetro
(15) Dinamização
(18) Vibração
(34) Descarte e Regeneração

Figura 12 - Aplicação da Matriz de Contradição Clássica
Fonte: Adaptado de Altshuller (2003).

Os 40 Princípios Inventivos (PIs), são apresentados na figura 13.

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

Figura 13 - Lista dos 40 Princípios Inventivos
Fonte: Adaptado de Altshuller (2003).

O seguinte exemplo, auxilia no entendimento do processo de aplicação da matriz de contradição: “Projeto de latas para conter bebidas gaseificadas”, deseja-se diminuir a quantidade de material e conseqüentemente o custo para fabricação da lata. Contudo, deve-se manter a sua integridade estrutural, possibilitando o empilhamento. Se a quantidade de material utilizada é diminuída, a resistência e a carga admissível também diminui, o que é indesejável. Logo, os parâmetros de engenharia conflitantes podem ser: 4 - Comprimento do Objeto Parado e 11 - Tensão ou Pressão. Consultando a matriz de contradições, e realizando o cruzamento destes parâmetros, sugere-se a utilização dos seguintes Princípios Inventivos: 1 - Segmentação ou Fragmentação; 14 - Recurvação; e 35 - Mudança de Parâmetros e propriedades. Com o princípio inventivo ‘1 - Segmentação ou Fragmentação’, pode-se chegar à solução existente de latas corrugadas. Esta solução aumenta a resistência mecânica das latas, mas, não economiza material. As latas de alumínio utilizadas atualmente podem ser consideradas exemplos do Princípio ‘14 – Recurvação’: a forma recurvada da lata faz com que a pressão interna aumente a resistência mecânica. O princípio ‘35 - Mudança de Parâmetros’, poderia levar a uma concepção que incluísse uma modificação no material das latas, como um tratamento térmico, para aumento de resistência. Outras soluções poderiam ser geradas, a partir de outras formas de utilização da matriz de contradições (DE CARVALHO, 2008).

Os Princípios Inventivos (PIs) são heurísticas que podem ser aplicadas na solução de problemas de duas formas: através da matriz de contradições, e/ou, diretamente. A aplicação direta dos PIs é baseada na experiência do projetista e consiste na escolha aleatória de Princípios Inventivos considerados apropriados para ideação ou geração de soluções para o problema. Caso as ideias geradas não sejam satisfatórias, outros Princípios podem ser selecionados.

Mann (2002) propõe ainda alguns índices que podem auxiliar na indexação e seleção dos PIs de modo direto, ou seja, sem utilização da Matriz de Contradição. Estes serão descritos na seção a seguir.

2.5.1.1 Exemplos de Índices direcionadores de Princípios Inventivos (PIs)

As propostas para indexação dos Princípios Inventivos (PIs), orientadas por Mann (2002), são:

- a) Basear a escolha do Princípio Inventivo no parâmetro de melhora:

Para Mann (2002), uma forma de olhar todos os 40 Princípios Inventivos é analisar se existe algum tipo de correlação entre o que se deseja melhorar no sistema e os Princípios Inventivos.

A figura 14, demonstra um agrupamento de princípios inventivos proposto pelo autor:

TIPO DE PROBLEMA	PRINCÍPIOS INVENTIVOS
TODOS >>>	1, 10, 13, 15, 19, 22, 25, 35
MELHORANDO ATRIBUTOS FÍSICOS	2, 3, 4, 5, 7, 14, 17, 28, 30, 37, 40
MELHORANDO DESEMPENHO	9, 10, 16, 19, 21, 23
MELHORANDO AS "...DADES"	9, 11, 14, 18, 27, 40
... Se uma solução ainda não tiver aparecido	6, 12, 20, 24, 26, 29, 31, 32, 33, 34, 36, 38, 39

Segmentação	Ação Periódica
Ação Preliminar	Benção disfarçada
Inversão	Auto Serviço
Dinâmica	Mudança de Parâmetros

Figura 14 - Influência do tipo de Problemas, exemplo de índice 1
Fonte: Adaptado de Mann (2002).

A classificação proposta na figura 15 apresenta um quadro com ‘Oito Princípios Inventivos’ que, segundo o autor, não possuem correlação direta com um único tipo de problema. Portanto, são considerados possivelmente relevantes para todos os tipos de problema, que são eles: Segmentação; Ação Preliminar; Inversão; Dinâmica; Ação Periódica; Benção disfarçada; Auto-Serviço; Mudança de Parâmetros. Desse modo, estes princípios são considerados elementares e úteis para os projetistas e solucionadores de problemas.

Depois deste enquadramento, existem três outros agrupamentos que giram em torno dos três tipos de características de melhoria: física, de desempenho, e das "...dades" (confiabilidade, manufaturabilidade, reparabilidade, entre outros). Assim, se o parâmetro que pretende-se melhorar no sistema se relacionar com uma destas categorias, é possível visualizar os Princípios Inventivos que provavelmente ajudariam a alcançar o atributo desejado para solução do problema.

Por último, dentro da classificação proposta, tem-se um grupo de Princípios Inventivos que o autor sugere que sejam usados como "reserva", se nenhum dos outros Princípios tiver obtido sucesso.

b) Basear a escolha do Princípio Inventivo na complexidade do sistema:

Uma das tendências de evolução identificadas pela TRIZ destaca a maneira pela qual os sistemas evoluem de modo que a sua complexidade geral (comumente relacionada, pelo menos em parte, com a quantidade de componentes presentes no sistema) aumenta e, em seguida, diminui ao longo do período de uma determinada curva ‘S’. A figura 15, demonstra os Princípios inventivos que sugerem soluções que contribuem para “aumento” e “diminuição” da quantidade de componentes de um sistema.

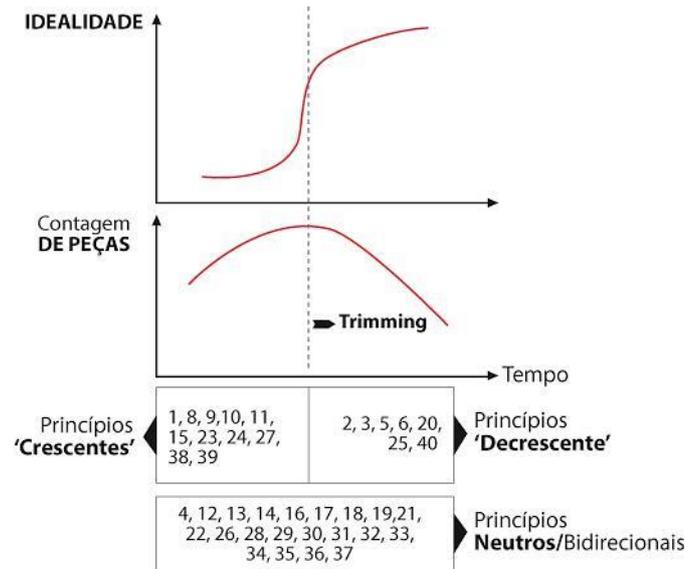


Figura 15 - Exemplo de índice 2 – Princípios Crescente, Decrescente e Neutros
 Fonte: Adaptado de Mann (2002).

Alguns dos Princípios Inventivos que não modificam a quantidade de peças de forma crescente ou decrescente são categorizados como neutros (por exemplo: "Mudanças de Cor").

De acordo com Mann (2002) estes padrões, de indexação podem ser úteis na redução do número de Princípios Inventivos que podem ser relevantes para um determinado tipo de problema. Por exemplo, não faz muito sentido considerar Princípios que irão aumentar a complexidade do sistema em um momento em que a tendência de evolução indica a necessidade de uma estratégia de redução da complexidade.

c) Indexação para resolução de problemas de contradições físicas:

Outro modelo de indexação proposto por Mann (2002) auxilia na resolução de problemas de contradição física (Figura 16). Esta ferramenta é equivalente a Matriz de Contradição para resolução de problemas que envolvem contradições técnicas.

Rota de Solução da Contradição	Princípios Inventivos usados para atacar este tipo de Contradição
Separação no Espaço	1 Segmentação 2 Remoção 3 Qualidade Localizada 17 Outra Dimensão 13 Inversão 14 Curvatura 7 Boneca Aninhada 30 Cascos Flexíveis/ Filmes finos 4 Assimetria 24 Intermediário 26 Cópia
Separação no Tempo	15 Dinâmica 10 Ação Preliminar 19 Ação Periódica 11 Previsão Antecipada 16 Ação Parcial ou Excessiva 21 Aceleração 26 Cópia 18 Vibração Mecânica 37 Expansão Térmica 34 Descarte e Recuperação 9 Anti-Ação preliminar 20 Continuidade da ação útil
Separação por uma Condição	35 Mudanças de parâmetro 32 Mudanças de cor 36 Transição de Fase 31 Materiais Porosos 38 Oxidantes Fortes 39 Atmosfera Inerte 28 Substituição mecânica 29 Pneumática & Hidráulica
Transição para um sistema Alternativo	
1. Transição para um subsistema	1 Segmentação 25 Auto-Serviço 40 Materiais Compostos 33 Homogeneidade 12 Equipotencialidade
2. Transição para um supersistema	5 Fusão 6 Universalidade 23 Feedback 22 Benção Disfarçada
3. Transição para um sistema alternativo	27 Objetos baratos de vida curta
4. Transição para um sistema inverso	13 Inversão 8 Contrapeso

Figura 16 - Estratégias para Solução de Contradições Físicas
Fonte: Adaptado de Mann (2002, p.230).

Na figura 16, a lista de Princípios Inventivos proposta está em ordem decrescente de frequência de uso por outros solucionadores de problemas. Ou seja, o Princípio "Segmentação" tem sido utilizado como estratégia para eliminação de contradições pelo maior número de casos investigados de contradições de "Separação no Espaço". Como acontece na Matriz de Contradições, os dados contidos na Tabela têm a intenção de serem utilizados como um "bom ponto de partida", não como uma lista exclusiva (MANN, 2002, p.230).

2.5.2 Padrões Inventivos

Os Padrões Inventivos são heurísticas estruturadas para a síntese e reconstrução dos sistemas técnicos. De acordo com Altshuller (1998, p.19), quando compreendidos, os padrões inventivos podem ajudar a resolver muitos problemas complexos. Pois estes propõem a análise de um problema complexo em partes, fornecendo uma descrição rápida e simples dos subsistemas e suas interações (Savransky, 2000, p.189).

Altshuller (1998, p.19) destaca que os Padrões Inventivos apresentam duas funções principais:

1. Ajudam a melhorar um sistema existente ou sintetizar um novo. Por exemplo, uma fábrica produz um novo tipo de aço e diferentes aditivos são introduzidos à mistura de aço fundido. A fim de evitar que a lâmina do misturador entre em fusão durante o processo de mistura, a lâmina deve ter um revestimento protetor. No entanto, esse revestimento pode poluir a mistura de aço fundido. Desse modo, uma determinada substância deve ser introduzida. Contudo, a sua introdução é proibida por determinadas condições do sistema (figura 17).

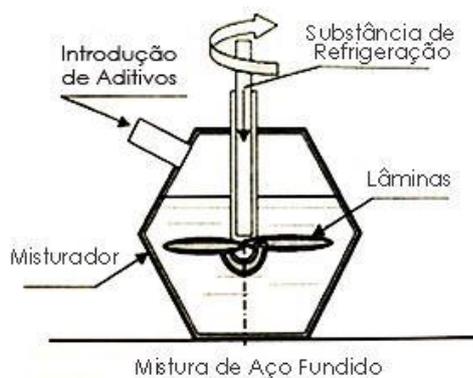


Figura 17 - Misturador de aço fundido
Fonte: Adaptado de Altshuller (1998, p.20).

2. Fornecer um modelo gráfico do problema. Chamado nesta dissertação de Modelo Substância-Campo, também conhecido como, Modelo Su-Campo, Modelo Campo-Substância, Modelo S-Campo, entre outros termos correlatos encontrados na literatura. Este modelo representa o sistema tecnológico como um conjunto de dois objetos. Ou seja, duas substâncias, que ao interagirem formam um campo, que representa qualquer fonte de energia presente dentro de um sistema, figura 18.

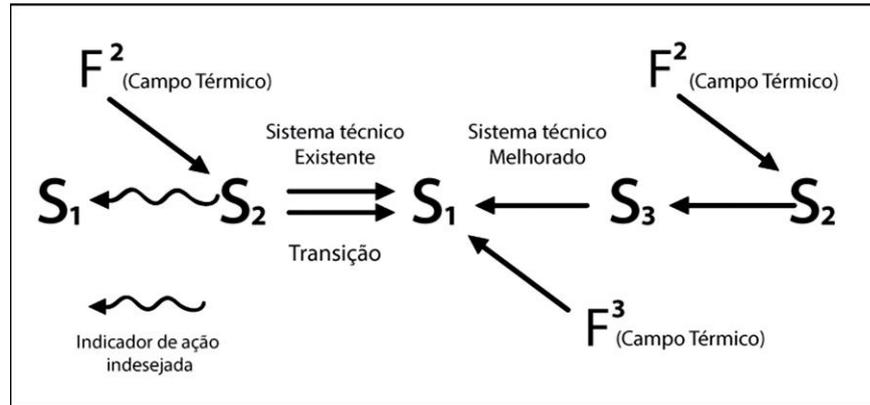


Figura 18 - Modelo gráfico do problema (Modelo Substância-Campo)
 Fonte: Adaptado de Altshuller (1998, p.20).

O diagrama da figura 18, mostra assim, um modelo gráfico da solução proposta para o problema referente ao misturador de aço fundido. Onde S1 é a lâmina, S2 é o aço fundido, e F2 é a energia térmica do aço que derrete S1 da lâmina. A seta ondulada representa uma interação prejudicial entre o aço quente derretido (S2) e a lâmina (S1). Para proteger a lâmina, uma terceira substância S3 deve ser introduzida. Neste caso, S3, é uma modificação de S2. Ao fornecer um campo térmico frio (F3) à lâmina S1, uma crosta do material fundido vai se desenvolver na superfície da lâmina e protegê-la da fusão. Para que um sistema realize de modo adequado suas funções os padrões inventivos consideram ser importante a existência de no mínimo duas substâncias e um campo (Altshuller, 1998, p.20).

As linhas presentes no Modelo Substância-Campo, juntam as duas substâncias e o campo, representando o tipo de interação existente entre os diferentes pares de substâncias e o campo. A figura 19 mostra a convenção usada para definição destas linhas.



Figura 19 - Interações entre as Substâncias e Campos
 Fonte: Adaptado de Mann (2002, p.242).

De acordo com Mann, a principal função do Modelo Substância-Campo é na resolução de problemas em áreas onde o sistema completo ainda não existe ou ainda está em um estágio relativamente imaturo do seu desenvolvimento evolucionário. Esta ferramenta é também de

grande utilidade quando decide-se adicionar uma nova função a um sistema. Outro fator importante a ser destacado nas heurísticas referentes aos Padrões Inventivos é que estas reconhecem a importância de cada substância, mas principalmente do campo existente dentro de um sistema sendo, em muitos casos, este o elemento faltante para resolução de determinados problemas.

2.5.2.1 Índices Propostos para os Padrões Inventivos

O sistema em uso atualmente foi desenvolvido por Genrich Altshuller, em 1985, e é composto por 76 Padrões Inventivos separados em cinco classes (Altshuller *et al.*, 1999). São elas:

1. Construir ou Destruir um Modelo Substância-Campo: inclui regras para a criação de interações necessárias, ou para a eliminação das interações indesejáveis, dependendo das restrições que se aplicam;
2. Melhorar um Modelo Substância-Campo: é composta de padrões inventivos direcionados a melhorarem o desempenho do sistema sem aumentar substancialmente a complexidade do mesmo;
3. Transição do Sistema de base para um Supersistema ou Micronível: transições dos sistemas para outros níveis, ou ainda para um bissistema ou polissistema, aumentar o dinamismo e a controlabilidade dos sistemas;
4. Detecção e Medição: padrões inventivos direcionados a resolver os problemas relacionados especificamente à medição e detecção. Elaboração de modelos que possibilitem uma maior precisão e praticidade deste processo;
5. Aplicar um Padrão Inventivo a um sistema técnico padrão (Ajudantes): os Padrões Inventivos da classe 5 mostram como algo ‘novo’ pode ser adicionado ao sistema sem introduzir ‘nada de novo’. Em outras palavras, essas soluções são dedicadas a simplificação do sistema utilizando recursos disponíveis no ambiente.

Mann (2002) também propõe a categorização destas heurísticas e sugere que todos os Padrões Inventivos utilizados por projetistas e solucionadores de problema, exceto a classe de problemas relacionados a medição e detecção, se encaixam em quatro classes:

1. Resolver o problema **completando** um Modelo Substância-Campo incompleto;
2. Resolver o problema **modificando** uma ou mais das substâncias ou campo existentes;

3. Resolver o problema **adicionando** novas substâncias, campos ou combinações de ambos, ou;
4. Resolver o problema **fazendo a transição** para um nível hierárquico mais alto ou mais baixo.

2.5.3 121 Heurísticas

De Carvalho, Wei e Savransky (2003, p.18) destacam em seu livro, 121 Heurísticas (121H), heurísticas derivadas de pesquisas realizadas por Polovinkin e seus colegas na antiga URSS. As heurísticas desenvolvidas foram voltadas as transformações de sistemas e concepção de soluções para problemas técnicos restritos anteriormente à antiga URSS. Os conhecimentos e abordagens recentemente se alargaram expandindo-se para diversos países.

As heurísticas propostas por De Carvalho, Wei e Savransky (2003, p.18) podem ser agrupadas em oito classes:

1. Transformações da Forma;
2. Transformações da Estrutura;
3. Transformações no Espaço;
4. Transformações no Tempo;
5. Transformações de Movimentos e Forças;
6. Transformações do Material;
7. Expedientes de Diferenciação;
8. Mudanças Quantitativas.

O índice proposto organiza assim as heurísticas com características similares em uma mesma categoria, sistematizando o processo de pesquisa e seleção das 121 H.

No estudo realizado por De Carvalho, Wei e Savransky (2003, p.18) propõe-se ainda uma comparação entre as 121 H e os 40 Princípios Inventivos (PIs), mostrando ser possível juntar heurísticas de diferentes grupos em um mesmo índice, figura 20.

Classes 121 H 40 Princípios Inventivos	Classes 121 H							
	1. Transformações da Forma;	2. Transformações da Estrutura;	3. Transformações no Espaço;	4. Transformações no Tempo;	5. Transformações de movimentos e forças;	6. Transformações do material;	7. Expedientes de diferenciação;	8. Mudanças Quantitativas;
1. Segmentação ou Fragmentação;			X	X			X	X
2. Extração;		X	X		X	X	X	
3. Qualidade Local;	X	X				X	X	X
4. Assimetria;	X							X
5. Consolidação;		X	X	X		X	X	X
6. Universalidade;	X	X						X
7. Aninhamento;			X					
8. Contra-Peso;					X			X
9. Compensação Prévia;	X			X				
10. Ação Prévia	X	X	X	X		X		
...								

Figura 20 - Comparação entre os 121 Heurísticas e os Princípios Inventivos
Fonte: Adaptado de De Carvalho, Wei e Savransky (2003, p.18).

Para De Carvalho, Wei, Savransky (2003, p.47) apenas uma pequena parte das 121 Heurísticas estão diretamente relacionadas com os 40 PIs (24% - 30%), sendo estas em sua maior parte complementares. Alguns PIs encontram interpretações específicas nas 121H e algumas das 121H completam e adicionam subprincípios novos para os PIs, demonstrando-se, assim, a importância de ambos os grupos heurísticos.

2.5.4 Seis Princípios de Savransky

De acordo com Savransky (2000, p.220), algumas heurísticas possuem aspectos mais generalistas formuladas com foco em demonstrar o conceito da solução. Sendo assim, possibilitam uma ampla e notável gama de aplicações dentro de diversas áreas. Por exemplo, a heurística "flexibilidade" recomenda que para obtenção da solução de determinado problema deve-se alterar o grau de flexibilidade e de adaptação de um sistema.

O autor destaca, entretanto, que os especialistas da TRIZ vêm pesquisando constantemente patentes em banco de dados a fim de formular novas heurísticas e encontrar soluções mais específicas e eficientes para as diferentes áreas.

Savransky (2000, p.220) indica assim seis princípios provenientes deste contexto:

- a) Princípio de várias etapas: usar um grupo de objetos uniformes ao invés de um único objeto para aumentar a eficiência da ação. Exemplos: um motor de combustão multi-cilindros; milhares de células de um transistor de potência MOSFET.
- b) Associação-Dissociação: este princípio permite a divisão e a coalizão no nível molecular. Por exemplo, uso de algumas ligas preparadas por um feixe molecular de epitaxia em dispositivos optoeletrônicos. Uso de alguns materiais como corpo de trabalho para barras laterais de ciclo binário em equipamentos de energia. Estes materiais podem dissociar-se durante o aquecimento com absorção de calor e associar-se novamente durante o arrefecimento com a extração de parcelas de energia;
- c) Uso de pausas: usar pausas entre as ações para executar ações semelhantes ou diferentes. Isto é, uma ação está ativa durante as pausas de outra ação. Por exemplo, na respiração cardiopulmonar, respirar pela vítima uma vez a cada cinco segundos.
- d) Uso de epentética (inserir) partes: superar problemas na fabricação de objeto usando alguma inserção temporária durante o processo de fabricação, excluir a inserção quando terminar. Exemplos: durante a fabricação de dispositivos semicondutores, a superfície em algumas operações é protegida por fotoresistores ou dióxido de silício; Em determinadas armas de fogo o cartucho do projétil é ejetado após o disparo;
- e) Combinação de impedâncias: durante o projeto, determinar o nível de impedância da entrada e definir a impedância do sistema interno. Se uma combinação exata é impossível, tentar minimizar as perdas amplificando ou atenuando o sinal de entrada ou dispersando o sinal de entrada através de alguns canais, cuja impedância pode ser combinada com a impedância do sistema. Exemplo: impedância do sistema (resistência complexa) combina com a impedância de entrada para fornecer uma transferência máxima de energia em todos os sistemas, tais como: elétricos, fibras ópticas, hidráulica, gás, informações e linhas de transmissão, aparelhos de medição e dispositivos com parâmetros distribuídos;
- f) Princípio de concentração e dispersão: concentração/dispersão é um método de transformação do sistema que consiste em um conjunto de objetos (pelo menos dois), gerenciando sua disposição mútua e quantidade relativa, por exemplo, concentrar recursos essenciais, elementos, ações em um lugar e momento chave, a fim de

alcançar o objetivo (aumentar a eficácia da técnica). Exemplo: Produtos alimentares sublimados, enciclopédias, computadores portáteis vs. desktop.

2.5.5 Princípios Combinados

Mann *et al.* (2010, p.133) ao longo de anos de análise de soluções inventivas, abrangendo estudos em patentes mais recentes (concedidas entre 1985-2009), observaram que uma série de combinações dos 40 Princípios Inventivos se repetiam com muita frequência nas soluções. Por exemplo, a combinação de Princípios Inventivos como “5. Fusão” e o “3. Qualidade Localizada” podia gerar um novo princípio de "Materiais compósitos". Deste modo, Mann *et al.* (2010, p.133) ressaltam que através da aplicação conjunta dos Princípios Inventivos 3 e 5 seria possível gerar ideias referentes a materiais compostos. Contudo, os autores argumentam que a elaboração de uma lista de Princípios Combinados seria um gatilho muito mais eficiente para fornecer uma solução mais específica, pois estes representariam de modo direto a junção de determinados Princípios Inventivos.

Desse modo, os autores propõem uma série de combinações de princípios menos genéricos formando uma lista de 42 "Princípios Combinados" baseados nas 42 combinações mais comuns em aplicações mais específicas. Em suma, os autores concluíram que:

1. As soluções mais confiáveis surgem a partir da utilização de vários Princípios em combinação;
2. Os 42 Princípios Combinados sugeridos são as combinações mais utilizadas dos 40 Princípios Inventivos clássicos e também podem gerar soluções eficientes;
3. Combinar ideias e conceitos produzidos a partir da utilização de Princípios Inventivos individuais também contribui na geração de alternativas efetivas.

Os autores propõem em seu estudo uma Matriz similar ao modelo utilizado para indexação dos Princípios Inventivos. Entretanto, a Matriz proposta, além de incluir os Princípios Combinados, adiciona categorias aos parâmetros de engenharia a fim de facilitar a identificação e seleção pelos projetistas. São elas: i. performance física (desempenho físico); ii. eficiência; iii. idade (manufaturabilidade; confiabilidade; entre outros); iv. manufatura e custo (processo de fabricação/custo); e v. medição.

Mann *et al.* (2010) reconhecem, assim, a importância de categorias que demonstrem as características que podem ser melhoradas com a aplicação de determinados parâmetros. No

entanto, os autores não disponibilizam exemplos que esclareçam como as heurísticas selecionadas podem ser aplicadas de forma prática e efetiva.

2.5.6 Templates

Os *Templates* constituem um dos métodos analíticos propostos pela GTI (*General Theory of Innovation*), em português, Teoria Geral da Inovação. São baseados em padrões e regularidades observadas em processos bem-sucedidos de ideação e resolução de problemas.

A criação e o desenvolvimento da GTI ocorreu a partir de 1992 pelo pesquisador Greg Yezersky, este discordava do pensamento geral de que a inovação era fruto de acidentes ou inspiração e acreditava que ela poderia ser tratada como uma ciência exata, objetiva e universal. Yezersky baseou-se em análise histórica e científica sobre o processo evolutivo de sistemas, produtos, serviços, mercados e empresas reais, na necessidade de se desenvolver um método de resolução de problemas (STAHLKE; DE CARVALHO, 2009).

Os *Templates* podem ser definidos, portanto, como heurísticas que denotam as modificações necessárias a serem realizadas em um sistema para que os problemas nele contidos sejam resolvidos.

Yezersky (2006) categoriza as heurísticas em um sistema que é formado por sete classes de *Templates* principais, cuja configurações refletem inúmeras direções provenientes dos sistemas de evolução tecnológica. Estas categorias são descritas a seguir.

- a) *Template 1* – Abordar um Problema em um Nível Superior do Sistema: se há necessidade de solucionar um evento negativo, tenta-se alterar o ambiente ou o sistema envolvido, identificando-se em quais condições o evento negativo não é mais considerado uma falha e/ou quais outros eventos podem ser criados, modificados ou prevenidos para que o evento negativo não apareça;
- b) *Template 2* – Problemas Relacionados com o Tempo: quando necessita-se resolver problemas de cunho temporal relacionados a necessidade de tempo adicional ou controle errado do tempo, sugere-se então, adiar uma ação e/ou controlar o momento que um evento negativo ocorre;
- c) *Template 3* – Problemas Relacionados com o Espaço: se existir a necessidade por espaços adicionais, deve-se considerar algumas recomendações: eliminar a

necessidade de um objeto; usar espaço desocupado; usar outra dimensão; alterar a orientação dos objetos; modificar o objeto para que não exista mais a necessidade do espaço adicional; usar estruturas de economia de espaço; entre outras;

- d) *Template 4* – Prevenir um Evento Negativo de Ocorrer: se existe a necessidade de prevenir a ocorrência de um evento negativo, considera-se destruir/modificar o fluxo, destruir/modificar o caminho do fluxo ou ainda modificar todo sistema;
- e) *Template 5* – Alcance/Saída Errada da Função: quando o verdadeiro problema está em como mudar o alcance/saída sem introduzir uma verdadeira mudança no processo. Sugere-se, então, maximizar/minimizar a concentração do fluxo no espaço e no tempo, criar/destruir um fluxo, modificar o fluxo ou o caminho, entre outros;
- f) *Template 6* – Ações Mal Controladas: quando a ação é difícil de controlar e necessita-se otimizar a metodologia e as ferramentas. Recomenda-se, assim, controlar todas as fases do processo para obter-se melhores resultados. Ou ainda, incrementar a produção de forma bastante rápida e então remover o resultado em excesso;
- g) *Template 7* – Padrões de Restrições em Soluções Potenciais: se a solução para o problema se relaciona com a necessidade de mudanças na estrutura do sistema, referentes a elementos ou a conexões. Os padrões de restrições podem ser explicados pela seguinte sentença “Qualquer alteração sempre significa despesa adicional”.

2.5.7 Discussões referentes à seção 2.5

O estudo referente a cada um dos seis grupos heurísticos compiladas por Tessari e De Carvalho (2015) possibilitou a contextualização e o embasamento para definições pertinentes à estrutura do índice unificado proposto nesta dissertação.

Dentre as diversas propostas de configurações dos índices demonstrados anteriormente, reforça-se a importância de categorizar as heurísticas em classes afins destacando suas principais características, atributos e funções. Observaram-se ainda alguns aspectos em

comum relevantes entre os índices propostos para cada grupo. O Quadro 1 possibilita a visualização e comparação dos índices propostos em cinco dos grupos estudados, excluindo-se apenas o grupo dos “6 Princípios” de Savransky (2000), que não possui indicação de índice.

40 PRINCÍPIOS INVENTIVOS (MANN, 2002) Contradições Físicas	PADRÕES INVENTIVOS (Altshuller, 1999)	121 HEURÍSTICAS (DE CARVALHO; WEI; SAVRANSKY, 2003)	PRINCÍPIOS COMBINADOS (Mann, vDewulf, Zlotin e Zusman, 2010)	TEMPLATES (Yezerky, 2006)
1. SEPARAÇÃO NO ESPAÇO	1. CONSTRUIR E DESTRUIR UM MODELO SU-CAMPO	1. TRANSFORMAÇÕES DA FORMA	1. DESEMPENHO FÍSICO	1 - ENFRENTAR PROBLEMAS PERTENCENTES A ALTOS NÍVEIS ESTRUTURAIS
2. SEPARAÇÃO NO TEMPO	2. MELHORAR UM MODELO SU-CAMPO	2. TRANSFORMAÇÕES DE ESTRUTURA	2. EFICIÊNCIA	2 - PROBLEMAS RELACIONADOS COM O TEMPO
3. SEPARAÇÃO POR CONDIÇÕES	3. TRANSIÇÃO DO SISTEMA DE BASE PARA UM SUPERSISTEMA OU MICRÔNÍVEL	3. TRANSFORMAÇÕES NO ESPAÇO	3. 'IDADE' (Confiabilidade, Reparabilidade, etc)	3 - PROBLEMAS RELACIONADOS COM O ESPAÇO
4. TRANSIÇÃO PARA UM SISTEMA ALTERNATIVO:	4. DETECÇÃO E MEDIÇÃO	4. TRANSFORMAÇÕES NO TEMPO	4. MANUFATURA E CUSTO	4 - IMPEDIR QUE UM EVENTO NEGATIVO ACONTEÇA
4.1 TRANSIÇÃO PARA UM SUBSISTEMA	5. APLICAR UM PADRÃO INVENTIVO A UM SISTEMA TÉCNICO PADRÃO (AJUDANTES)	5. TRANSFORMAÇÕES DE MOVIMENTOS E FORÇAS	5. MEDIÇÃO	5 - SAÍDA ERRADA DE FUNÇÃO
4.2 TRANSIÇÃO PARA UM SUPERSISTEMA		6. TRANSFORMAÇÕES DE UM MATERIAL		6 - AÇÃO MAL CONTROLADA
4.3 TRANSIÇÃO PARA UM SISTEMA ALTERNATIVO		7. EXPEDIENTES DE DIFERENCIAÇÃO		7 - PADRÕES DE RESTRIÇÕES COMO POTENCIAIS SOLUÇÕES
4.4 TRANSIÇÃO PARA UM SISTEMA INVERSO		8. MUDANÇAS QUANTITATIVAS		

Quadro 1- Comparação entre os Índices existentes
Fonte: Autoria própria (2016).

Observou-se que algumas classes repetiram-se nos diferentes grupos de heurísticas. Pode-se destacar:

- As classes ‘Transformação no Espaço’ e ‘Transformação no tempo’ estão presentes na classificação proposta por três referências: i. 121 Heurísticas (DE CARVALHO, WEI, SAVRANSKY, 2003); ii. Templates (YEZERSKY, 2006); iii. Princípios Inventivos para as contradições físicas (MANN, 2002).
- A Classe ‘Transição do sistema de base para um Supersistema ou ao um micro-nível (subsistema)’ também pode ser encontrada com nomenclatura similar em três grupos: i. Princípios Inventivos para contradições físicas (MANN, 2002); ii. Padrões Inventivos (ALTSULLER *et al.*, 1999); e iii. Templates (YEZERSKY, 2006).
- A Classe ‘Medição e Detecção’ é sugerida em dois grupos de diferentes heurísticas: i. Padrões Inventivos (ALTSULLER *et al.*, 1999); e, ii. Princípios Combinados (MANN *et al.*, 2010)

De Carvalho, Wei, Savransky (2003, p.34) realizam também a comparação e classificação dos 40 Princípios Inventivos dentro das classes propostas para as 121H. O resultado encontrado, observado anteriormente na seção 2.5.3, demonstrou que estas heurísticas não são diretamente relacionadas mas são complementares, o que enfatiza a importância da existência e interação de cada conjunto de heurística. Ao analisar a junção

destas heurísticas, observou-se que as classificações propostas possuíam um caráter mais abrangente, fator que contribuiu para a junção das heurísticas e direcionamento dos 40 Princípios Inventivos para cada classe.

As conexões entre os grupos heurísticos apresentados nesta seção, assim como as classes comuns entre os diferentes grupos apresentados no quadro 1, demonstram ser possível o desenvolvimento de um índice unificado que facilite a utilização das heurísticas compiladas. Evidencia-se, também, a importância de uma classificação que abranja as diferentes heurísticas, sem excluir ou dificultar que estas sejam encontradas pelos projetistas e solucionadores de problemas.

2.6 A IMPORTÂNCIA DOS EXEMPLOS PARA AS HEURÍSTICAS

Com a análise dos seis grupos heurísticos compilados foi possível observar a presença e ausência dos exemplos. A inexistência do exemplo, ou a pouca importância empenhada na descrição deste, torna o processo de assimilação do significado e relevância da heurística muito mais lenta e difícil para o projetista.

A resolução de problemas por meio de analogias pode ser definida como uma estratégia de transferir conhecimento de soluções de problemas do passado para um novo problema. Assim, é possível relacionar a experiência passada de resolução e transferir o conhecimento para a construção de soluções de problemas específicos (MAYER, 1992). Os exemplos já apresentados anteriormente e os apresentados a seguir tem por objetivo demonstrar a importância destes para a aplicabilidade da heurística e a relevância de suas analogias para resolução de novos problemas.

O software (ZLOTIN e ZUSMAN, 2005), ‘Innovation Workbench Software System TM’ apresenta exemplos textuais/ilustrados, de soluções para algumas heurísticas. A figura 21, demonstra o exemplo aplicado a heurística “Inversão” - “Substituir uma ação com uma ação contrária”.

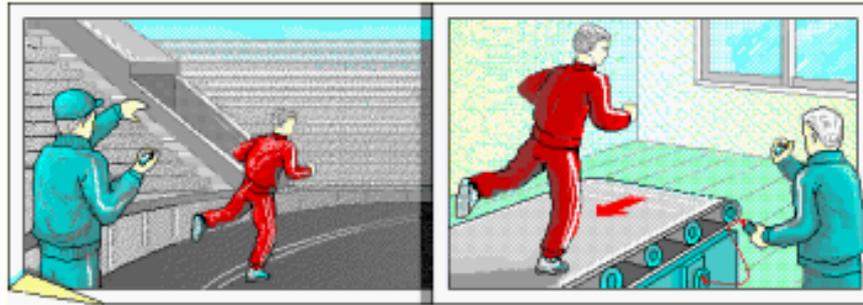


Figura 21 - Exemplo ilustrado da heurística “Inversão”
Fonte: Zlotin e Zusman (2005).

O exemplo refere-se ao controle do ritmo da corrida do atleta durante o treinamento: o controle correto do ritmo de corrida ocorre quando o atleta tem a compreensão de quando correr em um ritmo moderado ou rápido. O método mais eficiente de treinamento é então, ao invés do atleta correr em uma pista, fazer com que o atleta corra em uma esteira rolante enquanto o treinador varia a velocidade, controlando assim o ritmo do atleta.

A seguir tem-se exemplos técnicos orientados ao “Princípio Inventivo - Segmentação” do livro do Altshuller (1998):

- a. Dividir um objeto em partes independentes (Figura 22).

SEGMENTAÇÃO

A. Dividir um objeto em partes independentes

Um ângulo de 90 graus em um grande duto de ar foi segmentada, para um melhor fluxo de ar e redução de turbulência.

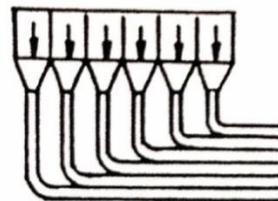


Figura 22 - Exemplo da heurística Segmentação
Fonte: Adaptado e traduzido de Altshuller (1998).

- b. Seccionar um objeto (Figura 23).



Figura 23 - Exemplo da heurística Segmentação “b. Seccionar um objeto”
Fonte: Adaptado e traduzido de Altshuller (1998).

A ilustração, juntamente a descrição textual, faz com que o processo de entendimento da heurística se torne mais simples e intuitivo.

A seção a seguir demonstra como os estudos similares ao proposto nesta dissertação abordam as questões estruturais, textuais e visuais dos exemplos e suas respectivas heurísticas.

2.6.1 Exemplos em Estudos Similares à Proposta da Dissertação

Escobar *et al.* (2014) propõem uma metodologia apoiada no desenvolvimento de uma ferramenta que consolida regras heurísticas e exemplos de aplicação em diferentes áreas (por exemplo, engenharia, design industrial e Biomimética).

A abordagem utilizada pelos autores engloba três fases. A primeira, de estruturação, é relacionada à compreensão do problema em si (decomposição do problema dentro de blocos funcionais). A segunda, à formalização do problema, onde seleciona-se o subsistema que se quer reprojeter e utiliza-se o método de causa e efeito para analisar o subsistema selecionado. E a terceira, de resolução, onde ocorre a implementação das regras heurísticas (78 regras heurísticas). Sugere-se posteriormente a realização de um *brainstorming*. A sistemática proposta pelos autores possibilita que os projetistas entendam como os diferentes princípios de solução podem ser integrados em seu processo criativo.

Daly *et al.* (2012) propõem um trabalho chamado “Projeto Heurístico”. O estudo realizado pelos autores parte da análise do processo de ideação de engenheiros e designers. Tem como foco desenvolver a capacidade dos estudantes e dos profissionais em projetar

soluções inovadoras para os problemas cada vez mais complexos no mundo de hoje (DUDERSTADT, 2008; SHEPPARD *et al.*, 2009).

Para os autores ao considerar um conjunto diversificado de conceitos potenciais, o projetista tem mais chances de se deparar com soluções inovadoras (BROPHY, 2001; LIU e BLIGH, 2003). No entanto, os projetistas muitas vezes se focam em opções específicas geradas no início do processo de projeto. Neste contexto, o conjunto de heurísticas identificado pelos autores em estudos empíricos anteriores forneceu instruções para o desenvolvimento de ‘Cartões’ para auxiliar os projetistas na busca de novas ideias.

A estratégia utilizada nos ‘Cartões’ inclui a descrição da heurística, representada por uma imagem abstrata que descreve a sua aplicação, e dois exemplos de produtos que mostram como a heurística é evidente em produtos de consumo existentes (Figura 24).



Figura 24 - Exemplos de Cartão “Projeto Heurístico”
Fonte: Adaptado de Daly *et al.* (2012).

De acordo com os autores os cartões desenvolvidos no “Projeto Heurístico”, não são regras de projeto que devem ser seguidas, mas sim, estratégias para facilitar o próprio processo de ideação, aumentando a variedade de combinações e desenvolvendo ideias em direções incomuns. Como resultado observou-se que os projetistas que utilizaram os cartões exploraram alternativas diferenciadas, gerando conceitos mais criativos. Os autores consideram assim que as utilizações das heurísticas, juntamente com seus exemplos, possuem um elevado potencial de geração de soluções novas e criativas.

2.7 Considerações da Fundamentação Teórica

Nos grupos de heurísticas compiladas por Tessari e De Carvalho encontrou-se na literatura exemplos disponíveis para cinco dos seis grupos estudados. No entanto, em muitos

dos casos, os exemplos propostos possuíam uma descrição muito superficial sem elucidar a relação direta da heurística com o exemplo citado. Ou ainda, os exemplos disponíveis possuíam um grau de complexidade elevado, o que demonstra a necessidade de busca por exemplos mais didáticos. Apenas em alguns grupos, como os dos Princípios Inventivos, foi possível identificar a relevância dada aos exemplos através de ilustrações como nos casos destacados anteriormente na seção 2.6.

Os dois modelos de estudo similares analisados, na seção 2.6.1, possibilitaram a compreensão de como tal abordagem pode ser eficiente. Contudo, é importante destacar que nenhuma das abordagens demonstra a utilização de um índice para organização das heurísticas, o que pode dificultar sua seleção e aplicação de modo prático. Além disso, as heurísticas estudadas por estes autores não englobam todas heurísticas inventivas da TRIZ compiladas, consideradas originais.

As seções anteriores permitiram identificar pontos passíveis de melhoria. Fica evidente a importância da padronização de um índice que unifique o elevado número de heurísticas compiladas por Tessari e De Carvalho, e que ao mesmo tempo, torne sua aplicação dinâmica e acessível aos projetistas iniciantes. Para isso, os exemplos demonstraram ser de grande relevância tornando mais clara a compreensão da heurística.

Entende-se então, que o uso de exemplos permite a melhor compreensão da heurística e geração de analogias com processos e produtos já implementados e de viabilidade comprovada. Ainda que os exemplos disponíveis não sejam da área específica do projetista, os mesmos podem fomentar e estimular a criatividade na solução e ideação de outro projeto.

3 MÉTODO DE PESQUISA

A fim de sistematizar o processo de pesquisa e atender aos objetivos formulados para este estudo serão descritos neste capítulo as etapas seguidas na investigação científica, demonstrando a caracterização da pesquisa, sua abordagem, os procedimentos e as fases de desenvolvimento e análise do modelo proposto.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa tem como enfoque a análise qualitativa de natureza interpretativa (MOREIRA E CALEFFE, 2006). Segue uma abordagem exploratória que possibilita a investigação sobre um problema ou situação que fornece *insights* para o pesquisador. De acordo com Reis (2010), a abordagem exploratória em pesquisa tece o primeiro passo para compreensão de um tema em que o pesquisador precisa se imbuir de conhecimentos para buscar novas abordagens.

O processo de análise dos resultados obtidos desta dissertação é focado no levantamento de dados e informações presentes em bibliografias existentes e no estudo comparado. Propõe-se assim a utilização do método comparativo, de análise e interpretação do material similar existente na literatura para averiguar a relevância do resultado alcançado. O método comparativo ocupa-se da explicação dos fenômenos e permite analisar o dado concreto, deduzindo desse “os elementos constantes, abstratos e gerais” (LAKATOS; MARCONI, 2007, p.107). Centrado em estudar semelhanças e diferenças, esse método realiza comparações com o objetivo de verificar semelhanças e explicar divergências do modelo proposto (PRODANOV; DE FREITAS, 2013, p.38).

Cabe destacar que, o processo de comparação possui analogia com o método de validação de modelos numéricos. O modelo numérico é desenvolvido a partir de equações diferenciais, que representam fenômenos naturais, e conduzem a resultados numéricos que exigem a comparação com soluções de referência para se certificar da coerência desses resultados. Ou seja, os resultados obtidos pelo emprego do método numérico passam por um processo de *benchmarking*, no qual são comparados com resultados de um modelo referência pré-estabelecido (Modelo Físico, experimental ou mesmo outro modelo numérico). Jauregui e Silva (2011) ressaltam que todo processo de validação numérica pode ser feito através de uma comparação entre um padrão ou um modelo de referência com o modelo em estudo.

Desse modo, a proposta de análise do catálogo de heurísticas também escolhe um modelo de referência, que corresponde a soluções de problemas inventivos anteriores, reconhecidas por sua efetividade e inovação dentro da TRIZ Clássica. Por meio de experimentos empíricos, com a utilização do catálogo e suas heurísticas busca-se gerar ideias e soluções que alcancem resultados eficientes, comparando estas com o modelo de referência.

O público alvo, ao qual se direciona o catálogo, abrange projetistas e solucionadores de problemas iniciantes na TRIZ, uma vez que, como apresentado na introdução, os projetistas iniciantes além de possuírem dificuldade em compreender e aplicar a TRIZ devido a sua complexidade, possuem problemas no processo de geração de analogias.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Seguindo as considerações anteriores foram delimitadas as seguintes fases da pesquisa (Figura 25).

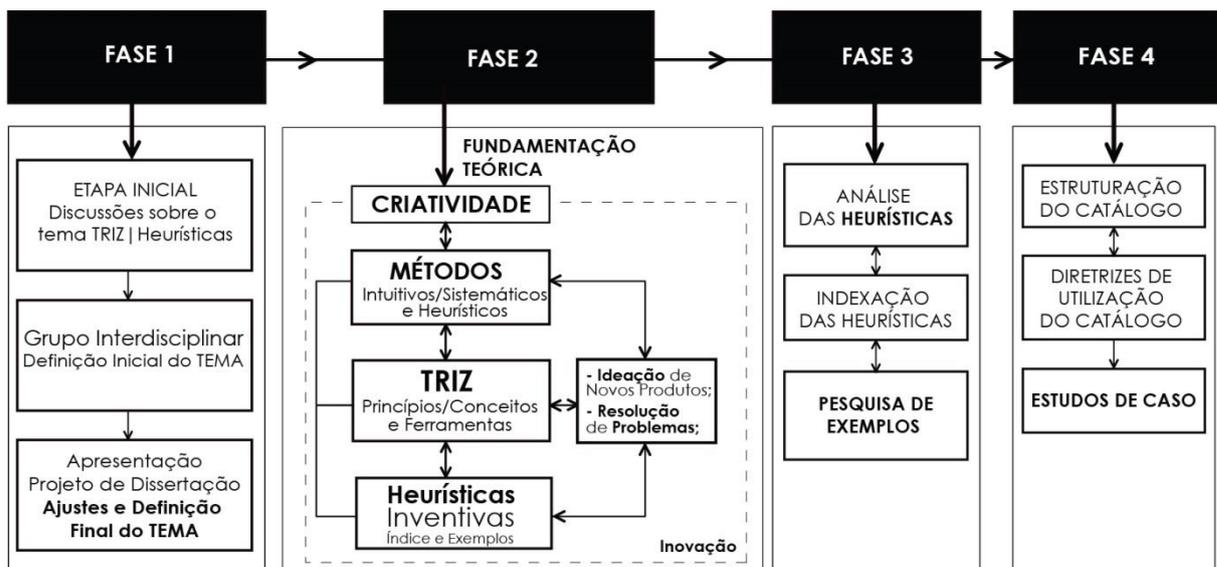


Figura 25 - Fases da pesquisa (Visão Geral)
Fonte: A autora (2016).

A fase 1 corresponde a etapa de discussões e definições do tema ocorrida antes da apresentação do Projeto de Dissertação. Nesta fase, de modo concomitante ao levantamento de dados na literatura, foram consultados projetistas, pesquisadores e professores ligados à área de metodologia, criatividade, inovação, engenharia, design, entre outras. Esta troca de experiências possibilitou delinear o tema final da pesquisa.

Na pesquisa bibliográfica, fase 2, foram abordados temas considerados relevantes para o entendimento e elaboração do modelo de catálogo proposto nesta dissertação:

1. Análise de Metodologias para resolução criativa e geração de analogias;
2. Métodos, conceitos e ferramentas da TRIZ que possam auxiliar na indexação e construção das diretrizes de utilização do catálogo pelos projetistas;
3. Heurísticas inventivas da TRIZ, compilação realizada por Tessari e De Carvalho (2015);
4. Levantamento de estudos relacionados que forneçam índices e exemplos inventivos para os grupos de Heurísticas estudados.

A fase 3 corresponde a etapa de desenvolvimento do modelo proposto. Desse modo, as 263 heurísticas compiladas por Tessari e De Carvalho, ressaltadas na fundamentação teórica, são analisadas, a fim de mapear exemplos e estruturar a indexação unificada dos grupos de heurísticas compiladas. A figura 26 mostra cada uma das etapas da fase 3 com detalhes.

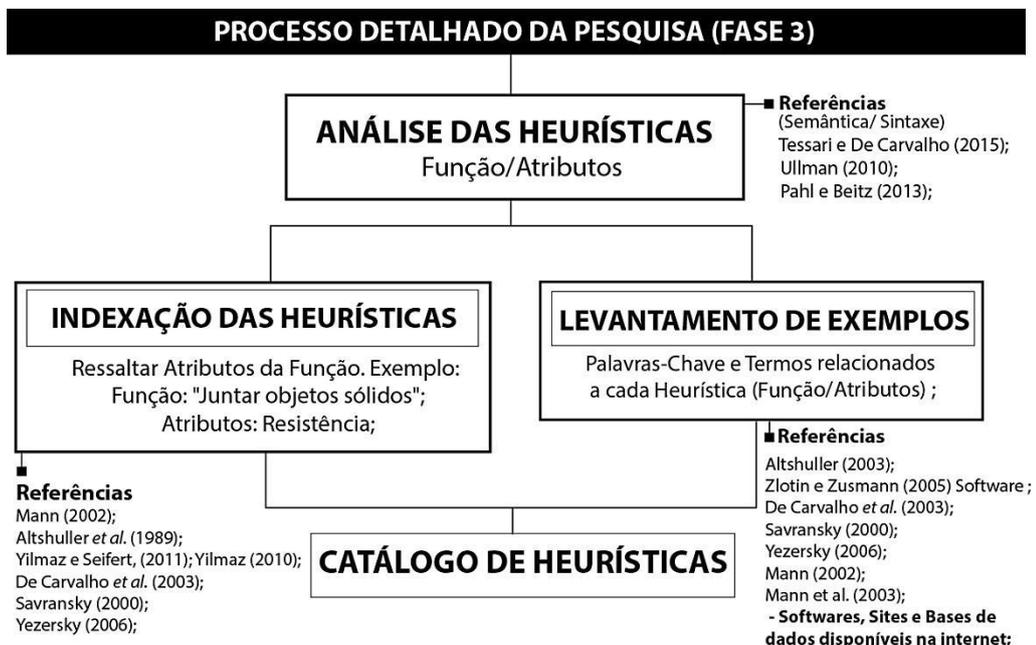


Figura 26 - Detalhamento 'Fase 3'
Fonte: A autora (2016).

A obtenção de dados para a pesquisa dos exemplos ocorreu através de palavras-chaves relacionadas às funções e atributos de cada uma das heurísticas. As fontes de busca incluem literaturas de autores relacionados, softwares de TRIZ, banco de dados, *journals*, *internet*, entre outros. O processo de desenvolvimento do índice também ocorreu nesta fase baseando-se, principalmente, em estudos de índices anteriores.

A fase 4, etapa final, demonstra a estruturação dos exemplos dentro do catálogo, diretrizes e análise em estudo de caso (Figura 27).

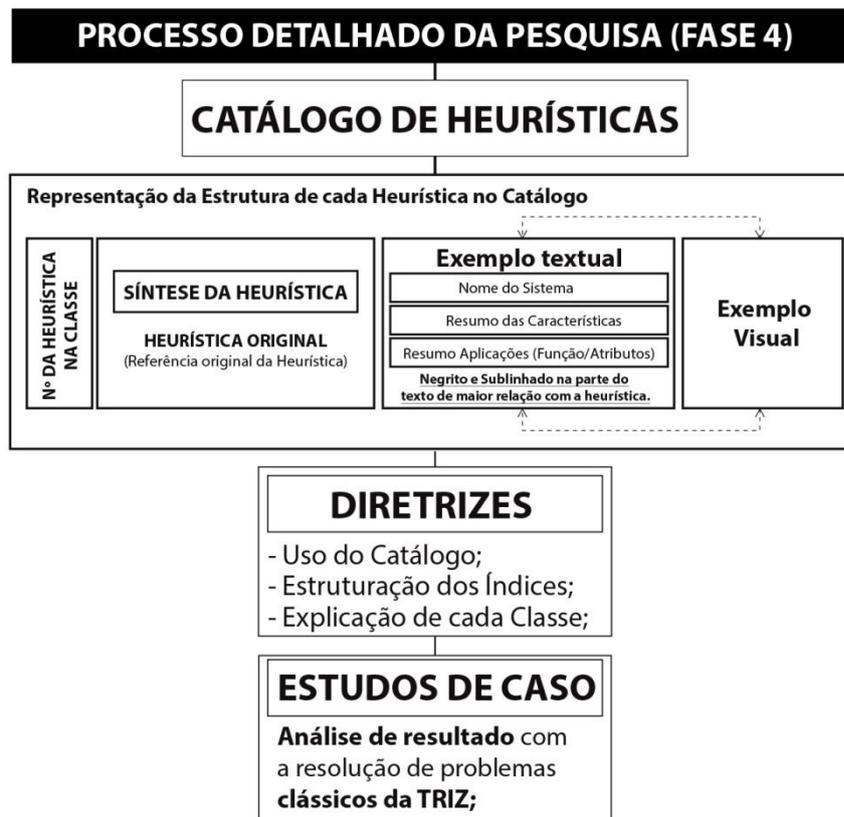


Figura 27 - Detalhamento 'Fase 4'
 Fonte: A autora (2016)

A estrutura do catálogo descreve a heurística em seu texto original e, quando necessário, de forma sintética, de acordo com complexidade e dimensões do texto original que define a heurística. Os exemplos referentes a estas são descritos em modo textual e visual. O texto que descreve o exemplo contém aspectos referentes ao nome do sistema, resumo das características e aplicações, com destaque (negrito e sublinhado) ao trecho de maior relevância para o entendimento da heurística. Os exemplos apresentados de modo visual com imagens fotográficas ou ilustrações, buscam facilitar o entendimento e o desenvolvimento de analogias.

As diretrizes de uso do catálogo envolvem, primeiramente, a definição do escopo do projeto e descrição do problema solucionado. O problema deve ser explorado e muito bem definido de modo específico e abstrato a fim de facilitar a escolha por uma das classes presentes no índice.

O processo de análise dos resultados obtidos com o emprego do catálogo, como ressaltado anteriormente, é semelhante ao modelo de validação numérica. Os resultados oriundos do emprego do Catálogo Heurístico serão comparados, por meio de estudos de caso, com modelos de referência que correspondem às soluções de problemas da TRIZ Clássica. A

comparação das soluções encontradas visa demonstrar a coerência dos métodos no processo de geração de ideias e solução de problemas inventivos. Parte-se do princípio de que, caso seja possível alcançar resultados similares à solução clássica da TRIZ, o catálogo de heurísticas se mostrará relevante na geração de ideias criativas e soluções inventivas de elevado potencial inovador, assim como outros métodos consolidados utilizados pela TRIZ.

4 RESULTADOS

Neste capítulo é demonstrado o processo de elaboração do modelo de “Catálogo Heurístico” proposto. Inicialmente, são apresentados detalhes do processo de mapeamento dos exemplos referentes a cada heurística compilada. Posteriormente, descreve-se a estratégia utilizada para definição do índice das 263 Heurísticas Compiladas e, por fim tem-se a descrição das diretrizes de aplicação do catálogo.

4.1 Método de Pesquisa e Seleção de Exemplos para as Heurísticas Compiladas

Para atingir o objetivo definido, de mapeamento de exemplos para cada uma das heurísticas, procurou-se:

- a) Identificar, dentre as referências abordadas na fundamentação, exemplos direcionados a cada heurística compilada;
- b) Analisar, selecionar e complementar exemplos presentes na literatura;
- c) Pesquisar novos exemplos, quando: i. As heurísticas não possuem exemplos disponíveis na literatura; ii. Quando os exemplos existentes não deixam clara sua relação com a heurística; iii. Quando os exemplos existentes são complexos demais e/ou difíceis de serem compreendidos devido a insuficiência das explicações textuais e/ou visuais.

Inicialmente, o método de busca de exemplos foi focado na análise das referências bibliográficas de autores precursores de cada grupo de heurística compilado (Seção 2.5). Observou-se, que: partes dos exemplos disponíveis na literatura possuem uma descrição muito superficial, sem detalhes textuais ou visuais que tornem mais didático o seu entendimento, demandando um conhecimento prévio do assunto. Ou ainda, em alguns casos, os exemplos não deixam clara a aplicação da heurística. Deste modo, estes exemplos, mais complexos, receberam uma redação mais detalhada ou foram substituídos por novos exemplos.

No caso das heurísticas referentes aos Princípios Combinados (Seção 2.5.5), não foram encontrados exemplos disponíveis na literatura. Assim, este grupo, que abrange um total de ‘46 Princípios Combinados’, necessitou de pesquisa e direcionamento de exemplos novos.

O método utilizado na pesquisa de novos exemplos incluiu a analogia simbólica referente à busca de exemplos por meio de palavras-chave (BACK *et al.*, 2008, p.258). Este método consistiu no uso de palavras-chave que expressam de forma condensada a função e os

atributos de cada heurística. O método permitiu assim analisar as heurísticas e encontrar novos exemplos de soluções ou aplicações destas.

Deste modo, no processo de pesquisa de novos exemplos, o uso de palavras-chave foi a estratégia principal. O procedimento pode ser descrito nos seguintes passos:

1. Entender e verificar a essência da Heurística através da formulação de sua função, atributos e características associadas;
2. Escolher, primeiramente, uma palavra-chave relacionada diretamente com os termos utilizados na descrição da heurística. Em seguida, caso os resultados encontrados não sejam satisfatórios, encontrar sinônimos possíveis, assim como termos e atributos mais específicos e mais gerais para realizar uma nova consulta. Por exemplo, a heurística referente ao Princípio Combinado “41 - Reduzir o peso das partes individuais”: uma palavra-chave relacionada diretamente a sua função utilizada na busca de exemplos foi “Reduzir-Peso” (*Reduce weight*). Ou ainda, foram explorados sinônimos e/ou termos com significados similares, tais como: ‘Diminuir Peso’, ‘Reduzir dimensões’, ‘Tornar mais leve’, entre outros. O Atributo da função, “Otimização estrutural” (*Structural Optimization*) também foi utilizado para busca de exemplos (Figura 28);
4. Mapear e selecionar exemplos potenciais para as heurísticas;
5. Redigir descrição do exemplo ressaltando características relevantes do sistema e ressaltar a ligação com a heurística;
6. Encontrar exemplos visuais (imagens, ilustrações, fotografias, entre outras), correspondentes ao exemplo selecionado, que sejam de fácil assimilação.

O processo de pesquisa, produção e redação de exemplos foi focado em situações, processos e produtos reais em que a criatividade ou a grande capacidade competitiva proveniente de inovação foram evidenciadas. As fontes de pesquisa incluíram banco de dados *online*, patentes, revistas *online*, livros, entre outros.

Na estruturação das heurísticas no catálogo, optou-se por uma padronização dos exemplos mapeados para cada heurística. Na composição e descrição dos exemplos o conteúdo foi organizado em colunas. Na figura 28, demonstra-se um exemplo de sistematização da heurística.

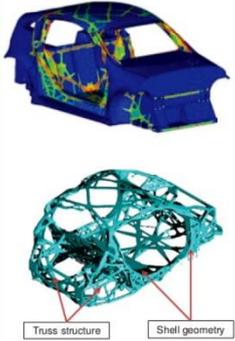
n°	Heurísticas		Exemplo
146	<p style="text-align: center;">REDUZIR PESO</p> <p>Reduzir o peso das partes individuais.</p> <p><small>(Ref: Princípio Combinado 41 [10])</small></p>	<p>Fortalecer as peças que suportam a carga principal, reduzindo o peso / dimensões de outras peças.</p> <p><small>(Ref: Princípio Combinado 41-B [10])</small></p>	<p>OTIMIZAÇÃO ESTRUTURAL DE UM VEÍCULO</p> <p>A otimização estrutural foi aplicada no projeto de um veículo elétrico para obtenção de uma geometria vantajosa. Para a criação de um veículo seguro e eficiente, o desempenho da estrutura de um veículo é essencial, uma vez que esta precisa suportar as cargas e ser leve. <u>O projeto propõem assim uma redução de peso na carroceria. A composição de todo o sistema de modo mais leve melhora a eficiência e o desempenho das funções do veículo. Além de reduzir o consumo elétrico e fortalecer o motor e as estruturas que suportam a carga principal [39].</u></p>  <p style="text-align: center;"><small>Structural Optimization [39]</small></p>

Figura 28 - Estrutura das Heurísticas e Exemplos
Fonte: A autora (2016)

De modo detalhado:

- a) Primeira coluna: destinou-se à nova numeração que todas as heurísticas compiladas receberam. A fim de formar uma lista única com as 263 heurísticas compiladas (178 heurísticas principais e 85 derivadas), estas foram numeradas em ordem crescente, com início nos 40 Princípios Inventivos. A numeração foi pensada para facilitar a identificação da heurística;
- b) Segunda coluna: apresenta a heurística na forma original, ou sintetizada quando necessário, a fim de facilitar a interação com o projetista. Em algumas heurísticas que possuem derivações, esta coluna é dividida em duas. A referência original da heurística aparece logo abaixo do texto;
- c) Terceira coluna: refere-se à descrição do exemplo que ressalta características importantes para o entendimento da heurística. Na descrição textual utiliza-se marcações gráficas (negrito e o sublinhado) para destacar a parte de maior relação com a heurística. Em determinados casos, a parte escrita é reduzida por se tratar de um sistema mais simples. Todavia quando necessário, o texto descritivo acrescenta maiores detalhes do funcionamento do exemplo para facilitar a compreensão;
- d) Quarta e última coluna: demonstra o exemplo de forma visual a fim de facilitar o entendimento e estimular também o processo de geração de soluções.

A intenção do padrão desenvolvido é possibilitar um melhor entendimento da heurística, contribuindo assim com a “tradução e conexão” de mecanismos, materiais e sistemas para solução de outros problemas e ideação de novos produtos.

O processo de busca e seleção de exemplos envolveu uma pesquisa extensa. Foram direcionados 12 meses para a pesquisa das 263 Heurísticas, ou seja, em cada mês foi necessário pesquisar e descrever aproximadamente 22 exemplos, em paralelo ao desenvolvimento da fundamentação da pesquisa da dissertação e estrutura do catálogo. O grau de complexidade de cada heurística determinou as horas direcionadas na pesquisa, análise e descrição do melhor exemplo para cada uma. As horas contabilizadas na estruturação da heurística e do seu exemplo tiveram uma grande variação, indo de uma hora, até aproximadamente vinte horas dedicadas a determinadas heurísticas.

Algumas heurísticas receberam inicialmente mais de um exemplo, totalizando aproximadamente 400 exemplos pré-selecionados. Estes exemplos passaram posteriormente por uma avaliação e seleção por outros projetistas e especialistas a fim de encontrar um exemplo que melhor representasse a função de cada heurística. A figura 29 mostra uma heurística com o direcionamento de três possíveis exemplos, antes mesmo desta ser estruturada dentro do *layout* gráfico do catálogo.

157	<p>SEPARAR / ISOLAR</p> <p>(Princípio Combinado 64 [57])</p>	<p>Isolar o sistema da fonte do efeito nocivo, particularmente no caso de desgaste, incêndio, explosão, evaporação, impacto térmico, etc.</p> <p>(Princípio Combinado 64 – A. [57])</p>	<p>SISTEMAS DE ISOLAMENTO DE EXPLOSÃO</p> <p><u>Envolve um conjunto de equipamentos (válvulas) que bloqueiam a passagem de chamas através de dutos, prevenindo que uma explosão atinja outros equipamentos no processo.</u> Esses sistemas previnem a expansão de incêndios e explosões de um equipamento para outro pela utilização de válvulas de isolamento, químico ou barreiras passivas [56].</p> <p>PLACAS DE SILICONE OU ACRÍLIO</p> <p>O ranger de dentes ou apertar, é uma desordem funcional que pode ocasionar desgastes na estrutura dentária. <u>Propõem-se para resolução deste problema a utilização de uma placa de silicone ou acrílico para o paciente isolar os dentes da mandíbula superior da inferior. A fim de proteger e isolar os dentes do atrito e das cargas excessivas que estes recebem evitando o desgaste[57].</u></p> <p>PORTA CORTA-FOGO</p> <p><u>A porta corta-fogo é um equipamento utilizado como medida de proteção que visa isolar e conter o incêndio em seu ambiente de origem, impedindo o rápido alastramento do fogo.</u> Esta medida, assim como as paredes corta-fogo, registros corta-fogo, restringem a livre movimentação da fumaça e dos gases quentes no interior dos estabelecimentos (prédios residenciais ou comerciais, saídas de emergências dos cinemas, etc.) o que tende a facilitar o abandono seguro dos seus ocupantes, assim como a operação de combate ao fogo[58].</p>	 <p>[56] Fka, Proteção Contra Explosão.</p>  <p>[57] Revista Metrópole, Bruxismo.</p>  <p>[58] Mirages São Paulo, Porta Corta-fogo com barra antipânico.</p>
-----	---	---	--	---

Figura 29- Demonstração de Heurística e exemplos pré-direcionados no processo de pesquisa.
Fonte: A autora (2016)

Por se tratar de um número elevado, 263 heurísticas, e devido as diferenças de complexidade entre as heurísticas em encontrar exemplos, optou-se pela indicação de um exemplo para cada heurística na estrutura final do Catálogo de Heurística.

4.2 Conceção do índice unificado que englobe as Heurísticas Compiladas

Para atingir o objetivo definido, de criação de um índice mais eficiente, que abranja todas as heurísticas compiladas, procurou-se:

1. Analisar na fundamentação teórica as classificações existentes na literatura para os diferentes grupos de heurísticas;
2. Comparar classes existentes e Heurísticas compiladas;
3. Definir um índice unificado abrangendo as 263 heurísticas compiladas.

A análise da fundamentação teórica dos índices estudados pode ser encontrada na seção 2.5.7 referente à discussões. Nesta seção, foram realizados comparativos entre os grupos heurísticos e os seus respectivos índices propostos anteriormente.

Partindo-se desta análise, considerou-se que a estruturação de um índice com categorias mais específicas, focadas por exemplo, em funções individuais de cada heurística, apesar de relevantes, poderiam dificultar o processo de conexão e classificação dos diferentes grupos devido o elevado número de heurísticas. Além disso, após estudos, observou-se que classes mais específicas, a fim de conter particularidades de cada heurística, formariam um índice com uma variedade de classes muito elevada e com um menor número de heurísticas contidas nestas. Tal fator poderia dificultar a tomada de decisão do projetista o qual teria uma variedade de classes para escolher e ainda correria o risco de não encontrar dentro da classe a melhor heurística para solução de seu problema.

Optou-se assim, por um modelo de índice unificado com classes mais abrangentes, assim como as propostas no estudo de De Carvalho, Wei e Savransky (2003). O caráter generalista proposto para o índice pode ser visto como algo positivo, pois os projetistas e solucionadores de problema tem uma chance menor de excluir uma heurística do seu espaço solução. No entanto, com um índice de caráter abrangente tem-se um número maior de heurísticas direcionado para cada classe a ser analisada, demandando um tempo maior do projetista, mas que também amplia as possibilidades de encontrar a solução mais adequada para seu problema.

Desse modo, adotou-se nesta dissertação um índice com um menor número de classes, que contenham uma quantidade mais elevada de heurísticas, de modo a não excluir heurísticas potenciais da área de pesquisa do projetista. No entanto, a fim facilitar o processo de seleção da classe propõem-se descrever os atributos da função e características das heurísticas contidas em cada classe de um modo geral. Por exemplo, na primeira classe: “Transformar a Forma”, tem-se a descrição de atributos da função referentes a “Melhorias ergonômicas”, “Maior interatividade”, entre outros. Pretende-se, assim, fazer com que o projetista compreenda o que cada classe pode propor auxiliando na escolha da mais adequada para geração de soluções com maior potencial.

4.2.1 Descrição do Índice Unificado

Definiu-se, assim, um total de dez classes para as 263 heurísticas compiladas, as quais se direcionam a geração de ideias para solucionar problemas inventivos.

O título definido para cada classe procura orientar os projetistas a identificarem qual a causa do problema e onde está a oportunidade para solucioná-lo. A figura 30 demonstra o índice unificado proposto e suas classes:



Figura 30 - Classes Índice Unificado
Fonte: A autora (2016).

A descrição de cada classe apresenta os problemas para os quais são direcionadas e as características e atributos funcionais de suas heurísticas. Entende-se que a descrição dos atributos funcionais permite conectar exemplos de áreas distintas por meio de abstração comum.

CLASSE 1. Transformar a Forma: considera além das propriedades físicas da geometria externa, as características internas do sistema, a fim de encontrar a melhor composição entre a forma e a função desejada. As heurísticas categorizadas nesta classe são direcionadas à melhoria dos seguintes atributos e características funcionais: facilitar o manuseio de produtos; aumentar a segurança; melhorar a interatividade e ludicidade; melhorar aspectos ergonômicos; otimizar a forma para aproveitar a matéria-prima; aumentar a resistência e eficiência da forma; multiplicar as funções da forma; entre outros.

CLASSE 2. Transformar a Estrutura: refere-se à disponibilização e organização dos elementos essenciais que compõem o sistema. As heurísticas desta classificação auxiliam na resolução de problemas relacionados à construção, organização, arranjo das partes, elementos ou componentes de um sistema. Os atributos funcionais permitem: Otimizar a estrutura; Minimizar as perdas; Uniformizar o sistema; Melhorar a confiabilidade, manufaturabilidade e reparabilidade da estrutura; Modificar a estrutura para reduzir despesas e gastos de energia; Aumentar as funções de cada parte do sistema (universalização); Maior flexibilidade e dinamização; entre outros.

CLASSE 3. Transformar o Espaço: o ‘espaço’ compreende a extensão ocupada por um sistema em uma dimensão, distância, área ou volume. Desse modo, esta classe se relaciona a problemas, como: limitações de espaço; ações prejudiciais de algum sistema presente no espaço; dificuldades de adaptação de sistemas em determinado espaço; entre outros. As funções encontradas nesta classificação referem-se, a: eliminar a necessidade de um objeto; usar espaço desocupado; usar outra dimensão; alterar a orientação dos objetos; alterar a concentração (densidade) de um sistema; entre outras. Pretende-se, assim, com a aplicação desta classe alcançar os seguintes atributos: aproveitamento e otimização da operação e do espaço; adaptabilidade e versatilidade do sistema, respondendo a mudanças externas do espaço; flexibilidade de operação/uso; maior segurança; entre outros.

CLASSE 4. Transformar no Tempo: as heurísticas direcionadas a esta classe apontam caminhos para solução de problemas referentes à necessidade de tempo adicional, controle de tempo, adiamento de uma ação, entre outros. Pretende-se assim, alcançar atributos das funções, como: otimizar o tempo (realizando multifunções de modo rápido ou em paralelo)

eliminando tempos mortos; aumentar a confiabilidade; maior segurança com a realização de ações temporárias para proteger o usuário; realizar operações simultâneas aumentando a eficiência; facilitar a reparabilidade e usabilidade; maior controlabilidade do tempo; entre outros.

CLASSE 5. Transformar Movimentos e Forças: refere-se à ação de um sistema para realização das suas funções. As heurísticas desta categoria se direcionam à resolução de problemas ligados à: perda de produtividade e ineficiência na ação; esforço elevado e perda de energia; peso elevado do objeto móvel; diminuição da qualidade do movimento; entre outros. Pretende-se assim, alcançar os seguintes atributos da função: aumento na produtividade e eficiência da ação; redução de esforços e perda de energia; melhorar o desempenho da ação; dinamizar o objeto e suas funções; mudar a frequência do movimento eliminando ações inúteis; tornar determinadas ações mais seguras; entre outros atributos.

CLASSE 6. Transformar o Material: as heurísticas dessa classificação direcionam-se a resolução de problemas relacionados à incompatibilidade, desperdício, baixa confiabilidade e ineficiência dos materiais que compõem cada sistema. Desta forma, almeja-se alcançar os seguintes atributos da função: aumentar a eficiência do sistema, com a troca ou retirada de materiais supérfluos; utilizar materiais compostos para melhorar a resistência do material; reduzir os custos dos materiais; melhorar a confiabilidade, manufaturabilidade e reparabilidade do material; minimizar desperdícios e geração de resíduos no processo de fabricação do material; uniformizar/ homogeneizar o material; Otimizar o uso dos materiais (Reutilizar); dinamizar o material; tornar o material mais adaptável, por meio de mudanças em propriedades; entre outros.

CLASSE 7. Transformar o Sistema: esta classe propõe a análise da situação problemática de modo sistemático, considerando os relacionamentos dentro e entre os sistemas em diferentes níveis. As heurísticas desta classificação conduzem à análise do sistema e do seu entorno como um todo (supersistema ou macro nível) e/ou a análise do subsistema que considera as partes internas de um sistema (micro nível). Outros termos encontrados nessa classificação são ‘Bissistemas’ e ‘Polissistemas’ que se referem à análise e composição de dois ou de uma pluralidade de sistemas envolvidos no projeto. Desta forma, propõem-se melhorar atributos das funções associadas à: eficiência do todo e das suas partes de modo independente; melhorar as funcionalidades; modificar partes para aumentar a confiabilidade; diferenciar sistemas para que estes se tornem mais dinâmicos; inserir elementos que melhorem a qualidade e controlabilidade do sistema; retirar partes

desnecessárias melhorando a manufaturabilidade; reduzir perdas de energia; ampliar e diminuir sistemas aumentando o desempenho das suas funções; aumentar a resistência; entre outros.

CLASSE 8. Medir e Detectar: esta classe é focada em problemas de medição e de detecção. As heurísticas desta classificação são direcionadas aos problemas relacionados a dificuldades de detecção e medição, como a inspeção ou análise de operações complexas, custosas, consumidoras de tempo e/ou mão de obra, entre outros. Desta forma, pretende-se alcançar os seguintes atributos da função: melhorias na acuracidade (grau de precisão) da medição; evitar a perda de informação; maior confiabilidade e controlabilidade; facilitar o processo de detecção e medição; padronizar o processo de medição e detecção aumentando a sua qualidade; diminuir custos, utilizando aditivos do próprio meio para detecção e medição; aumentar a eficiência com a auto-deteção/medição; entre outros. Determinadas heurísticas dessa classe orientam a adição de substâncias ferromagnéticas no sistema, quando admissível, pois estas na presença de um campo magnético podem possibilitar uma maior controlabilidade no processo de medição e detecção.

CLASSE 9. Impedir Evento Negativo (Interações Negativas): nesta classificação as heurísticas são direcionadas a evitar eventos prejudiciais, relacionamentos insuficientes e/ou excessivos, influências desnecessárias e perigosas, entre outros problemas de interação dentro do projeto. Os atributos das funções desta classe direcionam-se a: aumentar a segurança do sistema e do operador; automatizar o processo para evitar acidentes; modificar substâncias para eliminar desperdícios ou danos ao ambiente; aumentar a resistência para evitar deformações; isolar sistemas perigosos e interromper efeitos danosos aumentando a confiabilidade no sistema; entre outros. Algumas heurísticas dessa classe indicam a adição de substâncias ferromagnéticas, quando possível. A introdução destes elementos, assim como na 'Classe 8', aumenta a controlabilidade do sistema através da orientação do campo magnético. Nesta classe especificamente a presença destes elementos podem evitar que efeitos prejudiciais ocorram.

CLASSE 10. Aproveitar Recursos (Interação com os recursos disponíveis no ambiente): esta classe deve ser considerada se houverem restrições relacionadas à introdução de novas substâncias ou campos no sistema. Desta forma, as heurísticas desta classificação demonstram como algo novo pode ser adicionado ao sistema sem introduzir nada de novo. Propõe-se para tal, a utilização de recursos e campos existentes no ambiente, tais como: transições de fases, aplicação de fenômenos físicos, químicos, ou ainda, a adição de elementos

e campos que se decompõem sem prejudicar o sistema ou o ambiente. Assim, os atributos das funções desta classe referem-se assim, a: melhorar a eficiência do sistema; otimizar a utilização dos recursos disponíveis; reduzir custos e efeitos prejudiciais ao meio ambiente; diminuir a geração de resíduos; mudar a concentração das substâncias tornando-as mais ativas; utilizar elementos reativos (física/química) aumentando a controlabilidade e eficiência do sistema; transformação de fase proporcionando maior interatividade; entre outros.

4.2.2 Direcionamento das Heurísticas compiladas para cada classe

O Quadro 2 demonstra os seis grupos e a quantidade de heurísticas principais e derivadas consideradas originais em cada grupo.

GRUPOS DE HEURÍSTICAS	HEURÍSTICAS PRINCIPAIS	HEURÍSTICAS PRINCIPAIS E DERIVADAS
Princípios Inventivos	40	90
Padrões Inventivos	46	46
121 heurísticas	57	57
6 Princípios	2	2
Princípios Combinados	21	46
Templates	12	22
Total (Sem Repetições)	178	263

Quadro 2 - Número de Heurísticas Compiladas em cada grupo sem repetições
Fonte: A autora (2016).

As Heurísticas Principais abrangem 178 Heurísticas. Juntando estas com suas derivadas tem-se um total de 263 heurísticas. Cada heurística foi analisada e direcionada para uma das dez classes.

O processo de direcionamento de cada heurística compilada para as classes ocorreu por meio da análise individual das suas funções e características, designando-as para classes consideradas de maior afinidade e complementaridade. Foram consideradas também as classificações já propostas dentro de outras literaturas estudadas (seção 2.5). Ou seja, as classes mantidas no índice unificado, que são comuns entre os índices de diferentes autores, tiveram suas heurísticas analisadas e agrupadas. Determinadas heurísticas por possuírem relação com mais de uma categoria foram repetidas e mantiveram o mesmo exemplo em diferentes classes.

O Quadro 3, demonstra a distribuição das heurísticas em cada classe incluindo suas repetições.

Heurísticas Classes		Princípios Inventivos	Quant.	Padrões Inventivos	Quant.	121 Heurísticas	Quant.	6 Princípios	Quant.	Princípios Combinados	Quant.	Templates	Quant.	Quant. Total de Heurísticas Principais e Derivadas por Classe (com repetições)	Quant. Total de Heurísticas Principais Derivadas por Classe (com repetições)
Classe 1 TRANSFORMAR A FORMA	4 (A,B,C);6(A);14 (A,B,C,D);15 (A,B,C);	4 (11)		1.5; 1.6; 1.7; 1.8; 1.9; 1.10; 1.11; 1.12; 1.13; 1.14; 1.15; 1.16;	12			48 (B,C,E); 49 (D,E); 62 (A,B)	3 (7)				19	30	
Classe 2 TRANSFORMAR A ESTRUTURA	2(A,B);3 (A,B,C,D);5(A,B);6(A);15 (A,B,C);28 (A,B,C,D);29(A); 33(A);37 (A,B)	9 (20)		2.4; 2.6; 2.8; 2.11; 2.15; 2.16; 2.18; 8.3;	8	a, e	2	41 (B,C); 43 (D); 48 (B,C,E); 49 (D,E); 55(A,B); 63 (A); 68 (A,B);	7 (13)	7.1 (7.1.1;c); 7.1.2;a); 7.2 (b,c,d);	2 (5)		28	48	
Classe 3 TRANSFORMAR O ESPAÇO	1(A,B,C);2(A,B);5(A,B);7(A,B,C); 13(A,B,C);17(A,B,C,D);24(A,B); 39(A,B);	8 (21)		3.6; 3.11; 3.13; 3.14; 3.15; 3.16;	6					3.3 (e)	1 (1)		15	28	
Classe 4 TRANSFORMAÇÕES NO TEMPO	1(A,B,C); 5 (A,B); 9 (A,B);10 (A,B);11 (A);13 (A,B,C); 19 (A,B,C);20 (A,B);23 (A,B)	9 (20)		4.1; 4.6; 4.7;	3			57 (A);	1 (1)	2.1 (a), 2.2 (a,b,c,d,e); 7.3 (7.3.1 a,c);	3 (8)		16	32	
Classe 5 TRANSFORMAR MOVIMENTOS E FORÇAS	8(A,B);10 (A,B);12(A);13(A,B,C);14 (A,B,C,D);15(A,B,C);16 (A); 18(A,B,C,D,E);21(A); 28(A,B,C,D);	10 (26)		5.1; 5.5; 5.6; 5.7; 5.9; 7.4; 8.10; 8.12; 8.13;	9			41 (B,C); 43 (D); 48 (B,C,E);	3 (6)	5.1 (b,c); 5.2 (b)	2 (3)		24	44	
Classe 6 TRANSFORMAR O MATERIAL	25(A,B);26(A,B,C);27(A); 29(A); 30 (A,B); 31 (A,B);32(A,B,C,D); 33(A); 34 (A,B); 35 (A,B,C,D);36(A);37 (A,B); 40 (A);	13 (26)		6.4; 6.5; 6.8; 6.9; 6.15; 6.16; 6.18; 6.19; 6.20; 6.21; 6.22; 6.23;	12			72 (A);	1 (1)				26	39	
Classe 7 TRANSFORMAR O SISTEMA	1(A,B,C);5(A,B);6(A);29(A);31 (A,B);32(A,B,C,D); 36(A);38 (A,B,C,D,E);	8 (19)	1.1.1; 1.1.2; 2.4.4; 2.4.5; 2.4.11; 2.4.12; 3.1.2; 3.1.3; 3.1.5; 3.2.1;	10	6			53 (A,B); 59 (C);	2 (3)	1.1.1; 2;	2 (2)		28	40	
CLASSE 8 MEDIR E DETECTAR	19 (A,B,C);23 (A,B);26(A,B,C);28(A,B,C,D);32(A, B,C,D); 36(A);	6 (17)	4.1.1; 4.1.3; 4.2.1; 4.2.2; 4.2.3; 4.2.4; 4.4.1; 4.5.1; 4.5.2	9				51 (A,B,C,D); 59 (C);	2 (5)				17	31	
CLASSE 9 IMPEDIR EVENTO NEGATIVO	2(A,B);8(A,B);9 (A,B);11 (A);13 (A,B,C);22(A,B,C);24 (A,B); 28(A,B,C,D); 35 (A,B,C,D);38 (A,B,C,D,E);39 (A,B);	11 (30)	1.1.3; 1.1.8; 1.2.1; 1.2.2; 1.2.3; 1.2.4; 1.2.5; 2.1.2; 2.3.2; 2.4.2; 2.4.4; 2.4.5; 2.4.6;	13	1	8.7		64(A); 66 (A,B,C); 67 (A,B,C); 69 (A,B); 71 (A,B,C,D); 74 (A,C); 76 (A,C,D,E); 77 (A,B,C);	8 (22)	1.1; 1.2; 4.1 (f); 4.2 (b,c)	4 (5)		37	71	
CLASSE 10 APROVEITAR RECURSOS	18(A,B,C,D,E);25(A,B);35 (A,B,C,D);36(A);37 (A,B); 38 (A,B,C,D,E);	6 (19)	1.1.4; 1.1.5; 5.1.1.2; 5.1.1.3; 5.1.1.4; 5.1.1.6; 5.1.1.8; 5.1.1.9; 5.2.1; 5.2.2; 5.2.3; 5.3.2; 5.3.4; 5.3.5; 5.4.1; 5.4.2;	16									22	35	
Total com Repetições>>														232	398

Quadro 3 - Distribuição das Heurísticas Compiladas em cada classe (com repetições)
Fonte: A autora (2016).

O gráfico 1, demonstra a distribuição final das heurísticas principais em cada classe.

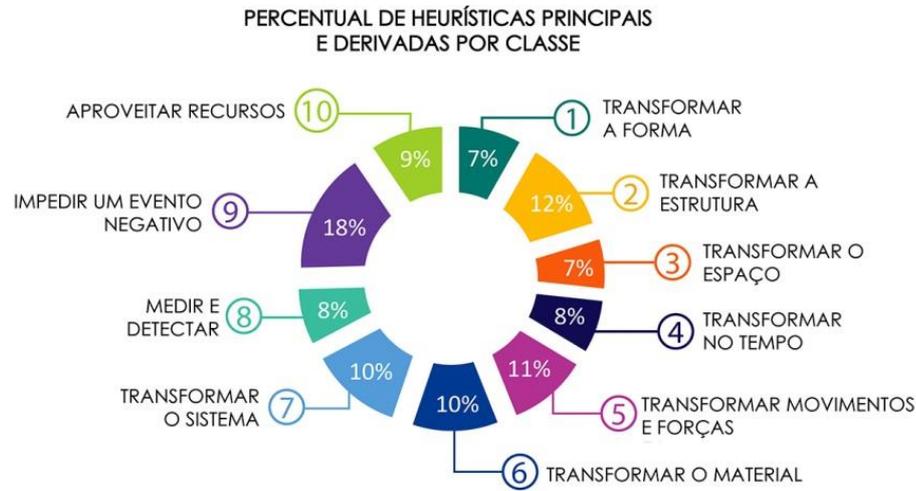


Gráfico 1 - Distribuição de Heurísticas dentro das Classes
Fonte: A autora (2016).

Cada classe agrupou de 15 – 37 Heurísticas Principais. Os grupos que tiveram heurísticas repetidas dentro das classes incluem os Padrões Inventivos, Princípios Combinados, *Templates* e, principalmente, os Princípios Inventivos. Acredita-se que isto se deve principalmente ao caráter mais genérico e abrangente deste grupo heurístico. O Gráfico 2 demonstra o percentual de quantas vezes cada heurística foi classificada dentro das classes.

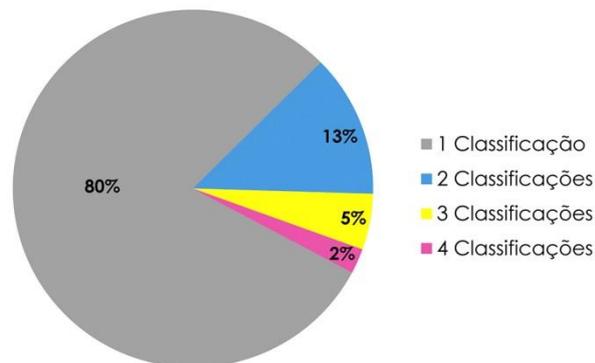
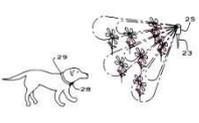
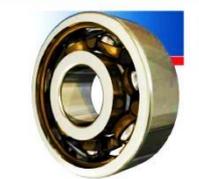


Gráfico 2 - Percentual de classificação de cada heurísticas
Fonte: A autora (2016).

As Heurísticas que foram classificadas quatro ou três vezes, em classes diferentes, representam juntas 7%. As que foram classificadas em duas classes representam 13%, enquanto a grande maioria, 80%, foi classificada em apenas uma classe.

Mesmo sendo um percentual relativamente pequeno de heurísticas aplicadas em mais de uma classe, essa repetição permite que o projetista explore o potencial da heurística em diferentes classes (Figura 31).

n°	Heurísticas		Exemplo	
28	<p style="text-align: center;">SUBSTITUIÇÃO DE MEIOS MECÂNICOS</p> <p>[Ref: Princípio Inventivo 28 [01]]</p>	<p>Substituir um sistema mecânico por um sistema ótico, acústico, tátil ou olfativo;</p> <p>[Ref: Princípio Inventivo 28-A [01]]</p>	<p>CERCA 'ACÚSTICA' <u>Substituir uma cerca física para confinar um cachorro ou gato por uma cerca 'acústica' (sinal audível pelo animal).</u> Neste invento os dispositivos de saída possuem um sistema de contenção para animais de estimação sem fio em que os transmissores de ultrassons definem o perímetro da zona de confinamento [15].</p>	 <p>Remote controlled [15]</p>
<p>Utilizar campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos para interagir com o objeto;</p> <p>[Ref: Princípio Inventivo 28-B [01]]</p>		<p>ROLAMENTO MAGNÉTICO SKF <u>O sistema de rolamentos magnéticos SKF realiza a levitação do eixo e o mantém na posição através da aplicação de forças eletromagnéticas controladas pelo rotor.</u> Os rolamentos magnéticos SKF giram sem superfície de contato, de forma que praticamente não há atrito nem desgaste do rolamento [16].</p>	 <p>Rolamentos Magnéticos ativos [16]</p>	

- ② TRANSFORMAR A ESTRUTURA
- ⑤ TRANSFORMAR MOVIMENTOS E FORÇAS
- ⑧ MEDIR E DETECÇÃO
- ⑨ IMPEDIR UM EVENTO NEGATIVO

Figura 31 - Exemplo Heurística 28
 Fonte: A autora (2016).

A heurística '28 – Substituição de Meios Mecânicos', por exemplo, foi categorizada em quatro classes diferentes. Acredita-se que esta heurística pode fomentar ideias e soluções inventivas dentro de todas essas classes, por exemplo: um sistema que altera seu sistema de mecânico para acústico tem toda sua estrutura de funcionamento modificada (Classe 2- Transformar a Estrutura); Um sistema com campo magnético, elétrico ou pneumático, que transporta uma carga pode ser movimentado mais facilmente, comparado com um sistema mecânico (Classe 5 - Transformar Movimentos e Forças) e, ainda, pode evitar danos ao operador (Classe 9 - Impedir um evento Negativo); Por fim, um sistema de medição eletrônico pode ser muito mais eficiente quando se precisa medir grandes extensões, ou ainda, a detecção de um vazamento radioativo pode ser realizada mais facilmente com um sistema automatizado (Classe 8 - Medir e Detectar).

Entende-se que existe a possibilidade de divergências na tomada de decisão em relação às classificações propostas devido a características cognitivas e perceptivas de cada projetista. Contudo, a classificação apresentada procurou ser estruturada considerando não apenas o exemplo, mas as características mais abrangentes e as funcionalidades de cada heurística.

4.3 Diretrizes de uso para o Catálogo de Heurísticas

O fluxograma da figura 32 demonstra como os projetistas e solucionadores de problemas podem aperfeiçoar o uso do catálogo de heurísticas compiladas e selecionar a classe de modo mais adequado dentro do índice unificado.

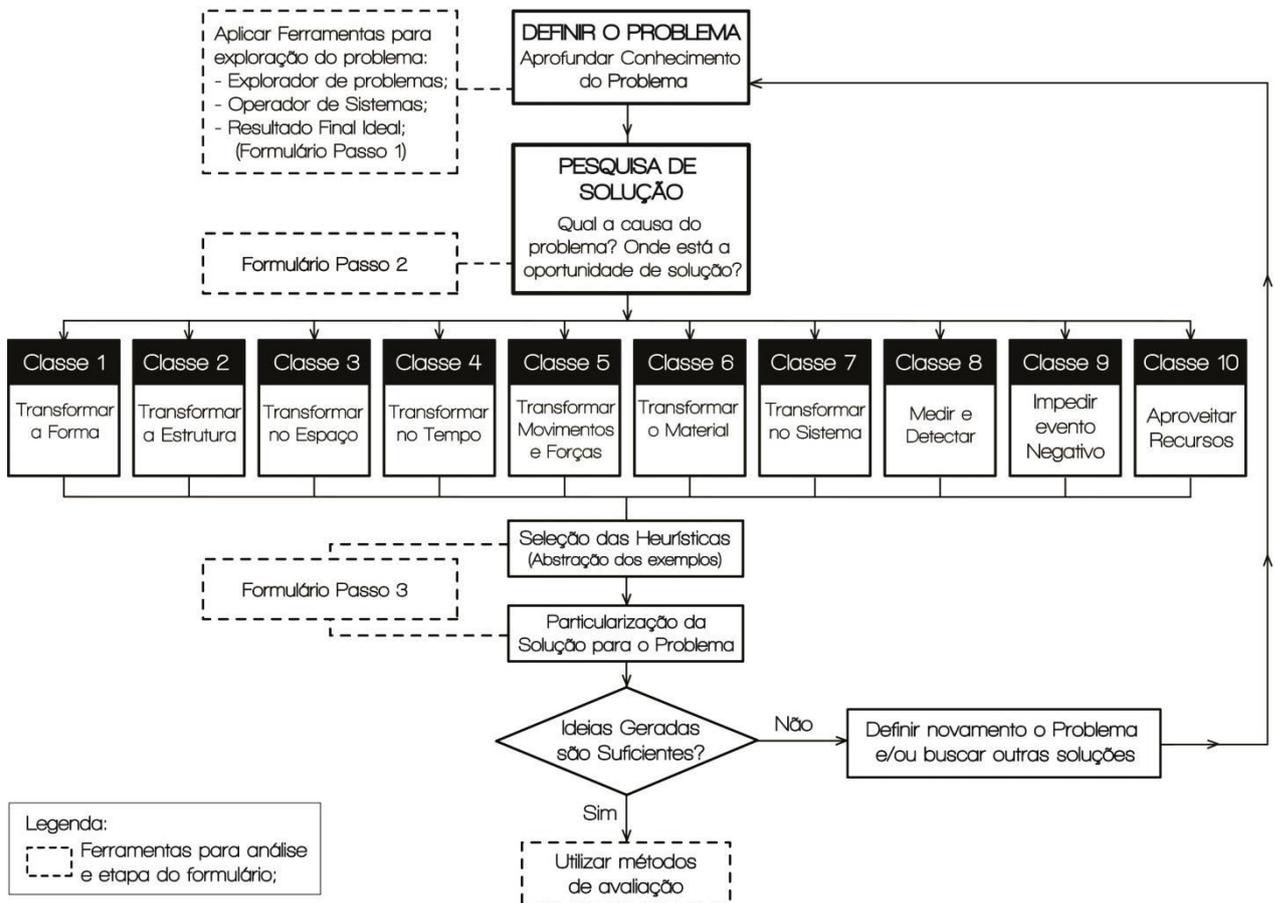


Figura 32 - Fluxograma de Uso
 Fonte: A autora (2016).

O fluxograma indica ferramentas para análise e ‘passos’ presentes no formulário elaborado para auxiliar o processo de utilização do catálogo e pesquisa da solução (APÊNDICE A).

A seqüência sugerida no fluxograma da figura 32 é detalhada a seguir:

1. Definir o Problema (Aprofundar o conhecimento do problema): as diretrizes de uso propõem um formulário que pode auxiliar na descrição do Problema (“Passo 1”, Apêndice A). Caso o projetista sinta necessidade, pode utilizar ferramentas como: “Explorador Hierárquico do Problema (Figura 10)”, “Operador de Janelas (Figura

- 8)” ou ainda “Resultado Final Ideal (Figura 7)”, pois as perguntas do formulário são baseadas nestas ferramentas;
2. Pesquisa de solução: definir “Qual a causa do problema?” e “Onde esta à oportunidade de solução?”, a resposta deve ser direcionada de modo a selecionar uma das classes do índice unificado. O “Passo 2”, Apêndice A, pode auxiliar na estruturação desta seleção;
 3. Seleção das Heurísticas: os projetistas após escolha da classe terão acesso às heurísticas com exemplos de soluções específicas. Estes deverão ser analisados de modo abstrato, a fim de encontrar afinidades funcionais com o problema específico que se deseja solucionar;
 4. Particularização: a heurística selecionada deve ser particularizada, gerando ideias para solucionar o problema específico definido (“Passo 3” Apêndice A);
 5. Ideias Geradas: caso as soluções encontradas, ainda não sejam satisfatórias, recomenda-se definir novamente o problema e/ou selecionar uma nova classe ou heurística. No entanto, caso as ideias sejam consideradas suficientes, recomenda-se a aplicação de métodos de avaliação a fim de identificar a solução proposta de maior potencial para que estas posteriormente possam ser implementadas. Não são abordados nesta dissertação os diversos métodos de avaliação existentes pois estes não se encontram dentro do escopo do estudo.

A sistemática proposta pela diretriz de uso indica como proceder para se obter um conceito eficiente e criativo de solução. O processo de abstração e particularização auxilia na geração de analogias para resolução do problema específico, possibilitando uma comparação mais eficiente com as soluções de outros problemas similares bem-resolvidos.

A versão preliminar do Catálogo de Heurístico proposto é disponibilizada em arquivo separado devido à sua formatação gráfica específica e elevado número de páginas. A figura 33 demonstra algumas imagens de sua estrutura gráfica.



Figura 33 - Imagens de parte da estrutura do Catálogo de Heurísticas
Fonte: A autora (2016)

A estrutura do catálogo pode ser dividida em cinco capítulos: o primeiro referente a TRIZ, apresenta ao projetista definições básicas e algumas ferramentas desta metodologia; o segundo capítulo traz a explicação do que seria o Catálogo de Heurística, diretrizes de uso, descrição de cada uma das 10 Classes e as funções das suas heurísticas, exemplificadas na sequência; o terceiro capítulo mostra a lista geral das heurísticas, organizada em ordem crescente sem os exemplos; no quarto capítulo tem-se o glossário, auxiliando no entendimento de determinados termos; e por fim, o quinto capítulo indica algumas referências caso o projetista queira consultar mais informações.

O catálogo possui dois sumários elaborados de modo a facilitar a utilização e a localização das informações do catálogo pelos projetistas: o primeiro sumário apresenta um índice geral dos cinco capítulos; e o segundo sumário demonstra a síntese de todas as heurísticas presentes em cada uma das dez classes.

Os elementos gráficos, símbolos e diferenciação por cores, torna a estrutura do catálogo mais interativo e auxilia na sua dinâmica de utilização.

5 ESTUDO DE CASOS

O método utilizado para análise do Catálogo Heurístico proposto foi o comparativo, similar ao método de validação numérica. Parte-se do princípio de que a TRIZ Clássica, possui estudos de caso com exemplos de resoluções de problemas reconhecidos pela sua efetividade, criatividade e inovação. Deste modo, estes estudos de caso serão utilizados como referência, a fim de averiguar se é possível atingir resultados coerentes com a aplicação do catálogo proposto.

5.1 Primeiro Estudo de Caso “Produção de bombons em forma de garrafas recheados com licor”

O problema refere-se à necessidade de aceleração do processo produtivo de “garrafas” de chocolates com licor uma vez que este flui de modo lento por ser viscoso e pegajoso. A solução proposta inicialmente sugere o aquecimento do licor para diminuir sua viscosidade e fazê-lo fluir mais rapidamente. No entanto, origina-se assim um outro problema, o licor quente derrete as “garrafas” de chocolate gerando contradições limitantes pois enquanto uma característica melhora, outra é prejudicada.

Dentro da TRIZ Clássica, um dos métodos sugeridos para alcançar a solução é através da Matriz de Contradições. Neste método, deve-se gerar inicialmente uma contradição técnica, selecionando um parâmetro de engenharia melhorado *versus* um parâmetro de engenharia piorado, a fim de encontrar as sugestões de Princípios Inventivos dentro da Matriz. No caso com o aquecimento do licor teve-se uma melhora na “velocidade” do processo. No entanto, a produção do bombom (manufaturabilidade) foi prejudicada com o derretimento e deformações da forma do chocolate. O cruzamento destes parâmetros “velocidade” x “manufaturabilidade” dentro da Matriz sugere alguns Princípios Inventivos, sendo considerado o “13 – Inversão” de maior potencial para solucionar o problema .

Deste modo, a solução proposta pela TRIZ Clássica, a partir desta heurística, sugere a análise do problema em seus diversos níveis não pensando apenas na função “encher” – concentrando-se em encontrar maneiras para derramar o líquido dentro da garrafa – mas sim na formulação independente da tecnologia existente. Por exemplo, “A viscosidade está no interior e o chocolate está no exterior”, “O chocolate envolve o licor”. Com esta visão, sugere-se soluções que não dependem mais do derramamento do licor, mas sim do envolvimento do chocolate no licor (Figura 34). Sendo assim, a solução proposta apresenta

um método alternativo de produção, que implicaria no congelamento do licor em um molde no formato de “garrafa” e em seguida submergi-lo em uma pasta de chocolate derretido, ocorrendo assim a inversão do processo: ao invés de aquecer o licor, este passa pelo processo de resfriamento (GADD, 2011a, p.29 3).

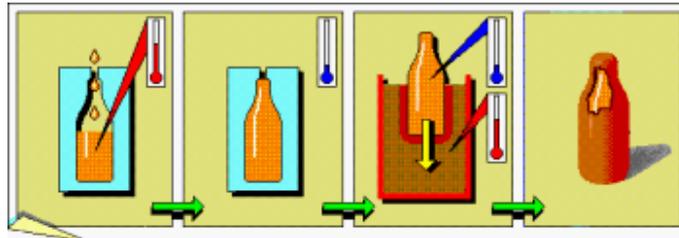


Figura 34 - Fabricação de garrafas de chocolate com licor
Fonte: Zlotin, Zusman (2005)

A solução proposta pela TRIZ na figura 34 é considerada uma referência não apenas pela criatividade da ideia, mas efetividade. Ou seja, a inversão de temperatura do processo de produção pode realmente ser aplicada solucionando o problema. Alguns critérios podem ser destacados na solução proposta: baixo custo de investimento; originalidade; viabilidade; velocidade; e maior eficiência da produção sem deformação do formato da “garrafa”, entre outros.

5.2 Aplicação do Catálogo de Heurística “Produção de bombons na forma de garrafas recheados com licor”

Tendo como referência a solução alcançada dentro da TRIZ Clássica para o problema “Produção de bombons na forma de garrafas recheados com licor”, o mesmo problema foi analisado, aplicando-se as diretrizes de uso do catálogo, a fim de averiguar se seria possível convergir para o mesmo resultado similar. A figura 35, demonstra o passo 1, direcionado a definição do problema.

DIRETRIZES DE USO DO CATÁLOGO	
Passo 1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA
Qual o problema original (específico)?	Licor quente, derrete o chocolate em forma de "garrafa".
Qual o problema genérico?	Dificuldade de juntar elementos / Um elemento deforma o outro.
O que está nos impedindo de resolver o problema? O que mais?	Propriedades físicas do licor e do chocolate/ Processo de produção precisa ser rápido sem deformar o chocolate.
Porque deseja-se resolver esse problema?	Tornar o processo mais eficiente/ rápido e produtivo.
Se necessário vá até o "Operador de Sistema" ou "Explorador da Hierarquia do Problema" (Figura 8 e 10)	
Qual é o resultado final ideal?	Junção do licor com o chocolate por si só.
Se necessário vá até o "Ferramenta Resultado Final Ideal" (Figura 7)	

Figura 35- Passo 1 | Definição do Problema "Fabricação de Chocolate com Licor"

A resposta a este questionário pretende caracterizar o problema em seu aspecto específico e amplo fazendo com que os projetistas entendam também o resultado final ideal, a fim de que estes procurem heurísticas que possam chegar próximo deste resultado. A figura 36 demonstra o segundo passo, referente à pesquisa de solução e seleção da classe.

Passo 2 PESQUISA DE SOLUÇÃO (SELEÇÃO DE CLASSE)	
Qual a causa do problema?	Licor aquecido que derrete o chocolate
Onde está a oportunidade de Solução?	Na forma de junção do licor com o chocolate (acabar com a Interação Prejudicial - CLASSE 9)
1 Na forma?	(Geometria externa e interna indesejada)
2 Na estrutura?	(Arranjo das partes ou componentes de um sistema inadequada)
3 No Espaço?	(Limitações/Dificuldades de adaptação do sistema no espaço)
4 No tempo?	(Tempo perdido e ineficiente/ Sem controlabilidade)
5 Movimentos e Forças?	(Perda de produtividade e/ou energia da ação)
6 No Material?	(Incompatibilidade, desperdício e falta de confiabilidade)
7 No Subsistema ou Supersistema?	(Diferentes níveis macro e/ou micro ineficientes)
8 No Medição e Detecção?	(Falta de confiabilidade e padronização na medição e detecção)
9 Evento Negativas?	(Relações insuficientes ou excessivas)
10 Ajuda de Recursos do Ambiente?	(Restrições contra a introdução de novas substâncias)

Figura 36 - Passo 2 | Pesquisa de solução e Definição da Classe

O passo 2 tem por objetivo principal orientar o projetista na seleção de uma das classes. No caso da “Fabricação do Chocolate com Licor” definiu-se que a oportunidade de solução do problema relaciona-se a evitar a interação prejudicial entre o licor com o chocolate (Classe 9 – Evento Negativo).

O passo 3 propõe a abstração dos exemplos e particularização das heurísticas consideradas potenciais para aplicação no problema específico. As heurísticas selecionadas dentro da Classe 9 e as ideias geradas para solução do problema a partir destas serão descritas na figura 37.

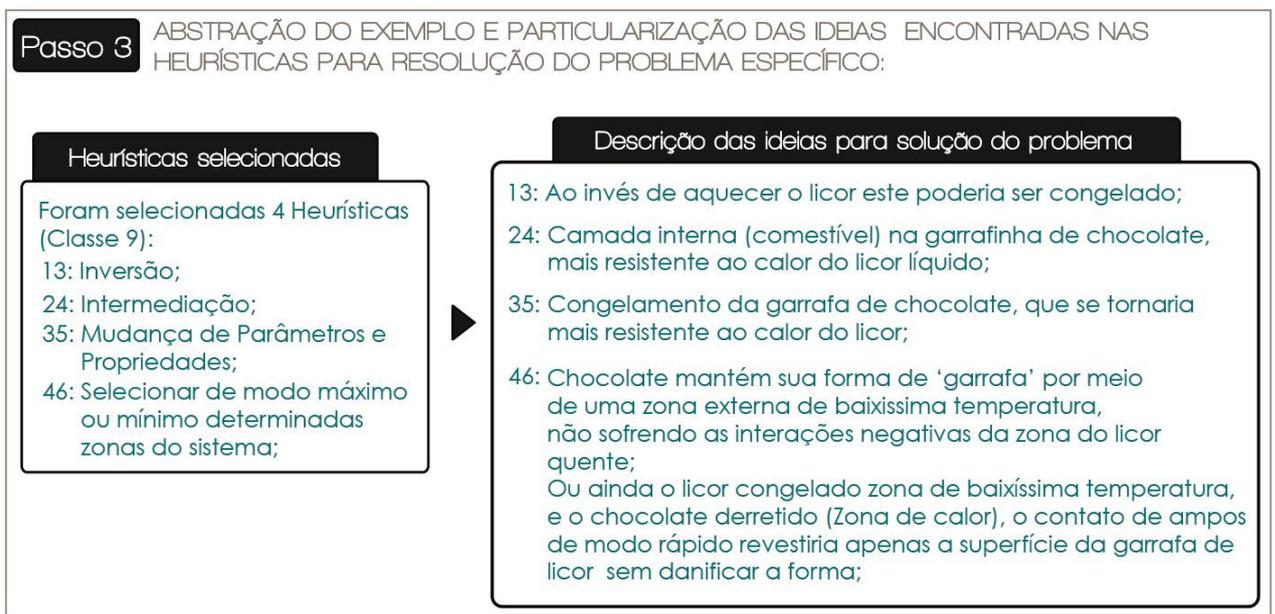


Figura 37 - Passo 3 | Particularização das Heurísticas

A primeira heurística selecionada faz referência a “Inversão”, ou seja, a mesma heurística proposta pela TRIZ Clássica pode ser encontrada dentro do catálogo sem a aplicação da Matriz de Contradição.

A análise da Heurística '13 – Inversão, com a seguinte descrição: “Inverter a ação utilizada normalmente para solucionar o problema (por exemplo, ao invés de resfriar um objeto quente)” poderia ser suficiente para chegar a solução de inversão do processo proposta anteriormente: “Ao invés de aquecer o licor este poderia ser congelado, e submerso no chocolate derretido” (Figura 38).

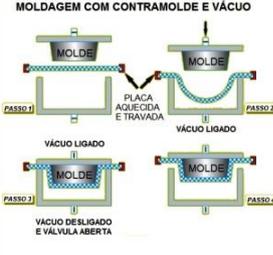
nº	Heurística		Exemplo	
13	<p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;">INVERSÃO</p> <p style="font-size: small;">(Ref: Princípio Inventivo 13 [1])</p>	<p>a. Inverter a ação utilizada normalmente para solucionar o problema (por exemplo, ao invés de resfriar um objeto esquento-o);</p> <p style="font-size: small;">(Ref: Princípio Inventivo 13-A [1])</p>	<p>MOLDAGEM COM CONTRAMOLDE E VÁCUO</p> <p>O pré-estiramento da placa termoplástica ocorre pela aplicação do vácuo, antes mesmo que o plástico entre em contato com as paredes do molde. <u>A inversão do molde e o pré-estiramento pelo vácuo antes do contato com o molde é uma técnica permite a produção de peças de profundidade com melhor uniformidade na espessura e menor marcas na superfície do produto [9].</u></p>	

Figura 38- Heurística 13 - Inversão (Catálogo de Heurísticas)

Outra questão relevante, refere-se ao exemplo direcionado a esta heurística dentro do catálogo. Este apresenta o processo de ‘conformação a vácuo’ que inicialmente pode parecer possuir pouca ou nenhuma relação com o problema, mas através de um processo de análise e abstração do seu texto e imagem, torna-se possível gerar uma analogia em que o molde pode ser comparado a “garrafa de licor congelada” e a placa termoplástica ao “chocolate”.

A heurística “24 - Intermediação” pode fomentar ideias relacionadas ao desenvolvimento de uma camada que isola a parte interna da ‘garrafa’ de chocolate do licor aquecido. Esta camada deve resistir a temperatura do licor e pode ser produzida de um material comestível, ou ainda ser temporária, dissolvendo-se posteriormente evitando apenas o contato do licor quente com o chocolate (Figura 39).

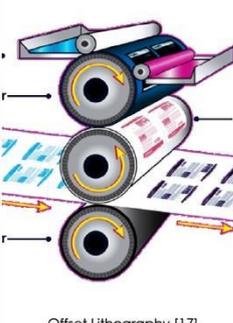
nº	Heurística		Exemplo	
24	<p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;">INTERMEDIÇÃO</p> <p style="font-size: small;">(Ref: Princípio Inventivo 24 [1])</p>	<p>a. Utilizar um objeto ou processo intermediário;</p> <p style="font-size: small;">(Ref: Princípio Inventivo 24-A [1])</p>	<p>IMPRESSÃO OFFSET</p> <p><u>A técnica consiste em transferir a imagem da matriz para um cilindro de borracha intermediário antes de ser transferida para o substrato (papel, por exemplo).</u> Trata-se assim de um sistema de impressão indireto, que absorve a tinta excedente e permite transferir ao substrato, apenas a quantidade necessária. Este processo é necessário, pois evita borrões e excesso de tinta que o sistema direto de impressão cilíndrica pode ocasionar [17].</p>	

Figura 39- Heurística 24 - Intermediação (Catálogo de Heurísticas)

A heurística “35 - Mudança de Parâmetro e Propriedades” poderia estimular também ideias convergentes à da TRIZ clássica, propondo o congelamento do licor. Ou ainda, ideias referentes ao congelamento da garrafa de chocolate, que ao receber o licor quente não derreteria tão facilmente. Em analogia com o exemplo proposto o processo de congelamento poderia ser o criogênico, aumentando a resistência da garrafa de chocolate (Figura 40).

n°	Heurística	Exemplo
35	<p data-bbox="323 421 550 555" style="text-align: center;">MUDANÇA DE PARÂMETROS E PROPRIEDADES</p> <p data-bbox="323 678 550 696">(Ref:Princípio Inventivo 35 [03])</p> <p data-bbox="579 454 805 533">a. Mudar o estado físico de um objeto ou sistema.</p> <p data-bbox="579 678 805 696">(Ref: Princípio Inventivo 13-A [01])</p>	<p data-bbox="842 293 1182 320">CONGELAMENTO CRIOGÊNICO</p> <p data-bbox="842 342 1222 696"><u>O congelamento criogênico possui uma taxa altíssima de troca térmica, responsáveis pelo congelamento quase instantâneo de alimentos e produtos.</u> Os principais fluidos criogênicos utilizados são o nitrogênio líquido e o gás carbônico, ambos incolores, inodoros e inertes. Este processo vem sendo utilizado, por exemplo, na indústria de produtos fatiados e prontos para consumir, pois o congelamento e consequente endurecimento da superfície destes produtos facilita o processo de corte a grande velocidade, sem danificar alimentos delicados [24].</p> <div data-bbox="1254 293 1477 667">  </div> <p data-bbox="1278 678 1453 696">Criogenia Alimentar [25]</p>

Figura 40- Heurística “35 - Mudança de Parâmetro e Propriedades”

A última heurística analisada “46 - Selecionar de modo máximo ou mínimo determinadas zonas do sistema” refere-se a distinguir zonas de máxima e mínima influência. Neste sentido esta heurística pode promover ideias similares a anterior. Por exemplo, o chocolate poderia ser mantido em sua forma de garrafa por meio de uma zona externa de baixíssima temperatura, não sofrendo as interações negativas do licor quente no seu interior. Ou por outro lado, o licor poderia ser refrigerado ao máximo e o chocolate derretido e quente revestiria apenas a superfície sem danificar a forma, chegando-se novamente à alternativa da TRIZ Clássica (Figura 41).

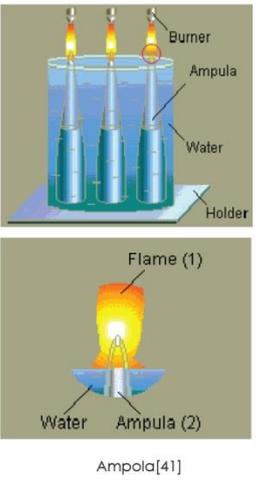
n°	Heurística	Exemplo
46	<p data-bbox="327 1350 750 1429" style="text-align: center;">SELECIONAR DE MODO MÁXIMO OU MÍNIMO DETERMINADAS ZONAS DO SISTEMA</p> <p data-bbox="327 1451 742 1541">Modo máxima seletivo: Se um modo máximo seletivo é necessária (ou seja, em uma zona deve ocorrer o modo máxima seletivo e em outro o modo mínimo), o campo deve ser:</p> <p data-bbox="327 1563 758 1630">Máximo: Neste caso, uma substância protetora deve ser introduzida em todos os lugares em que é necessária mínima influência.</p> <p data-bbox="327 1653 758 1765">Mínimo: Neste caso, uma substância capaz de gerar um campo local deve ser introduzida em todos os lugares, onde a influência máxima é necessária (por exemplo, explosivos por influência mecânica, etc.).</p> <p data-bbox="406 1798 654 1816">(Ref:Padrão Inventivo – 1.1.8 [39])</p>	<p data-bbox="790 1335 1061 1361">AMPOLAS DE VEDAÇÃO</p> <p data-bbox="790 1384 1212 1816">No processo de fabricação de ampolas contendo medicamento é utilizado uma chama para selar as ampolas. No entanto ocorre um problema, a chama pode sobreaquecer a medicamento interno das ampolas e degradar o medicamento. Deste modo, é necessário neutralizar o efeito do calor produzido pela chama. <u>Para isso propõem-se submergir as ampolas em água, deste modo a chama age apenas na parte superior da ampola que encontra-se fora da água, isolando o medicamento da calor.Pode-se dizer assim, que são necessárias duas zonas, uma em que ação da chama seja máxima e outra em que a ação da chama seja mínima, para não danificar o medicamento[39].</u></p> <div data-bbox="1252 1335 1508 1816">  </div>

Figura 41- Heurística 46 - Selecionar de modo máximo ou mínimo

5.3 Segundo Estudo de Caso “Tubo para Jateamento de Granalha”

O jateamento de granalha é um método utilizado para limpar, fortalecer (martelar) ou polir o metal. No entanto, os trechos curvos “Cotovelos” dos tubos produzidos em material polimérico, presentes em determinadas máquinas de jateamento de granalha (aço), são danificados devido à velocidade e pressão com que a granalha passa pela tubulação. Para proteger os tubos deveria haver algum tipo de revestimento. Por outro lado não poderia haver nenhum revestimento uma vez que este, além de elevar o custo, seria danificado com o tempo. Tem-se, assim, uma contradição física que precisa ser solucionada (SAVRANSKY, 2000, p.233).

São apontadas possíveis soluções comuns, como: reforçar cotovelos, usar cotovelos de troca rápida, redesenhar a forma de cotovelo, selecionar outro material para o cotovelo. No entanto, a TRIZ clássica sugere uma análise mais profunda, chegando à seguinte solução inventiva: a própria granalha pode servir como um revestimento. Um ímã colocado no lado de fora de cada curva, que cobre a zona de desgaste, atrai algumas das partículas de granalha que formam uma camada de proteção no interior do cotovelo (Figura 42).

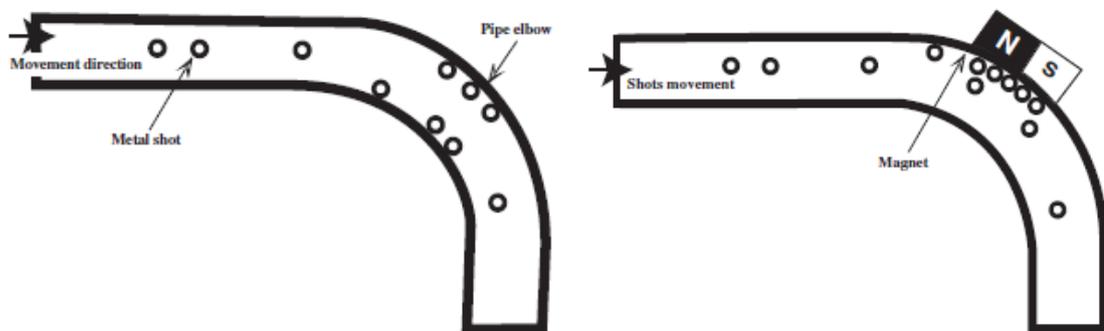


Figura 42 - “Cotovelo do tubo - Jateamento de aço” / Solução TRIZ
Fonte: Savransky (2000, p.233)

Para chegar a esta solução, Fey e Rivin (2005) propõem a utilização do método de Padrões Inventivos que abrangem a seguinte heurística: “1.2.2. Eliminar interações prejudiciais através da introdução de uma “nova” substância que é a modificação de uma das substâncias existentes”. Este Padrão Inventivo representa a solução proposta pela TRIZ Clássica. Ou seja, a “nova” substância adicionada para proteger o “cotovelo” não é um objeto estranho, mas é feito de recursos do próprio sistema (granalha).

A solução proposta pela TRIZ Clássica pode ser representada de forma gráfica pelo seguinte Modelo Substância-Campo (Figura 43).

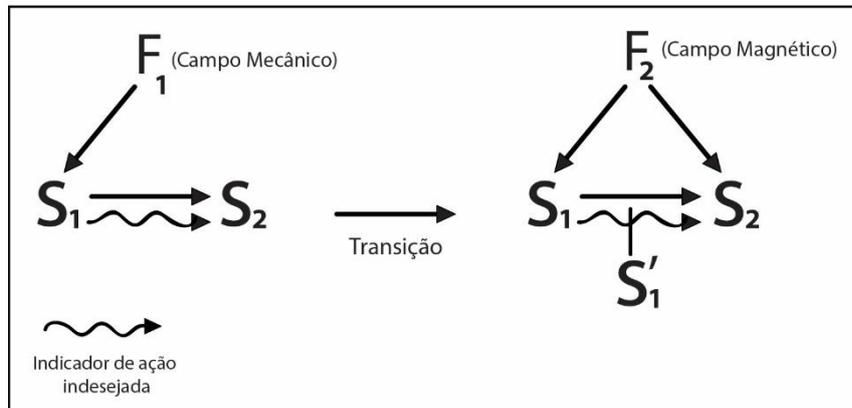


Figura 43 “Modelo Substância-Campo (Padrões Inventivos)”

Na representação gráfica, F_1 refere-se ao campo atuante no sistema, S_1 à granalha (aço) e S_2 ao Cotovelo da Tubulação. A granalha (S_1) influenciada por um campo mecânico (F_1) atua de modo negativo sobre a tubulação (S_2). No entanto, a passagem da granalha pela tubulação é necessária para realização do processo de jateamento de modo eficiente. Com a transição proposta pelo padrão inventivo forma-se um campo magnético externo que atrai S_1 e influencia este a se conectar em S_2 , criando uma camada protetora com a própria granalha (S_1), impedindo assim que ocorra o efeito indesejado de desgaste da tubulação.

A solução encontrada neste estudo de caso pela TRIZ é utilizada como referência devido as características deste sistema, como: fácil implementação, baixo custo, maior vida útil do sistema, facilidade de manutenção, maior controlabilidade, entre outros.

5.3.1 Aplicação do Catálogo de Heurística “Tubo para Jateamento de Granalha”

Novamente será aplicado o formulário de uso do Catálogo de Heurísticas a fim de definir o problema a ser solucionado (Figura 44).

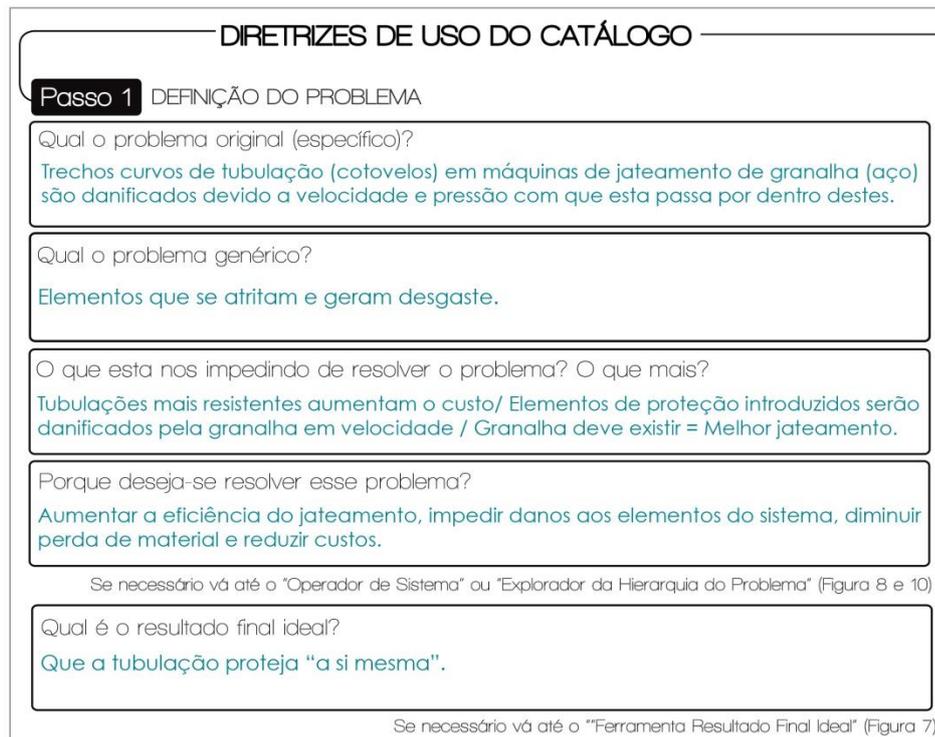


Figura 44 - Passo 1 | Definição do Problema "Tubo de Jateamento de Aço"

A descrição do problema de modo específico e amplo possibilitou entender que o elemento granalha, apesar de ser o causador do problema na tubulação, deve ser mantido no sistema por tornar o processo de jateamento mais eficiente. Deste modo, entende-se que, para a resolução do problema é preciso evitar que a interação prejudicial ocorra. Sendo assim, no segundo passo (Figura 45) optou-se novamente por analisar as heurísticas classificadas como "Evitar Eventos Negativos".

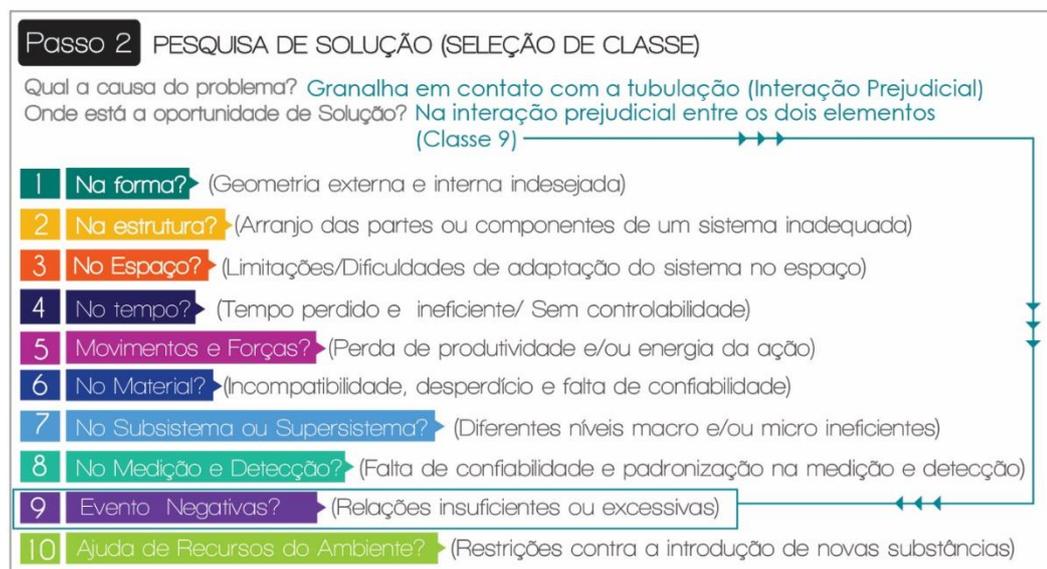


Figura 45 - Passo 2 | Pesquisa de solução e Definição da Classe

Dentro da Classe 9 foram selecionadas três Heurísticas que possibilitam chegar a solução proposta anteriormente, além de outras ideias listadas no Passo 3 ver figura 46.

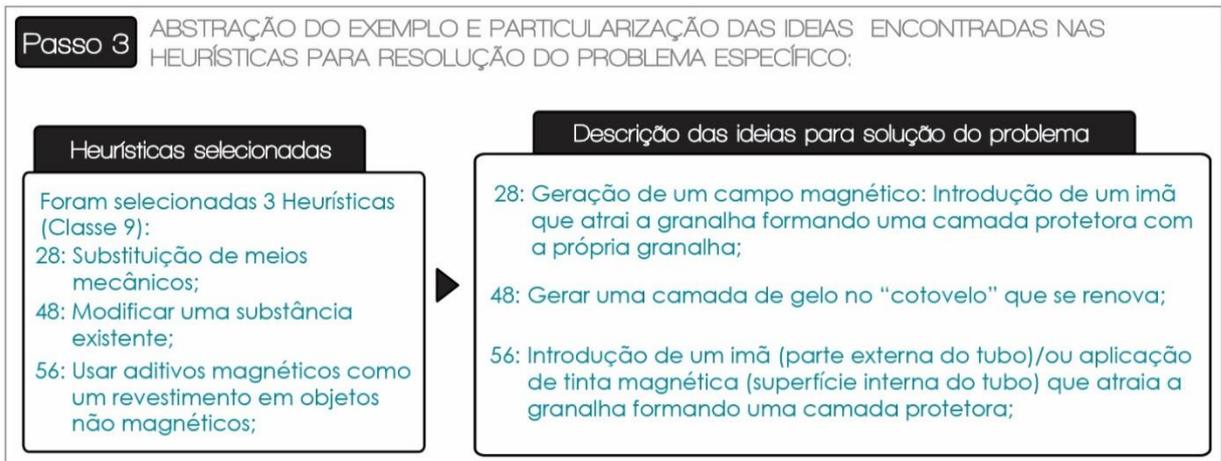


Figura 46 - Passo 3 | Particularização das Heurísticas

A heurística ‘28 – Substituição de Meios Mecânicos’ sugere o uso de campos elétricos, magnéticos, eletromagnéticos, entre outros, que interajam com os objetos. Considerou-se assim que o cotovelo e granalha são objetos mecânicos no problema. Neste caso, isso poderia sugerir a criação de um campo eletromagnético. Para isso, uma possível solução seria a introdução de um imã no cotovelo para atrair os grânulos à parede do tubo, formando uma camada de granalha que em seguida absorveria a energia de impacto das outras partículas metálicas, cuja solução é compatível com a apresentada pela TRIZ Clássica (FIGURA 47).

nº	Heurística	Exemplo
28	<p>SUBSTITUIÇÃO DE MEIOS MECÂNICOS</p> <p>b. Utilizar campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos para interagir com o objeto;</p> <p>(Ref: Princípio Inventivo 28 [01])</p>	<p>ROLAMENTO MAGNÉTICO SKF</p> <p><u>O sistema de rolamentos magnéticos ativos faz levantar o eixo e o mantém na posição através da aplicação de forças eletromagnéticas controladas pelo rotor, nas direções radial e axial.</u> Os rolamentos magnéticos giram sem superfície de contato, de forma que praticamente não há atrito nem desgaste do rolamento[20].</p>  <p>Rolamentos Magnéticos ativos [20]</p>

Figura 47 - Heurística 48 – Modificar uma Substância Existente

A heurística “48 – Modificar uma Substância Existente” propõe a eliminação de interações prejudiciais através da introdução de uma “nova” substância que é a modificação de uma das substâncias existentes. Com esta heurística novamente poderiam ser geradas ideias similares a proposta pela TRIZ, utilizando a própria granalha existente como uma camada protetora do tubo. Ressalta-se ainda, com a análise do exemplo dos “Propulsores de

Navio”, uma ideia que se refere a geração de uma camada de gelo que se renova, evitando o contato e efeito prejudicial. Esta ideia poderia ser implementada no sistema de tubulação, ou apenas nos cotovelos da máquina de Jateamento (Figura 48).

nº	Heurística	Exemplo
48	<p style="text-align: center;">MODIFICAR UMA SUBSTÂNCIA EXISTENTE</p> <p>Eliminar interação prejudicial através de modificações nas substâncias: Se existem ações úteis e prejudiciais entre duas substâncias no Modelo de Substância-Campo, e não é necessário que estas substâncias sejam adjacentes uma à outra, no entanto, a descrição do problema inclui restrições à introdução de substâncias estranhas, o problema pode ser resolvido através da introdução entre estas duas substâncias, de uma terceira substância, que é uma modificação das substâncias existentes.</p> <p style="text-align: right;">(Ref:Padrão Inventivo – 1.2.2 [39])</p>	<p>PROPULSORES DE NAVIOS</p> <p>A alta velocidade dos propulsores de navio gera áreas de baixa pressão na qual o ar dissolvido na água é capaz de se expandir e retrair novamente muito rapidamente – criando assim mini explosões locais, a uma temperatura muito alta, que desgastam os propulsores. <u>O problema apresenta duas substâncias com uma interação prejudicial entre elas (água vs propulsor). Propõem-se então o resfriamento do propulsor de tal modo que uma fina camada de gelo se forme sobre a superfície (sem alterar as propriedades hidrodinâmicas).</u> Então, à medida que as explosões de cavitação desfazem o gelo, outra camada se forma protegendo novamente o propulsor[42].</p>  <p style="text-align: right;">Otimização de Propulsores [44].</p>

Figura 48 - Heurística 48 – Modificar uma Substância Existente

A última heurística selecionada nesta classe, “56 - Usar aditivos magnéticos como um revestimento em objetos não magnéticos”, sugere a utilização de aditivos na forma de revestimento para dar a um objeto não-magnético propriedades magnéticas que podem ser temporárias ou permanentes. A solução desta heurística ocorreu pelo fato de que também possibilita que o projetista desenvolva ideias similares à resolução proposta pela TRIZ Clássica. Ou seja, o tubo feito em polímero não apresenta propriedades magnéticas, mas a introdução de um ímã em sua superfície externa forneceria as propriedades magnéticas necessárias para atrair a granalha formando uma camada protetora que pode ser temporária (Figura 49).

nº	Heurística	Exemplo
56	<p style="text-align: center;">USAR ADITIVOS MAGNÉTICOS</p> <p>Modelos Complexos Ferro-Campo: Usar aditivos (tal como um revestimento) para dar a um objeto não-magnético propriedades magnéticas. Isso pode ser temporário ou permanente.</p> <p style="text-align: right;">(Ref:Padrão Inventivo – 2.4.5 [39])</p>	<p>TINTA MAGNÉTICA</p> <p><u>Tinta magnética trata-se de um produto ferroso aplicado a superfície de objetos não magnéticos, para dar a estes propriedades magnéticas.</u> A atração Magnética é resultado de minúsculas partículas de ferro, que encontram-se misturadas à tinta. Quanto maior a concentração das partículas ferrosas, maior o fluxomagnético e atração. Pode ser aplicada à diversas superfícies de materiais não magnéticos, como, madeira, metal, alvenaria, drywall, gesso, entre outros [53].</p>  <p style="text-align: right;">Magnamagic [53]</p>

Figura 49- Heurística 56 - Usar aditivos magnéticos

Já o exemplo das “Tintas Magnéticas” proposto para a Heurística 56 poderia facilmente promover a geração de ideias análogas, como a pintura dos cotovelos da tubulação com tinta magnética, que com sua concentração de micropartículas ferrosas atrairiam a granalha aos cotovelos e protegeriam os mesmos dos contatos subsequentes.

5.3.2 Terceiro Estudo de Caso “Navio Quebra-Gelo”

Quando um navio quebra-gelo encontra uma camada de gelo de grande espessura, a sua velocidade diminui consideravelmente exigindo uma potência elevada do motor que impulsiona o movimento. A potência do motor de um navio quebra-gelo contemporâneo, por tonelada de deslocamento, é cinco ou seis vezes maior do que a dos navios transatlânticos. Além disso os motores e os sistemas de manutenção dos navios quebra-gelo ocupam até 70% do seu tamanho. De acordo com as condições do problema, é proibido usar submarinos, aviões e trens de trenó ao invés do navio quebra-gelo (ALTSHULLER, 2003, p.138).

Um dos métodos proposto pela TRIZ Clássica para resolução deste problema refere-se a utilização da matriz de contradição, assim como no primeiro estudo de caso. De acordo com Altshuller (1998, p.115), o objetivo principal é aumentar a velocidade do navio e uma maneira comum de conseguir isso seria aumentando a potência do motor do navio. No entanto, o aumento da potência gera efeitos em cadeia sobre outros parâmetros do navio, como: aumento do peso total do navio, diminuição do espaço interno e, assim por diante. Estas alterações são indesejáveis.

Portanto, na utilização da matriz de contradição é necessário analisar os parâmetros de engenharia e formular primeiramente as contradições técnicas existentes a fim de encontrar na matriz possíveis heurísticas que possam solucionar o problema.

Altshuller (1998, p.115) propõem como uma possível contradição técnica “velocidade” x “potência”. Ou seja, o parâmetro de engenharia que precisa ser melhorado é a ‘velocidade’. No entanto, o parâmetro piorado seria a potência. No cruzamento da matriz são sugeridas algumas heurísticas, sendo considerada pelo autor uma das melhores sugestões o Princípio Inventivo 2, referente a heurística “Remoção e Extração” (a. Remover ou separar a parte ou propriedade indesejada ou desnecessária do objeto; b. Extrair apenas a parte desejada ou necessária do objeto).

Esta heurística sugere a remoção da parte do navio que interfere no gelo. Desta forma, A TRIZ Clássica propõe a seguinte solução para o problema: pode-se imaginar que o casco possua “vazios”. Ou seja, a parte do casco do navio que entrar em contato com o gelo seja

removida. Contudo, se torna necessário ligar as duas partes do casco do navio para que a parte submersa não afunde. Sugere-se então, conectar a parte emersa e submersa através de colunas finas que agem como se fossem ‘facas’ para cortar o gelo. Estas “facas” criam fendas estreitas no gelo ao invés de quebrá-lo, o que exige menos do motor e possibilita a passagem do navio com uma maior velocidade, como mostra a figura 50.

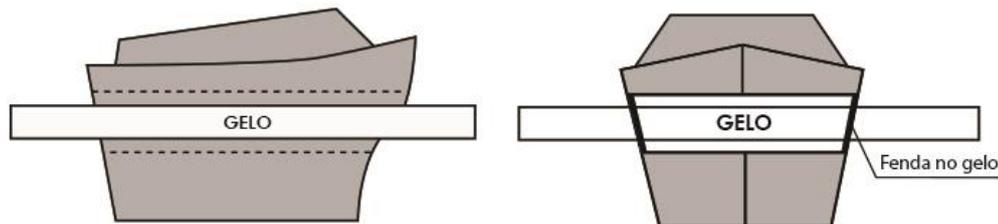


Figura 50 - Navio "Quebra-Gelo "
 Fonte: Adaptado de Altshuller (2003 p.139)

A solução encontrada neste estudo de caso pela TRIZ Clássica é utilizada como referência, pois além de ser uma alternativa inesperada e criativa, simplifica todo o sistema de funcionamento do motor, diminuindo suas dimensões, custos e gastos energéticos. Elimina, ainda, a necessidade de outro navio atrás para carregar a carga, pois com um motor menor tem-se mais espaço para carregar a carga.

5.3.3 Aplicação do Catálogo de Heurística “Navio Quebra-Gelo”

No terceiro estudo de caso, também, foram realizadas aplicações do Catálogo de Heurísticas a fim de comparar o processo de definição do problema e geração de ideias. Em um primeiro momento realizou-se a aplicação do formulário das diretrizes (Figura 51).

DIRETRIZES DE USO DO CATÁLOGO	
Passo 1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA
Qual o problema original (específico)?	O problema relaciona-se ao processo de quebra de camadas de gelo espessas por um "Navio Quebra-Gelo". No processo de quebra do gelo, para abertura de espaço e possibilitar passagem, a velocidade do navio se torna muito baixa e exige muito do motor.
Qual o problema genérico?	Passar uma "coisa" pelo gelo. Passar duas coisas pelo mesmo espaço.
O que está nos impedindo de resolver o problema? O que mais?	Camada de gelo grossa/ Casco do navio
Porque deseja-se resolver esse problema?	Abrir espaço no gelo/Melhorar o funcionamento do navio/ Aumentar a velocidade do transporte marítimo em regiões de baixa temperatura.
Se necessário vá até o "Operador de Sistema" ou "Explorador da Hierarquia do Problema" (Figura 8 e 10)	
Qual é o resultado final ideal?	Seria ideal se o Navio Quebra-Gelo pudesse mover-se através do gelo de forma rápida, como se o gelo não existisse.
Se necessário vá até o "Ferramenta Resultado Final Ideal" (Figura 7)	

Figura 51- Passo 1 | Definição do Problema "Navio-Quebra-Gelo"

As perguntas ressaltam a importância de escolher qual parte do sistema deve passar por modificação ou substituição. O gelo é um elemento natural e, conseqüentemente, é difícil de modificar/substituir suas propriedades. O casco é um elemento técnico e, deste modo, mais fácil de ser modificado.

Na formulação do problema genérico o termo "navio quebra-gelo" pode ser modificado para "coisa", pois o termo "quebra-gelo" pode conduzir à geração de ideias relacionadas apenas a ação de "despedaçar o gelo" e, no momento, busca-se uma tecnologia mais eficiente que não demande tanta potência do motor quebrando o gelo.

A figura 52, mostra o passo 2, referente ao processo de seleção da classe.

Passo 2 PESQUISA DE SOLUÇÃO (SELEÇÃO DE CLASSE)	
Qual a causa do problema? Conflito entre o gelo e o casco do navio	Onde está a oportunidade de Solução? Acredita-se assim que a oportunidade de resolução do problema se encontra no conflito de espaço existente entre o gelo e o casco do navio (Classe 3 - Espaço)
1 Na forma?	(Geometria externa e interna indesejada)
2 Na estrutura?	(Arranjo das partes ou componentes de um sistema inadequada)
3 No Espaço?	(Limitações/Dificuldades de adaptação do sistema no espaço)
4 No tempo?	(Tempo perdido e ineficiente/ Sem controlabilidade)
5 Movimentos e Forças?	(Perda de produtividade e/ou energia da ação)
6 No Material?	(Incompatibilidade, desperdício e falta de confiabilidade)
7 No Subsistema ou Supersistema?	(Diferentes níveis macro e/ou micro ineficientes)
8 No Medição e Detecção?	(Falta de confiabilidade e padronização na medição e detecção)
9 Evento Negativas?	(Relações insuficientes ou excessivas)
10 Ajuda de Recursos do Ambiente?	(Restrições contra a introdução de novas substâncias)

Figura 52- Passo 2 | Pesquisa de solução e Definição da Classe

A classe selecionada foi a 3 “Transformar o Espaço”. Podem existir dúvidas na escolha da classe, pois ao considerar o movimento do navio, a classe 5 “Transformações de Movimentos e Forças” também poderia trazer contribuições para o processo de geração de ideias. Contudo, como não se trata apenas de uma questão de movimentação do navio, mas de conflito entre o espaço ocupado pelo gelo e pelo casco deste, optou-se pela classe 3, assim como também sugere a TRIZ Clássica.

Iniciou-se, então, o processo de análise das heurísticas a fim de solucionar o problema. A figura 53 demonstra o passo 3, apresentando as heurísticas selecionadas e algumas ideias possíveis de serem geradas por estas.

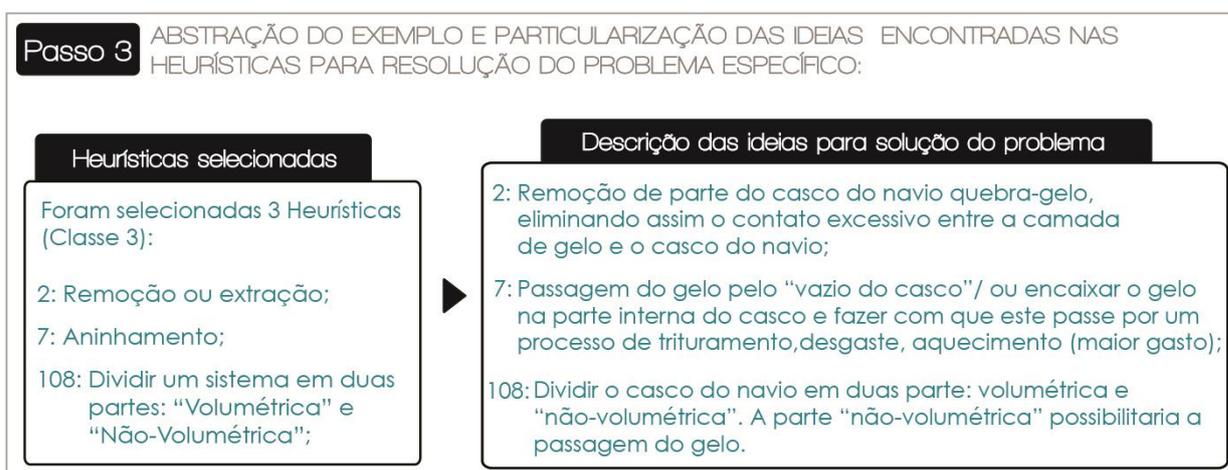


Figura 53- Passo 3 | Particularização das Heurísticas

A Heurística “ 2 - Remoção ou Extração” (Figura 54) permite imaginar a mesma solução proposta pela TRIZ Clássica, sugerindo a remoção de parte do casco do navio quebra-gelo eliminando assim o contato excessivo entre a camada de gelo e o casco do navio.

nº	Heurística	Exemplo
2	<p>REMOÇÃO OU EXTRAÇÃO</p> <p>b.Extrair apenas a parte desejada ou necessária do objeto.</p> <p>(Ref: Princípio Inventivo 2 [01])</p> <p>(Ref: Princípio Inventivo 2-B [01])</p>	<p>JANELA FIXA PARA AMBIENTE COM AR-CONDICIONADO</p> <p>Janelas proporcionam ventilação e iluminação para o ambiente interno de salas, escritórios, carros, entre outros. <u>Com a utilização de ar condicionado estas podem ser removidas por completo, ou ter sua forma simplificada, com a remoção do sistema de abertura, permanecendo fixas</u>, mas ainda possibilitando a entrada de luz [6].</p>  <p>Fixed Windows [6]</p>

Figura 54 - Heurística 2 – Remoção

A Heurística “7 – Aninhamento” (Figura 55), assim como a 2, pode sugerir o mesmo sistema proposto pela TRIZ, permitindo que a camada de gelo “ultrapasse” o casco do navio sem dificuldade. Ou ainda, outra ideia seria encaixar o gelo na parte interna do casco e fazer com que este passe por um processo de trituração ou desgaste. Contudo, precisar-se-ia de um gasto maior de energia.

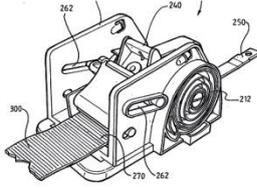
nº	Heurística	Exemplo
7	<p data-bbox="312 663 512 741">ANINHAMENTO</p> <p data-bbox="547 663 762 741">b. Passar um objeto por uma cavidade em outro.</p> <p data-bbox="312 824 512 846">(Ref: Princípio Inventivo 7 [01])</p> <p data-bbox="547 824 762 846">(Ref: Princípio Inventivo 7-B [01])</p>	<p data-bbox="802 566 1082 633">MECANISMO DE RETRAÇÃO DO CINTO DE SEGURANÇA DE AUTOMÓVEIS</p> <p data-bbox="802 656 1137 835">A presente invenção refere-se a um mecanismo de retração do cinto de segurança. <u>Para que o cinto realize a sua função, este passa por uma cavidade que além de armazenar o cinto possui o mecanismo que realiza a sua retração e travamento em situações de risco [10].</u></p>  <p data-bbox="1265 824 1361 846">Seat belt [10]</p>

Figura 55 - Aninhamento

A Heurística 108 sugere “Dividir um Subsistema em duas Partes: “Volumétrica” e “Não-Volumétrica”, o que também poderia fomentar ideias similares à referência. Tal como a divisão do casco do navio criando uma parte “não-volumétrica”, que possibilitaria que o gelo atravessasse o navio por esta área. No entanto, assim como a solução proposta pela TRIZ Clássica, seria necessário conectar as partes volumétricas do casco e a ideia de colunas finas (“facas”) que cortem o gelo, abrindo uma fenda ao invés de quebrá-lo (Figura 56).

nº	Heurística	Exemplo
108	<p data-bbox="323 1395 699 1529">DIVIDIR UM SUBSISTEMA EM DUAS PARTES: "VOLUMÉTRICA" E "NÃO-VOLUMÉTRICA"</p> <p data-bbox="323 1574 675 1664">Dividir um subsistema em duas partes: "volumétrica" e "não-volumétrica". Caso tenha-se limitação de volume, retirar a primeira parte (volumétrica).</p> <p data-bbox="403 1697 627 1720">(Ref: 121 Heurísticas – 3.13 [25])</p>	<p data-bbox="754 1373 1050 1395">SISTEMAS 'HVAC' ou 'AVAC'</p> <p data-bbox="754 1417 1121 1731"><u>Grandes torres de refrigeração, bombas e compressores que são posicionadas fora do prédio.</u> A AVAC ("aquecimento, ventilação e ar condicionado") ou HVAC (em inglês "Heating, Ventilating and Air Conditioning"), constitui uma tecnologia destinada ao conforto do ambiente interno, sobretudo em edifícios. <u>A parte de maior volume do sistema é posicionada no ambiente externo, para otimização do espaço interno que possui dimensões limitadas [25].</u></p>  <p data-bbox="1201 1709 1393 1731">(Condicionado, HVAC [28])</p>

Figura 56 - Heurística 17 - Outra Dimensão

5.3.4 Discussões

O processo de análise da utilização do Catálogo de Heurísticas teve como foco principal avaliar se com a aplicação deste seria possível alcançar soluções coerentes assim como as encontradas dentro da TRIZ Clássica.

Deste modo, foram selecionados três estudos de caso solucionados anteriormente pela TRIZ que foram utilizados como referência para comparação. Observou-se que além de ideias relacionadas às soluções já propostas pela TRIZ Clássica foram geradas novas ideias, o que demonstra também a aplicabilidade e potencial do Catálogo Heurístico proposto. Por exemplo, no problema referente ao jateamento de granalha que gera um desgaste no “cotovelo” da tubulação, a solução de referência da TRIZ propõe a introdução de um campo magnético externo que atrai a granalha e forma uma proteção interna no “cotovelo” feita pela própria granalha. Com o Catálogo de Heurísticas esta solução também pode ser gerada, como demonstrado anteriormente. Além desta, outras alternativas foram encontradas como a sugestão de “congelamento do cotovelo”, formando uma camada de gelo protetora que se renova durante o processo. Reforça-se então não apenas o potencial dos catálogos de heurística, mas da própria TRIZ na ideação de soluções, uma vez que as heurísticas presentes no catálogo advêm desta.

Os métodos para atingir as soluções utilizadas como referência nos três estudos de caso partem de heurísticas de diferentes grupos. Por exemplo, para se chegar à heurísticas “13- Inversão” na solução do primeiro estudo de caso, ou ainda na heurística “2- Remoção e Extração” do terceiro estudo de caso, utilizou-se na TRIZ Clássica a Matriz de Contradição (seção 2.5.1), método que aborda apenas o grupo de heurísticas referentes aos Princípios Inventivos. Ou seja, a utilização deste método possibilita que os projetistas gerem várias ideias para solucionar o problema, no entanto, focadas apenas nos 40 Princípios Inventivos. Caso os projetistas desejassem utilizar outro grupo de heurísticas, estes teriam que se direcionar a outro método, seja referente ao padrão inventivo como no estudo de caso dois, ou ainda a outros métodos heurísticos.

Com o Catálogo de Heurísticas é possível visualizar de modo unificado diversas heurísticas de diferentes grupos, o que possibilita que o projetista iniciante na TRIZ conheça o potencial das heurísticas de seis diferentes grupos. Nos estudos de caso, as heurísticas selecionadas com a aplicação do catálogo heurístico não envolvem apenas os Princípios Inventivos, mas também os Padrões Inventivos, 121 Heurísticas, entre outras.

Nos estudos de caso observou-se que a descrição textual e visual dos exemplos presentes no catálogo auxiliaram no entendimento da heurística e estimularam a geração de analogias. Entretanto, o processo de abstração deve ser realizado com cuidado para que heurísticas potenciais não sejam descartadas pelos projetistas erroneamente, quando estes não vêem uma relação direta do exemplo com o problema específico.

Limitações referentes à análise foram observadas e acredita-se que a aplicação do catálogo de forma prática junto ao público alvo seria de grande relevância. Estudos futuros com este foco podem ser realizados, pois o escopo deste estudo envolveu uma pesquisa intensa de modo a abranger as 263 heurísticas através do mapeamento, exemplificação e formação de um índice unificado.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste último capítulo são apresentadas considerações gerais, recomendações para estudos futuros e lições aprendidas no desenvolvimento desta dissertação.

6.1 Considerações Finais

Considerando o contexto atual de busca constante por soluções inovadoras, acredita-se que o presente estudo tenha demonstrado o potencial inventivo e sistemático da TRIZ, descrevendo alguns de seus conceitos e ferramentas, ressaltando principalmente o potencial cognitivo de suas heurísticas inventivas na geração de ideias e exploração de espaços de soluções diversas, ampliando os horizontes do projetista na resolução de problemas inventivos em diversas áreas do conhecimento.

A lista de heurísticas compiladas por Tessari e De Carvalho (2015), utilizada como base para desenvolvimento do catálogo, passou por um processo de análise a fim de tornar as heurísticas mais acessíveis através dos exemplos e índice unificado, desenvolvidos nesse estudo. Supre-se, assim, a lacuna existente, ressaltada pelos autores, de falta de sistematização e exemplificação que dessem suporte as heurísticas compiladas visto a sua diversidade e elevada quantidade.

O catálogo de heurísticas elaborado buscou auxiliar o processo de aplicação e aprendizagem dos princípios da TRIZ, contornando problemáticas apontadas por iniciantes da TRIZ, também identificadas em estudo realizado por Ilevbare, Probert e Phaal (2013), referentes à necessidade de reduzir a complexidade da TRIZ para iniciantes (sem distorcer princípios da metodologia) e tornar o seu ensinamento mais didático para pessoas que não sejam de áreas técnicas.

A implementação do catálogo de heurísticas possibilita a visualização do conteúdo não apenas de modo textual, mas também visual, buscando auxiliar na solução das barreiras de aprendizagem típicas criadas pela linguagem e tornar mais prática a utilização da TRIZ pelos projetistas. Os exemplos selecionados levaram em conta também o caráter universal da TRIZ, a fim de facilitar o seu entendimento e gerar analogias e inspiração nas diversas áreas envolvidas. Deste modo, os exemplos abrangem áreas como engenharia, design, arquitetura, publicidade, explorando princípios interdisciplinares de mecânica, química, física, biologia, entre outros.

O processo de mapeamento de exemplos foi essencial para o entendimento de determinadas heurísticas de complexidade elevada tornando-as mais didáticas para

apresentação, estimulando o raciocínio análogo dos projetistas. A etapa de pesquisa e seleção dos exemplos para as 263 heurísticas, assim como o seu direcionamento para cada classe, buscou manter certa imparcialidade seguindo critérios pré-estabelecidos além de contribuições de estudiosos da TRIZ e autores de bibliografias relacionadas.

Considera-se assim que o escopo do estudo de elaborar um catálogo com as heurísticas compiladas, exemplificando-as e indexando-as, foi atingido. Além disso, o estudo pode contribuir com a expansão do conhecimento da metodologia da TRIZ, sendo útil na promoção e motivação do seu aprendizado.

No entanto, é importante ressaltar que o método não teve como objetivo reduzir o número de heurísticas já compiladas, mas torná-las mais didáticas por meio dos exemplos e sistematizá-las propondo índices para a sua aplicação. O número de heurísticas ainda é elevado e possibilita diversas combinações. Contudo, o índice proposto busca direcionar o projetista a identificar uma classe mais adequada para solução do seu problema, afinando a escolha das heurísticas. O que não elimina a necessidade de uma intensa análise dos dados selecionados, mas proporciona uma maior segurança do potencial das soluções geradas.

O Catálogo de Heurísticas pode facilitar o acesso das empresas a conceitos e ferramentas da TRIZ, possibilitando estudos de benchmarking em que se tem a avaliação de produtos e sistemas existentes em setores similares. Estimulando ainda a criação de agendas de inovação em empresas, gerando mudanças na estrutura industrial com incentivo em setores de inovação e tecnologia.

Conclui-se então que abordagem deste estudo foi positiva uma vez que demonstra o potencial das analogias dos exemplos de cada heurística, a fim de contribuir de modo ainda mais efetivo com o processo de criação de novos produtos e solução de problemas dentro do panorama competitivo atual.

6.2 Estudos futuros

Em estudos futuros, os aspectos gráficos do catálogo poderiam ser aprimorados, abrangendo não apenas as imagens referentes aos exemplos, mas também da heurística, adicionando símbolos gráficos à descrição textual destas a fim de tornar ainda mais acessível o seu entendimento. Além disso, as imagens de cada exemplo poderiam ainda ser substituídas por ilustrações de autoria própria.

Estudo futuros poderiam envolver além das heurísticas funcionais da TRIZ, outras de caráter simbólico, cultural, social e econômico. Focado não apenas em aspectos da ideação de

novos produtos e sistemas, mas também no processo dentro da cadeia produtiva e no desenvolvimento de serviços.

As heurísticas compiladas poderiam ser agrupadas em classes direcionadas a solucionar problemas mais específicos e setoriais, selecionando grupos de heurísticas menores e possibilitando assim ampliar a quantidade de exemplos destinados a cada heurística. O escopo deste estudo direcionou-se ao mapeamento de exemplos e à formação das classes de indexação para as 263 Heurísticas compiladas tornando extenso o processo de pesquisa para estruturação do Catálogo Heurístico. Estudos futuros poderiam realizar a aplicação do catálogo heurístico em um grupo amostral com o intuito de validar seu uso juntamente aos projetistas. Compreende-se a relevância de aplicações práticas futuras a fim de avaliar a praticidade e aplicabilidade do Catálogo no momento de utilização.

6.3 Lição Aprendida

As heurísticas podem auxiliar no pensamento dedutivo, partindo de regras gerais, já aplicadas anteriormente de modo efetivo, ou seja, que já deram resultados positivos em outros sistemas, produtos e serviços auxiliando na compreensão e resolução de outros problemas específicos. Deste modo, na pesquisa de exemplos após análise das heurísticas foi possível encontra-las em diversos produtos e sistemas cotidianos, por exemplo, uma embalagem com marcação e de fácil abertura pode remeter a heurística “ação preliminar parcial”, ou seja, a embalagem foi previamente vincada ou parcialmente perfurada para facilitar o processo de abertura. A observação e abstração possibilita encontrar formas de resolver problemas específicos de modo mais eficiente, inspirando-se em sistemas existentes.

No processo de pesquisa e descrição dos exemplos, muitos produtos e processos de funcionamento, por serem de áreas de domínios distintos, foram estudados pela primeira vez. O compartilhamento de conceitos multidisciplinares por meio dos exemplos presentes no Catálogo de Heurística, tornou a pesquisa mais desafiadora e atrativa. Acredita-se assim estimular o processo criativo do projetista por meio da expansão do seu conhecimento.

Determinadas heurísticas inventivas da TRIZ por possuírem um grau de dificuldade maior, evidenciam que a superação das barreiras do idioma (russo), e de modo mais amplo a compreensão das heurísticas são etapas que devem ser realizadas antes da busca de novos exemplos, a fim de evitar a pesquisa de exemplos errados e o retrabalho.

REFERÊNCIAS

ALTSHULLER, G. **40 Principles: TRIZ, Keys to Technical Innovation**. Worcester, MA: Technical Innovation Center, 1998.

ALTSHULLER, G.S. **Encontrar uma Ideia**. Introdução à teoria da solução dos problemas inventivos. 3.ed. Petrozavodsky: Skandinavia (russo 1986), tradução para o português 2003. No prelo.

ALTSHULLER, G. S.; ZLOTIN, B.; ZUSMAN, A.; PHILATOV, V. **Searching for New Ideas: From Insight to Methodology - The Theory and Practice of Inventive Problem Solving**. Kishinev: Kartya Moldovenyaska, 1989.

ALTSHULLER, G; PHILATOV, V., ZLOTIN, B., ZUSMAN, A. **Tools of classical TRIZ**. Detroit: Ideation International Inc, v. 266, 1999.

BACK, N; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J.C.da. **Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem**. Barueri, SP: Manole, 2008.

BARRY, K.; DOMB, E.; SLOCUM, M.S. What is TRIZ?. **The TRIZ Journal**, 2006. Disponível em: <<http://www.triz-journal.com/triz-what-is-triz/>> Acesso: 03 de jun. 2015.

BASADUR, M. The Power of Innovation: How to Make Innovation a Way of Life and Put Creative Solutions to Work. **Financial Times Management**, 1996.

BROPHY, D.R. Comparing the Attributes, Activities, and Performance of Divergent, Convergent, And Combination Thinkers. **Journal Creativity Research**. v.13, n.3, p.439–455, 2001. Disponível em: < http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/S15326934CRJ1334_20> Acesso em: 2 mai.2015

CHEN, W.C.;CHEN, J.L. Eco-innovation by Integrating Biomimetic Design and ARIZ. **In: 21st CIRP Conference on Life Cycle Engineering, Procedia CIRP, Taiwan**, v.15, p.401–406, 2014. Disponível em: < [doi:10.1016/j.procir.2014.06.028](https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.06.028)> Acesso em: 20 mai. 2015.

CHU, Y.; LI, Z.; SU, Y.; PIZLO, Z. Heuristics in Problem Solving: The Role of Direction in Controlling Search Space. **The Journal of Problem Solving**, v. 3, n. 1, p. 27-51, 2010. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.7771/1932-6246.1078>> Acesso em: 2 de mai.2015

CROSS, N. **Engineering Design Methods: Strategies for Product Design**. 4. ed. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons, 2008.

DALY, S. R.; YILMAZ, S.; CHRISTIAN, J.L.; SEIFERT, C.M.; GONZALEZ, R. Design Heuristics in Engineering Concept Generation. **Journal of Engineering Education**. v. 1, n. 4, p. 601–629, 2012. Disponível em: <doi:10.1002/j.2168-9830.2012.tb01121.x> Acesso em: 25 de jun.2015.

DALY, S. R.; YILMAZ, S.; SEIFERT, C. M.;GONZALEZ, R.; Cognitive Heuristic Use in Engineering Design Ideation. **In. Proceedings of the American Society for Engineering Education**. Conference (ASEE), Louisville, Kentucky, 2010.

DE CARVALHO, M. A.; WEI, T.C.; SAVRANSKY, SEMYON D.: **121 Heuristics for Solving Problems**. Lulu, Inc. Morrisville, NC, 2003.

DE CARVALHO, M.A. de. **Metodologia IdeaTRIZ para a Ideação de Novos Produtos**. 2008. 232f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, 2008.

DE CARVALHO, M.A. **O que é TRIZ**, 2003. Disponível em: <<http://www.decarvalho.eng.br/triz.html>> Acesso em: 22 Fev 2016

DUDERSTADT, J. **Engineering for a Changing World: A roadmap to the future of engineering practice, research, and education**. Holistic Engineering Education. Ann Arbor, MI: University of Michigan, 2008.

DUL, J.; CEYLAN, C. The Impact of a Creativity-supporting Work Environment on a Firm's Product Innovation Performance. **Journal Product Innovation Management**. v.31, n.6, p.1254–1267, nov. 2014. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jpim.12149/full>> Acesso: 2 de jun. 2015.

EPSTEIN, R.; KAMINAKA, K.; PHAN, V.; UDA, R. How is Creativity Best Managed? Some Empirical and Theoretical Guidelines. **Creativity and Innovation Management**, v. 22, n. 4, p. 359-374, 2013.

ESCOBAR, M. C.; GUTIÉRREZ R. M.; NADEAU J.P.; PAILHES J.; Methodology for the implementation of heuristics in the design process. **In: Virtual Concept Workshop Innovation on Product design and manufacture**. Medellin, Colombia, p. 1-7, mar. 2014.

EVERSHEIM, W. **Innovation Management for Technical Products: Systematic and Integrated Product Development and Production Planning**. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.

FEY, V.; RIVIN, E. **Innovation on demand: new product development using TRIZ**. Cambridge University Press, 2005.

GADD, K. **TRIZ for Engineers**. West Sussex: John Wiley & Sons, 2011a. Disponível em: < doi: 10.1002/9780470684320 > Acesso em: 2 de jun. 2015.

GADD, K. **TRIZ Problem Solving Maps and Algorithms**. TRIZ for Engineers: Enabling Inventive Problem Solving, p. 419-450, 2011b. Disponível em: < doi/10.1002/9780470684320.ch13> Acesso em: 6 de jun. 2015.

GOMES FILHO, J. **Criatividade e Brainstorm no Design**. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.joaogomes.com.br/CriatividadeeBrainstormnoDesign.pdf>> Acesso em: 18 de abr. 2015.

GORDON, W.J.J. **Synectics**. 1.ed. New York: Harper & Row, 1961.

HELMS, M.; VATTAM, S.; GOEL, A. **The effect of functional modeling on understanding complex biological systems**. In: ASME International Design Engineering Technical Conferences, Montreal, Canada, v.5, p107-115, 2010. Disponível em: < <http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/proceeding.aspx?articleid=1612292>> Acesso em: 13 de jun. 2015.

HERSTATT, C.; KALOGERAKIS, K. How to use analogies for breakthrough innovations. **International Journal of Innovation and Technology Management**. v.2, n.3, p.331-347, set. 2005. Disponível em: < <http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0219877005000538>> Acesso em: 16 de abr. 2015

HIRTZ, J.; STONE, R.B.; MCADAMS, D.A.; SZYKMAN, S.; WOOD, K.L. A Functional Basis for Engineering Design: Reconciling and Evolving Previous Efforts. **Journal Research in Engineering Design**. University of Missouri, v. 13, n.2, p.65-82, 2002. Disponível em: < <http://link.springer.com/article/10.1007/s00163-001-0008-3>> Acesso em: 2 de mai. 2015.

HOLDREN, J. P.; POWER, T.; TASSEY, G.; RATCLIFF, A.; CHRISTODOULOU, L. A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing. **US National Science and Technology Council, Washington, DC**, 2012.

HOROWITZ, R.; MAIMON, O. Creative Design Methodology and the SIT Method. **In: Proceedings of DETC**, p. 14-17, 1997.

HOROWITZ, R. From TRIZ to ASIT in 4 Steps. **TRIZ Journal**, 2001. Disponível em: <<http://www.triz-journal.com/archives/2001/08/c/index.htm>> Acesso em: 2 de jun. 2015.

HOROWITZ, R. **How to Develop Winning New Product Ideas Systematically**: Learn to Harness the Power of ASIT to Invent Ideas for New Products that will wow the Market and awe the Competition, 2004. Disponível em: < www.start2innovate.com> Acesso em: 4 de jun. 2015.

HOUAISS, A.; VILLAR, M.S.; FRANCO, M. de M. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

ILEVBARE, I.M.; PROBERT, D.; PHAAL, R. A Review of TRIZ, and its Benefits and Challenges in Practice. **Journal Technovation**. Cambridge, UK, v. 33, n.2-3 , p.30-37, 2013. Disponível em:< doi:10.1016/j.technovation.2012.11.003> Acesso em: 7 de mar. 2015.

JAUREGUI, R.; SILVA, F. Numerical validation methods. **INTECH Open Access Publisher**, 2011.

KOLLER, R. **Konstruktionslehre für den Maschinenbau**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1985.

KWON, J; LEE, M; KIM, H.R.. Does a Creative Designer Necessarily Translate into the Creative Design of a Product? Exploring Factors Facilitating the Creativity of a New Product. **Creativity and Innovation Management**, v. 24, n. 4, p. 675-692, 2015.

LAGENVIN, R. **Lines of Evolution**, 2013. Disponível em: <<https://www.triz.org/triz/evolution>> Acesso em: 5 abr. 2015

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M.de A. **Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2007.

LINHARES, J. C. **Uma Abordagem Computacional Baseada na Descrição de Funções de Peças para Projeto Preliminar de Produto**. 2005. 219f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis: 2005. Disponível em: < <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/102425>> Acesso em: 20 mai. 2015.

LIU, Y.; BLIGH, T. Towards an ‘Ideal’ Approach for Concept Generation. **Journal Design Studies**, v.24, n.4, p.341–355, 2003. Disponível em: < doi:10.1016/S0142-694X(03)00 003-6> Acesso: 12 mar. 2015.

MAK, T. W. ; SHU, L. H. Abstraction of Biological Analogies for Design. **In: CIRP Annals – Manufacturing Technology**, Dept. of Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto, Canada, v.53, n.1, p.117-120, 2004. Disponível em: < doi:10.1016/S0007-8506(07)60658-1> Acesso:22 mai.2015

MANN, D. **Innovation, Hands-On Systematic**. Creax Press. Ieper, Belgium, 2002.

MANN, D. L.; DEWULF, S.; ZLOTIN, B.; ZUSMAN, A. **Matrix 2010: Updating the TRIZ Contradiction Matrix**. Belgium: CREAX Press, 2010.

MARQUES, J. F. **Aplicação da Metodologia TRIZ e da Manutenção Autônoma em Atividades de Manutenção Industrial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão Industrial, Faculdade Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2014.

MAYER, R. E. **Thinking, Problem Solving**, Cognition. New York: Freeman & Company, 1992.

MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. **Metodologia da Pesquisa para o Professor Pesquisador**. Rio de Janeiro: DP&A, 2006.

MUKHERJEE, A.; LIU, C. R. Conceptual Design, Manufacturability Evaluation and Preliminary Process Planning Using Function-Form Relationships in Stamped Metal Parts. **Journal Robotics e Computer-Integrated Manufacturing**, v. 13, n. 3, p. 253-270, set. 1997. Disponível em: <doi:10.1016/S0736-5845(97)00007-0> Acesso em: 25 mai. 2015.

NAKAGAWA, T. Introduction to TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving): A technological Philosophy for Creative Problem Solving. **In: The Twenty third Annual Symposium of Japan Creativity Society**, Japão: Tokyo University, 2001.

NGO, P. **Surveying Trends in Analogy-Inspired Product Innovation**. 2014. 160 f. Thesis (Degree Master of Science in Mechanical Engineering) - The Academic Faculty, Georgia Institute of Technology, 2014.

NUMA USP. **TRIZ: Teoria da Solução Inventiva de Problemas**, 2008. Disponível em: <<http://www.portaldeconhecimentos.org.br/index.php/por/content/view/full/9507>> Acesso: 8 de mai. 2015.

OTTO, K.N., WOOD, K.L. **Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development**. Upper Saddle River, NJ: Prentice–Hall, 2001.

PAHL, G. BEITZ, W; FELDHUSEN, J.; GROTE, H. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. 6 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005, p. 420.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. Londres: Springer Science & Business Media, 2013.

PETROV, V. **Fundamentos da Teoria da Solução Inventiva de Problemas**. Tel Aviv: Textbook, 2002. (Tradução de russo para português). Disponível em: < <http://www.triz.natm.ru/articles/petrov/00.htm> > Acesso em 22 out de 2015.

PIMENTEL, A. R. Considerações sobre TRIZ e a sua Aplicação no Desenvolvimento de Software. **Revista Científica das Faculdades Eseei**, 2004. Disponível em: < <http://www.inf.ufpr.br/andrey/publicacoes/trizartigo.pdf> > Acesso em: 5 mai.2015.

PRINCE, G.M. **The Practice of Creativity**. 2.ed. New York: Collier books, 1972.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C.. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ed. Rio Grande do Sul: Editora Feevale, 2013.p. 51 e 52.

RANTANEN, K.; DOMB, E. **Simplified TRIZ: New Problem Solving Applications for Engineers & Manufacturing Professionals**. 2 ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2008

REIS, L.G., **Produção de monografia da teoria à prática: O método Educar pela pesquisa**. 3 ed. Brasília: Senac Distrito Federal, 2010.

RENKL, A.; HILBERT, T.; SCHWORM, S. Example-Based Learning in Heuristic Domains: A Cognitive Load Theory Account. **Educational Psychology Review**, v. 21, n. 1, p. 67-78, 2009.

ROUSSELOT, F. MERK, C.Z. e CAVALLUCCI, D. Towards a Formal Definition of Contradiction in Inventive Design. **Computers in Industry**, Strasbourg Cedex, France- v.63, n.3, p.231-242, 2012. Disponível em: < doi:10.1016/j.compind.2012.01.001 > Acesso em: 30 de mar.2015

RUSSO, D. REGAZZONI, D. MONTECCHI, T. Eco-design with TRIZ laws of evolution. **Procedia Engineering**, v. 9, p. 311-322, 2011.

SANTOS, F.C.M.; **Sistema Orientado por um Modelo de Função Baseado na Abordagem Lingüística para Formalizar Conhecimento Funcional no Projeto de Peça**. 2009. 256f. Tese (Doutor em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis: 2009.

SAVRANSKY, S.D. **Engineering of Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving**. Boca Raton: CRC Press, 2000.

SHEPPARD, S., MACATANGAY, K., COLBY, A., SULLIVAN, W. **Educating Engineers: Design for the Future of the Field**. San Francisco: Jossey-Bass, 2009.

SICKAFUS, E. **Unified Structured Inventive Thinking: How to Invent**. Grosse Ile, MI: Ntelleck, 1997.

SOUCHKOV, V. Breakthrough Thinking With TRIZ for Business and Management: an Overview. **In: ICG Training & Consulting**, p. 1-8, 2008. Disponível em: <<http://www.xtrix.com/BriefHistoryOfTRIZ.pdf>> Acesso em: 6 jun.2015

STAHLKE, B.R.; DE CARVALHO, M.A. GTI Templates. **XIV SICITE**, vol.2, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Seção Engenharia de Produção, 2009.

TAKEDA, H.; TOMIYAMA, T.; SHIMOMURA, Y. Function modeling: Confluence of process modeling and object modeling. **In: AID'94 Workshop Notes on Representing Function in Design**. Institute of Science and Technology, Takayama, Ikoma, Japan, 1994.

TESSARI, R.K.; DE CARVALHO, M.A. Compilation of heuristics for inventive problem solving. **Procedia Engineering**, v. 131, p. 50-70, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815042319>> Acesso em: 22 fev. 2015

ULLMAN, D.G. **The Mechanical Design Process**. Boston: McGraw-Hill, 2010.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. Boston: McGraw-Hill Education, 2004.

VANGUNDY, A. B. **Techniques of Structured Problem Solving**. 2. ed., New York: Van Nostrand Reinhold, 1988.

YEZERSKY, G. **Creating Successful Innovations: General Theory of Innovation and its Applications**. Institute of Professional Innovators. Vinci: Università Degli Studi di Firenze, 2006.

YILMAZ, S.; SEIFERT, C.M.; GONZALEZ, R. Cognitive Heuristics in Design: Instructional Strategies to Increase Creativity in Idea Generation. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, Cambridge University Press, v. 24, n.

03, p. 335-355, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/S0890060410000235>> Acesso em: 4 mai.2015.

YILMAZ, S.; DALY, S. R.; SEIFERT, C. M.; GONZALEZ, R. A Comparison of Cognitive Heuristics Use Between Engineers and Industrial Designers. In: **Design Computing and Cognition'10**. Springer Netherlands, p. 3-22, 2011.

YILMAZ, S. **Design Heuristic**. Dissertation (Doctor of Philosophy - Design Science) in the University of Michigan, 246f., 2010.

YILMAZ, S., SEIFERT, C. M.; Creativity through design heuristics: A case study of expert product design. **Design Studies**, v.32, n.4, p.384-415, 2011. Disponível em:<[doi:10.1016/j.destud.2011.01.003](http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2011.01.003)> Acesso em: 3 jun. 2015.

ZLOTIN, B; ZUSMAN, A. Theoretical and Practical Aspects of Development of TRIZ-Based Software Systems. In: **conference TRIZFuture**, 2005. Disponível em:<<http://scinnovation.cn/wp-content/uploads/soft/100917/6-10091F11F5.pdf>> Acesso em: 7 mai.2015

ZLOTIN, B.; ZUSMAN, A.; HALLFELL, F.: TRIZ to Invent your Future Utilizing Directed Evolution Methodology. **TRIZ Future Conference**. Procedia Engineering, v. 9, p. 126-134, 2011. Disponível em:<[doi:10.1016/j.proeng.2011.03.106](http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2011.03.106)> Acesso em: 7 mai.2015

GLOSSÁRIO

Bissistemas/Polissistemas: analisa a composição de dois ou de uma pluralidade de sistemas envolvidos no projeto.

Contradição física: consiste em um par de requisitos contraditórios referentes a um mesmo objeto (elemento de um sistema). Por exemplo: "o porta-malas do automóvel deve ser grande (para conter toda a bagagem) e deve ser pequeno (para não reduzir o espaço dos passageiros e não tornar o veículo muito grande)."

Contradição técnica: consiste em um par de requisitos contraditórios com relação a um mesmo sistema. Por exemplo: contradição entre potência e peso. O maior, mais potente motor proposto a um carro para aumentar a sua velocidade, aumentaria o seu peso (indesejável);

Heurística: derivada do verbo grego *heurisko* que significa “encontrar, descobrir, inventar, obter” e do francês *heuristique* que é um adjetivo “que serve para a descoberta; arte de fazer descoberta”.

Idealidade: a idealidade de um sistema técnico é a razão entre o número de funções desejadas e o número de funções indesejadas que o mesmo executa.

Matriz de contradições: Matriz para a escolha dos princípios inventivos historicamente mais utilizados para a solução de uma determinada contradição entre parâmetros de engenharia.

Método da separação: É um método para a solução de contradições físicas. Isso pode ocorrer através da separação dos requisitos contraditórios no espaço, no tempo, no sistema ou conforme condições.

Método dos Princípios Inventivos: foi o primeiro método para a solução criativa de problemas desenvolvido por Altshuller. Embora tenha sido desenvolvido para solucionar problemas técnicos também é muito útil na solução de outros tipos de problemas. O método dos princípios inventivos baseia-se no uso dos parâmetros de engenharia, dos princípios inventivos e da matriz de contradições.

Modelo Pré-Ferro-Campo: a substância presente no modelo é o ferro e com a presença de um campo magnético este pode ser influenciado e direcionado, tornando o sistema mais dinâmico e controlável.

Modelo Substância-Campo Incompleto: refere-se a um sistema com a falta de alguma substância ou campo;

Modelo Substância-Campo Complexo: faz referência a um sistema formado por múltiplos sistemas de Substância Campo.

Modelo Substância-Campo Duplo: propõe duplicar o numero de elementos do Modelo-Su-Campo (um novo campo pode ser inserido para neutralizar um efeito nocivo de um campo existente).

Modelo Substância-Campo: chamado também de “Modelo Su-Campo”, “Modelo S-Campo”, entre outros. Este modelo representa o sistema tecnológico como um conjunto de dois objetos. Ou seja, duas substâncias que ao interagirem formam um campo, e este representa qualquer fonte de energia presente dentro de um sistema.

Parâmetros de engenharia: são variáveis genéricas encontradas em problemas de diversas áreas, como "velocidade de um objeto em movimento", "complexidade de um objeto" ou "manufaturabilidade".

Princípios inventivos: são heurísticas ou dicas com relação a possíveis soluções. Por exemplo, para solucionar um determinado problema pode ser interessante fazer "uso de atmosferas inertes" ou "uso de objetos descartáveis e baratos".

Recursos: podem ser definidos como quaisquer elementos do sistema ou do ambiente que ainda não foram utilizados para a execução de funções úteis no sistema. A utilização de recursos disponíveis no ambiente torna o sistema mais próximo do ideal.

Subsistema ou Micronível: considera as partes internas de um sistema de modo micro.

Supersistema ou Macro nível: direcionam-se a análise do sistema e do seu entorno como um todo, de modo macro.

APÊNDICE A | DIRETRIZES DE USO DO CATÁLOGO

O Apêndice A contém o questionário que pode ser utilizado pelo projetista para caracterização do problema e seleção da melhor classe dentro do Catálogo.

DIRETRIZES DE USO DO CATÁLOGO

Passo 1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Qual o problema original (específico)?

Qual o problema genérico?

O que está nos impedindo de resolver o problema? O que mais?

Porque deseja-se resolver esse problema?

Qual é o resultado final ideal?

Passo 2 PESQUISA DE SOLUÇÃO (SELEÇÃO DE CLASSE)

Qual a causa do problema?
Onde está a oportunidade de Solução?

- 1 Na forma? (Geometria externa e interna indesejada)
- 2 Na estrutura? (Arranjo das partes ou componentes de um sistema inadequada)
- 3 No Espaço? (Limitações/Dificuldades de adaptação do sistema no espaço)
- 4 No tempo? (Tempo perdido e ineficiente/ Sem controlabilidade)
- 5 Movimentos e Forças? (Perda de produtividade e/ou energia da ação)
- 6 No Material? (Incompatibilidade, desperdício e falta de confiabilidade)
- 7 No Subsistema ou Supersistema? (Diferentes níveis macro e/ou micro ineficientes)
- 8 No Medição e Detecção? (Falta de confiabilidade e padronização na medição e detecção)
- 9 Evento Negativas? (Relações insuficientes ou excessivas)
- 10 Ajuda de Recursos do Ambiente? (Restrições contra a introdução de novas substâncias)

Passo 3 ABSTRAÇÃO DO EXEMPLO E PARTICULARIZAÇÃO DAS IDEIAS ENCONTRADAS NAS HEURÍSTICAS PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA ESPECÍFICO:

Heurísticas selecionadas	Descrição das ideias para solução do problema

ANEXO A | 263 HEURÍSTICAS

As heurísticas estudadas incluíram seis grupos diferentes: i. Princípios Inventivos; ii. Padrões Inventivos; iii. 121 Heurísticas; iv. 6 Princípios; v. Princípios Combinados (PC); vi. *Templates*. Segue lista única com nova numeração utilizada dentro do Catálogo de Heurísticas para as 263 heurísticas compiladas (178 heurísticas principais e 85 derivadas). A referência numérica original de cada heurística pode ser visualizada entre parênteses “(...)”.

PRINCÍPIOS INVENTIVOS (ALTSHULLER, 1998)

1. Segmentação ou Fragmentação (Ref: Princípio Inventivo 1)
 - a. Dividir um objeto em partes independentes (Ref: Princípio Inventivo 1-A)
 - b. Seccionar o objeto (para facilitar a montagem e desmontagem) (Ref: Princípio Inventivo 1-B)
 - c. Aumentar o grau de segmentação do objeto (Ref: Princípio Inventivo 1-C)

2. Remoção ou Extração (Ref: Princípio Inventivo 2)
 - a. Remover ou separar a parte ou propriedade indesejada ou desnecessária do objeto (Ref: Princípio Inventivo 2-A)
 - b. Extrair apenas a parte desejada ou necessária do objeto (Ref: Princípio Inventivo 2-B)

3. Qualidade localizada (Ref: Princípio Inventivo 3)
 - a. Mudar a estrutura de um objeto ou ambiente de homogêneo para não-homogêneo (Ref: Princípio Inventivo 3-A)
 - b. Atribuir diferentes funções para cada parte de um objeto (Ref: Princípio Inventivo 3-B)
 - c. Posicionar cada parte de um objeto na melhor condição para sua operação (Ref: Princípio Inventivo 3-C)

4. Mudança de simetria (Ref: Princípio Inventivo 4)
 - a. Tornar o objeto assimétrico (Ref: Princípio Inventivo 4-A)
 - b. Aumentar o grau de assimetria (Ref: Princípio Inventivo 4-B)

5. União ou Consolidação (Ref: Princípio Inventivo 5)
 - a. Unir objetos idênticos ou similares para executar operações em paralelo (Ref: Princípio Inventivo 5-A)
 - b. Executar operações em paralelo (Ref: Princípio Inventivo 5-B)

6. Universalização (Ref: Princípio Inventivo 6)
 - a. Atribuir múltiplas funções a um objeto, eliminando a necessidade de outro(s) objetos (Ref: Princípio Inventivo 6-A)

7. Aninhamento (Ref: Princípio Inventivo 7)
 - a. Coloque um objeto dentro de outro e este dentro de outro (Ref: Princípio Inventivo 7-A)
 - b. Passar um objeto por uma cavidade em outro (Ref: Princípio Inventivo 7-B)

8. Contrapeso (Ref: Princípio Inventivo 8)
 - a. Compensar o peso do objeto pela união com objetos que produzem sustentação (Ref: Princípio Inventivo 8-A)

b. Onde o peso de um objeto ou sistema ocasiona problemas, usar forças aerodinâmicas, hidrodinâmicas, flutuação e outras forças para providenciar elevação (Ref: Princípio Inventivo 8-B)

9. Compensação prévia (Ref: Princípio Inventivo 9)

a. Compensar previamente uma ação, anti-tensionar o objeto que será tensionado (Ref: Princípio Inventivo 9-A)

10. Ação prévia (Ref: Princípio Inventivo 10)

a. Realizar uma ação previamente (completa ou parcial) (Ref: Princípio Inventivo 10-A)

b. Arranjar previamente objetos de forma que eles atuem da forma mais conveniente e /ou rápida (Ref: Princípio Inventivo 10-B)

11. Proteção prévia (Ref: Princípio Inventivo 11)

a. Compensar a baixa confiabilidade do objeto com precauções (Ref: Princípio Inventivo 11-A)

12. Equipotencialidade (Ref: Princípio Inventivo 12)

a. Modificar as condições de trabalho para evitar levantamento e /ou abaixamento (Ref: Princípio Inventivo 12)

13. Inversão (Ref: Princípio Inventivo 13)

a. Inverter a ação utilizada normalmente para solucionar o problema (Ref: Princípio Inventivo 13-A)

b. Fixar partes móveis e tornar móveis partes fixas (Ref: Princípio Inventivo 13-B)

c. Virar o objeto “de cabeça para baixo” (Ref: Princípio Inventivo 13-C)

14. Recurvação (Ref: Princípio Inventivo 14)

a. Substituir formas retilíneas por formas curvas (Ref: Princípio Inventivo 14-A)

b. Usar rolamentos, esferas ou espiras (Ref: Princípio Inventivo 14-B)

c. Substituir movimentos lineares por rotativos, utilizar a força centrífuga (Ref: Princípio Inventivo 14-C)

15. Dinamização (Ref: Princípio Inventivo 15)

a. Fazer com que as características de um objeto, ambiente ou processo possam ser otimizadas durante a operação (Ref: Princípio Inventivo 15-A)

b. Tornar um objeto móvel ou adaptável (Ref: Princípio Inventivo 15-B)

c. Dividir um objeto em partes com movimento relativo (Ref: Princípio Inventivo 15-C)

16. Ação parcial ou Excessiva (Ref: Princípio Inventivo 16)

a. Executar um pouco menos ou um pouco mais, quando é difícil conseguir 100% de um determinado efeito (Ref: Princípio Inventivo 16-A)

17. Outra dimensão (Ref: Princípio Inventivo 17)

a. Mudar de linear para planar, de planar para tridimensional, de tridimensional para n-dimensional (Ref: Princípio Inventivo 17-A)

b. Utilizar arranjos em prateleiras ou camadas (Ref: Princípio Inventivo 17-B)

c. Incliná-lo ao virar o objeto para o lado (Ref: Princípio Inventivo 17-C)

d. Utilizar outro lado do objeto (Ref: Princípio Inventivo 17-D)

18. Vibração (Ref: Princípio Inventivo 18)

- a. Produzir a oscilação ou vibração de um objeto (Ref: Princípio Inventivo 18-A)
- b. Aumentar a frequência de vibração do objeto (Ref: Princípio Inventivo 18-B)
- c. Utilizar a frequência de ressonância do objeto (Ref: Princípio Inventivo 18-C)
- d. Substituir vibradores mecânicos por piezoelétricos (Ref: Princípio Inventivo 18-D)
- e. Combinar oscilações ultrassônicas e eletromagnéticas (Ref: Princípio Inventivo 18-E)

19. Ação periódica (Ref: Princípio Inventivo 19)

- a. Substituir ações contínuas por ações periódicas (Ref: Princípio Inventivo 19-A)
- b. Mudar a frequência ou período da ação periódica (Ref: Princípio Inventivo 19-B)
- c. Utilizar as pausas entre os pulsos para executar ações similares ou diferentes (Ref: Princípio Inventivo 19-C)

20. Continuidade da ação útil (Ref: Princípio Inventivo 20)

- a. Fazer com que todas as partes de um objeto trabalhem a plena carga, todo o tempo (Ref: Princípio Inventivo 20-A)
- b. Eliminar tempos mortos e pausas durante o uso do objeto (Ref: Princípio Inventivo 20-B)

21. Aceleração (Ref: Princípio Inventivo 21)

- a. Executar um processo ou determinadas etapas do processo em alta velocidade (Ref: Princípio Inventivo 21-A)

22. Transformação de prejuízo em lucro (em benefícios) (Ref: Princípio Inventivo 22)

- a. Utilizar fatores indesejados do objeto ou ambiente para obter resultados úteis (Ref: Princípio Inventivo 22-A)
- b. Remover o fator indesejado pela combinação com outro fator indesejado (Ref: Princípio Inventivo 22-B)
- c. Ampliar o fator indesejado até que ele deixe de ser indesejado (Ref: Princípio Inventivo 22-C)

23. Feedback (realimentação) (Ref: Princípio Inventivo 23)

- a. Introduzir feedback para melhorar uma ação ou processo (Ref: Princípio Inventivo 23-A)
- b. Se o feedback já for utilizado, torne-o adaptável às variações das condições operacionais (Ref: Princípio Inventivo 23-B)

24. Intermediação (Ref: Princípio Inventivo 24)

- a. Utilizar um objeto ou processo intermediário (Ref: Princípio Inventivo 24-A)
- b. Misturar um objeto (que possa ser facilmente removido) com outro (Ref: Princípio Inventivo 24-B)

25. Auto-serviço (Ref: Princípio Inventivo 25)

- a. Fazer com que um objeto “ajude-se” pela execução de funções suplementares e/ou de reparo (Ref: Princípio Inventivo 25-A)
- b. Utilizar energia ou material perdido (Ref: Princípio Inventivo 25-B)

26. Cópia (Ref: Princípio Inventivo 26)

- a. Substituir objetos de difícil obtenção, frágeis e/ou caros por cópias simples e baratas (Ref: Princípio Inventivo 26-A)
- b. Substituir um objeto ou processo por cópias óticas (Ref: Princípio Inventivo 26-B)
- c. Utilizar cópias infravermelhas ou ultravioletas do objeto (Ref: Princípio Inventivo 26-C)

27. Objetos descartáveis (Ref: Princípio Inventivo 27)

a. Substituir um objeto caro, por vários objetos baratos (Ref: Princípio Inventivo 27-A)

28. Substituição de meios mecânicos (Ref: Princípio Inventivo 28)

a. Substituir um sistema mecânico por um sistema ótico, acústico, tátil ou olfativo (Ref: Princípio Inventivo 28-A)

b. Utilizar campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos para interagir com o objeto (Ref: Princípio Inventivo 28-B)

c. Mudar campos de estáticos para móveis, de não estruturados para estruturados, de fixos para móveis (Ref: Princípio Inventivo 28-C)

d. Utilizar campos em conjunto com partículas ativadas pelos campos (Ref: Princípio Inventivo 28-D)

29. Construção pneumática e hidráulica (Ref: Princípio Inventivo 29)

a. Substituir partes sólidas de um objeto por gases ou líquidos (Ref: Princípio Inventivo 29-A)

30. Membranas flexíveis e filmes finos (Ref: Princípio Inventivo 30)

a. Utilizar filmes flexíveis ou cascas no lugar de estruturas tridimensionais (Ref: Princípio Inventivo 30-A)

b. Isolar o objeto do ambiente externo utilizando filmes flexíveis ou cascas (Ref: Princípio Inventivo 30-B)

31. Materiais porosos (Ref: Princípio Inventivo 31)

a. Tornar o objeto poroso ou adicionar elementos porosos (Ref: Princípio Inventivo 31-A)

b. Introduzir substâncias ou funções úteis nos poros do objeto (Ref: Princípio Inventivo 31-B)

32. Mudança de cor (Ref: Princípio Inventivo 32)

a. Modificar a cor do objeto ou do ambiente (Ref: Princípio Inventivo 32-A)

b. Mudar a transparência do objeto ou do ambiente (Ref: Princípio Inventivo 32-B)

c. Usar aditivos coloridos para observar objetos ou processos de difícil visualização (Ref: Princípio Inventivo 32-C)

d. Usar aditivos luminescentes para observar objetos ou processos de difícil visualização (Ref: Princípio Inventivo 32-D)

33. Homogeneização (Ref: Princípio Inventivo 33)

a. Fazer objetos que interagem do mesmo material, ou de material com propriedades idênticas (Ref: Princípio Inventivo 33-A)

34. Descarte e Regeneração (Ref: Princípio Inventivo 34)

a. Eliminar ou modificar partes de um objeto que já tenham cumprido suas funções (Ref: Princípio Inventivo 34-A)

b. Regenerar partes consumíveis de um objeto durante a operação (Ref: Princípio Inventivo 34-B)

não aparece

35. Mudança de parâmetros e propriedades (Ref: Princípio Inventivo 35)

a. Mudar o estado físico de um objeto ou sistema (Ref: Princípio Inventivo 35-A)

b. Mudar a concentração ou consistência (Ref: Princípio Inventivo 35-B)

c. Mudar o grau de flexibilidade (Ref: Princípio Inventivo 35-C)

d. Mudar a temperatura ou volume (Ref: Princípio Inventivo 35-D)

36. Mudança de fase (Ref: Princípio Inventivo 36)

a. Utilizar fenômenos relacionados a mudanças de fase (Ref: Princípio Inventivo 36-A)

37. Expansão térmica (Ref: Princípio Inventivo 37)

a. Utilizar materiais que expandam ou contraíam com o calor (Ref: Princípio Inventivo 37-A)

b. Associar materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica (Ref: Princípio Inventivo 37-B)

38. Oxidantes fortes: mudar de um nível de oxidação para o próximo nível mais alto (Ref: Princípio Inventivo 38)

a. Substituir o ar comum por ar enriquecido com oxigênio (Ref: Princípio Inventivo 38-A)

b. Substituir o ar enriquecido com oxigênio por oxigênio (Ref: Princípio Inventivo 38-B)

c. Usar ar ionizado ou oxigênio ionizado (Ref: Princípio Inventivo 38-C)

d. Substituir ar ionizado ou oxigênio ionizado por ozônio (Ref: Princípio Inventivo 38-D)

39. Atmosferas inertes (Ref: Princípio Inventivo 39)

a. Substituir o ambiente normal por um ambiente inerte (Ref: Princípio Inventivo 39-A)

b. Adicione peças neutras, ou elementos inertes a um objeto ou sistema (Ref: Princípio Inventivo 39-B)

40. Materiais compostos (Ref: Princípio Inventivo 40)

a. Substituir materiais homogêneos por materiais compostos (Ref: Princípio Inventivo 40-A)

PADRÕES INVENTIVOS (ALTSHULLER; ZLOTIN; ZUSMAN; PHILATOV, 1989)

41. Introduzir substâncias ou campos caso determinado objeto não seja receptivo: Se existe um objeto que não é fácil de alterar, conforme necessário, e as condições não contêm quaisquer limitações sobre a introdução de substâncias e campos, o problema pode ser resolvido através da síntese de um Modelo Substância-Campo: o objeto é submetido à ação de um campo físico que produz a necessária mudança no objeto (Ref: Padrão Inventivo 1.1.1)

42. Modelo Interno Complexo Substância-Campo: Introduzir aditivos internos permanentes ou temporários para aumentar a controlabilidade, ou transmitir as propriedades necessárias para o Modelo Substância-Campo, se um determinado objeto não é receptivo (ou pouco receptivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema não inclui quaisquer restrições quanto a introdução de substâncias e campos (Ref: Padrão Inventivo 1.1.2)

43. Se houver um Modelo Substância-Campo que não é fácil de alterar, conforme necessário, e existem limitações para a introdução de aditivos nas substâncias existentes, o problema pode ser resolvido por uma transição (permanente ou temporária) para um Modelo Substância-Campo Complexo Externo, que incorpora uma substância externa ao sistema para melhorar a capacidade de controle ou reunir as propriedades requeridas para o Modelo Campo-Substância (Ref: Padrão Inventivo 1.1.3)

44. Usar o ambiente como aditivo: Se houver um Modelo Substância-Campo que não é fácil de alterar, conforme necessário, e as condições contêm limitações acerca da introdução ou conexão de substâncias, o problema tem de ser resolvido através da síntese de um Modelo Substância-Campo usando o ambiente externo como substância (Ref: Padrão Inventivo 1.1.4)

45. Modelo Substância-Campo com o Ambiente e Aditivos: Substituir, decompor ou introduzir aditivos no ambiente se este não contem as substâncias necessárias para criar um Modelo Campo-Substância (Ref: Padrão Inventivo 1.1.5)

46. Modo máxima seletivo: Se um modo máximo seletivo é necessário (ou seja, em determinada zona deve ocorrer o modo máximo e em outro o modo mínimo), o campo deve ser:

Máximo: Neste caso, uma substância protetora deve ser introduzida em todos os lugares em que é necessária mínima influência.

Mínimo: Neste caso, uma substância capaz de gerar um campo local deve ser introduzida em todos os lugares, onde a influência máxima é necessária (por exemplo, explosivos por influência mecânica, etc.) (Ref: Padrão Inventivo 1.1.8)

47. Eliminar interações nocivas pela introdução de uma terceira substância: Se existem ações úteis e prejudiciais entre duas substâncias no Modelo de Substância-Campo, e não é necessário que estas substâncias sejam adjacentes uma à outra, o problema pode ser resolvido pela introdução de uma terceira substância entre estas duas substâncias quando não custe nada (ou perto disso). (Ref: Padrão Inventivo 1.2.1)

48. Eliminar interação prejudicial através de modificações nas substâncias: Se existem ações úteis e prejudiciais entre duas substâncias no Modelo de Substância-Campo, e não é necessário que estas substâncias sejam adjacentes uma à outra, no entanto, a descrição do problema inclui restrições à introdução de substâncias estranhas, o problema pode ser resolvido através da introdução entre estas duas substâncias, de uma terceira substância, que é uma modificação das substâncias existentes. (Ref: Padrão Inventivo 1.2.2)

49. Remover uma ação nociva: Introduzir uma segunda substância que remova (absorva) a ação nociva de um campo em uma substância (Ref: Padrão Inventivo 1.2.3)

50. Neutralizar uma ação nociva com um segundo campo: Introduzir um segundo campo para neutralizar ou transformar a ação nociva que ocorre entre duas substâncias adjacentes, se houver ações úteis e prejudiciais entre eles no Modelo Substância-Campo (Ref: Padrão Inventivo 1.2.4)

51. Desligar as propriedades ferromagnéticas de uma substância por desmagnetização, choque ou aquecimento acima do ponto de Curie¹ para destruir um Modelo Substância-Campo com um Campo Magnético (Ref: Padrão Inventivo 1.2.5)

52. Modelo Substância- Campo Duplo: Aplicar um segundo campo em uma segunda substância se um sistema possui um problema de controle que precisa ser melhorado, mas sem mudar os elementos do sistema existente (Ref: Padrão Inventivo 2.1.2)

53. Combinando os ritmos: As frequências dos múltiplos campos aplicados em Modelos Substância-Campo Complexo devem ser sincronizados ou intencionalmente dessincronizados (Ref: Padrão Inventivo 2.3.2)

54. Modelos Ferro- Campo: Substituir (ou adicionar) uma das substâncias de um Modelo Substância-Campo ou Modelo Pré-Ferro-Campo com partículas ferromagnéticas, e aplicar um campo magnético ou eletromagnético para aprimorar controlabilidade do sistema. A eficiência do controle aumenta com a fragmentação das partículas ferromagnéticas. Assim, os Modelos Ferro-Campo evoluem de acordo com a seguinte linha: grânulos -> pó -> partículas ferromagnéticas finamente moídas. A eficiência de controle também aumenta ao longo da linha relacionada com aquele em que a substância ferro partícula está incluída: substância sólida -> grânulos -> pó -> líquido (Ref: Padrão Inventivo 2.4.2)

55. Aplicar estruturas capilares em Modelos Ferro-Campo: Utilizar estruturas capilares ou porosas inerentes em muitos Modelos Ferro-Campo a fim de melhorá-los (Ref: Padrão Inventivo 2.4.4)
56. Modelos Complexos Ferro-Campo: Usar aditivos (tal como um revestimento) para dar a um objeto não-magnético propriedades magnéticas. Pode ser temporário ou permanente (Ref: Padrão Inventivo 2.4.5)
57. Modelos Ferro- Campo no Ambiente: Introduzir partículas ferromagnéticas no ambiente, se não é possível substituir uma substância com partículas ferromagnéticas ou introduzir aditivos (Ref: Padrão Inventivo 2.4.6)
58. Modelos de Elétrico-Campo: Utilizar a interação entre um campo eletromagnético e uma corrente elétrica, ou entre duas correntes, se for difícil introduzir partículas ferromagnéticas ou magnetizar um objeto. A corrente pode ser criada seja por contato elétrico com a fonte ou por indução eletromagnética (Ref: Padrão Inventivo 2.4.11)
59. Líquidos Reológicos: Usar um líquido eletroreológico com viscosidade controlada por um campo elétrico se o líquido magnético é inutilizável (por exemplo, uma mistura de pó de quartzo fino com tolueno) (Ref: Padrão Inventivo 2.4.12)
60. Melhorar a ligação em um bi ou polissistema: Desenvolver ligações entre bi ou polissistema para aprimorá-los, isso pode ser feito conectando-os com ligações rígidas ou dinâmicas (Ref: Padrão Inventivo 3.1.2)
61. Transição entre sistemas: Aumentar as diferenças entre os elementos do Bi e Polissistemas: Passar de elementos idênticos para elementos com características diferentes ou para uma combinação de elementos com características inversas (Ref: Padrão Inventivo 3.1.3)
62. Características inversas do todo e suas partes: Separar características incompatíveis entre o sistema como um todo e suas partes. Como resultado o sistema é utilizado em dois níveis, um com o sistema como um todo, tendo uma característica e outro com suas partes e componentes tendo uma característica inversa (Ref: Padrão Inventivo 3.1.5)
63. Transição entre os sistemas: Transição do nível macro para o nível micro a fim de melhorar o sistema em qualquer fase evolutiva. O sistema ou seus componentes são substituídos por uma substância capaz de executar a ação desejada, sob a influência de algum campo (Ref: Padrão Inventivo 3.2.1)
64. Substituir sistema de detecção ou medição: modificar o sistema a fim de eliminar a necessidade de medição ou detecção (Ref: Padrão Inventivo 4.1.1)
65. Duas detecções consecutivas como medição: Realizar duas detecções consecutivas das mudanças se o problema for de medição ou detecção e for impossível elimina-los ou for inapropriado manipular uma cópia do objeto em vez do próprio objeto (Ref: Padrão Inventivo 4.1.3)
66. Se um Modelo Substância-Campo incompleto é difícil de medir ou detectar, o problema pode ser resolvido através do uso de um campo em uma saída com um Modelo Substância-Campo regular ou duplo (Ref: Padrão Inventivo 4.2.1)
67. Modelo Substância-Campo de Medição Complexa: Introduzir aditivos facilmente detectáveis para auxiliar na medição ou detecção de um sistema ou de seus componentes (Ref: Padrão Inventivo 4.2.2)
68. Modelo Substância-Campo de Medição com o Ambiente: Introduzir aditivos capazes de gerar um campo facilmente detectado (ou medido) no ambiente externo, se o sistema é difícil de detectar ou medir em certos períodos de tempo, e é impossível introduzir aditivos;

mudanças no estado do ambiente irão gerar informações acerca das mudanças no sistema (Ref: Padrão Inventivo 4.2.3)

69. Se não for possível introduzir um aditivo facilmente detectável no ambiente, obtenha-o mudando algo já presente no ambiente. Por exemplo, através da alteração do estado de fase, em particular, gases ou bolhas de vapor obtidas por eletrólises, cavitação, ou outros métodos podem ser aplicados (Ref: Padrão Inventivo 4.2.4)

70. Modelo Pré-Ferro-Campo de Medição: Introduzir substância ferromagnética no sistema ou às cercanias dele, e usar campo magnético (por meio de ímãs ou loops de corrente elétrica) para ajudar a fazer a medição ou detecção (Ref: Padrão Inventivo 4.4.1)

71. Transição para Bi e Polissistema: Usar dois ou mais sistemas de medição/detecção, ou fazer múltiplas medições/detecções se uma única medição não fornece precisão suficiente (Ref: Padrão Inventivo 4.5.1)

72. Direção de evolução: sistemas para medição e/ou detecção evoluem na seguinte direção:

1. Medir a função
2. Medir a primeira derivada da função
3. Medir a segunda derivada da função

(Ref: Padrão Inventivo 4.5.2)

73. Introduzir um campo em vez da substância (Ref: Padrão Inventivo 5.1.1.2)

74. Aplicar um aditivo externo ao invés de um interno (Ref: Padrão Inventivo 5.1.1.3)

75. Introduzir uma pequena quantidade de um aditivo muito ativo (Ref: Padrão Inventivo 5.1.1.4)

76. Introduzir um aditivo temporariamente (Ref: Padrão Inventivo 5.1.1.6)

77. Obter aditivos requeridos por meio de decomposição de compostos químicos introduzidos (Ref: Padrão Inventivo 5.1.1.8)

78. Obter aditivos necessários através da decomposição de um ambiente ou do próprio objeto, por eletrólise ou mudança de fase, por exemplo (Ref: Padrão Inventivo 5.1.1.9)

79. Uso múltiplo de campos disponíveis: Aplicar, antes de tudo, campos existentes cujos portadores são as substâncias envolvidas em um Modelo Substância-Campo se for necessário introduzir um campo (Ref: Padrão Inventivo 5.2.1)

80. Introduzir Campos do Ambiente: Se um campo tem de ser introduzido num Modelo Substância-Campo e não é possível utilizar os campos que já estão presentes no sistema, deve-se usar os campos existentes no ambiente externo (Ref: Padrão Inventivo 5.2.2)

81. Utilizar substâncias capazes de originar campos: Aplicar campos que podem ser gerados por substâncias existentes no sistema ou no ambiente (Ref: Padrão Inventivo 5.2.3)

82. Transição de Fase: Dinâmica de Estado - Utilizar substâncias capazes de alterar o seu estado de fase, dependendo das condições de trabalho (Ref: Padrão Inventivo 5.3.2)

83. Fase de Transição: Transição para um Estado de “Dupla Fase” - Substituir um estado monofásico para um estado de “dupla-fase” (Ref: Padrão Inventivo 5.3.4)

84. Interação de fase: Criar interações entre as partes ou fases do sistema, a fim de melhorar a sua eficácia (Ref: Padrão Inventivo 5.3.5)

85. Transições auto-controladas: Usar um objeto que pode transitar periodicamente para diferentes estados físicos por meio da utilização de transições físicas reversíveis, tais como ionização-recombinação, decomposição-associação, etc (Ref: Padrão Inventivo 5.4.1)

86. Ampliando o campo de saída: Usar uma substância-transformadora em um estado quase-crítico se um ação forte sob uma fraca influência for necessária. A energia é acumulada na substância, e sob influência, funciona como um gatilho (Ref: Padrão Inventivo 5.4.2)

121 HEURISTICS (DE CARVALHO; WEI; SAVRANSKY, 2003)

87. Dar forma convexa/côncava a um sistema que conduz uma carga (Ref: 121 Heurísticas 1.5)

88. Compensar a forma indesejável com acréscimo de forma com contorno oposto (Ref: 121 Heurísticas 1.6)

89. Configurar um sistema na forma de outro sistema técnico, com função ou propósito similar; parte de corpo humano, animal ou planta (Ref: 121 Heurísticas 1.7)

90. Adaptar o sistema para a forma humana ou de seus órgãos (Ref: 121 Heurísticas 1.8)

91. Usar um princípio natural de formação encontrado na natureza (vivo ou morta) em condições semelhantes de trabalho (Ref: 121 Heurísticas 1.9)

92. Separar uma matéria-prima plana ou volumétrica de forma racional ou ótima, alterar os detalhes da forma para uma utilização mais completa da matéria-prima (Ref: 121 Heurísticas 1.10)

93. Projetar a forma de detalhes o mais próximo possível das formas e tamanhos de partes refugadas (Ref: 121 Heurísticas 1.11)

94. Encontrar a forma ótima global de um sistema (Ref: 121 Heurísticas 1.12)

95. Encontrar a melhor forma integral do sistema (disposição visual dos subsistemas principais ou elementos funcionais, eliminação de subsistemas ou detalhes auxiliares e sem importância) (Ref: 121 Heurísticas 1.13)

96. Usar vários tipos de simetria e assimetria, propriedades dinâmicas e estáticas da forma, ritmo, nuance e contraste (Ref: 121 Heurísticas 1.14)

97. Realizar a coordenação harmônica das formas de vários (sub) sistemas ou elementos (Ref: 121 Heurísticas 1.15)

98. Escolher (criar) a mais bela forma do sistema e seu revestimento (Ref: 121 Heurísticas 1.16)

99. Anexar ferramenta adicional especializada ao sistema base (Ref: 121 Heurísticas 2.4)

100. Substituir uma fonte de energia, tipo de acionamento, cor, ou outro parâmetro (Ref: 121 Heurísticas 2.6)

101. Alterar essencialmente a configuração dos (sub) sistemas, a fim de reduzir despesas de leiaute (Ref: 121 Heurísticas 2.8)

102. Usar um acionamento, sistema de controle ou fonte de alimentação uniforme (Ref: 121 Heurísticas 2.11)

103. Combinar (unir) sistemas ou subsistemas, tradicionalmente incompatíveis, removendo as contradições decorrentes (Ref: 121 Heurísticas 2.15)

104. Escolher uma matéria-prima que assegure entrada mínima de trabalho durante o processamento ou manufatura de subsistemas (e/ou elementos) (Ref: 121 Heurísticas 2.16)

105. Encontrar a estrutura ótima global (Ref: 121 Heurísticas 2.18)
106. Alterar a direção da ação de uma operação (ou todo um processo) ou ambiente (Ref: 121 Heurísticas 3.6)
107. Partir de uma conexão sequencial de subsistemas para uma conexão paralela ou mista. Inversão de expediente (Ref: 121 Heurísticas 3.11)
108. Dividir um subsistema em duas partes: "volumétrica" e "não-volumétrica". Caso tenha-se limitação de volume, retirar a primeira parte (volumétrica) (Ref: 121 Heurísticas 3.13)
109. Tirar subsistemas para longe da zona de ação de fatores prejudiciais que podem afeta-los (Ref: 121 Heurísticas 3.14)
110. Transferir o sistema ou seus subsistemas para outro ambiente onde os fatores prejudiciais são ausentes, ou pelo menos inativo (Ref: 121 Heurísticas 3.15)
111. Retirar restrição espacial tradicional ou de dimensões globais (Ref: 121 Heurísticas 3.16)
112. Transferir um processo para outro tempo de operação. Realizar medidas necessárias, antes do início ou após o fim da operação do (sub) sistema (Ref: 121 Heurísticas 4.1)
113. Alterar a sequência existente de operações ou realização de funções (Ref: 121 Heurísticas 4.6)
114. Partir de uma operação sequencial para operação paralela ou simultânea. Inversão de expediente (Ref: 121 Heurísticas 4.7)
115. Alterar o sentido de rotação (Ref: 121 Heurísticas 5.1)
116. Substituir uma trajetória complexa por um movimento mais simples (por exemplo, ao longo de uma linha ou círculo). Inversão de expediente (Ref: 121 Heurísticas 5.5)
117. Substituir uma flexão por um alongamento ou compressão. Ou substituir compressão por alongamento (Ref: 121 Heurísticas 5.6)
118. Dividir um sistema em duas partes - pesada e leve – a fim de mover apenas a parte leve (Ref: 121 Heurísticas 5.7)
119. Substituir o atrito de deslizamento por atrito de rolamento. Inversão de expediente (Ref: 121 Heurísticas 5.9)
120. Remover um material supérfluo que não transporta uma carga funcional (Ref: 121 Heurísticas 6.4)
121. Alterar as propriedades da superfície de um (sub) sistema (por exemplo, reforçar a superfície ou neutralizar as propriedades de um material sobre uma superfície) (Ref: 121 Heurísticas 6.5)
122. Substituir alguns sistemas vizinhos por sistemas com outras propriedades físicas e/ ou químicas (Ref: 121 Heurísticas 6.8)
123. Usar outros materiais (por exemplo, um mais barato ou um mais novo) (Ref: 121 Heurísticas 6.9)
124. Substituir a diversidade de materiais do (sub) sistema pela adoção de um único material. Substituir a diversidade de formas para um (sub) sistema de uma forma padrão (Ref: 121 Heurísticas 6.15)
125. Produzir (sub) sistemas a partir de materiais com propriedades diferentes, que forneçam os efeitos necessários (por exemplo, materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica) (Ref: 121 Heurísticas 6.16)

126. Escolher os materiais, de modo a minimizar o desperdício durante a fabricação de detalhes (por exemplo, para proceder a partir de corte ou usinagem de hidroformação, extrusão, injeção ou fabricação de forma livre sólida) (Ref: 121 Heurísticas 6.18)
127. Utilizar tecnologias livre de resíduos (por exemplo, usar um material de maior valor, e compensar isso eliminando resíduos de fabricação e/ou permitindo que estes sejam utilizados para a fabricação de outras partes) (Ref: 121 Heurísticas 6.19)
128. Consolidar materiais por processos mecânicos, térmicos, eletro-físicos, eletroquímicos, lasers e outros tipos (Ref: 121 Heurísticas 6.20)
129. Usar materiais com características específicas superiores (por exemplo, resistente a corrosão ou resistência elétrica) (Ref: 121 Heurísticas 6.21)
130. Usar materiais reforçados, compósitos, porosos e outros materiais de novas perspectivas (Ref: 121 Heurísticas 6.22)
131. Utilizar material com propriedades dependentes do tempo (por exemplo, rigidez ou transparência) (Ref: 121 Heurísticas 6.23)
132. Diferenciar fontes de energia e fornecer backup de energia. Colocar a fonte de energia o mais próximo possível do subsistema de trabalho (Ref: 121 Heurísticas 7.4)
133. Realizar de modo independente o controle, gestão e movimentação de cada (sub)sistema (Ref: 121 Heurísticas 7.5)
134. Dividir um sistema em duas partes: quente e fria, e em seguida isolar uma da outra (Ref: 121 Heurísticas 7.8)
135. Incluir um (sub)sistema ou propriedade necessária para fortalecer e/ou melhorar as condições de trabalho (Ref: 121 Heurísticas 7.11)
136. Alterar dimensões, volume ou comprimento de um (sub)sistema enquanto este muda de uma condição de trabalho e não trabalho (Ref: 121 Heurísticas 8.3)
137. Alterar os fatores prejudiciais para que deixem de ser prejudiciais (Ref: 121 Heurísticas 8.7)
138. Reduzir o número de funções de um (sub) sistema para que se torne mais específico e apropriado apenas para os requisitos e funções principais (Ref: 121 Heurísticas 8.8)
139. Exagerar consideravelmente os tamanhos ou outros parâmetros de um (sub)sistema e encontrar aplicações para este. Inversão de expediente (Ref: 121 Heurísticas 8.9)
140. Aumentar a intensidade dos processos tecnológicos, criando uma zona de funcionamento operacional na forma de plataforma ou volume fechado (Ref: 121 Heurísticas 8.10)
141. Encontrar parâmetros ótimos de um (sub) sistema de acordo com vários critérios de desenvolvimento (Ref: 121 Heurísticas 8.12)
142. Utilizar novos princípios físicos com fontes de energia mais baratas, disponíveis ou com maior eficiência (Ref: 121 Heurísticas 8.13)
143. Definir quais (sub) sistemas devem ser alterados, após efetuada uma melhoria de qualquer outro (sub) sistema, de modo que a eficiência de todo o sistema seja melhorada (Ref: 121 Heurísticas 8.14)

6 PRINCÍPIOS (SAVRANSKY, 2000)

144. Princípio de várias etapas: Usar um grupo de objetos uniformes, ao invés de um único objeto, para aumentar a eficiência da ação (Ref: 6 Princípios A)

145. Combinação de impedâncias: Durante o projeto, determinar o nível de impedância da entrada e definir a impedância do sistema interno. Se uma combinação exata é impossível, deve-se minimizar as perdas, amplificando ou atenuando o sinal de entrada através de alguns canais, cuja impedância pode ser combinada com a impedância do sistema (Ref: 6 Princípios E)

PRINCÍPIOS COMBINADOS (MANN; DEWULF; ZLOTIN; ZUSMAN, 2003)

146. Reduzir o peso(tamanho) das partes individuais (Ref: Princípios Combinados 41)

a. Fortalecer as peças que suportam a carga principal, reduzindo o peso/dimensões de outras peças (Ref: Princípios Combinados 41-B)

b. Diminuir a carga, a fim de reduzir o peso/dimensões (Ref: Princípios Combinados 41-C)

147. Aplicar suporte (Ref: Princípios Combinados 43)

a. Cobrir o caminho, ao longo do qual um objeto é transportado, com uma camada escorregadia de gelo, óleo, espuma, ou pequenas bolas (Ref: Princípios Combinados 43-D)

148. Ação preliminar parcial (Ref: Princípios Combinados 48)

a. Fazer um entalhe, marca ou perfuração (Ref: Princípios Combinados 48-B)

b. Reduzir a resistência local (Ref: Princípios Combinados 48-C)

c. "Fazer uma estrada", ou seja, tornar fácil para ferramentas prosseguirem numa direção desejada (Ref: Princípios Combinados 48-E)

149. Concentrar energia (Ref: Princípios Combinados 49)

a. Passar de ação tridimensional para ação numa superfície, ou num ponto (Ref: Princípios Combinados 49-D)

b. Utilizar formas geométricas específicas (Ref: Princípios Combinados 49-E)

150. Criar modelos (padrões) para comparação (Ref: Princípios Combinados 51)

a. Obter um modelo (padrão) com uma linha reta, utilizando um feixe luminoso (ou uma sombra, um reflexo, ou a imagem de um raio) (Ref: Princípios Combinados 51-A)

b. Utilizar uma superfície líquida para representar um plano horizontal com o modelo (padrão) de uma superfície horizontal (Ref: Princípios Combinados 51-B)

c. Construir um padrão de uma seção cônica (círculo, elipse ou hipérbole), derramando um líquido em um recipiente em forma de cone. O recipiente pode ser posicionado de modo que a superfície do líquido constitua a curva seccional desejada (Ref: Princípios Combinados 51-C)

d. Construir um modelo (padrão) de uma superfície de revolução parabólica, utilizando a superfície de um líquido num recipiente giratório (Ref: Princípios Combinados 51-D)

151. Integrar em um polissistema (pluralidade de sistemas) (Ref: Princípios Combinados 53)

- a. Combinar um grupo de objetos e usá-los em conjunto, se a complexidade do sistema é devida às pequenas dimensões dos objetos em uso (Ref: Princípios Combinados 53-A)
- b. Combinar um grupo de objetos e, em seguida, medir ou detectar o sinal combinado, se um sinal fraco é difícil de medir ou detectar (Ref: Princípios Combinados 53-B)

152. Reduzir a dispersão (Ref: Princípios Combinados 55)

- a. Agrupar os objetos de forma que perdas devidas à dispersão sejam diminuídas (Ref: Princípios Combinados 55-A)
- b. Dar a um objeto uma forma que irá minimizar as perdas devido à dispersão (Ref: Princípios Combinados 55-B)

153. Reduzir as fases de transformação de energia (Ref: Princípios Combinados 57)

- a. Usar um novo processo de operação para reduzir o número de fases de transformação da energia (Ref: Princípios Combinados 57 –A)

154. Transformar do campo (Ref: Princípios Combinados 59)

- a. Introduzir um elemento novo sob a forma de pó, bolhas, fios, filmes ou gotas que irá transformar o campo existente no campo desejado (requisitado) (Ref: Princípios Combinados 59-C)

155. Transformação na forma (perfil) para aumentar a resistência (Ref: Princípios Combinados 62)

- a. Introduzir um elemento com maior resistência mecânica, tais como perfurações, corrugações, formas de duplo T, canais, construções modulares, etc (Ref: Princípios Combinados 62-A)
- b. Mudar a forma da parte que está exposta ao desgaste, tornando-a a mesma que a forma previamente produzida por desgaste (Ref: Princípios Combinados 62-B)

156. Transformar a microestrutura de um objeto (Ref: Princípios Combinados 63)

- a. Alterar a estrutura ou composição de um objeto a fim de reforçar a parte mais fraca ou mais fortemente carregada (Ref: Princípios Combinados 63-A)

157. Separar/Isolar (Ref: Princípios Combinados 64)

- a. Isolar o sistema da fonte do efeito nocivo, particularmente no caso de desgaste, incêndio, explosão, evaporação, impacto térmico, etc (Ref: Princípios Combinados 64-A)

158. Alterar uma ação indesejada (Ref: Princípios Combinados 66)

- a. Influenciar um efeito indesejado a fim de tornar seguras as condições do sistema (Ref: Princípios Combinados 66-A)
- b. Desviar a ação nociva (para fora) do sistema (Ref: Princípios Combinados 66-B)
- c. Enfraquecer o efeito nocivo, prolongando o tempo de duração da ação (Ref: Princípios Combinados 66-C)

159. Remover ou modificar a fonte do prejuízo (Ref: Princípios Combinados 67)

- a. Modificar a fonte do efeito indesejado de modo a evitar que o efeito ocorra (Ref: Princípios Combinados 67-A)
- b. Remover a fonte do perigo (ou a parte danificada) do sistema (Ref: Princípios Combinados 67-B)
- c. Interceptar (aprisionar) produtos nocivos (Ref: Princípios Combinados 67-C)

160. Modificar ou substituir o sistema (Ref: Princípios Combinados 68)

- a. Transformar a parte do sistema onde acredita-se que o efeito nocivo ocorre (Ref: Princípios Combinados 68-A)
- b. Dividir o sistema em partes para que estas possam compensar o efeito nocivo de outras partes (Ref: Princípios Combinados 68-B)

161. Aumentar a resistência do sistema ao efeito nocivo (Ref: Princípios Combinados 69)

- a. Diminuir a sensibilidade do sistema a um efeito nocivo (Ref: Princípios Combinados 69-A)
- b. Criar “imunidade” ao efeito prejudicial (Ref: Princípios Combinados 69-B)

162. Localizar e/ou enfraquecer localmente um efeito nocivo (Ref: Princípios Combinados 71)

- a. Limitar o efeito nocivo a um lugar ou intervalo de tempo específico (Ref: Princípios Combinados 71-A)
- b. Isolar uma substância nociva dentro de uma outra substância (Ref: Princípios Combinados 71-B)
- c. Enfraquecer o efeito nocivo em um lugar ou intervalo de tempo específico (Ref: Princípios Combinados 71-C)
- d. Distribuir ou diluir o efeito nocivo (Ref: Princípios Combinados 71-D)

163. Esconder (mascarar) defeitos (Ref: Princípios Combinados 72)

- a. Multiplicar o defeito de modo que um padrão se desenvolva para escondê-lo, caso um defeito local não possa ser eliminado (Ref: Princípios Combinados 72-A)

164. Reduzir a contaminação (Ref: Princípios Combinados 74)

- a. Remover o efeito contaminante excluindo a possibilidade de contato com materiais contaminados (Ref: Princípios Combinados 74-A)
- b. Remover continuamente pequenas quantidades de substância contaminante, durante o andamento da operação (Ref: Princípios Combinados 74-C)

165. Reduzir erros humanos (Ref: Princípios Combinados 76)

- a. Dividir as operações críticas em uma série de operações, cada uma realizada por uma pessoa diferente. Assim, um erro causado por uma pessoa não pode causar danos indevidos (Ref: Princípios Combinados 76-A)
- b. Prevenir do perigo da inatividade (inércia) do operador humano (devido esquecimento, por exemplo) exigindo deste uma ação positiva para manter o sistema funcionando normalmente (Ref: Princípios Combinados 76-C)
- c. Interromper o funcionamento normal de um sistema ou entrar em um modo de funcionamento seguro quando o operador se torna inativo (Ref: Princípios Combinados 76-D)
- d. Lançar o feedback para impedir que um usuário realize acidentalmente uma certa ação. Pedir confirmação adicional de que o usuário deseja realizar essa ação (Ref: Princípios Combinados 76-E)

166. Bloquear ações perigosas (Ref: Princípios Combinados 77)

- a. Certificar-se de que o operador use as duas mãos para mantê-las fora de uma zona de perigo, especialmente quando se inicia uma operação perigosa (Ref: Princípios Combinados 77-A)

- b. Definir um limite para evitar condições perigosas de operação (Ref: Princípios Combinados 77-B)
- c. Criar condições em que o efeito nocivo não pode ocorrer (Ref: Princípios Combinados 77-C)

TEMPLATES (YEZERSKY, 1998)

167. Lidar com as causas em vez dos efeitos: Enfrentar um problema em um nível mais alto do sistema: Lidar com as causas em vez dos efeitos. “Se houver um efeito negativo relacionado a um elemento, tente resolver o problema que causou a introdução desse elemento no sistema. Em outras palavras, tentar lidar com problemas (causas) em vez da consequência (efeitos)” (Ref: Templates 1.1)

168. Evitar a necessidade de operações auxiliares: Enfrentar um problema em um nível mais alto do sistema: Evitar a necessidade de operações auxiliares. “Se houver um efeito negativo associado a qualquer operação auxiliar (tal como medida, orientação, etc), mude todo o processo de modo que não seja necessário realizar esta operação específica.” (Ref: Templates 1.2)

169. Necessidade de tempo adicional (Ref: Templates 2.1)

- a. Eliminar a necessidade de uma ação (Ref: Templates 2.1a)

170. Adiar uma ação: se existe a necessidade de atrasar uma ação (funcionalidade de um sistema), a principal função deve ser interrompida temporariamente e depois restaurada no momento necessário (Ref: Templates 2.2)

- a. Desligar temporariamente o sistema (Ref: Templates 2.2a)
- b. Introduzir um elemento de bloqueio temporário (Ref: Templates 2.2b)
- c. Tornar o objeto temporariamente insensível à ação (Ref: Templates 2.2c)
- d. Afastar temporariamente o objeto de ação (Ref: Templates 2.2d)
- e. Remover um novo elemento (exterior) de bloqueio que foi introduzido no sistema, utilizando apenas os recursos disponíveis (Ref: Templates 2.2e)

171. Modificar o Objeto/Ação : modificar uma ação, para que ela não necessite de um objeto grande (Ref: Templates 3.3e)

172. Destruir/Alterar fonte de fluxo: Impedir evento negativo: Destruir / Alterar fonte de fluxo / caminho (Ref: Templates 4.1)

- a. Alterar a estrutura do fluxo (Ref: Templates 4.1f)

173. Tornar o sistema oculto para o fluxo: Impedir evento negativo. Tornar o sistema camuflado para o fluxo (Ref: Templates 4.2)

- a. Enganar o fluxo: Ocultar o sistema (para tornar o sistema irreconhecível pela fluxo) (Ref: Templates 4.2b)
- b. Enganar o fluxo (Ref: Templates 4.2c)

174. Modificar uma ação (Ref: Templates 5.1)

- a. Criar / destruir a estrutura de fluxo (Ref: Templates 5.1b)
- b. Minimizar/ maximizar perdas (Ref: Templates 5.1c)

175. Modificar o objeto de ação, tornando o objeto sensível ou insensível à ação (Ref: Templates 5.2)

a. Colocar objetos onde a concentração de ação é alta / baixa (Ref: Templates 5.2b)

176. Introduzir um novo elemento quando proibido (Ref: Templates 7.1)

a. Elementos prontos para serem usados: Utilização de parte de um elemento (Ref: Templates 7.1.1c)

b. Modificar elementos existentes para obter a propriedade necessária (forma, simetria, dimensões, o movimento, a estrutura, composição, estado de fase, a condutividade elétrica, magnetização, transparência, química e características geométricas, etc) (Ref: Templates 7.1.2a)

177. Alterar um elemento existente quando proibido (Ref: Templates 7.2)

a. Alterar apenas uma parte de um elemento (Ref: Templates 7.2b)

b. Encontrar outros elementos do sistema que têm a mesma característica e conectá-los de modo a alterar os aspectos requeridos (Ref: Templates 7.2c)

c. Dividir o elemento em partes, uma das quais teria a característica necessária e, em seguida, reestabelecer conexão entre as partes (Ref: Templates 7.2d)

178. Quebrar uma conexão dentro de um sistema quando proibido: Aplicar princípios de separação, se existe uma necessidade de quebrar uma ligação entre dois elementos, pois causa um efeito negativo, mas é proibido ou impossível devido a alguma razão (por exemplo, o funcionamento do sistema irá deteriorar-se) (Ref: Templates 7.3/7.3.1)

a. Interromper conexão temporariamente (Ref: Templates 7.3.1a)

b. Quebrar o fluxo em duas partes e reintegrá-los para que o evento negativo desapareça (Ref: Templates 7.3/7.3.1c)