

Marco Aurélio de Carvalho

INOVAÇÃO EM PRODUTOS

IDEATRIZ, uma aplicação da TRIZ /
Inovação Sistemática na ideação de produtos

2ª edição

Inovação em Produtos:

IDEATRIZ, uma aplicação da TRIZ /
Inovação Sistemática na ideação de produtos

Marco Aurélio de Carvalho

2ª edição

Blucher

copyright © Marco Aurélio de Carvalho

1ª edição: 2011

2ª edição: 2017

Todos os direitos reservados pela
Editora Edgard Blücher Ltda.

É proibida a reprodução total ou parcial por
quaisquer meios sem autorização escrita da editora

Blucher

EDITORA EDGARD BLÜCHER LTDA.

Rua Pedroso Alvarenga, 1245 – 4º andar

04531-012 – São Paulo, SP – Brasil

Fax: (55_11) 3079-2707

Tel.: (55_11) 3078-5366

e-mail: editora@blucher.com.br

Site: www.blucher.com.br

FICHA CATALOGRÁFICA

Carvalho, Marco Aurélio de

Inovação em produtos: IDEATRIZ: uma aplicação da Triz: inovação sistemática na ideação de produtos [livro eletrônico] / Marco Aurélio de Carvalho. — 2. ed. — São Paulo: Blucher, 2017.

199 p.

Bibliografia

ISBN 978-85-8039-179-4 (e-book)

1. Administração de projetos 2. Criatividade 3. Engenharia de produção
4. Inovação tecnológica 5. Produtos – Desenvolvimento 6. Produtos novos
7. Produtos novos – Planejamento – Metodologia 8. Valor (Economia)
I. Título.

16-0599

CDD – 670

Índices para catálogo sistemático:

1. Ideação de novos produtos: Planejamento:
Engenharia de produtos



2007

Tese de
Doutorado

TÍTULO ORIGINAL DA PESQUISA

Metodologia IDEATRIZ para a Ideação de Novos Produtos

Marco Aurélio de Carvalho

ORIENTAÇÃO

Prof. Nelson Back, Ph.D.

CO-ORIENTAÇÃO

Prof. Dr. André Ogliari

BANCA EXAMINADORA

Prof. Nelson Back, Ph.D.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. André Ogliari

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Dr^a. Leila Amaral Gontijo

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Dr^a. Carla Cristina Amodio Estorilio

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Kazuo Hatakeyama, Ph.D.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Osmar Possamai

Universidade Federal de Santa Catarina

Marco Aurélio de Carvalho

Engenheiro, professor, pesquisador, empreendedor e autor, Marco de Carvalho trabalha com inovação, criatividade, desenvolvimento de produtos, gestão de projetos e desenvolvimento pessoal - tecnologias para fazer as coisas acontecerem.

Marco de Carvalho é engenheiro mecânico com mestrado e doutorado em engenharia de produção. Sua dissertação de mestrado e tese de doutorado enfocaram desenvolvimento de produtos e TRIZ. Sua tese, Metodologia IDEATRIZ para a Ideação de Novos Produtos, ganhou o primeiro lugar na categoria Trabalhos Acadêmicos do Prêmio de Inovação e Criatividade Tecnológica do CONFEA de 2008.

A experiência do autor como consultor inclui o trabalho com profissionais da Bosch, CSN, Infraero, Electrolux, FIAT, FIEP, Petrobrás, Siemens, Volvo, Whirlpool e Xerox, entre outras empresas.

Marco de Carvalho tem interesse em desenvolvimento pessoal e foi buscar uma das melhores formações na área. Ele é coach certificado em Transposição Cibernética (<http://tinyurl.com/257h4kh>).

Sua experiência profissional inclui a atuação na Volvo, John Deere, Electrolux e Bosch, nas áreas de

manufatura, desenvolvimento de produto e garantia da qualidade.

Marco de Carvalho é professor da UTFPR, onde ensina, pesquisa e orienta trabalhos nas suas áreas de atuação. Coordena o Curso de Especialização em Gestão do Desenvolvimento de Produtos (www.gdp3.org), que criou em 2003 e o laboratório SOMA Inovação Sistemática (www.soma.citec.ct.utfpr.edu.br), que criou em 2007.

É co-autor do livro 121 Heuristics for Solving Problems e autor de várias publicações científicas, muitas das quais estão disponíveis em www.aditivaconsultoria.com.

Marco de Carvalho é membro de:

- ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção);
- ASME (American Society of Mechanical Engineers);
- ETRIA (European TRIZ Association);
- IFM (Instituto Fábrica do Milênio);
- PDMA (Product Development Management Association);
- Working Group 5.4 - Computer-Aided Innovation da IFIP (International Federation for Information Processing);
- WFS (World Future Society).

Este trabalho é dedicado à minha maravilhosa esposa,
Nadja.

Agradecimentos

O autor manifesta sua gratidão a tudo e todos os que contribuíram para a consecução desta pesquisa e, de forma especial, à Presença que é o início, o fim e o meio e que permeia, preenche e penetra tudo o que existe; à família, pelas raízes; aos grandes mestres que inspiraram a evolução humana; aos mentores Gerhard Pregizer, Robert Proctor e Stuart Lichtman; ao Professor Nelson Back, pela fé, orientação, inspiração, paciência e amizade e ao Professor André Ogliari, pela amizade e orientação temperada com apurada capacidade analítica, cujos resultados estão presentes em várias partes deste trabalho.

O Autor também agradece aos amigos “trizeiros” espalhados pelo mundo, em especial Alexander Narbut, Greg Yezersky, Nikolai Khomenko, Semyon Savransky, Vladimir Petrov e Yuri Salamatov, pelos conhecimentos compartilhados; aos amigos Cláudio R. Ávila da Silva Jr. e Milton Borsato, pelo apoio e companheirismo; aos alunos de graduação e pós, pela energia e aprendizado e aos Professores e Servidores da UFSC (EPS/PPGEP e EMC/POS-MEC) – em especial, à Rosimeri.

Registra-se, ainda, a gratidão à UFSC, ao PPGEP, à UTFPR e à Aditiva, por terem proporcionado as condições materiais para a realização do trabalho.

O financiamento desta edição somente foi possível com a colaboração do PPGEM (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais) da UFPR e da FUNTEF - PR.

Aspectos Legais

Este documento contém informações obtidas de fontes autênticas. Todas as fontes são referenciadas. Houve esforço no sentido de inserir somente dados e informações confiáveis, mas, o autor não pode assumir responsabilidades pelas consequências do seu uso.

As referências feitas a produtos, processos, serviços, modelos de negócio, invenções e marcas tem a única finalidade de identificação e explicação, sem a intenção de infringir direitos de propriedade intelectual.

Todos os direitos de autoria deste trabalho estão reservados.

Resumo

A presente tese refere-se ao tema da inovação em produtos e, dentro deste, à ideação de novos produtos. Inicialmente, o pano de fundo é estendido: o dilema fundamental do empreendedor, que sabe que precisa inovar para auferir melhores resultados, mas, que tem aversão ao risco, é colocado. É demonstrado que este problema tem uma de suas raízes na má ideação de novos produtos. Em seguida, é delimitada a pesquisa, sendo estabelecido como objetivo desenvolver uma metodologia eficaz para a ideação, a qual fomente a produção de ideias verdadeiramente originais e, além disso, guie-se pelo critério da maximização do valor, de forma a que os resultados não descolem-se dos interesses mercadológicos. É apresentada, então, a fundamentação teórica do trabalho, na qual as fontes e os mecanismos de geração de ideias de novos produtos são descritos e discutidos. É dada atenção especial à metodologia TRIZ por, segundo a experiência do autor, ter o maior potencial para alcançar o lado do fomento à criatividade estabelecido como objetivo. A seguir, é fundamentada, formalizada e avaliada a metodologia proposta para a ideação de novos produtos, IDEATRIZ. Finalmente, o texto é encerrado com a conclusão de que a metodologia proposta atende ao objetivo definido, ou seja, é eficaz em combinar criatividade com a busca pela maximização do valor. Também são feitas recomendações para futuras pesquisas.

Palavras-chave: Ideação, Inovação, Criatividade, Valor, Planejamento de Produto, TRIZ.

Abstract

This thesis is concerned with product innovation, and, more specifically, new product ideation. First, the entrepreneur's dilemma is defined: entrepreneurs know they need to innovate in products, but they are also responsible for risk minimization. Both author's experience and literature indicate that part of product innovation's problems have roots in poor new product ideation. The research objective is then defined as developing an effective new product ideation methodology. Such methodology should be able to foster truly original ideas as well as be guided by value maximization. Secondly, the thesis theoretical background is presented. Idea sources and idea generation mechanisms are studied and analysed. Special attention is given to TRIZ methodology, because, in author's experience, has the greatest potential for fostering original ideas. Then, a new product ideation methodology – IDEATRIZ – is presented and evaluated. Finally, conclusions are drawn: IDEATRIZ is an effective new product ideation methodology, since is effective in linking creativity and value maximization. Directions for future research are also pointed out.

Keywords: Ideation, Innovation, Creativity, Value, New Product Development, TRIZ.

Sumário

1	A INOVAÇÃO E A IDEAÇÃO DE NOVOS PRODUTOS	25
1.1	A Inovação em Produtos	26
1.2	A Ideação de Novos Produtos Dentro do PDP	28
1.3	Delimitação da Pesquisa	32
1.3.1	Problema de Pesquisa	32
1.3.2	A Hipótese e o Objetivo da Pesquisa	33
1.3.3	Justificativas	34
1.3.4	Limitações do Trabalho	35
1.4	A Metodologia da Pesquisa	35
1.5	Estrutura do Trabalho	36
2	O PROCESSO DE IDEAÇÃO E AS FONTES DE IDEIAS	37
2.1	O Processo de Ideação de Novos Produtos	38
2.2	A Voz do Cliente	39
2.2.1	Estudos Exploratórios dos Clientes	39
2.2.2	Estudos dos Usuários Líderes	40
2.3	Tecnologia	42
2.3.1	Previsões Tecnológicas	43
2.3.2	A Vantagem do Atacante e a Inovação Interruptiva	45

2.4	A Voz do Produto	51
2.5	A Própria Empresa	52
2.6	Outras Empresas	54
2.7	Mudanças Ambientais	55
2.8	Considerações Finais	55
3	OS MÉTODOS DE IDEAÇÃO DE NOVOS PRODUTOS	59
3.1	Métodos Intuitivos	60
3.2	Métodos Sistemáticos	64
3.2.1	Busca Direta	64
3.2.2	Análise do Valor	64
3.2.3	Método Morfológico	65
3.2.4	Análise e Síntese Funcional	66
3.2.5	Analogia Sistemática	66
3.3	Métodos Heurísticos	67
4	A TRIZ (TEORIA DA SOLUÇÃO INVENTIVA DE PROBLEMAS)	69
4.1	Níveis Inventivos	70
4.2	Definição de TRIZ	71
4.3	Fundamentos Filosóficos	73
4.4	Conceitos Fundamentais da TRIZ	74
4.5	Estratégia da TRIZ	76
4.6	Ferramentas para a Análise da Situação Problemática e Formulação de Problemas	77
4.7	Ferramentas para a Ativação da Imaginação	81
5	AS FERRAMENTAS DA TRIZ PARA A IDEAÇÃO	83
5.1	Tendências da Evolução (TEs)	83
5.1.1	Origem das TEs	84
5.1.2	Outras Propostas Relativas às TEs	88
5.1.3	Ideação com Uso das TEs	93
5.2	Método dos Princípios Inventivos (MPI)	100
5.3	Heurísticas para a Transformação de Sistemas e 121 Heurísticas (121H)	103
5.4	Método da Separação (MS)	103
5.5	Efeitos Científicos	105
5.6	Método das Pequenas Pessoas Espertas (PPE)	105
5.7	Método das Partículas ou Método dos Agentes (MP/MA)	106
5.8	Análise Substância-Campo (Análise Su-Campo)	108

5.9	ARIZ	109
5.10	Hibridização	111
5.11	Método SIT	112
5.11.1	Unificação	114
5.11.2	Multiplificação	114
5.11.3	Divisão	115
5.11.4	Aumento da Variabilidade	116
5.11.5	Remoção	117
5.12	Software de TRIZ	117
5.13	Considerações Sobre a TRIZ	118
6	A METODOLOGIA IDEATRIZ PARA A IDEACÃO DE NOVOS PRODUTOS	121
6.1	Levantamento das Necessidades Relativas à Metodologia IDEATRIZ	121
6.2	A Concepção da Metodologia IDEATRIZ	123
6.2.1	Experimentação em Situações de Ensino	123
6.2.2	Experimentação em Situações de Pesquisa	128
6.2.3	Definição das Fases e Ferramentas da IDEATRIZ	128
6.3	Metodologia IDEATRIZ	130
6.3.1	Identificar Produto a ser Ouvido	131
6.3.2	Aplicar Heurísticas para Aumentar V	132
6.3.2.1	Heurísticas para Aumentar F	134
6.3.2.2	Heurísticas para Diminuir C	138
6.3.3	Formular e Resolver Contradições	140
6.3.3.1	MPI	141
6.3.3.2	MS	141
6.3.4	Avaliar Resultados Obtidos	142
6.3.5	Avaliação da Metodologia IDEATRIZ	143
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	147
7.1	Atingimento do Objetivo da Pesquisa	149
7.2	Sugestões de Trabalhos Futuros	149
	REFERÊNCIAS	151
	APÊNDICE 1 ORIENTAÇÕES REFERENTES AO BRAINSTORMING	161

APÊNDICE 2 FORMULÁRIO PARA A APLICAÇÃO DO MÉTODO DOS PRINCÍPIOS INVENTIVOS	163
APÊNDICE 3 PRINCÍPIOS INVENTIVOS	167
APÊNDICE 4 PARÂMETROS DE ENGENHARIA	173
APÊNDICE 5 MATRIZ DE AVALIAÇÃO DA IDEATRIZ	177
APÊNDICE 6 AVALIAÇÃO DA IDEATRIZ	179
A6.1 Brainstorming	179
A6.2 Tendências da Evolução	182
A6.3 IDEATRIZ	185
ANEXO - MATRIZ DE CONTRADIÇÕES	195

Lista de Acrônimos

Acrônimo	Significado
121H	121 Heurísticas, compiladas das Heurísticas para a Transformação de Sistemas, compiladas por Polovinkin (1985, 1988, 1991).
ABS	<i>Anti-Blocking System</i> , ou Sistema Anti-Travamento, sistema que monitora a rotação das rodas de um veículo e, caso perceba travamento, alivia a pressão de frenagem, de modo a evitar derrapagens.
ANPEI	Associação Nacional de Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia das Empresas Inovadoras – sociedade que congrega empresas brasileiras envolvidas com a inovação.
ARIZ	Algoritmo para a Solução Inventiva de Problemas, ferramenta de resolução de problemas inventivos que combina vários métodos da TRIZ para a solução de um problema considerado de difícil resolução.
ASIT	<i>Advanced Systematic Inventive Thinking</i> , ou Pensamento Inventivo Sistemático Avançado, técnica baseada no método SIT.
GDP3	Curso de Especialização em Gestão do Desenvolvimento de Produtos da UTFPR – Campus Curitiba

Acrônimo	Significado
IDEATRIZ	Metodologia para a ideação de novos produtos proposta neste trabalho, baseada na aplicação de heurísticas sintetizadas a partir das heurísticas da TRIZ e de conceitos da Análise de Valor, Inovação Interruptiva e Inovação de Valor.
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, órgão vinculado ao Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
C	Conexão, ou seja, um conduto que possibilita a existência de fluxos de energia, matéria e sinal entre elementos de um sistema.
ED	Evolução Dirigida, metodologia baseada na TRIZ e cuja finalidade é direcionar a evolução dos produtos oferecidos por uma empresa ao mercado.
EIM	Curso de Engenharia Industrial Mecânica da UTFPR – Campus Curitiba
F	Função, ou seja, ação realizada com ou num sistema.
FFE	<i>Fuzzy Front End</i> , termo cunhado por Smith & Reinertsen (1991), que refere-se às fases anteriores a um projeto específico de desenvolvimento de produto, nas quais a empresa ainda não decidiu que ideia(s) de produto desenvolverá.
CM (1, 2, ...)	Característica a ser melhorada, no MPI.
CP (1, 2, ...)	Característica piorada, no MPI.
MF	Mundo Fechado, condição utilizada no método SIT para indicar que é proibido gerar ideias que introduzam novos elementos no sistema original.
MPI	Método dos Princípios Inventivos, técnica mais popular da TRIZ, baseada na identificação de contradições técnicas e resolução das mesmas com a aplicação de 40 heurísticas, conhecidas como princípios inventivos.
MP/MA	Método das Partículas / Método dos Agentes – técnicas da TRIZ que baseiam-se na consideração de que partículas ou agentes irão realizar as ações necessárias para a solução de problemas.
MQ	Mudança Qualitativa – condição utilizada no método SIT para indicar que é necessário desacoplar ou tornar positivo um acoplamento entre características que, atualmente, é negativo no sistema.
MS	Método da Separação – técnica da TRIZ que baseia-se na identificação de uma contradição física e resolução da mesma por meio dos chamados princípios da separação.

Acrônimo	Significado
Operador TTC	Operador Tamanho-Tempo-Custo – técnica para a ativação da imaginação da TRIZ, na qual se procura imaginar como seria o sistema caso o tempo de operação, o tamanho e o custo tendessem a zero ou ao infinito.
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento.
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produto.
PPE	Pequenas Pessoas Espertas – técnica da TRIZ que baseia-se na consideração de que uma multidão de pequenas pessoas espertas irão realizar as ações necessárias para a solução de problemas.
REN (1, 2, ...)	Característica a ser reduzida, eliminada ou neutralizada, no MPI.
RFI	Resultado Final Ideal – condição utilizada na TRIZ para estabelecer uma meta para a resolução de um problema, a qual deve apontar na direção da solução ideal.
SC (1, 2, ...)	Solução convencional, no MPI.
SIT	<i>Systematic Inventive Thinking</i> , ou Pensamento Inventivo Sistemático, técnica baseada em duas condições e cinco heurísticas.
STI	Sistema Técnico Ideal – a rigor, sistema que realiza a função necessária, mas, não existe. Na prática, é um sistema que realiza a função necessária com o mínimo de funções indesejadas, funções neutras e custos.
Su-campo	Modelo de um sistema técnico em termos de substâncias e campos. Por exemplo, ao descascar uma laranja, um campo (esforço da pessoa que está descascando) é aplicado sobre uma substância (a faca), a qual age sobre outra substância (a laranja). Este tipo de modelo é utilizado no trabalho com a análise su-campo e os padrões inventivos.
TEs	Tendências da Evolução – heurísticas que representam direções prováveis de evolução dos sistemas técnicos e que podem ser utilizadas para gerar ideias de versões futuras de um sistema.
TM	Curso de Tecnologia em Mecânica da UTFPR – Campus Curitiba
TRIZ	Teoria da Solução Inventiva de Problemas – teoria desenvolvida por Altshuller, na antiga URSS e voltada para problemas do tipo inventivo, ou seja, problemas que contêm contradições.
USIT	<i>Unified Systematic Inventive Thinking</i> , ou Pensamento Inventivo Sistemático Unificado, técnica baseada no método SIT.
V	Valor é a proporção entre as funções realizadas por um sistema e suas conexões.

Acrônimo	Significado
VDC	Voz do Cliente é a identificação e priorização das necessidades dos clientes.
VDP	Voz do Produto é identificação de ideias de novos produtos a partir de produtos existentes, seguida de identificação das potenciais aplicações, mercados e clientes.
WOIS	Widerspruchorientierte Innovationsstrategie, ou Estratégia de Inovação Orientada para Contradições, metodologia desenvolvida por Linde & Hill (1993) como tentativa de fundir a TRIZ e a metodologia de projeto de produtos.

A Inovação e a Ideação de Novos Produtos

“Inventar é imaginar o que ninguém pensou; é acreditar no que ninguém jurou; é arriscar o que ninguém ousou; é realizar o que ninguém tentou. Inventar é transcender.” Alberto Santos Dumont

Os padrões, leis e operações da inovação começaram a ser desvendados no final do século passado. Progressos tem sido feitos no sentido de que, gradativamente, ela passe a ser um processo controlável.

O estudo da inovação tem evoluído no que concerne ao entendimento do que seja inovar e dos atores que fazem parte do processo. No primeiro caso, a inovação se desloca de uma visão puramente tecnológica e passa a ser entendida como a utilização do conhecimento sobre novas formas de produzir e comercializar bens e serviços, bem como o desenvolvimento de novos meios de organizar empresas, fornecedores, produção, logística e comercialização, com a finalidade de oferecer valor para os clientes. No segundo caso, os atores envolvidos no cenário da inovação não estão restritos à empresa, e sim ao conjunto mais amplo de elementos que formam o que se pode chamar sistema de inovação.

A inovação pode referir-se a produtos, processos, serviços e modelos de negócio. O presente trabalho trata da inovação em produtos e, mais especificamente, de uma das primeiras atividades do processo, que é a geração de ideias ou a ideação de novos produtos.

Neste capítulo, é feita a contextualização e a delimitação da pesquisa. Também são definidas a metodologia utilizada e a estrutura do trabalho.

1.1 A INOVAÇÃO EM PRODUTOS

Recentes estudos sobre inovação no Brasil por parte da ANPEI (ANPEI, 2004) e do IPEA (DE NEGRI & SALERNO, 2005) deixam claro que o tema, embora muito estudado e discutido na academia, ainda não adquiriu, nas empresas brasileiras, papel preponderante. Os dois estudos analisam, ainda, as razões do baixo investimento atual em inovação tecnológica no Brasil e apresentam propostas no sentido de reverter o quadro desfavorável.

A pesquisa do IPEA conclui que, para a inovação ocorrer e produzir os benefícios econômicos e sociais dela esperados, é preciso que uma parcela mais significativa dos dirigentes empresariais brasileiros perceba que inovar não pode limitar-se à aquisição de equipamentos e que a inovação em produtos, diferenciando e agregando valor, embora mais arriscada, contribui para o crescimento das empresas. Mais especificamente, inovar em produtos resulta em:

- aumento nas exportações;
- melhoria da qualidade dos produtos;
- manutenção e ampliação da participação no mercado, criando
- possibilidades de penetração em novos mercados e
- aumentando as exportações;
- redução de custos;
- redução de impactos ao meio ambiente;
- facilitação do enquadramento em normas; e
- melhorias salariais, gerando um círculo virtuoso, em que profissionais mais valorizados produzem mais inovação.

As pesquisas da ANPEI (2004) e do IPEA (De Negri & Salerno, 2005) concluem diversamente acerca das empresas que têm apresentado maior esforço inovativo no Brasil. Para a ANPEI (2004), estas são as empresas de capital estrangeiro. O IPEA (DE NEGRI & SALERNO, 2005) obteve, como resultado de análises econométricas sobre diversas bases de dados industriais, que são as empresas de capital nacional as mais inovadoras. Qualquer que seja a origem do capital predominante nas empresas mais inovadoras do Brasil, as duas pesquisas convergem em relação à premente necessidade de aumento do dinamismo na área, por meio de uma articulação nacional no sentido da inovação.

As taxas crescentes a que acontece a inovação tecnológica no mundo, documentadas, por exemplo, por futurólogos como Davis & Davidson (1991), Canton (1999) e Kurzweil (1999) requerem das empresas a capacidade de, muito além de reagir aos desenvolvimentos tecnológicos, ser capazes de articular-se em redes, cooperando com outras empresas, governo, universidades e instituições de pesquisa e colocando-se em condições de criar os mesmos.

Perez (1985) argumenta que o novo paradigma tecnológico tem como características a tendência em direção ao aumento da intensidade da informação, a mudança da produção em massa para processos de produção flexíveis e a mudança do foco na automação para o foco na sistematização. As empresas que desejam adequar-se a tal paradigma tecnológico

necessitam organizar-se no sentido de aproveitar ao máximo o potencial, não somente de seus equipamentos e instalações, mas, principalmente, dos seus colaboradores, que são, de fato, os detentores do conhecimento. Cada empresa necessita arranjar seu *modus operandi* no sentido de tornar a inovação uma atividade permanente e não algo que se faz raramente e que interrompe e/ou atrapalha a rotina.

Mais especificamente, no que tange à inovação em produtos, Cooper & Kleinschmidt (1987) estudaram os fatores que influenciam o sucesso de um produto, chegando àqueles resumidos no Quadro 1.1.

Desde as pesquisas de Perez (1985) e de Cooper & Kleinschmidt (1987), muitas empresas organizaram-se para inovar sistematicamente em produtos. Entretanto, um dos problemas centrais enfrentados por estas empresas continua sendo que, mesmo procurando tornar a inovação uma atividade permanente e organizada, inovar em produtos ainda é um negócio de alto risco.

Quadro 1.1 – Fatores de influência no sucesso de produtos

Fator	Descrição
Superioridade	A superioridade de um produto é o principal fator de influência no sucesso comercial do mesmo. Tal superioridade é desdobrada em: benefícios oferecidos ao cliente, qualidade do produto, custo, grau de inovação, grau de percepção do produto como superior e grau de percepção do produto como uma solução para uma necessidade real.
Pré-desenvolvimento	A definição do produto e as atividades de pré-desenvolvimento (pesquisa preliminar, avaliações preliminares da tecnologia e do mercado e análise econômico-financeira) são vitais para o sucesso de um novo produto.
Sinergia mercado-tecnologia	A sinergia mercado-tecnologia é um fator-chave para o sucesso de um novo produto. Tecnologias precisam ser aceitas pelos clientes para que possam ser implementadas nos produtos.
Tipo de variáveis influentes	Variáveis controláveis (como o grau de domínio das atividades de pré-desenvolvimento, mercadológicas e tecnológicas) são mais importantes que variáveis não controláveis (variáveis econômicas, mudanças do mercado) no sucesso de um produto.

Ao analisar o tema, Christensen & Raynor (2003) observaram que, apesar dos esforços de empresas que podem ser consideradas bem organizadas para a inovação:

- cerca de 60% de todos os produtos não chegam ao mercado;
- dos 40% que são lançados, 40% não se provam lucrativos, 35% pagam o custo de seu desenvolvimento e somente 25% resultam em lucros.

Estes resultados alarmantes da atividade de inovação em produtos explicam parte da reticência dos empresários brasileiros em relação ao assunto. Como convencer empresários a investir numa atividade que consome tantos recursos e pode resultar apenas em aprendizado? Embora aprender seja algo desejável, sozinho, não leva ao atingimento do objetivo maior das empresas, o lucro, nem dos objetivos sociais da maior arrecadação de impostos, geração de empregos e aumento da riqueza da sociedade como um todo.

O estado das coisas descrito até aqui parece ser a razão para os recursos substanciais que são investidos em cópias (produtos *me-too*) e extensões de marca (WIND & MAHAJAN, 1997). Por outro lado, existe uma correlação significativa entre empresas inovadoras e lide-

rança (COOPER & KLEINSCHMIDT, 1987). Em suma, a necessidade pela inovação e o risco a ela associado representam o maior dilema enfrentado pelos inovadores.

Os motivos para os malogros em novos produtos são muitos, mas, Christensen & Raynor (2003) argumentam que há duas vertentes principais. A incapacidade de resolver problemas complexos surgidos no desenvolvimento de novos produtos é indicada como o principal fator por detrás dos 60% de produtos não lançados. O segundo grande motivo, causador não somente do aborto de potenciais lançamentos, mas, também, dos fracos resultados de produtos que chegam ao mercado, é o direcionamento de novos produtos para mercados errados.

A primeira vertente indicada por Christensen & Raynor (2003) pode ser tratada por meio de melhor Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), bem como melhores engenharias de produto e processo.

O segundo motivo para os fracassos em novos produtos aponta para a necessidade de melhores processos de planejamento de produtos, dentro dos quais está o tema do presente trabalho: a ideação de novos produtos.

1.2 A IDEAÇÃO DE NOVOS PRODUTOS DENTRO DO PDP

A ideação, ou geração da ideia de um novo produto¹ pode ser o resultado de uma intuição e acontecer a qualquer momento, seja como resultado de um esforço intencional ou não.

O caminho puramente intuitivo para a ideação depende de *insights*, originados na mente subconsciente. Certas condições permitem a comunicação da mente subconsciente com a mente consciente, produzindo o insight. Exemplos da eficácia dos processos intuitivos são muitos. A descoberta do Princípio de Arquimedes, a identificação da estrutura do benzeno por Kekulé e as invenções de Tesla² são alguns.

O uso de metodologias não é exatamente uma abordagem oposta à intuitiva, mas, uma explicitação da mesma. Neste sentido, Wallas (1926) foi um precursor, enunciando que o processo criativo ocorre por intermédio das etapas de preparação, incubação, iluminação e verificação.

Na preparação, o problema é estudado e informações são buscadas, de forma consciente. O período de incubação é aquele no qual a mente consciente ocupa-se de outra tarefa e a mente subconsciente envolve-se com a análise de múltiplas possibilidades de solução. A iluminação acontece quando a solução, já encontrada pelo subconsciente, chega à mente consciente. Frequentemente, a iluminação acontece num momento de relaxamento, quando pode haver comunicação entre subconsciente e consciente. Por último, a ideia precisa ser verificada.

1 Ideal, neste trabalho, é sinônimo de gerar ideias. Ideias são entendidas como a forma mais inicial ou embrionária de um novo produto.

2 No que se refere à imaginação e intuição, o processo inventivo de Tesla era especialmente interessante (TESLA, 2007). Em sua descrição do seu processo criativo, ele aponta que somente construía fisicamente alguma coisa após ter detalhadamente projetado, construído, testado e melhorado essa coisa imaginariamente.

No caso do desenvolvimento de produtos, os problemas tendem a ser complexos e demandar o envolvimento de equipes. Sistemáticas mais detalhadas tornam-se necessárias. Neste trabalho, a metodologia de Pahl & Beitz (1988), considerada clássica e, provavelmente, a mais amplamente difundida no mundo, é adotada como referência.

Para Pahl & Beitz, o PDP começa com uma Tarefa de desenvolvimento e prossegue com as macrofases Planejar e Esclarecer a Tarefa, Desenvolver Princípio de Solução (Concepção), Desenvolver a Estrutura Construtiva, Definir a Estrutura Construtiva e Preparar a Documentação para a Produção e Operação, chegando-se, então, à Solução, ou seja, ao produto desenvolvido (Ilustração 1.1).

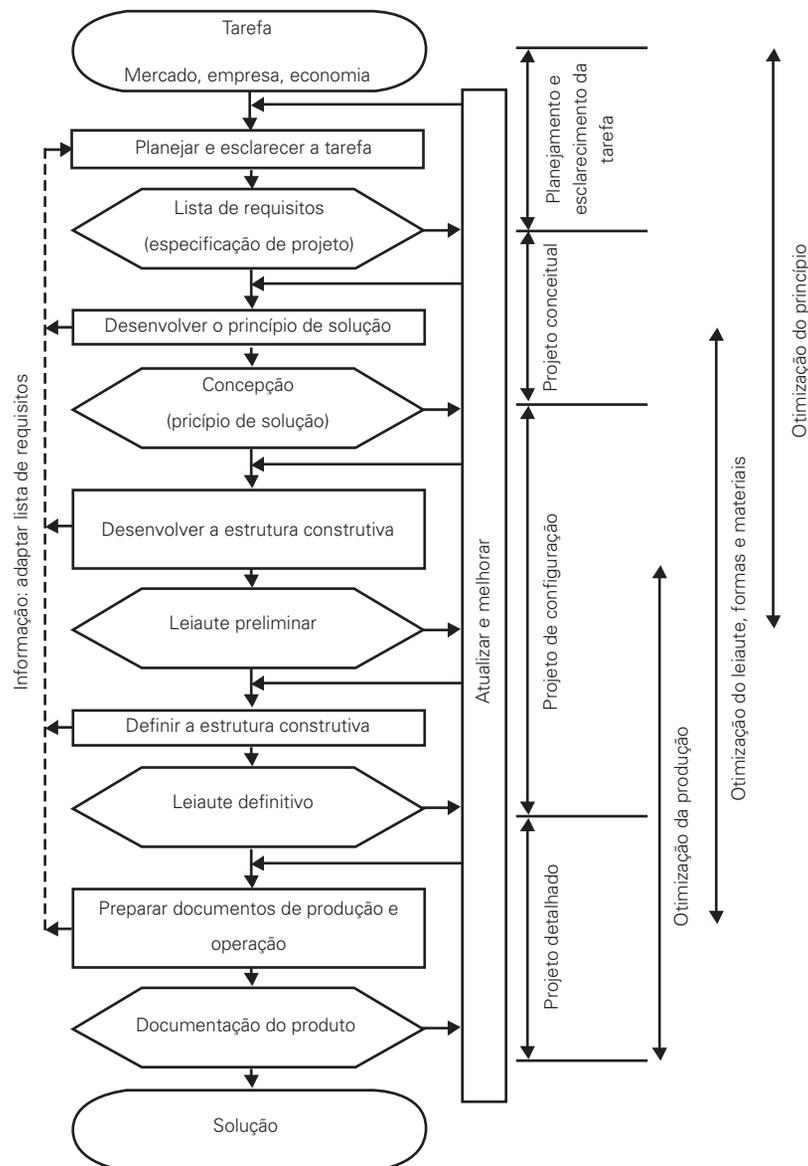


Ilustração 1.1 – Etapas do processo de planejamento e projeto (adaptado de Pahl & Beitz, 1988)

Cada uma das macrofases do modelo de Pahl & Beitz é composta por fases e subfases. A Tarefa de desenvolvimento é uma definição inicial e vaga do produto a ser desenvolvido,

ou seja, um ponto de partida para o processo. A primeira macrofase, Planejar e Esclarecer a Tarefa, é detalhada na Ilustração 1.2. Observa-se, desde a fase 1 até à fase 6, uma progressão sistemática, desde a análise do macro-ambiente no qual a empresa está inserida até uma lista de requisitos, específica para um produto a ser desenvolvido e oferecido ao mercado.

Para Pahl & Beitz (1988), a situação existente no início do planejamento de um produto envolve muitos aspectos que precisam ser esclarecidos. Isto é feito na fase Análise da Situação. As duas primeiras subfases, Identificação da Fase do Ciclo de Vida e Elaboração da Matriz Produto-mercado, referem-se ao portfólio de produtos da empresa. São subfases importantes para reconhecer a posição atual dos produtos oferecidos pela empresa ao mercado e possibilitar o balanceamento dos ciclos de vida. A subfase seguinte, Identificação da Própria Competência, consiste na busca das razões para a posição atual, por meio do levantamento das forças e fraquezas da empresa. As duas atividades finais desta fase focalizam a captação do estado atual da tecnologia e a prospecção das possibilidades de desenvolvimento futuro.

A fase subsequente, Formulação de Estratégias de Busca, tem a finalidade de identificar oportunidades estratégicas, coerentes com os objetivos da empresa, considerando as informações obtidas na fase anterior e a dinâmica do mercado, como o surgimento e desaparecimento de demandas e tendências. O resultado final esperado desta fase é a definição de um campo de procura, no qual será focada a busca de ideias para novos produtos.

Para Pahl & Beitz, a fase 3, Busca de Ideias para o Produto, consiste na aplicação de “métodos de busca”, ou seja, métodos para a geração de ideias, tais como a análise funcional, *brainstorming*, método morfológico, entre outros, com a finalidade de desenvolver novas ideias de produtos.

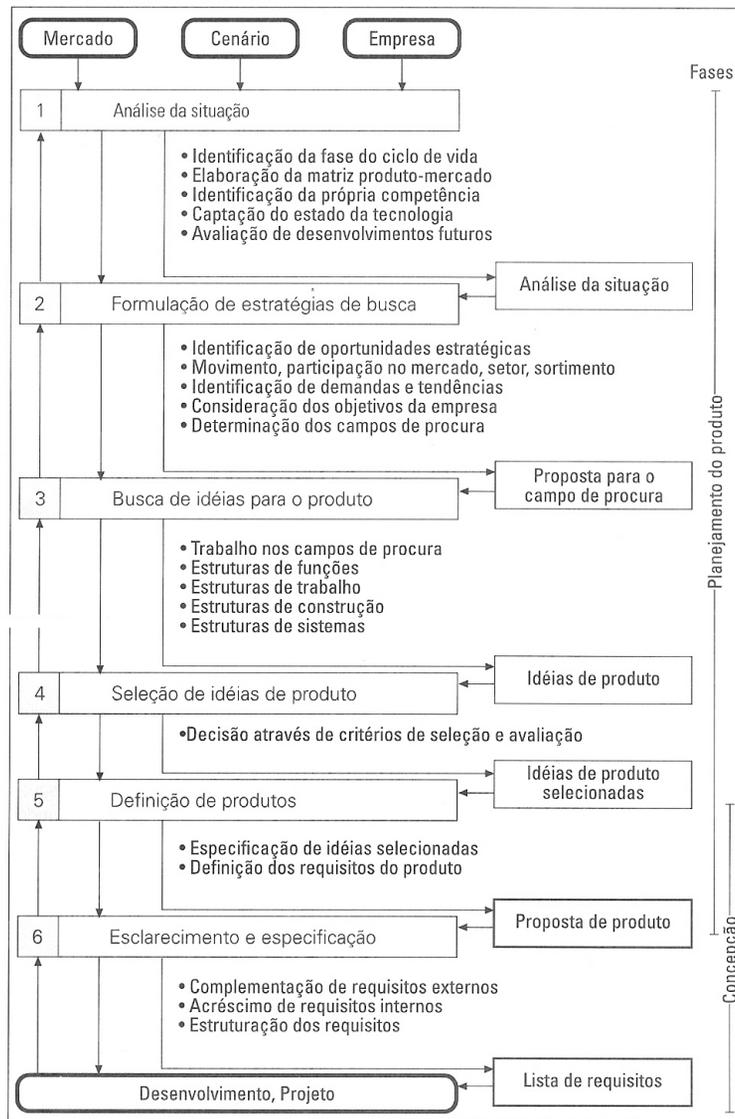


Ilustração 1.2 – Fases e subfases da macrofase Planejamento e Esclarecimento da Tarefa (adaptado de Pahl & Beitz, 1988, com base em Kramer, 1986)

As novas ideias podem apresentar-se como novas estruturas funcionais, estruturas de trabalho, estruturas de construção e estruturas de sistemas. As ideias geradas nesta fase são avaliadas na fase seguinte, Seleção de Ideias de Produto, com uso de critérios e métodos de avaliação e seleção.

As fases 5 e 6 correspondem à definição e detalhamento dos requisitos, de forma a esclarecer a tarefa suficientemente para o adequado projeto do produto.

O tema da presente pesquisa está relacionado ao Planejamento e Esclarecimento da Tarefa e, mais especificamente, à fase 3, ou seja, àquilo que Pahl & Beitz denominam Busca de Ideias. No próximo segmento do trabalho, a pesquisa é delimitada de forma mais precisa.

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

1.3.1 Problema de Pesquisa

Existem várias abordagens para a ideação de novos produtos, como é detalhado na fundamentação teórica deste trabalho. Enquanto diversas, estas abordagens podem ser sintetizadas em duas principais vertentes: externa e interna à empresa. A externa refere-se ao mercado e a interna, às mentes criativas dos colaboradores da empresa como origem de ideias.

O marketing tem estudado as possíveis formas de exaurir o mercado como fonte de ideias de produtos. Esta abordagem tem obtido resultados positivos, como demonstrado por Ottum & Moore (1997), Lehmann *et al.* (1998), Narasimhan & Sen (1983), Urban & Von Hippel (1988) e Lilien *et al.* (1992). Ela tem, também, importantes limitações, sendo as duas principais a tendência a apontar o desenvolvimento de novos produtos para um alvo situado no passado e a incapacidade de conduzir à obtenção de ideias realmente originais.

O mercado é dinâmico, enquanto que as ferramentas existentes para a análise do mercado tendem a obter dados representativos de um momento específico – em geral, separado por meses do momento em que o produto neles baseado será lançado. A análise conjunta (URBAN & HAUSER, 1993) e a casa da qualidade (HAUSER & CLAUSING, 1988), ferramentas muito difundidas para o planejamento de produtos em resposta às informações mercadológicas, resultam em fracas indicações sobre tendências e necessidades futuras.

Alguns autores propõem como solução para o descompasso entre o momento do levantamento das necessidades e o momento do lançamento de um novo produto no mercado as tendências mercadológicas (POPCORN, 1993; POPCORN & MARIGOLD, 1997; HILL, 2003). Tais tendências apontam para prováveis necessidades futuras. Por exemplo, Popcorn (1993) propôs a tendência do Encasulamento (*Cocooning*), que significa que as pessoas têm procurado, por questões de comodidade e segurança, fazer tudo o que podem dentro de ambientes conhecidos, seguros e confortáveis, como suas casas, automóveis e shopping centers. Tal tendência mercadológica tem levado empresas de eletrodomésticos a desenvolverem, por exemplo, panificadoras (que facilitam a panificação em casa), uma variedade de fornos, cafeteiras que permitem fazer capuccino em casa, entre outros (SANTOS, 2005). O problema das tendências mercadológicas é que elas são, na verdade, macro-tendências, ou seja, embora possam ser úteis como subsídio para a formulação de estratégias organizacionais, são de alcance muito amplo para ter real utilidade na ideação de novos produtos específicos.

A pequena originalidade das ideias de produtos derivados do mercado decorre de duas limitações principais: a pequena capacidade dos clientes de prover informações confiáveis além de sua própria experiência, geralmente pequena, na área de interesse (GRIFFIN, 1996) e a forma abrupta pela qual cresce a difusão do conhecimento sobre necessidades emergentes (GOLDENBERG & EFRONI, 2001).

O modelo de Goldemberg & Efroni (2001) indica que a difusão do conhecimento sobre necessidades emergentes é inicialmente pequeno, porque poucas pessoas estão cientes

da ideia de um novo produto em particular (estágio 1); em seguida, este conhecimento propaga-se muito rapidamente (estágio 2) e, finalmente, ocorre uma saturação, quando o mercado conhece plenamente a ideia (estágio 3). Consultar os clientes para obter ideias de novos produtos tem uma probabilidade muito pequena de funcionar no estágio 1, porque é difícil encontrar clientes que estejam cientes da necessidade emergente e passa a ser pouco útil nos estágios 2 e 3, porque todos já conhecem a necessidade e o potencial de inovação foi bastante reduzido.

A abordagem interna para a ideação de novos produtos, em sua variedade de técnicas, detalhadas na fundamentação teórica deste trabalho, conta com alguns dos resultados mais famosos em produtos verdadeiramente originais. Entre eles, podem ser citados o Post-It da 3M, o Walkman da Sony e um exemplo de origem nacional, o Trikke, veículo cambável de 3 rodas.

Por outro lado, a ideação a partir das mentes dos colaboradores de uma organização pode ter como desvantagem a alienação em relação ao mercado. Como resultado, pode-se obter invenções tecnicamente interessantes, mas, que não dão retorno sobre o investimento em seu desenvolvimento. Exemplos disto foram vários produtos criados pela Apple, como o Apple III e o Macintosh, entre outros (HALLIDAY, 1983). Uma parte significativa das soluções contidas nos bancos de dados patentários nunca chegou ao mercado justamente por esta razão.

Esta discussão conduz ao problema central desta pesquisa, que assenta-se sobre o dilema: deve-se optar por obter ideias de produtos verdadeiramente originais, pela abordagem interna e aceitar o risco de desconsiderar o interesse do mercado, ou deve-se atender ao interesse do mercado e aceitar a pequena originalidade?

1.3.2 A Hipótese e o Objetivo da Pesquisa

Pelo menos desde o final da década de 1940, com os trabalhos de Miles nos EUA (MILES, 1961) e de Sobolev, de forma independente, na Rússia (SOBOLEV, 1987), sabe-se que o mercado está interessado na maximização do valor, ou, de forma geral, em aumentar as funções, ou benefícios para os clientes e minimizar os custos associados.

A hipótese deste trabalho é que uma metodologia mais avançada de ideação de novos produtos deveria basear-se na abordagem interna, para facilitar a geração de ideias verdadeiramente originais e, além disso, guiar-se pelo critério da maximização do valor, de forma a não descolarse dos interesses mercadológicos.

Tem-se como objetivo geral obter uma metodologia para a ideação de novos produtos que solucione o dilema apresentado no item anterior, ou seja, que permita obter ideias de produtos verdadeiramente originais e, ao mesmo tempo, atenda aos interesses do mercado. A viabilidade de alcançar este objetivo decorre da existência de um corpo de conhecimento acumulado sobre produtos de sucesso, o qual pode ser utilizado para reduzir a produção de ideias com pequeno potencial de sucesso mercadológico (*e.g.* CHRISTENSEN, 2000; ALTSHULLER, 1986; MANN, 2002).

Os objetivos específicos são:

- estudar o processo de ideação de novos produtos;
- estudar as fontes de ideias;
- estudar os métodos de ideação;
- avaliar a eficácia dos métodos de ideação; e
- conceber e avaliar uma metodologia eficaz para a ideação de novos produtos.

De acordo com o dicionário Aurélio (FERREIRA, 2004), eficaz significa: “Que produz o efeito desejado; que dá bom resultado”. Mais especificamente, o “efeito desejado” ou o “bom resultado” é a produção de ideias criativas e que tenham potencial mercadológico.

A definição de ideia criativa aqui adotada é a de uma ideia que é, ao mesmo tempo, útil e original. Uma ideia útil é aquela direcionada para atender a uma necessidade genuína dos clientes, mesmo que tal necessidade seja potencial e ainda não explicitada pelos mesmos. Uma ideia original é aquela que ainda não foi materializada através de soluções disponíveis para os clientes, no mercado. Esta definição é similar à utilizada no estudo de Horowitz (1998), segundo o qual uma ideia criativa é útil e original, diferindo em que, naquela pesquisa, o critério para útil e original era o julgamento de um especialista na área de interesse.

O potencial mercadológico de uma ideia é uma avaliação que cabe aos líderes de uma empresa, com base na experiência e na consideração de critérios como tamanho do mercado, posição do mercado em seu ciclo de vida, entre outros.

1.3.3 Justificativas

Verifica-se, na literatura sobre o processo de inovação em produtos, que boa parte das oportunidades de melhoria está nas atividades iniciais. Tais atividades, popularizadas como *Fuzzy Front End* (FFE) por Smith & Reinertsen (1991), tem sido o foco de uma parte substancial da pesquisa recente na área de desenvolvimento de produtos.

Dentro do FFE, o objetivo escolhido para a pesquisa é a atividade de geração de ideias de novos produtos. Foi identificada a necessidade de aumentar a eficácia desta atividade, porque as ferramentas existentes tendem a ser muito divergentes, ou seja, não têm um objetivo definido e resultam numa grande variedade de ideias, que, posteriormente, precisam ser avaliadas, frequentemente consumindo muito tempo.

A abordagem tradicional para identificar, dentre as ideias geradas, aquelas com apelo mercadológico, é a separação entre a ideação e a avaliação em uma sequência envolvendo um processo divergente e um convergente, como explicitado, por exemplo, por Pugh (1991): primeiro, é dada liberdade para a geração livre de ideias, as quais, em seguida, devem ser submetidas a um escrutínio que considere vários critérios, boa parte dos quais serve para avaliar o potencial de aceitação pelo mercado.

Tal convergência controlada tende a ser relativamente eficaz na etapa Desenvolvimento do Princípio de Solução (PAHL & BEITZ, 1988), mas, usar o mesmo processo a montante no PDP, ou seja, na ideação de produtos pode provar-se difícil, dada a agudização do problema da falta de informações suficientes para avaliar as ideias geradas.

Além disso, considerando o conceito de idealidade, da TRIZ (ALTSHULLER, 1986), o

ideal seria que ideias de pequeno potencial nem mesmo fossem geradas, de modo a economizar tempo de avaliação.

Desta forma, acredita-se que o objetivo estabelecido para a pesquisa, da ideação eficaz, vale a pena ser atingido.

1.3.4 Limitações do Trabalho

Esta pesquisa é centrada no desenvolvimento e avaliação de uma metodologia para a ideação eficaz de novos produtos. Os melhores esforços no sentido de garantir a eficácia da metodologia estão sendo empregados, mas, o escopo do trabalho não inclui a validação estatística da mesma.

Comumente, acredita-se que a diversidade de pessoas estimula a criatividade. De acordo com Mostert (2007), a chave para a criatividade não é a diversidade de pessoas, mas, a diversidade mental, ou seja, a variedade de interesses e a criatividade de cada indivíduo. Mostert (2007) argumenta que somente as organizações dispostas a investir tempo e recursos em desenvolver a diversidade mental poderão colher os benefícios do aumento da criatividade. Reconhece-se como de grande importância a existência de motivação e de um clima organizacional adequado para que a ideação de novos produtos seja eficaz, mas, a metodologia proposta neste trabalho não enfoca estes aspectos, limitando-se ao instrumental para a ideação.

1.4 A METODOLOGIA DA PESQUISA

As classificações feitas neste item referem-se àquelas definidas por Gil (1991). Quanto ao objetivo, esta pesquisa classifica-se como exploratória, porque se pretende alcançar maior familiaridade com o problema, por meio da revisão da literatura pertinente e da avaliação dos métodos existentes de ideação, para, então, propor uma nova metodologia.

Como forma de atingir os objetivos, a pesquisa é de natureza aplicada e prática, sendo utilizada, principalmente, a abordagem qualitativa. A abordagem quantitativa também é utilizada, quando da análise comparativa dos métodos de ideação (Capítulo 6).

Do ponto de vista dos procedimentos de pesquisa, são utilizadas pesquisa bibliográfica e pesquisa-ação, sendo esta última empregada quando da análise dos métodos de ideação e da avaliação da metodologia proposta.

A presente pesquisa engloba as seguintes etapas:

- fundamentação teórica;
- criação de uma metodologia para a ideação de novos produtos;
- avaliação da metodologia; e
- análise dos resultados obtidos.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura deste trabalho é esquematizada na Ilustração 1.3.

Os Capítulos 2, 3, 4 e 5 reúnem a fundamentação teórica, sendo que:

- no Capítulo 2, são abordados o processo de ideação e as fontes de ideias;
- no Capítulo 3, trata-se dos métodos de ideação intuitivos e sistemáticos; e
- nos Capítulos 4 e 5, é apresentada a metodologia TRIZ (Teoria da Solução de Problemas Inventivos), um dos principais fundamentos da metodologia proposta para a ideação de novos produtos.

A referida metodologia é descrita e avaliada no Capítulo 6. O Capítulo 7 corresponde às conclusões e recomendações para trabalhos futuros. Após o Capítulo 7, são fornecidas as referências consultadas, os Apêndices (Orientações Referentes ao *Brainstorming*, Formulário para Aplicação do MPI, Princípios Inventivos, Parâmetros de Engenharia, Matriz de Avaliação, Avaliação da IDEATRIZ) e o Anexo (Matriz de Contradições).

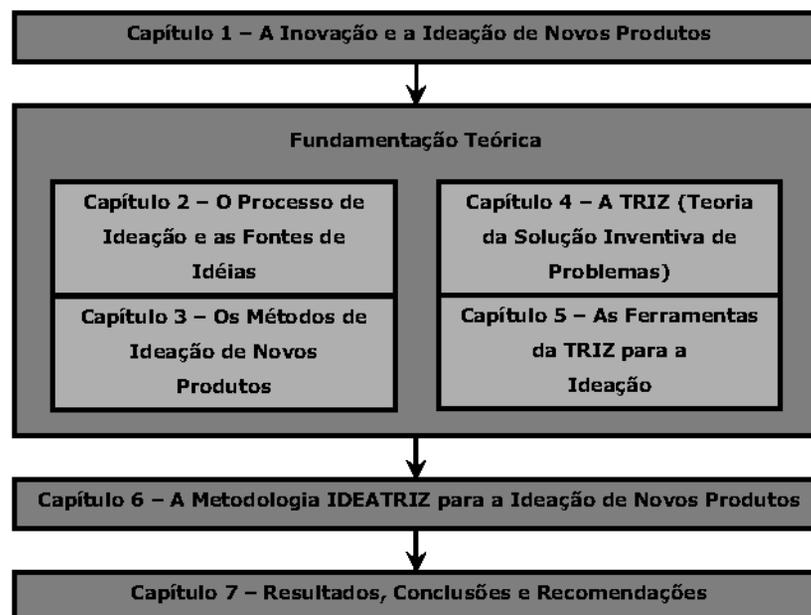


Ilustração 1.3 – Estrutura do trabalho³

³ Neste trabalho, os quadros e ilustrações sem indicação de fonte foram criados e/ou compilados pelo próprio autor.

2

O Processo de Ideação e as Fontes de Ideias

*“As fontes das invenções são mais interessantes do que as próprias invenções”.
Gottfried Wilhelm Leibniz*

Inspirações podem acontecer espontaneamente. Porém, é para as mentes preparadas que elas tendem a surgir com maior frequência e facilidade.

As pesquisas de Wallas (1926) e as de muitos pesquisadores sucessores na área da criatividade indicam que a mente preparada é aquela que envolveu-se, antes da inspiração, na definição de um objetivo para a busca e na coleta e análise de informações potencialmente relevantes. Estas atividades iniciais, de certa forma similares à definição de condições de contorno, preparam o terreno para que possam acontecer fenômenos preponderantes da criatividade como a associação (MEDNICK, 1962), o insight e a mudança de uma *gestalt* (WERTHEIMER, 1945; FINKE, 1995).

Foi visto, no Capítulo 1, que há duas fontes básicas de ideias: externa e interna à empresa (abordagem externa e abordagem interna). O presente capítulo aprofunda esta discussão. A fonte externa é subdividida na voz do cliente e nos usuários líderes; a fonte interna compõe-se da tecnologia, setores da própria empresa, outras empresas e mudanças ambientais.

2.1 O PROCESSO DE IDEACÃO DE NOVOS PRODUTOS

Complementando a visão de Pahl & Beitz, entende-se que a geração de ideias inicia-se com o acesso às fontes de ideias, passa pela geração de ideias e encerra-se com a seleção de ideias (Ilustração 2.1). A saída do processo é um conjunto de ideias de produtos, que representam oportunidades estratégicas de mercado.



Ilustração 2.1 – Processo de geração de ideias de novos produtos

As ideias geradas podem ser representadas descritivamente (gravação, texto escrito), croquis, maquetes, ou, até mesmo, protótipos. É nas fases posteriores do PDP que se avalia o potencial de mercado das ideias, refinam-se os conceitos e os protótipos, e faz-se a conversão para a realidade de produtos que, espera a empresa interessada, os clientes considerem superiores às alternativas oferecidas pelos concorrentes.

As atividades de desenvolvimento de um novo produto iniciam-se a partir da busca por novos mercados, mudança tecnológica, novos materiais ou recursos e ações dos concorrentes. Estes esforços podem também servir como fontes das ideias, mas, para que uma organização seja eficaz no processo de inovação, deve considerar todas as fontes potenciais de ideias, e não apenas a fonte de origem. Por exemplo, uma empresa pode introduzir um produto novo no mercado e, assim, forçar as empresas concorrentes a inovar. As ideias mais úteis podem vir de um exame completo das necessidades do mercado e de desenvolvimentos tecnológicos recentes. De acordo com Urban & Hauser (1993), para atingir as fontes de ideias, deve-se compreender, primeiramente, sua estrutura subjacente e usar, então, métodos de geração de ideias para encontrar este potencial.

Verifica-se que Pahl & Beitz, bem como outros autores, posicionam a ideação como uma das primeiras etapas de um projeto de desenvolvimento de produto. Também se percebe, entretanto, na prática, que ideias de novos produtos não têm um momento definido para aparecer e, portanto, o processo apresentado na Ilustração 2.1 pode complementar a visão de Pahl & Beitz.

O restante deste capítulo aborda as fontes de ideias de novos produtos. Os métodos de ideação são temas dos próximos capítulos. A seleção de ideias é explorada na metodologia IDEATRIZ, proposta neste trabalho.

2.2 A VOZ DO CLIENTE

Os problemas enfrentados pelos clientes, suas necessidades e as soluções por eles encontradas são importantes fontes de ideias de novos produtos. O desenvolvimento de produtos a partir de necessidades identificadas no mercado é, comumente, denominada *market pull*.

A Voz do Cliente (VDC) corresponde ao processo de captura das necessidades dos clientes (GRIFFIN & HAUSER, 1993; KATZ, 2001, 2004), realizado no início do PDP. O objetivo da VDC é chegar a um conjunto detalhado de necessidades e desejos dos clientes, organizados numa estrutura hierárquica e priorizados em termos de importância relativa. Estudos de VDC, tipicamente, envolvem pesquisa qualitativa e quantitativa e fazem uso de técnicas como entrevistas, grupos de foco, clínicas, etnografia, estudos dos usuários líderes, entre outras. O foco da VDC costuma ser, de um lado, nas experiências dos clientes com produtos, processos e serviços existentes numa categoria considerada e, de outro, na organização de listas de necessidades priorizadas e na geração de ideias de novos produtos a partir das informações levantadas.

2.2.1 Estudos Exploratórios dos Clientes

Estudos de como as pessoas compram e utilizam o produto podem ser feitos, inicialmente, pela observação casual e reflexão sobre seu comportamento. Embora isto seja utilizado e recomendado por autores como Baxter (1998) e Kelley & Littman (2001), é preciso cuidado para não gerar opiniões fixas, baseadas nestas observações, que não seguem nenhuma metodologia, porque as observações podem não ser baseadas em amostras representativas dos clientes.

Um dos métodos mais amplamente utilizados para obter conhecimento a respeito do cliente é o de grupos de discussão, ou focus groups (MORGAN, 1997). Usualmente, o grupo é formado por 8 a 10 usuários do produto, que podem ser, por exemplo, donas de casa discutindo sobre creme para mãos, pacientes discutindo sobre serviços hospitalares ou engenheiros automotivos discutindo sobre novos materiais plásticos. O grupo é, em geral, recompensado de alguma forma para colaborar por uma ou duas horas na pesquisa. Um moderador conduz a discussão, que é gravada e observada por pessoal da empresa numa sala de espelho, ou por meio de vídeo. O propósito do grupo de discussão é aprender hábitos, opiniões, estrutura semântica, padrões de uso e processos de compra dos clientes. Este trabalho de exploração gera muitas reflexões. O trabalho é qualitativo, não quantitativo e, como resultado, reflexões e hipóteses são gerados, mas, não conclusões definitivas. A grande vantagem do método é que ele permite um contato antecipado com os usuários, fornece uma previsão para o comportamento dos produtos no mercado alvo e permite uma reflexão sobre as necessidades de melhoria dos produtos que estão no mercado.

2.2.2 Estudos dos Usuários Líderes

O envolvimento dos clientes de forma direta na geração de ideias de novos produtos é uma atividade identificada em várias indústrias. Os clientes podem ser uma excelente fonte de ideias, em situações de inovação incremental. Quando se trata de inovações radicais, ou quando há pouca familiaridade com o produto, a contribuição dos clientes na geração de ideias tende a ser, entretanto, limitada. Estudos baseados em dados experimentais mostram que muitos usuários – de 10 a 40% – engajam-se no desenvolvimento ou modificação de produtos, gerando, em muitos casos, inovações comercialmente exploráveis pelos fabricantes (VON HIPPEL, 2005; FRANKE *et al.*, 2006).

Usuários líderes são definidos por Von Hippel (2005) como membros da população de usuários que possuem, atualmente, as necessidades que serão gerais no mercado, no futuro. Muitos dos usuários líderes desenvolvem soluções por si próprios, como representado na Ilustração 2.2.

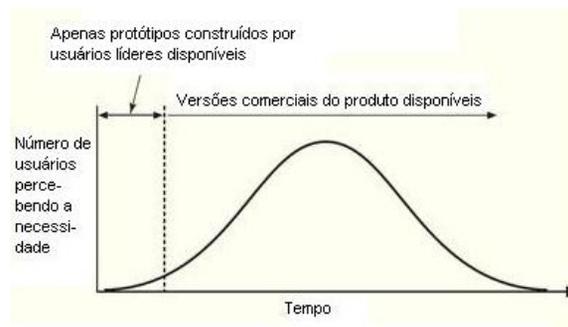


Ilustração 2.2 – Inovações de usuários líderes precedem produtos comerciais equivalentes

Como exemplo, considere-se a relação entre as exigências de frenagem enfrentadas por usuários de automóveis (usuários do mercado-alvo) e os requisitos de frenagem colocados pelos grandes aviões comerciais (mercado análogo avançado). Claramente, a demanda de frenagem nos grandes aviões é muito maior. Aviões são muito mais pesados do que automóveis e aterrissam em elevadas velocidades; seus freios devem dissipar rapidamente muitas vezes mais energia para fazer o veículo parar. As limitações da situação são, também, diferentes. Por exemplo, motoristas são, frequentemente, assistidos na frenagem, no inverno, pela aplicação de sal ou areia nas estradas congeladas. Este apoio não pode ser aplicado no caso do avião, pois o sal danificaria a fuselagem e a areia poderia ser aspirada pelos motores, danificando-os.

O resultado da mais extrema demanda e limitações adicionais colocadas como soluções para a frenagem de aviões foi o desenvolvimento de sistemas de antitravamento de freios para aviões (*ABS – Anti-Blocking System*). Empresas automobilísticas, conduzindo pesquisas para inovações de usuários líderes a respeito da frenagem de automóveis, puderam aprender sobre esta inovação fora de área e adaptá-la para o uso em automóveis. Antes do desenvolvimento do ABS para automóveis, uma empresa automobilística teve que aprender sobre conceitos subjacentes pelo estudo de práticas de usuários, como a força necessária para controlar derrapagens ao frear, como acontece, por exemplo, nas provas de *stock car*.

Encontrar usuários líderes nos mercados análogos avançados pode ser difícil, porque descobrir a relevância de uma analogia particular pode ser, por si só, um ato criativo. Uma alternativa que provou ser eficaz é a de questionar, buscando identificar usuários líderes no mercado-alvo por indicação. Estes usuários líderes tendem a conhecer avanços análogos utilizados, porque eles têm se esforçado com seus problemas por longo tempo e, frequentemente, têm buscado por informação além daquela disponível no mercado-alvo.

Para não correr o risco de desenvolver um produto para determinado cliente e ser preterido em favor de um concorrente, algumas empresas têm provido *kits* de ferramentas para o cliente inovar, que devem fornecer quatro importantes recursos: devem ser feitos de forma que as pessoas possam completar uma série de ciclos de projeto e, em seguida, aprender fazendo; devem ser amigáveis para com o usuário; têm de conter bibliotecas de componentes úteis e módulos que tenham sido testados e purgados previamente; devem conter informações sobre as capacidades e limitações do processo de produção que será usado para fabricar o produto (HEITOR, 2007).

Os *kits* consistem de novas tecnologias, como simulação computadorizada e estruturação rápida de protótipos. Uma das empresas que adotaram a prática é a Bush Boake Allen, fornecedora de sabores especiais para a Nestlé, que desenvolveu ferramentas que permitem que os clientes criem sabores. Outra é a GE, que fornece aos clientes ferramentas eletrônicas que ajudem projetar produtos de plástico com maior qualidade. Na área de *software*, várias empresas dão condições para que clientes acrescentem módulos aos produtos tradicionais e os comercializem como se fossem seus. Outro exemplo é o da BMW, que disponibilizou, há alguns anos, um *kit* de ferramentas em seu sítio na *Internet*, permitindo aos clientes desenvolver ideias mostrando como a empresa poderia tirar vantagem dos avanços em telemática e dos serviços *on-line* dentro de automóveis. Mil clientes usaram o *kit*, dos quais 15 foram chamados para se encontrar com os engenheiros da montadora em Munique, na Alemanha. Algumas das ideias sugeridas pelos clientes foram prototipadas (HEITOR, 2007).

Algumas empresas, por outro lado, não se mostram entusiasmadas com a recepção de ideias de usuários, porque estas sugestões representam responsabilidade legal para a organização. Por exemplo, se uma ideia não solicitada não for protegida corretamente, um produto dela derivado, desenvolvido independentemente pela organização, pode ser reivindicado pelo originador da ideia. Algumas empresas já encontraram tantas dificuldades legais que preferem, simplesmente, rejeitar todas as sugestões de novos produtos vindas dos clientes. A rejeição de todas as ideias dos clientes pode levar à perda de ideias muito boas e de oportunidades de lucros. A mentalidade legal pode suprimir a criatividade e levar à rejeição de uma fonte significativa de ideias. Embora problemas legais estejam presentes na aceitação de ideias, elas podem ser tratadas eficazmente pela definição clara da responsabilidade pelas sugestões. Urban & Hauser (1993) sugerem que a aceitação das ideias de clientes seja realizada somente após a empresa ter realizado um processo de sondagem, baseado na minimização dos riscos legais e maximização dos benefícios potenciais da aceitação de inovações dos usuários.

Uma fonte de ideias que vem crescendo em importância é o público em geral, envolvido na geração de ideias por meio de concursos. A ALCOA, por exemplo, por meio de seu

prêmio, capta múltiplas novas possíveis aplicações para o alumínio, a cada ano. A Tigre e a Philips são outras empresas que têm explorado concursos como forma relativamente barata de multiplicar o contingente de pessoas imaginando novos produtos e novas aplicações para os produtos atuais da empresa.

Pavia (1991), em seu estudo envolvendo empresas de alta tecnologia, concluiu que os clientes são fontes de ideias de novos produtos de média importância.

A abordagem da VDC, embora tenha uma longa folha de bons serviços prestados, realmente padece de uma deficiência central, que é a incapacidade de produzir ideias realmente inovadoras. É difícil imaginar que confiar totalmente aos clientes a tarefa de inventar novos produtos possa resultar em resultados expressivos, quando mesmo os clientes inovadores (os usuários líderes de Von Hippel) tendem a inovar apenas incrementalmente.

2.3 TECNOLOGIA

De acordo com o dicionário Aurélio, tecnologia é:

*Do gr. *technología*, ‘tratado sobre uma arte’. 1. Conjunto de conhecimentos, esp. princípios científicos, que se aplicam a um determinado ramo de atividade: tecnologia mecânica. 2. A totalidade desses conhecimentos: Vivemos a era da tecnologia. 3. Desus. Terminologia técnica.*

De acordo com Porter et al. (1991), “tecnologia é o conhecimento sistematizado aplicado para modificar, alterar, controlar ou ordenar elementos de nosso ambiente físico ou social”. Percebe-se que esta definição de tecnologia inclui os sistemas de análise, regulamentação e gestão.

Neste texto, considera-se tecnologia como o conjunto dos conhecimentos práticos, habilidades e ferramentas que podem ser utilizados para desenvolver novos produtos, processos e serviços. A tecnologia é composta por software e hardware, ou seja, por conhecimento - tanto explícito como tácito - e por artefatos. Pode estar embutida em pessoas, materiais, processos físicos e cognitivos, equipamentos e ferramentas. Tecnologia também é utilizada, em partes deste trabalho, no sentido de um tipo de solução para um determinado conjunto de problemas - por exemplo, tecnologia de armazenagem de informações, tecnologia de armazenagem ótica de dados.

Novas tecnologias criam, frequentemente, novas oportunidades de desenvolvimento de produto. Grande parte dos produtos realmente novos ou das características realmente novas em produtos são resultados de *technology push* e não da identificação e atendimento de necessidades existentes. Alguns exemplos são as painéis com revestimento antiaderente, o computador de mão (*handheld computer* ou *personal digital assistant*) e o telefone celular.

Quando se considera a tecnologia como fonte de ideias de novos produtos, é preciso considerar as noções da (im)previsibilidade da evolução tecnológica, bem como os conceitos da vantagem do atacante e da tecnologia interruptiva, discutidos a seguir.

2.3.1 Previsões Tecnológicas

Previsões tecnológicas requerem projeções cuidadosas e monitoramento de tendências. Se a curva de projeção estiver correta, ela poderá indicar oportunidades que podem ser monitoradas para determinar o momento adequado para o desenvolvimento e lançamento de uma nova tecnologia.

Para Porter *et al.* (1991), os métodos de previsão tecnológica dividem-se em cinco famílias: monitoramento, opiniões de especialistas, extrapolações de tendências, modelagem e cenários. Os métodos de monitoramento são abordados no item Busca Direta, no Capítulo 3.

Os métodos baseados nas opiniões de especialistas envolvem o uso de entrevistas e/ou questionários. Nesta categoria, destaca-se o método Delphi, que tem como objetivo obter uma previsão consensual. Para tanto, uma sequência de questionários é aplicada, sendo mantida a anonimidade dos participantes. O procedimento do Delphi procura incentivar a participação de todo o grupo de especialistas selecionado e evitar que algumas opiniões tenham peso excessivo ou insignificante nos resultados. Isso é conseguido por meio de várias rodadas de consulta aos participantes, no decorrer das quais tende a acontecer a convergência de opiniões. O objetivo das consultas pode ser definir se um evento acontecerá e que variáveis influenciarão este evento, identificar aplicações para tecnologias existentes ou emergentes ou prever a data provável de implementação de um produto ou tecnologia.

A ideia básica dos métodos de análise de tendências é a de coletar dados históricos referentes a determinados parâmetros e, com base no histórico, projetar tendências. Estes métodos baseiam-se em três premissas (MILLET & HONTON, 1991):

- as forças que direcionaram o passado não mudam significativamente. Logo, o futuro é uma continuação do passado;
- dos possíveis futuros, somente um se realizará e ele pode ser previsto por meio das tendências mostradas pelos dados históricos; e
- a simples existência de correlação entre variáveis não é suficiente para a previsão – é preciso que haja relações de causa e efeito entre as variáveis.

Na extrapolação de tendências, uma curva de melhor ajuste é obtida com base em dados históricos referentes a um certo parâmetro. A partir desta curva, é previsto o desempenho futuro do parâmetro.

Dentro da extrapolação de tendências, destaca-se o modelo da Curva S. Criado por Pierre F. Verhulst (1838), para descrever o crescimento de uma população, a Curva S foi difundida para várias áreas, inclusive a da gestão da tecnologia. O crescimento de desempenho de uma nova tecnologia segue o padrão da Curva S (Ilustração 2.3).

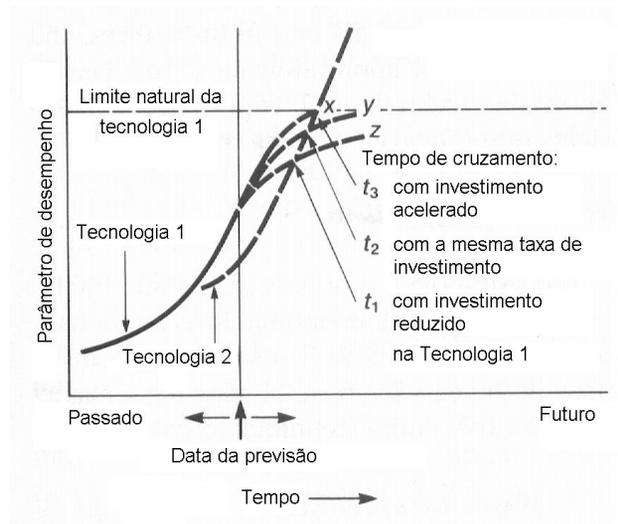


Ilustração 2.3 – Curva S (adaptado de Millet & Honton, 1991)

Cada parâmetro técnico tem um limite, o qual é definido por leis naturais, que estabelecem seu nível de desempenho máximo. Inicialmente, o crescimento da tecnologia é lento. Então, ele aumenta, voltando a diminuir, próximo do limite. A adoção de uma tecnologia diferente significa a mudança para uma nova Curva S. As Curvas S podem ser utilizadas para prever, de forma aproximada, como e quando uma dada tecnologia atingirá seu limite.

A Curva S é traçada a partir de dados históricos, com uso de uma técnica como a análise de regressão, por exemplo. Um dos usos das Curvas S é a análise de substituição, ou seja, a previsão da taxa segundo a qual uma nova tecnologia substituirá uma tecnologia antiga numa determinada aplicação.

Uma limitação de muitos dos métodos de previsão tecnológica é a consideração de eventos ou tendências de forma independente, ou seja, desconsiderando o impacto que um evento ou tendência causa nos demais ou sofre dos demais. Uma forma de considerar estas interações é por meio do uso de modelos. Os modelos utilizados em previsões tecnológicas são computacionais ou baseados em opiniões de especialistas. Em qualquer dos casos, a qualidade das premissas assumidas em relação ao modelo são críticas para seu sucesso. Modelos baseados em opiniões de especialistas dependem da capacidade do prospectador de tomar decisões adequadas com relação a como as premissas afetarão a previsão (PORTER *et al.*, 1991).

Vários tipos de modelos podem ser utilizados. Modelos matemáticos utilizam equações para representar o sistema no qual ocorrerão os eventos. Tais equações são tipicamente complexas, sua preparação é demorada e a abrangência do modelo é limitada (PORTER *et al.*, 1991). Outros modelos envolvem várias disciplinas e consideram o efeito de uns eventos sobre os outros, como os obtidos por meio de análises de impacto cruzado. Outro método de modelagem é a dinâmica de sistemas, que procura incluir nos modelos os eventos cíclicos.

Os métodos baseados em cenários diferenciam-se por não buscar a previsão de um único futuro, mas, de múltiplas possibilidades que podem vir a se realizar. O objetivo último dos métodos baseados em cenários é a consideração antecipada das possibilidades e o planejamento para as mesmas. A pergunta “Como será o futuro?” é substituída pelas per-

guntas: “Quais são os possíveis futuros?”; “Qual dos possíveis futuros é o preferido?”; “Sob que condições ocorrerá o futuro preferido?”. Das alternativas vêm as previsões e destas, as estratégias (MILLET & HONTON, 1991).

De acordo com Porter *et al.* (1991), cenários são histórias sobre o futuro, as quais descrevem acontecimentos num determinado período de tempo. O período de tempo do cenário pode ser a partir do presente ou entre dois momentos futuros. Ainda para Porter *et al.*, cenários são úteis, especialmente, quando não há dados para se fazer extrapolação de tendências, quando não há disponibilidade de especialistas para serem consultados e quando não há fundamentos sólidos para a construção de modelos. A definição de Millet & Honton (1991) para cenários é a seguinte: “descrições de conjuntos alternativos e internamente consistentes de fatores derivados de forma lógica para a finalidade de previsão, simulação ou avaliação de estratégias”.

Cenários permitem a integração de informações de diversas fontes e tipos numa única previsão. Os resultados de uma extrapolação de tendências e opiniões de especialistas, por exemplo, podem fornecer subsídios para a criação de cenários. Um cenário pode ser uma forma interessante de integrar resultados de previsões obtidas por outros meios.

Outro uso dos cenários é a comunicação. Em geral, relatórios técnicos não apresentam informações da forma mais adequada a públicos não técnicos. Cenários que apresentam as informações de uma forma literária tendem a ser melhor aceitos para esta finalidade.

De acordo com Twiss (1992), cenários podem ser normativos ou extrapolativos. Cenários normativos apresentam um ou mais futuros de interesse, que guiam um processo de planejamento no qual são buscadas alternativas para chegar àquele(s) futuro(s). Em cenários extrapolativos, parte-se de condições atuais e tendências e busca-se projetar vários possíveis futuros.

2.3.2 A Vantagem do Atacante e a Inovação Interruptiva

Foster (1986) teorizou sobre a vantagem que as empresas “atacantes” têm na inovação. Segundo ele, o próprio sucesso de muitas das empresas líderes de mercado causa inércia e vulnerabilidade às empresas atacantes. Outras empresas compreendem a dinâmica da concorrência e admitem que, por mais arriscado que seja inovar, não inovar é ainda mais arriscado. Assim, preocupam-se mais aplicar as tecnologias certas na hora certa, em ser capazes de defender suas posições e em possuir o melhor pessoal do que em se tornar cada vez mais eficientes nos negócios atuais. Para compreender essa dinâmica, Foster afirma que é necessário entender três ideias básicas: a Curva S, a vantagem do atacante e as discontinuidades.

O conceito da Curva S como ferramenta de previsão tecnológica foi abordado no item anterior. O uso que Foster faz dele é como um gráfico da relação entre o esforço monetário despendido em melhorar um produto ou método e os resultados obtidos como retorno desse investimento. O conhecimento da Curva S serve para se adequar os esforços empregados ao estágio de desenvolvimento da tecnologia. No início de um desenvolvimento, o investimento será grande e o resultado, pequeno. Mais adiante, a curva se inclina: é a fase

em que pequenos investimentos trazem grandes retornos. Ainda mais à frente no tempo, a inclinação da curva diminui consideravelmente: atingiu-se a maturidade da tecnologia. Grandes investimentos são inúteis, nesta fase. Atingiu-se o limite natural e, para aumentar o desempenho, será preciso buscar outra tecnologia (com uma nova Curva S). Se um limite foi alcançado, não importa o quanto se tente, não haverá progresso significativo.

O salto de uma tecnologia para outra é o que Foster chama de descontinuidade. É o período de mudança de um grupo de produtos ou processos para outro. Durante uma descontinuidade, uma empresa atacante tem vantagens, por estar na nova Curva S. É preciso entender a Curva S e seus limites, não só para saber aproveitar o surgimento de oportunidades (atacar), como também para prever ataques e as consequências dos mesmos (defender-se).

É difícil, para uma empresa estabelecida na tecnologia antiga, tomar a iniciativa e atacar. Isso requer a mudança de áreas familiares para outras, desconhecidas. Exige a troca da busca pela eficiência pela da competitividade e demanda a capacidade de administrar as descontinuidades.

O ataque passa por quatro fases distintas: entrada num nicho de mercado, penetração no mercado, substituição do defensor e domínio completo do mercado, momento a partir do qual o atacante torna-se o novo defensor.

Foster lembra que a meta das empresas não é o progresso tecnológico, mas, maximizar o retorno com os recursos limitados, melhorando os produtos e métodos e, como consequência, conquistar mercados. Assim, ele propõe três conceitos para a avaliação do resultado com P&D: produtividade de P&D, que é quanto de avanço técnico se obtém com o investimento; rendimento de P&D, que é o resultado financeiro alcançado e, finalmente, o retorno de P&D, ou quanto se apurou financeiramente.

A avaliação destes índices ao longo do tempo permite administrar eficientemente a tecnologia e detectar descontinuidades. Por meio do exemplo da descontinuidade entre as tecnologias da válvula e do transistor, Foster mostra que a tecnologia atacante tem, no início, produtividade mais alta e rendimento mais baixo de P&D. Isto fazia com que o retorno de P&D fosse mais ou menos o mesmo, em ambos os casos. O multiplicador de P&D era muito mais alto para o transistor. Com o tempo, o retorno sobre o capital permaneceu constante para a válvula e diminuiu para o transistor. Em outros casos, a diferença aparecerá em termos do retorno sobre P&D.

Os atacantes não são sempre vitoriosos. frequentemente, eles perdem. Isto ocorre por que os atacantes cometem tantos ou mais erros que os defensores. Drucker (1993) menciona claramente as desvantagens do atacante tecnológico. Embora os atacantes, como um grupo, vençam mais vezes do que percam, qualquer atacante individual achará difícil vencer.

As empresas que estão numa posição de defensor podem usar de algumas estratégias de contra-ataque: usar a estratégia do *me-too* quando o produto ou processo do atacante ainda estiver longe de seus limites técnicos (o custo da imitação é menor que o da invenção); aumentar a sobrevivência de seus produtos, ganhando tempo para P&D; acrescentar elementos da nova tecnologia à antiga, produzindo híbridos; reduzir preços abaixo dos custos

do atacante; fazer acordos de concessão ou de aquisição de tecnologias; criar frentes independentes na própria empresa, sendo uma defensora e uma atacante.

Christensen (2000) elaborou e avançou a conceituação de Foster (1986). Na sua visão, pode-se classificar a inovação em dois tipos distintos: a inovação sustentadora e a inovação disruptiva (do inglês *disruptive innovation*⁴). Inovações sustentadoras são aquelas que mantêm a taxa de aprimoramento de produtos e serviços, proporcionando aos clientes existentes melhorias nos atributos que eles mais valorizam. As empresas estabelecidas estão mais bem posicionadas nesta situação, sejam estas inovações incrementais ou descontínuas, simples ou complexas. Já as inovações disruptivas, são aquelas que provocam uma ruptura no modelo de negócios prevalente, permitindo a introdução de um conjunto diferente de atributos, muitas vezes com desempenho inferior nos atributos valorizados pelos clientes tradicionais, mas, tendendo a ser valorizadas em novos mercados. As inovações disruptivas, normalmente, favorecem o aparecimento de novos produtos.

Como exemplo ilustrativo dos tipos de inovação, são citadas as tecnologias relativas às mídias para armazenamento de músicas gravadas que, nos últimos 50 anos, evoluiu dos discos de vinil, passando pelos CDs até chegar ao sistema MP3. Cada uma dessas tecnologias foi disruptiva em relação à anterior, mas sustentadora em relação ao processo subjacente, de armazenagem de músicas gravadas.

Duas importantes características das tecnologias disruptivas afetam o ciclo de vida dos produtos e a dinâmica competitiva: primeiramente, os atributos que desvalorizam produtos disruptivos nos mercados dominantes, tipicamente, coincidem com seus mais fortes pontos de venda em mercados emergentes; em segundo, produtos disruptivos tendem a ser mais simples, baratos, confiáveis e convenientes do que produtos estabelecidos. Para Christensen (2000), os líderes empresariais devem entender estas características para definir com eficiência suas estratégias ao desenvolver e vender produtos disruptivos.

Christensen (2000) observou, analisando muitos casos, que algumas empresas criam modelos de negócios disruptivos, utilizando inovações relativamente simples para competir em novos mercados, livres de concorrências estabelecidas e, aos poucos, melhoram seus produtos, finalmente causando deslocamentos nos mercados estabelecidos. Empecilhos nos processos internos e critérios de alocação de recursos das empresas dominantes no modelo de negócios antigo levam-nas a não conseguirem contrapor-se a ataques disruptivos. Como resultado deste processo, inovações disruptivas quebram compromissos históricos entre acesso, custo e desempenho.

A teoria da inovação disruptiva afirma que existem dois tipos de trajetória de desempenho em cada mercado. A primeira trajetória mensura a melhoria no produto ou serviço que o cliente pode absorver ou utilizar. A segunda trajetória indica a diferença de ritmo de melhoria que os inovadores promovem quando introduzem produtos novos e melhorados. A teoria disruptiva mostra que, regularmente, os mercados são revolucionados por inovações, e que grandes empresas fracassam justamente por apegarem-se a uma solução sem dar atenção à tecnologia alternativa, que, normalmente, por seu baixo desempenho em

4 Neste trabalho, decidiu-se adotar a tradução inovação disruptiva para o termo *disruptive innovation*, evitando-se, assim, o anglicismo “inovação disruptiva”, que vem sendo encontrado em algumas publicações.

comparação com a tecnologia estabelecida, é desprezada. Este fenômeno é resumido na Ilustração 2.4.

Observa-se que, inicialmente, a nova tecnologia (trajetória contínua inferior) não atinge a linha que indica as funcionalidades demandadas pela faixa inferior do mercado (trajetória tracejada). Nota-se que o fenômeno ocorre, tipicamente, em mercados nos quais a evolução tecnológica incremental ocorre em velocidade superior àquela demandada pelos usuários. Os promotores da tecnologia dominante (trajetória contínua superior) não dão atenção à nova tecnologia, ou mesmo a ridicularizam, e continuam a desenvolver a “sua” tecnologia. O efeito é que, por um lado, a tecnologia dominante torna-se mais sofisticada do que o necessário para satisfazer o mercado e, gradualmente, mais cara e, por outro, a nova tecnologia amadurece a ponto de satisfazer a maioria dos usuários. Neste ponto, ocorre uma ruptura do mercado, capaz de trazer rapidamente não só os fabricantes envolvidos com a tecnologia dominante, como os profissionais especializados em sua utilização.

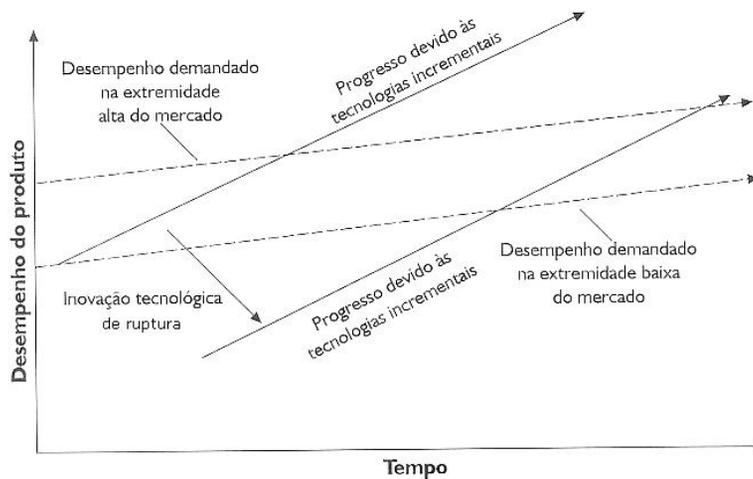


Ilustração 2.4 – Tecnologias sustentadoras e disruptivas

O ritmo do progresso da inovação tecnológica quase sempre supera a habilidade dos clientes em dado segmento do mercado para absorver essas inovações. Empresas bem sucedidas sempre procuram por margens mais elevadas de oportunidades, que são alcançadas pelo lançamento de produtos melhores ao longo das dimensões que os clientes valorizam. Estes produtos são chamados inovações sustentadoras. Ouvindo os clientes principais, empresas adequadamente gerenciadas oferecem produtos e serviços que acabam superando as necessidades do núcleo do mercado. Este desbalanço cria o potencial para outras empresas inovarem e desenvolverem inovações disruptivas – mais baratas, simples, e convenientes – e alcançar clientes que não são bem servidos pelas ofertas atuais.

Uma inovação disruptiva caracteriza-se pelo fato de exigir um novo modelo de negócios, difícil de ser adotado pelas empresas estabelecidas, pois implicaria, de início, em menores margens de lucro, menor crescimento e produtos que não são o que os seus principais clientes desejam. Esta situação permite às empresas entrantes encontrar o caminho livre para conquistar espaço no baixo mercado ou entre novos clientes. A partir daí, inicia-se um processo de inovações sustentadoras por parte destas empresas, que pode levá-las a escalar o mercado e conquistar os clientes das empresas estabelecidas. Para Christensen (2000),

criar uma nova empresa baseada na tecnologia disruptiva é, muitas vezes, a melhor forma de as empresas estabelecidas lidarem com a situação.

Empresas estabelecidas podem superar as barreiras relativas a como inovar diante do dilema colocado pelas tecnologias disruptivas. O que elas precisam fazer é buscar ou criar mercados que valorizem essas características de ruptura dos produtos, o que se constitui num desafio de marketing. É adaptando suas estruturas e capacitações para esse tipo de desafio que as empresas podem evitar a criação de barreiras para si próprias quando atuarem como inovadoras sustentadoras ou disruptivas.

Empresas bem estabelecidas que investem agressivamente em tecnologias disruptivas não apresentam uma decisão financeira racional, devido a três motivos. Primeiramente, produtos disruptivos são sempre mais simples e mais baratos; eles geralmente prometem menores margens de lucro. Segundo, tecnologias tipicamente disruptivas são primeiramente comercializadas em mercados emergentes ou insignificantes. Terceiro, a maioria dos clientes de empresas líderes geralmente não desejam e, certamente, inicialmente não utilizarão produtos baseados em tecnologias disruptivas.

Por outro lado, a tecnologia disruptiva é inicialmente aceita pelo cliente menos abastado do mercado. A maioria das empresas que adotam a prática de ouvir seus clientes e identificar novos produtos que prometem grande lucratividade e crescimento raramente é capaz de encontrar uma razão para investir em tecnologias disruptivas.

Existem cinco princípios da tecnologia disruptiva. Para Christensen (2000), estes são tão fortes que os gerentes que ignoram ou lutam contra elas estão próximos a perderem a força de comando de suas empresas. Todavia, se os gerentes entenderem e transpuserem estas barreiras, poderão ter sucesso quando confrontados com mudanças tecnológicas disruptivas. O caminho mais produtivo e que, frequentemente, leva ao sucesso é compreender os princípios que se aplicam às tecnologias disruptivas e usá-los para criar novos mercados e novos produtos. Somente pelo reconhecimento da dinâmica de como essas tecnologias se desenvolvem pode-se traçar estratégias eficientes para as oportunidades que se apresentam.

O primeiro princípio indica que as empresas dependem dos clientes e dos recursos dos investidores. No sentido de sobreviver, é necessário que as empresas ofereçam aos clientes e investidores os produtos e lucros que eles desejam. Elas possuem sistemas bem desenvolvidos para descartar ideias que seus clientes não desejam. Como resultado, estas empresas encontram muita dificuldade para investir recursos adequados em tecnologias disruptivas.

O segundo princípio é que pequenos mercados não resolvem as necessidades de crescimento de grandes empresas. Para manter parte de seus preços e criar oportunidades internas para seus colaboradores, empresas de sucesso precisam crescer. Para isso, elas devem aumentar seus rendimentos, o que é mais difícil do que entrar em novos mercados ou mercados pequenos que, por sua vez, estão destinados a ser os grandes mercados do futuro. Para manter suas taxas de crescimento, elas focam os grandes mercados.

“Mercados inexistentes não podem ser analisados” é o terceiro princípio que rege as tecnologias disruptivas. Pesquisas de mercado e bons planejamentos seguidos pela

execução de acordo com esses planos são as marcas geralmente aceitas para uma boa administração. Todavia, empresas que demandam quantificação do tamanho do mercado e retornos financeiros para seus processos de investimento antes mesmo de entrarem num novo mercado não podem fazê-lo, porque o mercado ainda não existe.

O quarto princípio é que as potencialidades de uma organização definem suas inabilidades. Para Christensen (2000), as capacidades de uma organização residem em dois lugares. O primeiro é nos processos os métodos pelos quais ocorre a transformação das entradas em saídas de valor mais elevado. O segundo é no valor da organização, que são os critérios que os gerentes e colaboradores utilizam quando priorizam decisões. Pessoas são flexíveis, podendo, por exemplo, desempenhar tarefas diferentes, mas processos e valores são inflexíveis. Por exemplo, o processo que é efetivo para o projeto de um *PC* não é eficiente para o projeto de um *notebook*. Similarmente, valores que fazem com que colaboradores priorizem projetos de desenvolvimento de produtos de elevada margem de lucro, não podem priorizar simultaneamente produtos de baixa margem. Os vários processos e valores que constituem as capacidades da organização neste contexto são definidos como incapacidades em outro contexto.

O quinto e último princípio indica que suprimento tecnológico pode não igualar as demandas do mercado. Inicialmente, as tecnologias disruptivas podiam ser empregadas somente em pequenos mercados, porém, depois de um período de amadurecimento, elas começam a ser competitivas em mercados principais. Isto ocorre porque o ritmo do progresso tecnológico, frequentemente, excede a taxa de melhoria que os clientes principais desejam ou podem absorver. Como resultado, produtos que estão atualmente no mercado principal acabarão tendo um desempenho além da demanda desses mercados. Uma vez que dois ou mais produtos de desempenho suficiente sejam oferecidos, os clientes encontrarão outros critérios de procura. Christensen (2000) observa que os critérios tendem a mover-se do desempenho para a confiabilidade, conveniência e preço, todas áreas nas quais tecnologias disruptivas oferecem vantagens.

Todas as interrupções são baseadas na criação de oportunidades de grande crescimento além do núcleo do mercado vigente. Empresas que procuram construir oportunidades de crescimento disruptivo têm duas opções, como pode ser visto na Ilustração 2.5. Elas podem procurar competir com o não-consumo e estabelecer um mercado completamente novo, no que pode ser chamado de interrupção Tipo I, ou competir no baixo mercado, pelo desdobramento de um modelo de negócio que atenda aos clientes de baixa demanda, os quais atualmente são desprezados pelas líderes de mercado, no que é chamado de interrupção Tipo II.

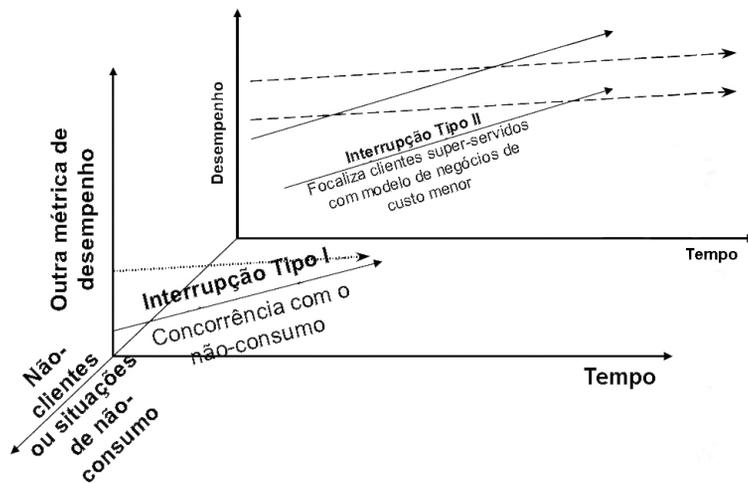


Ilustração 2.5 – Dois tipos de interrupção

A maioria das inovações disruptivas é do Tipo I, oferecendo a um grupo de clientes um produto ou serviço relativamente simples que permite aos mesmos fazer algo que não podiam, por falta de habilidade ou dinheiro. A interrupção do Tipo I ocorre numa nova aplicação, longe de um mercado estabelecido, onde usuários apreciam os benefícios da inovação num novo contexto. O telefone foi um exemplo deste tipo de tecnologia disruptiva. Antes da introdução do telefone, o único mecanismo para comunicação em tempo real à distância era o telégrafo. O uso deste aparelho requeria a inconveniência de ter que ir até uma central e solicitar que um operador treinado em código Morse transmitisse a mensagem. O telefone mudou este paradigma. Qualquer um pode utilizá-lo pela simples discagem ao receptor.

A interrupção do Tipo II envolve o estabelecimento de liderança no baixo mercado, ou seja, o mercado que está super-servido pelas ofertas existentes. Neste tipo de inovação, uma empresa adapta as tecnologias existentes para um modelo de negócios de baixo custo que lhe permita oferecer novas propostas de valor para clientes que não necessitam de todos os “extras” fornecidos pelas empresas líderes. Como mostrado na Ilustração 2.5, estas inovações atendem clientes no mercado existente com menor desempenho, mas, com maior conveniência e preços menores. Lojas de desconto como Wal-Mart e linhas aéreas de desconto como a Gol são exemplos de interrupção do Tipo II.

2.4 A VOZ DO PRODUTO

Uma vertente que está emergindo, em complementação ao conceito da Voz do Cliente, corresponde à Voz do Produto (VDP). Na VDP, busca-se obter ideias a partir de produtos existentes. De acordo com Goldenberg & Mazursky (2002), numa analogia com a teoria darwiniana da evolução, os produtos evoluem em resposta a pressões ambientais, representadas por meio das necessidades dos clientes. Os produtos que não atendem a estas necessidades desaparecem, enquanto os que as satisfazem, sobrevivem, pelo menos até a próxima mudança ambiental. Deste modo, ao longo do tempo, as necessidades são mapeadas ou codificadas nos produtos, tornando-os um eco das preferências passadas dos clientes.

Como consequência, a aplicação de transformações imaginárias aos produtos existentes pode ser um processo eficaz de geração de ideias de novos produtos. Diferentemente daquilo que é possível por meio da abordagem da VDC, a VDP possibilita chegar a ideias verdadeiramente originais, prever ou criar novas tendências e gerar vantagens competitivas baseadas num mínimo de informação mercadológica formalmente pesquisada. A implementação da VDP pode ser feita por meio de métodos intuitivos, como *brainstorming* e o uso de *checklists*, métodos sistemáticos, como a análise do valor e a morfologia e métodos heurísticos, como os contidos na metodologia TRIZ, abordada nos Capítulos 4 e 5.

Utilizando-se as questões propostas por Osborn (1953), criador do *brainstorming* (detalhado no Capítulo 3), em relação a um produto existente: é possível adaptar, modificar, substituir, adicionar, multiplicar, subtrair, dividir, rearranjar, inverter ou combinar o produto? Existiria alguma utilidade para uma escova de dentes sem cerdas (subtrair)? Uma lapiseira com múltiplas pontas (multiplicar)? Um bebedouro de água que pode ser pendurado no teto (inverter)? Como se pode verificar, o uso da voz do produto envolve questionar o produto existentes, num primeiro momento e, então, buscar possíveis utilidades para os “produtos virtuais” assim criados.

2.5 A PRÓPRIA EMPRESA

O setor de Produção é, frequentemente, negligenciado como fonte de inovação. Os problemas solucionados pela habilidade dos engenheiros de produção, aplicados às necessidades do mercado, produzem uma importante fonte de novas ideias.

As áreas de Assistência Técnica e Serviços de Garantia também podem ser fontes de ideias de novos produtos. Os registros de serviço identificam necessidades em relação ao produto e falhas na qualidade dos produtos atuais. Clientes atuais, em contato com serviços de atendimento, indicam não somente pequenos defeitos, mas, muitas vezes, refletem sobre suas necessidades. Serviços realizados nos períodos de garantia podem conduzir à identificação de novos usos. Ao invés de suspender garantias quando o usuário modifica o produto para ir além dos parâmetros recomendados, o fabricante pode procurar aproveitar as novas ideias para melhorias do produto.

Pela quantidade e variedade de pessoas nelas atuantes, o potencial criativo de uma organização tende a ser elevado. Gerentes e colaboradores que não estão diretamente envolvidos nos esforços de novos produtos podem ter ideias e reflexões valiosas. Esta fonte interna de inovação pode acrescentar criatividade à equipe de desenvolvimento. As ideias podem partir de todas as atividades da organização, como exemplificado por Ferraz (2002):

No ano passado, a contadora Silvana Carneiro Lenz, coordenadora de desenvolvimento de pessoal da fábrica da Brasilata na cidade goiana de Rio Verde, teve uma ideia surpreendente. Silvana estava de pé numa sala, esperando para falar com Ângelo Landim Jr., coordenador administrativo da unidade que, naquele momento, discutia como fazer uma tampa melhor para uma lata de leite em pó. Silvana começou a prestar atenção e, de repente, pediu licença: “Por que vocês não tentam uma solução fazendo isso assim...”

Duas semanas depois, saía da oficina de protótipos da Brasilata, a terceira maior fabricante de latas metálicas do país, um novo modelo de tampa baseado na proposta de Silvana. Não existe nada similar no mundo. A tampa está sendo patenteada nos Estados Unidos e na Europa e deverá entrar em linha de produção em breve. O que importa nessa história não é tanto a tampa, mas como o ambiente inovador pode aflorar na empresa. “Se não houvesse abertura para eu palpitar (sic) sobre o trabalho dos outros e ser ouvida com atenção, jamais teria dado essa ideia”, diz Silvana. “Em outra empresa, talvez dissessem ‘o que essa moça do RH entende de tampa?’ “

Para que ideias sejam efetivamente geradas, as informações técnicas recentes e relevantes devem chegar às mãos das pessoas encarregadas do desenvolvimento de novos produtos. Isto significa que os canais de informação dentro da área de P&D e entre as demais áreas na empresa devem estar funcionando.

De acordo com Allen (1977), a chave do fenômeno da comunicação no setor de P&D é explicada por poucos indivíduos que estão conectados a uma variedade de fontes externas de informação e que agem como “porteiros” (*gatekeepers*). Os *gatekeepers* lêem periódicos e jornais mais extensivamente, têm mais contatos pessoais fora da organização e uma reputação de competência técnica. Eles obtêm, selecionam e transmitem informações para outras pessoas numa organização. Para usar estas fontes de informação efetivamente na empresa, *gatekeepers* devem ser identificados, recompensados e apoiados.

A natureza pessoal da permuta de informação pode ser aumentada pela transferência de pessoal nas divisões da empresa. As pessoas devem trabalhar o mais próximo possível, de modo a encurtar distâncias e promover o contato pessoal e melhorar a comunicação, pois pesquisas mostram que pessoas alocadas em prédios diferentes ou até mesmo em andares diferentes numa mesma empresa se comunicam muito menos do que pessoas que trabalham mais próximas. Sem comunicação eficiente entre P&D e outras unidades organizacionais (Marketing, Engenharia, Produção), a geração de ideias é restringida e a comunicação será agrupada em torno de locais específicos e unidades da empresa. A equipe de desenvolvimento de novos produtos pode tentar superar estas barreiras na comunicação com encontros frequentes ou videoconferências, por exemplo.

De acordo com o estudo de Troy *et al.* (2001), o número de ideias geradas depende da quantidade de informações coletadas, mas, mais ainda, de características relacionadas ao clima organizacional: o fluxo da informação na organização e o compartilhamento da informação entre as pessoas.

De acordo com Pavia (1991), em seu estudo com empresas de alta tecnologia, as discussões informais entre profissionais são a mais importante fonte de ideias de novos produtos, seguida por reuniões formais envolvendo as áreas de Engenharia, Marketing e Vendas e focadas especificamente na obtenção de ideias de novos produtos. As áreas de Produção e Serviços são fontes de ideias de novos produtos de média importância.

2.6 OUTRAS EMPRESAS

A razão para o sucesso da concorrência e conhecimento sobre suas estratégias de desenvolvimento é uma importante entrada para o processo de geração de ideias. Igualmente, se a empresa é líder na indústria, deve estar pronta para defender-se da concorrência, evitando a possibilidade de cópias. Empresas não concorrentes atuantes em outras indústrias podem, também, ser fonte de ideias para novos produtos. Frequentemente, o fluxo de inovação ocorre de uma empresa para outra.

É comum que a observação do panorama internacional traga pontos de vista novos para a indústria. A indústria da beleza utiliza xampus naturais e produtos cosméticos baseados em formulações nativas e tradicionais, oriundas de várias partes do mundo (URBAN & HAUSER, 1993).

Fabricantes podem ser a maior fonte de inovação, mas muitas vezes, o local de inovação situa-se nos canais de distribuição ou fornecedores. Por exemplo, a Du Pont inventou o Teflon, que beneficiou fabricantes de painéis tanto quanto a própria Du Pont. Fornecedores de produtos químicos e materiais são, frequentemente, fontes de novas ideias para os fabricantes (CHAKRABARTI & HAUSCHILD, 1989). A ALCOA anunciou a ideia de carrocerias de alumínio para caminhões, com resistência suficiente para o transporte, mas, os fabricantes relutaram em aceitar. A própria empresa produziu, então, um protótipo para demonstração, resultando na adoção da inovação pelos caminhoneiros antes mesmo que os fabricantes pudessem comprar o material (URBAN & HAUSER, 1993).

Num estudo do mercado de terminais de fios elétricos, descobriu-se que 83% das inovações para máquinas que cortam fios e fixam terminais não foram desenvolvidos por empresas especializadas na fabricação de maquinário, mas a maioria delas, por fornecedores de conexões (URBAN & HAUSER, 1993).

Membros do canal de distribuição podem ser, também, fontes de ideias. Alguns deles introduzem suas próprias marcas para ter acesso e perceber necessidades do cliente final. O entendimento das necessidades e regras de decisão do canal de distribuição pode estimular novas ideias de produtos. Membros do canal de distribuição estão se tornando poderosos em muitas indústrias e representam um ponto de ligação entre vendas e serviços de manutenção.

O contato com inventores e a busca por patentes podem resultar em novas ideias a considerar. Empresas de consultoria externa também podem ter interessantes portfólios de ideias para ser consideradas, como analisado por Alam (2003).

Mais recentemente, Chesbrough (2005) cunhou o termo Inovação Aberta – *Open Innovation*, que indica que, num mundo com informações distribuídas, as empresas não aplicam somente recursos próprios em suas pesquisas, mas, compram ou licenciam conhecimento de outras empresas. Além disso, as invenções internas que não forem usadas pelos negócios da empresa devem ser licenciadas para outras empresas, de forma a aproveitá-las.

Pavia (1991) concluiu que concorrentes e outras empresas são fontes de ideias de novos produtos de média importância.

2.7 MUDANÇAS AMBIENTAIS

Mudanças demográficas, econômicas e políticas podem inspirar muitas ideias. Por exemplo, a tendência de ambos os pais trabalharem fora do domicílio tem levado empresas do ramo alimentício a introduzir novos produtos prontos para o consumo. A tendência de redução do tamanho dos domicílios tem aberto a oportunidade para o lançamento de embalagens com porções menores. A tendência de aumento da insegurança em várias cidades brasileiras tem impulsionado as indústrias de alarmes, monitoramento, segurança particular e, mesmo, blindagem de veículos. A tendência do aumento do cuidado com a saúde levou o MacDonal'd's a diversificar seu cardápio e incluir alimentos mais saudáveis, como saladas, sucos de frutas e frutas in natura.

As empresas industriais defrontam-se com muitas oportunidades novas, conforme regulamentações ambientais mais restritas são criadas. Se algum produto que é atualmente baseado em solventes orgânicos (tintas e adesivos, por exemplo) puder ser reformulado à base de água, uma oportunidade de mercado pode ser criada.

Mudanças políticas também podem abrir mercados novos. Por exemplo, o Governo Collor iniciou o processo de abertura do mercado brasileiro para importações, o que acabou influenciando decisivamente a dinamização do desenvolvimento de automóveis, entre outros produtos.

Alguns autores trabalham com o mapeamento de tendências que surgem com as mudanças ambientais (POPCORN, 1993; POPCORN & MARIGOLD, 1997; HILL, 2003). O problema com tais tendências é que elas podem fornecer somente indicações gerais sobre necessidades futuras dos clientes e servem, portanto, mais para o planejamento estratégico do que para a ideação de novos produtos de uma empresa.

2.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, foram abordadas as fontes de ideias para novos produtos: o mercado, a tecnologia, os produtos atuais, a própria empresa, outras empresas e mudanças ambientais.

A discussão existente, sobre se a inovação é resultado de *market pull* ou *technology push* torna-se pouco relevante quando se percebe que o sucesso no desenvolvimento de novos produtos é altamente dependente da eficiência com que as empresas são capazes de ligar a tecnologia com as necessidades dos clientes.

O *marketing*, em seu sentido mais amplo, deve integrar-se, juntamente com a tecnologia, em cada etapa do projeto e engenharia de novos produtos, no sentido de reduzir riscos e promover o sucesso da inovação. As empresas envolvidas com a inovação encontram a necessidade de empregar estratégias integradas, combinando marketing e tecnologia no projeto de novos produtos. Para isso, são utilizados três mecanismos: estruturas organizacionais formais, relações interpessoais e suporte analítico. Gerentes de Marketing, geralmente, não têm formação tecnológica, apresentando perspectivas limitadas, preferindo tarefas estruturadas e engenheiros e cientistas, geralmente, não têm formação em marketing e gerenciamento, focam em resultados de longo prazo, trabalham com facilidade em tarefas

desestruturadas e tendem a ser reservados. A combinação dos dois tipos de profissionais pode gerar elevado potencial para conflitos. Este problema pode ser resolvido buscando de forma objetiva a integração do Marketing com o setor de P&D, de modo que o pessoal envolvido sintetize os requisitos e processos de ambas as áreas. De acordo com Urban & Hauser (1993), em muitas empresas líderes no mercado, engenheiros frequentam programas de educação em marketing, profissionais de marketing estudam tecnologia e gerentes são transferidos entre posições de gerência de Marketing e Engenharia.

A exploração dos clientes como fonte de ideias de novos produtos pelas formas tradicionais, seja tentando “ouvir a voz do cliente” ou aplicando a observação, tem fortes limitantes. Os clientes não conhecem as possibilidades tecnológicas que poderiam ser aplicadas para resolver seus problemas e, muitas vezes, não sabem nem mesmo reconhecer quais são seus problemas. Para que sejam efetivas no sentido da ideação, as técnicas baseadas em consulta aos clientes e observação precisam ser realizadas por pessoas criativas, que consigam enxergar além do óbvio e conheçam as possibilidades tecnológicas.

Outra possibilidade vista é a de identificar clientes criativos, que não somente sabem quais são seus problemas, mas, os resolvem sozinhos. “Clientes criativos” poderia ser uma outra forma de definir o que Von Hippel (2005) denomina usuários líderes. Esta é uma abordagem mais promissora do que simplesmente ouvir ou observar os clientes, porque parte do desenvolvimento do produto já foi feita e, possivelmente, a adoção do novo produto pode ser facilitada. Os resultados reportados por Von Hippel também fomentam otimismo em relação a esta tecnologia. Entretanto, pensando na aplicação prática, pode ser dispendioso realizar estudos para encontrar os usuários líderes, bem como negociar e aproveitar as soluções que eles já desenvolveram. Além disso, a estratégia do usuário líder tende a produzir mais inovações incrementais do que radicais.

Observa-se que o simples aumento do desempenho em características atualmente conhecidas e valorizadas pela maior parte do mercado, conseguido por meio de inovações incrementais, cada vez é menos suficiente para garantir a sobrevivência a médio e longo prazo das empresas. Isto acontece por que:

- os modelos gerenciais atualmente mais difundidos identificam com certa facilidade estas características e conduzem a maior parte das empresas a tentar explorá-las (KIM & MAUBORGNE, 2005);
- as características baseadas na tecnologia possuem limites naturais para inovações incrementais (FOSTER, 1986); e
- as tecnologias disruptivas, muitas vezes, surpreendem as empresas dominantes, explorando com sucesso o baixo mercado e o não-mercado (CHRISTENSEN, 2000).

Estas observações são consideradas na concepção da metodologia IDEATRIZ.

Acredita-se que, dentre as fontes de ideias, a VDP é especialmente interessante e, por este motivo, é adotada na metodologia IDEATRIZ. As justificativas para isto são que a VDP:

- aproveita recursos prontamente disponíveis, ou seja, a informação tecnológica e mercadológica embutida nos produtos existentes;

- fomenta a interação entre as pessoas da própria empresa no processo de ideação, sendo esta a fonte mais importante de ideias, de acordo com o único estudo encontrado sobre a importância das fontes de ideias, que é o de Pavia (1991); e
- tende a produzir ideias realmente originais. Nos próximos capítulos, são tratados os métodos para a ideação.

3

Os Métodos de Ideação de Novos Produtos

“Inspiração é uma hipótese que reduz o autor ao papel de observador”.
Paul Valéry

Muitas ideias podem emergir diretamente das fontes de ideias, descritas no capítulo anterior. Outras ideias demandam elaborações adicionais e o uso de mecanismos como os descritos neste e nos próximos capítulos.

Na literatura, pode-se encontrar uma quantidade muito grande de métodos para apoiar o processo de ideação. Esta grande diversidade pode ser bastante reduzida ao se analisar os princípios nos quais se baseiam os métodos. Chega-se, então, a um número relativamente pequeno de métodos, representativos dos demais.

Neste trabalho, foi adotada a classificação apresentada no Quadro 3.1, que inclui métodos intuitivos, sistemáticos e heurísticos. Métodos representativos de cada categoria são incluídos.

Quadro 3.1 – Classificação dos métodos de ideação

Classe	Exemplos de métodos típicos da classe
Métodos Intuitivos	<i>Brainstorming</i> , Questionários e <i>Checklists</i> , 635, <i>Lateral Thinking</i> , <i>Synectics</i> , Galeria
Métodos Sistemáticos	Busca direta, Análise do Valor, Método Morfológico, Análise e Síntese Funcional, Analogia Sistemática
Métodos Heurísticos	Algoritmos, Programas, A maior parte dos métodos da TRIZ

Métodos intuitivos são baseados, principalmente, nos estudos psicológicos da criatividade e confiam na intuição pura ou numa pequena estruturação do processo de ideação.

Os métodos sistemáticos são muito mais estruturados e são considerados, por muitos, como mais adequados para a solução de problemas complexos⁵, com a abordagem de subdividir um problema original em problemas mais simples, resolver os problemas simples e combinar tais soluções numa solução para o problema original. Além disso, os métodos sistemáticos tendem a facilitar a divisão do trabalho e a rastreabilidade do processo criativo.

A última categoria, de métodos heurísticos, contém os métodos baseados em regras e padrões do processo criativo. Tais métodos procuram fazer uso de múltiplas regras, bases de conhecimento e do computador.

3.1 MÉTODOS INTUITIVOS

Os métodos intuitivos para a solução criativa de problemas estão entre os primeiros que foram criados e seu escopo é genérico, ou seja, estes métodos não são voltados especificamente para o desenvolvimento de produtos ou qualquer outra área. Os métodos abordados neste item são o *brainstorming*, o método dos questionários ou *checklists*, o pensamento lateral, o *brainwriting*, o método *synectics* e o método galeria, considerados representativos da categoria.

O *brainstorming* foi criado por Osborn (1953). Trata-se de um método de criatividade para uso em grupo. O *brainstorming* fundamenta-se no fato de que cada indivíduo possui uma combinação de experiências e conhecimento única e, portanto, pode contribuir para visualizar um determinado problema de maneira diferente. Com a técnica, Osborn teve a intenção de reestruturar reuniões, de modo a superar as inibições ao processo de ideação. O argumento de Osborn é que isso pode levar a ideias melhores do que as imediatas e geradas por uma única pessoa.

O grupo para uma sessão de *brainstorming* deve ser formado por cerca de seis indivíduos, preferencialmente com formações em diferentes áreas. Deve haver um moderador com experiência no uso do método, para liderar a sessão. Cada um dos participantes deve ter conhecimento prévio sobre o objetivo da sessão e cada um deles deve preparar-se, levando em conta o objetivo. Várias sessões de geração de ideias podem ser feitas em sequência, mas, procurando-se fazer pausas, aproximadamente a cada trinta minutos.

Antes de iniciar uma sessão de *brainstorming*, o moderador deve motivar o grupo para a solução do problema. A partir de uma definição do problema não excessivamente específica (uma vez que o grupo é multidisciplinar), o grupo deve ser levado a gerar a maior quantidade possível de ideias, tanto originais como baseadas nas ideias já geradas. Durante essa etapa, não são permitidas críticas e todas as ideias devem ser registradas. Numa segunda etapa, é feita a avaliação das ideias obtidas e sua classificação por ordem de viabilidade.

Os questionários e *checklists* podem ser utilizados para a geração de ideias individualmente ou em grupo (por exemplo, durante uma sessão de *brainstorming*). O objetivo dos

5 Problemas com muitas variáveis.

itens dos *checklists* e das questões dos questionários é o mesmo: o estímulo à geração de ideias. Por meio dos itens e questões, são propostas transformações que podem levar a soluções criativas. Osborn (1953) criou um conjunto de itens e questões que, propunha, deveria ser utilizado em sessões de *brainstorming* – especialmente naqueles momentos em que há diminuição da quantidade de ideias geradas. O *checklist* de Osborn é mostrado no Quadro 3.2.

Outro exemplo de *checklist* são os verbos de manipulação de Koberg & Bagnall (1981): multiplicar, distorcer, afofar, extrudar, dividir, girar, fazer *by-pass*, repelir, eliminar, aplainar, adicionar, proteger, subjugar, pressionar, subtrair, segregar, inverter, complementar, iluminar, integrar, separar, submergir, repetir, simbolizar, transpor, congelar, espessar, abstrair, unificar, amaciar, alongar, dissecar.

Quadro 3.2 – *Checklist* e questionário de Osborn

Modificações sugeridas	Questões
Adaptar	Com que se parece o objeto da discussão? Que outras idéias se pode derivar disto? Há paralelos no passado? O que pode ser imitado? O que pode ser suplantado?
Modificar	Pode-se modificar o significado, cor, movimento, timbre, aroma ou forma? Que outras modificações são possíveis?
Aumentar	O que pode ser acrescentado? Em que dimensão? Pode ser aumentada a força, o comprimento, a altura, a espessura, a quantidade de peças? Pode-se duplicar? Multiplicar? Exagerar?
Diminuir	O que pode ser suprimido, comprimido, miniaturizado, diminuído, encurtado, omitido, atenuado?
Substituir	O objeto pode ser substituído? Pode ser utilizado outro componente, outro material, outro processo de fabricação, outra fonte de energia, outro local, outro caminho, outro timbre?
Reordenar	Pode ser trocada a posição, a configuração, o leiaute, a ordem? Pode-se inverter causa e efeito? Pode-se mudar a velocidade? Pode-se mudar o cronograma?
Inverter	O que significa o contrário? Pode-se inverter positivo e negativo, virar ao contrário, virar de lado, trocar papéis?
Combinar	Poderia ser feita uma mistura, uma liga, um sortimento? Pode-se combinar unidades, finalidades, idéias?
Usar de outra forma	Há novas possibilidades de uso da forma antiga? Quais as possibilidades de uso com a alteração da forma?

Outros autores ofereceram sugestões de *checklists* e questionários, como Van Gundy, (1988) e De Bono, (1968). Alguns programas de computador para auxílio ao pensamento criativo, como o Axon Idea Processor (AXON RESEARCH, 1998), fazem uso de *checklists* e questionários.

Brainwriting é um termo que inclui todos os tipos de métodos assemelhados ao *brainstorming*, mas, realizados por escrito. O método 635 é o mais conhecido dos métodos de *brainwriting*. Foi desenvolvido com base no *brainstorming*, por Rohrbach (1969), a partir da percepção de que, em sessões de *brainstorming*, se apenas algumas poucas ideias iniciais são desenvolvidas de forma mais intensiva, as soluções finais obtidas tendem a ser melhor elaboradas e mais úteis.

Após a familiarização com o problema e cuidadosa análise, um grupo de seis participantes escreve três sugestões iniciais para solucionar o problema. A seguir, estas soluções são passadas ao participante vizinho, que deve sugerir outras três soluções ou desenvolvimentos das soluções já sugeridas. Este processo continua até que cada folha tenha trocado de mãos cinco vezes, tendo, então, circulado por todas as pessoas do grupo.

Em seu método pensamento lateral, De Bono (1968) propõe as técnicas do degrau, da fuga e da estimulação randômica para provocar a mudança de um padrão de pensamento para outro. A premissa adotada por De Bono é que essa mudança de padrão de pensamento levaria a soluções criativas. As técnicas do degrau, da fuga e da estimulação randômica são baseadas em provocações, que são ideias, lógicas ou não, lançadas com o único objetivo de gerar outras ideias.

Um exemplo de uso da técnica do degrau é a provocação “carros deveriam ter rodas quadradas”. Esta ideia pode levar a outras ideias interessantes, como uma peça quadrada presa à roda (ou duas peças quadradas sobrepostas, formando um octógono), para melhorar a aderência em terrenos arenosos ou atoleiros. A ideia inicial é o degrau, utilizado para “subir” a um outro padrão de pensamento.

Na técnica da fuga, busca-se identificar o padrão atual de pensamento e, conscientemente, escapar deste. É natural assumir que, em cada cabina telefônica, deve existir um aparelho telefônico. Uma fuga deste padrão seria a ideia de se ter dois aparelhos por cabina. Assim, se o cabo fosse suficientemente longo, duas pessoas poderiam telefonar ao mesmo tempo e um dos aparelhos poderia ser utilizado enquanto o outro estivesse fora de serviço.

A técnica da estimulação randômica implica no uso de um objeto, obtido por acaso, que deve ser associado ao problema em questão. Por exemplo, o problema é unidirecionar o fluxo de pessoas pela porta de uma agência bancária. A estimulação randômica vem da palavra queda, obtida, ao acaso, de um dicionário. Um possível resultado de associação é o uso de um escorregador (queda controlada), pelo qual as pessoas poderiam, somente, descer, garantindo-se a possibilidade de movimentação num único sentido – para fora, neste caso, ao final do expediente.

A pesquisa de Furnham (2000) indica que o *brainwriting* e os métodos individuais de geração de ideias, como muitas das técnicas de De Bono, tendem a ser mais eficazes para a geração de ideias originais que o *brainstorming*, muito embora este último seja o mais amplamente difundido nas empresas.

Synectics ou sinergia é o método de solução criativa de problemas em grupo criado por Gordon (1961) e aperfeiçoado por Prince (1972). A sequência de aplicação deste método é apresentada na Ilustração 3.1. O nome *synectics* decorre do fato de este método ter sido desenvolvido para utilizar diferentes elementos da criatividade (incubação, pensamento divergente, tentativa e erro, analogias), de forma combinada. É sugerido que o método seja aplicado por um grupo multidisciplinar de quatro a sete pessoas.

Os dois primeiros passos são dedicados à compreensão do problema pelo grupo, ou, tornar o (problema) estranho familiar. No terceiro passo, o grupo procura 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 feitas e uma delas é escolhida para ser utilizada.

Os três passos seguintes sugerem a geração de analogias – diretas, pessoais e simbólicas – e seleção. Com as analogias, procura-se “tornar o familiar estranho”. As analogias selecionadas devem atender aos seguintes critérios: ser consideradas interessantes pelo grupo, ter pequeno relacionamento com o problema e ser conhecidas pelo grupo.

As analogias escolhidas são, então, analisadas. Nesta etapa do método, “... o pensamento oscila de um modo ordenado entre análise e analogia, entre fazendo o estranho familiar e o familiar estranho” (BACK, 1983). Em seguida, buscam-se novas associações entre conceitos e outras implicações das analogias, de forma a relacioná-las com o problema inicial e, a partir daí, gerar soluções para o mesmo.

Se não forem encontradas soluções satisfatórias, pode-se retornar ao quarto passo, trabalhando com outra definição para o problema. Dentre os métodos intuitivos, este talvez seja o que exige maior esforço por parte da equipe envolvida e, nas experiências relatadas por Altshuller (1986), o mais eficaz em fomentar a produção de ideias originais e úteis.

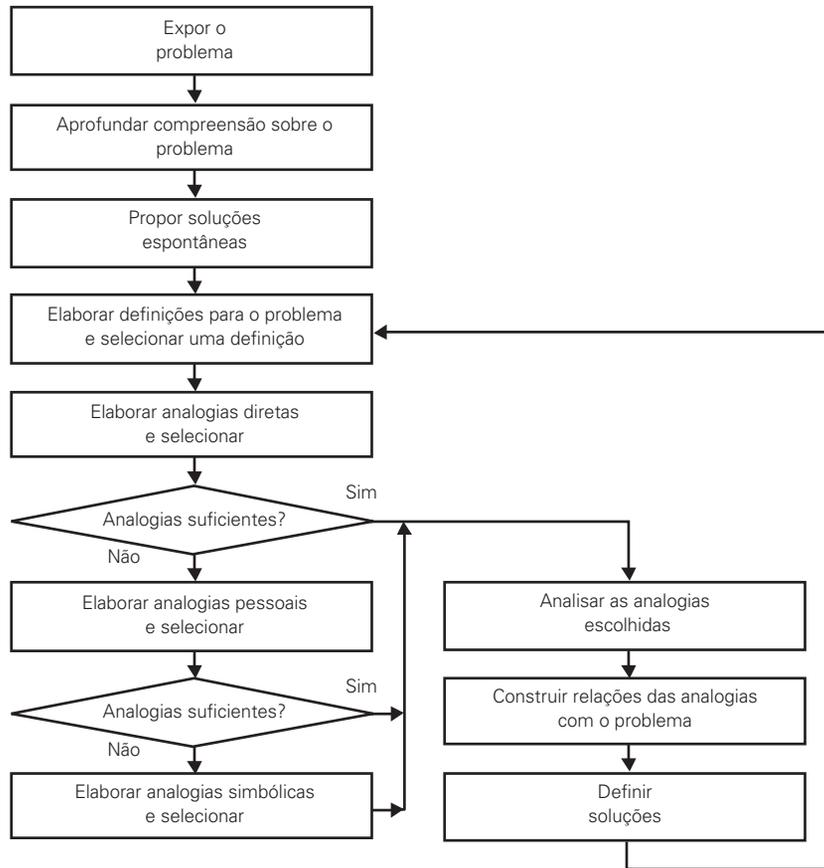


Ilustração 3.1 – Método *Synectics*

O método da galeria foi desenvolvido por Hellfritz (1978). Este método combina trabalho individual e trabalho em grupo. É um método indicado para problemas de projeto conceitual, de configuração e detalhado, uma vez que envolve a proposta de soluções na forma de desenhos. A organização é similar à do *brainwriting*. Na etapa introdutória, o grupo recebe as instruções do moderador. A seguir, na etapa de geração de ideias, cada elemento do grupo é incentivado a propor, individualmente, soluções para o problema, por meio de desenhos e textos, os quais são fixados em paredes (como quadros numa galeria de arte). Nesta etapa, as ideias preliminares são aperfeiçoadas e novas ideias são geradas, em grupo. Então, numa nova etapa de geração individual de ideias, cada elemento do grupo desenvolve as ideias geradas nas etapas anteriores. Finalmente, todas as ideias geradas são revisadas, classificadas e refinadas. As soluções mais promissoras são escolhidas para implementação.

3.2 MÉTODOS SISTEMÁTICOS

A seguir, são apresentados a busca direta, a análise do valor, o método morfológico, o método da análise e síntese funcional e o método da analogia sistemática.

3.2.1 Busca Direta

Para captar eficazmente fontes externas de ideias, é necessário alocar recursos para a coleta básica de informação. Um pequeno grupo para estudo de tendências no mercado, baseado na análise de dados e relatórios da indústria e em dados secundários⁶ encontrados na Internet e em bibliotecas, pode ser uma forma eficaz de implementação desta iniciativa. Atividades dos concorrentes podem ser acompanhadas por vigilância tecnológica, ou seja, uma forma organizada, seletiva e permanente de captar informações externas, analisá-las e convertê-las em conhecimento para tomar decisões com menor risco e antecipar-se às mudanças (PALOP & VICENTE, 1999). No caso do desenvolvimento de produto, é especialmente interessante o monitoramento de informações publicamente disponíveis. Por exemplo, empresas de produtos de consumo conseguem organizar-se para “ler” testes de mercado de novos produtos concorrentes. Em algumas empresas, colaboradores viajam para todas as feiras de comércio importantes, para aprender tanto quanto possível sobre os novos produtos da concorrência. Em outras, informações oriundas de vendedores da concorrência e dos membros dos canais de distribuição são analisadas. Neste processo, é importante manter a ética. Para Kahaner (1996) ela é necessária, por aumentar a credibilidade da organização, causar menos estresse aos responsáveis pelo processo e ser, se adotada por uma indústria inteira, mais econômica (menores custos com a segurança das próprias informações). Além disso, argumenta Kahaner que a ética não precisa ser violada no processo, porque 85% da informação necessária está em domínio público e os outros 15%, em boa parte dos casos, são desnecessários.

Ações como a análise sistemática de reclamações de clientes e serviços realizados no período de garantia podem permitir a identificação de problemas que refletem oportunidades para novos produtos.

As consultas às publicações especializadas e aos bancos de patentes também são formas importantes de busca direta.

3.2.2 Análise do Valor

A Análise do Valor teve origem durante a Segunda Guerra Mundial, como resultado dos trabalhos de Miles, na General Electric (MILES, 1961). De forma independente, Sobolev vinha desenvolvendo trabalho similar, com a Análise Função-Custo, na Rússia (SOBOLEV, 1987). Esta coincidência, como tantas outras no desenvolvimento da ciência e da tecnologia, provavelmente deve-se à existência de necessidades similares nas situações vivenciadas pelos dois autores: a escassez de recursos causada pelo esforço de guerra.

⁶ Dados secundários são os obtidos indiretamente, a partir de literatura ou bases informatizadas. Diferenciam-se dos dados primários, que são obtidos diretamente, por meio de pesquisa original.

Na Análise do Valor, valor é definido como o mínimo a ser gasto para adquirir ou produzir um produto com a utilidade, estima e qualidade requeridas. A utilidade corresponde às funções que podem ser realizadas pelo ou com o produto. A estima é relacionada à beleza, prestígio ou outro atributo que seja prezado pelo cliente.

O valor é diretamente proporcional às funções e inversamente proporcional ao custo. Existem cinco formas pelas quais se pode buscar a maximização do valor. Estas são indicadas na Ilustração 3.2. Valor (V) é diretamente proporcional (α) às funções (F) e ao inverso do custo (1/C). As cinco formas de maximizar V correspondem a:

1. Manter as funções e reduzir o custo associado;
2. Aumentar a quantidade e/ou qualidade das funções e manter o custo associado;
3. Aumentar a quantidade e/ou qualidade das funções e também o custo, mas, numa proporção aceitável para os clientes;
4. Aumentar a quantidade e/ou qualidade das funções e reduzir o custo associado;
5. Reduzir a quantidade e/ou qualidade das funções e o custo associado, mas, numa proporção aceitável para os clientes.

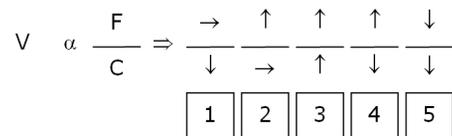


Ilustração 3.2 – Formas possíveis para maximizar o valor

A Análise de Valor é implementada por meio de um plano que inclui as fases de preparação, informação, análise, criação, julgamento e decisão. A fase de preparação inclui a definição do objeto da análise, objetivo, composição da equipe e planejamento das atividades. A fase de informação tem por finalidade a compreensão do problema a ser analisado. A terceira fase, análise, pode ser considerada a principal da Análise de Valor, porque é nela que se faz a associação dos custos às funções. Criação, a próxima fase, é aquela na qual são geradas ideias para maximizar o valor. Em seguida, as ideias geradas são julgadas e é tomada a decisão sobre o que será implementado e como.

A Análise de Valor tem uma longa folha de bons serviços prestados às empresas (CSILLAG, 1985) e influenciou outras metodologias amplamente utilizadas, como, por exemplo, a cadeia de valor (PORTER, 1986) e o mapeamento do fluxo de valor (ROTHER & SHOOK, 1998).

3.2.3 Método Morfológico

O método morfológico foi criado por Zwicky (1948). Consiste no desdobramento de um problema complexo em partes mais simples, na solução das partes mais simples e na recombinação das soluções numa solução completa. Inicialmente, o problema é definido de forma exata e, a seguir, subdividido em parâmetros. Na etapa seguinte, busca-se formas alternativas para solucionar os parâmetros, as variantes de solução para os parâmetros.

Sua obtenção pode ocorrer por meio da experiência, pesquisa, uso de catálogos de projeto (ROTH, 1982) e métodos de criatividade. Em seguida, obtêm-se todas as combinações possíveis dos parâmetros. São definidos, então, critérios de avaliação e as combinações de parâmetros são submetidas à avaliação. Finalmente, a melhor combinação dos parâmetros é adotada como solução para o problema.

As dificuldades na aplicação do método morfológico estão em encontrar um conjunto de parâmetros que sejam essenciais para a obtenção de soluções, independentes entre si, que abranjam todo o escopo do problema e não sejam excessivamente numerosos, de modo a minimizar o tempo de busca.

3.2.4 Análise e Síntese Funcional

Com variações, o método da análise e síntese funcional é recomendado por vários autores da área de metodologia de projeto no desenvolvimento de produtos complexos.

A análise funcional corresponde à extração, a partir de um sistema técnico existente, de sua estrutura funcional. Síntese funcional é o processo de criação de novas estruturas funcionais, realizado a partir de analogia com sistemas técnicos existentes e/ou parâmetros que o novo sistema deverá ter. Os objetivos do método da análise e síntese funcional são:

- executar as duas primeiras etapas do método morfológico de uma forma estruturada e adequada a sistemas técnicos complexos;
- definir a lógica de funcionamento do sistema, independentemente de soluções;
- normalizar o projeto, pois a padronização de funções permite a padronização de soluções em catálogos de projeto;
- subdividir o sistema técnico em módulos; e
- definir com clareza sistemas a serem desenvolvidos.

Para executar a síntese funcional, parte-se de uma lista de requisitos. A seguir, procura-se funções da base de funções que se relacionem com os requisitos. Então, organiza-se estas funções numa estrutura funcional preliminar. A partir das estruturas preliminares são obtidas algumas variantes. Por meio de processos de avaliação, seleciona-se a estrutura funcional mais adequada.

3.2.5 Analogia Sistemática

Com as analogias, procura-se identificar características funcionais ou estruturais originárias de áreas diversas e traduzi-las para a geração de novas soluções para o problema em questão. Estas áreas podem ser técnicas, naturais ou administrativas. O processo de analogia consiste na comparação e transferência de características originárias entre dois domínios distintos: o domínio do problema e o domínio análogo. Essa transferência deve ocorrer em níveis de abstração compatíveis. Entretanto, para que possa existir analogia entre dois domínios estes precisam ter, no mínimo, uma característica em comum.

O processo sistemático para a geração de analogias é mostrado na Ilustração 3.3 (LINDE & HILL, 1993).

A partir da definição do problema, são abstraídas as características mais relevantes. Procura-se, então, transferir características do problema para possíveis áreas de analogia. Neste processo, se compara características do problema com características da área de analogia. Tal comparação pode ser feita, por exemplo, ao nível de funções, estrutura, forma ou comportamento. Finalmente, faz-se a transferência e o ajuste das características consideradas mais úteis ao problema, obtendo-se soluções básicas.

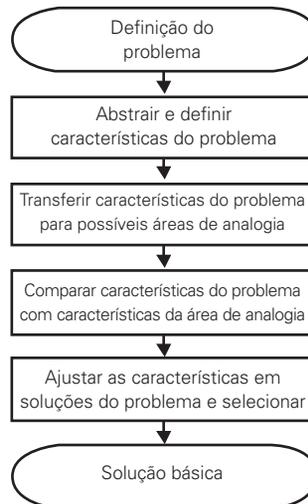


Ilustração 3.3 – Processo sistemático de obtenção de analogias

3.3 MÉTODOS HEURÍSTICOS

Esta categoria de métodos inclui todos aqueles que são baseados no uso de heurísticas.

Heurísticas são regras, criadas a partir da experiência, para resolver problemas. Elas refletem o conhecimento acumulado numa determinada área e tendem a direcionar o solucionador de problemas no sentido de soluções satisfatórias.

Os métodos heurísticos podem ser subdivididos em computacionais e não-computacionais.

Alguns programas de computador foram projetados para inventar novos (pelo menos para o programa) conceitos matemáticos, utilizando a busca heurística (LENAT, 1989). Tais programas foram estruturados com base em algumas centenas de heurísticas de diferentes níveis de abstração. Um exemplo de heurística utilizada é “se F é uma operação interessante, procure pela sua inversa”. Outros programas foram desenvolvidos, de forma a implementar a criatividade como mudança de segunda ordem (WATZLAWICK *et al.*, 1974), a criatividade como exploração e transformação de um espaço conceitual (BODEN, 1990) e a criatividade como busca num espaço de possibilidades (PERKINS, 1995).

Sandler (1994) propõe o uso de programas que, utilizando algoritmos genéticos, simulam o que ele define como raciocínios do tipo analógico, inverso, intuitivo e associativo.

O processo de geração de ideias proposto por Wu *et al.* (2006), no qual um programa de computador realiza o processo de ideação, é um exemplo da categoria de métodos heurísticos computacionais.

Entre os métodos não-computacionais, destacam-se os métodos da TRIZ⁷. Estes, por serem de interesse especial para o desenvolvimento do modelo de ideação de novos produtos proposto neste trabalho, são aprofundados nos próximos dois capítulos.

No Capítulo 6, antes da descrição da metodologia IDEATRIZ, é apresentado um estudo empírico que inclui análise de vários dos métodos descritos neste capítulo.

⁷ Existe software para apoio à ideação com a TRIZ, mas, o processo de ideação em si não é computacional e sim, humano, como pode ser verificado mais adiante no trabalho

A TRIZ (Teoria da Solução Inventiva de Problemas)

*“Ao contrário do que indica o senso comum, a criatividade pode ser controlada.”
Genrich S. Altshuller*

No presente capítulo, é descrita a metodologia TRIZ, que é o principal fundamento da metodologia de ideação proposta nesta pesquisa, bem como seus métodos para a formulação de problemas e para a ativação da imaginação.

A TRIZ é uma criação de G. S. Altshuller. O desenvolvimento da TRIZ iniciou-se nos anos 1940 e o artigo considerado fundamental foi publicado em 1956 (ALTSHULLER & SHAPIRO, 1956). A sigla TRIZ vem do russo e poderia ser transcrita do alfabeto cirílico para o latino como *Teória Retchénia Izobretátelskikh Zadátchi*. A tradução mais correta é Teoria da Resolução de Problemas Inventivos (*Izobretátelskikh Zadátchi*)⁸. A sigla TRIZ somente surgiu nos anos 1970, mas, acabou sendo amplamente adotada, sendo hoje um termo “guarda-chuva”, que serve para designar a TRIZ Clássica (de Altshuller), bem como desenvolvimentos posteriores como I-TRIZ (ZLOTIN & ZUSMAN, 1999), Inovação Sistemática (MANN, 2002), TRIZPlus, entre outros.

⁸ A TRIZ é mais conhecida como Teoria da Solução Inventiva de Problemas (tradução em português daquela feita do russo para o inglês, *Theory of Inventive Problem Solving*). Embora reconheça-se que esta tradução não é a mais correta, ela é a mais difundida, é coerente com a finalidade da TRIZ e é a adotada neste trabalho.

Altshuller (1969, 1974, 1979, 1980, 1984, 1989) estudou patentes de diferentes áreas, com o objetivo de buscar alternativas mais eficazes para os métodos para a resolução de problemas até então disponíveis – o *brainstorming* e o método morfológico. Esta abordagem diferenciou-se das anteriores por focalizar-se nos registros do produto criativo das áreas técnicas: as patentes. Altshuller e, posteriormente, seus colaboradores, procuraram definir quais os processos envolvidos na obtenção das soluções criativas contidas nas patentes. Assim, por meio do estudo das patentes, foram sendo encontradas e colecionadas regularidades, com o intuito de uso para a solução de futuros problemas.

4.1 NÍVEIS INVENTIVOS

Durante o desenvolvimento da TRIZ, Altshuller acreditava estar criando uma metodologia universal para a resolução de problemas inventivos, ou seja, uma categoria especial de problemas, nos quais é necessária a resolução de uma contradição (conceito detalhado a seguir, no item Fundamentos Filosóficos). Deste modo, o autor focou sua pesquisa por heurísticas, princípios e leis nas invenções consideradas de alto nível inventivo, com base na classificação resumida no Quadro 4.1 (ALTSHULLER, 1969). Logo, porém, a TRIZ expandiu-se para além da resolução de problemas que contém contradições. Como será visto a seguir, somente dois dos métodos para a ideação focalizam a resolução de contradições (o Método dos Princípios Inventivos e o Método da Separação).

O nível 1 corresponde às patentes que descrevem a resolução de problemas rotineiros, limitadas a pequenas mudanças em relação ao estado da técnica. As invenções de nível 2 envolvem um pouco mais de conhecimento por parte do inventor, mas, ainda sem a introdução de conhecimento de áreas remotas e sem que tenha ocorrido a resolução de uma contradição. Invenções de nível 3 representam mudanças mais significativas, muitas vezes com a introdução de elementos que eram estranhos à indústria em questão e envolvem a remoção de contradições.

O nível 4 corresponde àquelas invenções que, praticamente, nada têm a ver com o estado da técnica, ou seja, utilizam princípios de funcionamento diferentes dos tradicionais e, portanto, estão criando novos paradigmas tecnológicos. Finalmente, as invenções de nível 5 correspondem ao resultado de pioneirismo científico e tecnológico, ou seja, são as invenções somente possíveis pela aplicação da descoberta de um novo fenômeno ou efeito.

Quadro 4.1 – Níveis Inventivos

Nível da Invenção (% do total)	Número Estimado de Tentativas	Posição do Problema e dos Meios de Solução	Exemplo
1 - Trivial (32%)	1 a 10	Dentro de uma área de uma profissão.	Tampa protetora para armazenagem de gases. A tampa é de plástico, com reforços internos para aumentar a resistência. Com isso, há economia de material e redução de custos.
2 - Melhoria (45%)	10 a 100	Dentro de uma área de uma indústria.	Bomba de indução eletromagnética. A bomba consiste de um corpo, um indutor e um canal. A novidade é que o indutor pode movimentar-se ao longo do eixo do canal.
3 - Novidade dentro do paradigma atual (19%)	100 a 1.000	Em uma área da ciência.	Método para remover vísceras de peixes. O método é novo porque propõe congelar as vísceras com um elemento a -5 centígrados, o qual ainda ajudará a preservar o peixe.
4 - Novidade dentro de novo paradigma (<4%)	1.000 a 10.000	Fora da área da ciência onde o problema foi originado.	Sistema evaporativo para refrigeração de motores. Os mancais são feitos de aço sinterizado, impregnado com uma substância que evapora e refrigera o motor em uso.
5 - Descoberta científica (<0,3%)	> 10.000	Fora dos limites da ciência contemporânea.	Novo método para fabricar pós metálicos. Eletrodos feitos do material a ser pulverizado são conectados num circuito oscilatório. As faíscas dispersam o material como pó.

A forma de classificar uma invenção numa categoria ou outra foi baseada nos critérios:

- número estimado de tentativas que seriam necessárias para chegar à solução, usando processos de geração livre de ideias, como o *brainstorming*;
- escopo do problema e dos meios de solução – situado dentro da área de conhecimento do inventor e do corpo de conhecimento da indústria em que atua ou em áreas remotas; e
- existência ou não de uma contradição na situação problemática original.

A classificação dos níveis inventivos carece de formalidade, mas, cumpriu o papel para a qual foi criada: permitir a limitação do número de patentes a serem analisadas e o foco do desenvolvimento da TRIZ nas patentes de níveis mais altos (3, 4 e 5).

Para Altshuller (1969), a TRIZ deveria ser utilizada para resolver problemas dos níveis 2, 3, 4 e 5. Problemas do nível 1 não necessitam ser resolvidos com o uso da TRIZ.

4.2 DEFINIÇÃO DE TRIZ

Pode-se definir TRIZ como sendo uma metodologia heurística, orientada ao ser humano e baseada em conhecimento, para a resolução de problemas inventivos. A seguir, são examinadas as partes desta definição.

O caráter heurístico da TRIZ fundamenta-se no uso de métodos estruturados para orientar a solução de problemas, buscando evitar que o solucionador de problemas precise confiar somente na intuição. Além disso, a TRIZ utiliza o enfoque de sistemas, tanto na formulação como na solução dos problemas.

A TRIZ é baseada em conhecimento porque contém heurísticas para a solução de problemas, cujas fontes originais de informações são patentes, porque faz uso de efeitos oriundos das ciências para a solução de problemas e porque se fundamenta no levantamento e utilização de conhecimentos referentes ao domínio do problema específico a ser solucionado.

A orientação ao ser humano significa que a TRIZ foi concebida para uso humano, não computacional. Embora sua base de conhecimento e os mecanismos de formulação e solução de problemas possam ser implementados computacionalmente, a competência central da TRIZ é a solução conceitual de problemas, para a qual o cérebro humano (ainda) é mais adequado que o computador.

Quanto ao aspecto resolução de problemas inventivos da definição, a TRIZ é voltada para a resolução desta classe específica de problemas – aqueles nos quais há contradições. Para Altshuller (1979), caracterizam a solução inventiva a novidade⁹, a simplicidade, o grau de idealidade e o fato de solucionar uma contradição.

Além do caráter metodológico, reconhece-se, ainda, que a TRIZ pode ser entendida como filosofia, ciência ou o estudo da excelência em todas as áreas do conhecimento humano, como sugere Mann (2002).

O que pode configurar a TRIZ como filosofia são os conceitos descritos no próximo item.

Como ciência, a TRIZ vem se desenvolvendo por meio do interesse de grupos acadêmicos na sua ampliação, organização e formalização, como se pode comprovar por meio dos anais das maiores conferências, como aquelas organizadas pela MATRIZ (Associação Internacional de TRIZ), pelo AI (*Altshuller Institute for TRIZ Studies*), pela ETRIA (*European TRIZ Association*), bem como da lista de discussão por correio eletrônico triz@topica.com.

A TRIZ como o estudo da excelência configura-se como a abstração, compilação e organização das melhores formas de resolver problemas nas diversas áreas do conhecimento humano na forma de heurísticas. Isso aconteceu, primeiro, nas áreas mais tradicionais da engenharia (os primeiros estudos de Altshuller envolveram a engenharia mecânica, civil, elétrica e química). Posteriormente, ocorreu a expansão para outras áreas do conhecimento, tais como a informática, a política, a publicidade, as artes, a pedagogia e a administração.

No nível de métodos para a geração de ideias, a TRIZ oferece uma riqueza de ferramentas sem paralelo em outras metodologias: Operador de Sistema, Operador Tempo-Tamanho-Custo, Fantograma, Modelagem com Pequenas Pessoas Espertas, Método das Partículas, Método dos Princípios Inventivos, Método da Separação, Efeitos, Análise Su-Campo, Padrões Inventivos e Tendências da Evolução são exemplos.

Nesta pesquisa, há interesse na TRIZ como um todo e, de modo especial, no uso desta metodologia para a ideação de novos produtos.

9 No domínio específico de aplicação, porque um objetivo geral da TRIZ é que não haja novidade em termos de soluções genéricas – todas elas estão ou deveriam estar no corpo de conhecimento da metodologia.

4.3 FUNDAMENTOS FILOSÓFICOS

A TRIZ tem como fundamento filosófico as leis da dialética. Na filosofia, a dialética foi definida de várias formas por diferentes filósofos. A formulação que pode ser considerada a base da TRIZ é a proposta por Engels (1883). Para Engels, dialética é ideia fundamental segundo a qual o mundo não deve ser considerado como um complexo de coisas acabadas, mas como um complexo de processos. As coisas, aparentemente estáveis, passam por uma mudança ininterrupta de evolução e decadência e, apesar de todos os insucessos aparentes e retrocessos momentâneos, um desenvolvimento progressivo acaba por acontecer.

As leis da dialética são a Lei da Unidade e da Polaridade, a Lei da Mudança Qualitativa e a Lei da Negação da Negação. Estas leis são descritas a seguir e exemplificadas no Quadro 4.2.

Unidade e Polaridade é a lei segundo a qual todos os aspectos da realidade prendem-se por laços necessários e recíprocos, ou seja, tudo se relaciona. Além disto, todas as coisas são bipolares, ou seja, têm dois aspectos opostos, os quais, ao mesmo tempo, estão unidos. Esta lei origina-se do filósofo grego Heráclito e, antes dele, da filosofia védica indiana. Os conceitos de idealidade, contradição e sistemática, descritos no próximo item, derivam desta lei.

Quadro 4.2 – As leis fundamentais da dialética e a tecnologia

Lei	Exemplo
Lei da Unidade da Polaridade	Uma mola não pode ser considerada a parte do universo que a rodeia, pois foi produzida pelo ser humano com o metal extraído da natureza. Ela está sujeita a modificações devidas à ação da gravidade, do calor, da oxidação e assim por diante.
Lei da Mudança Quantitativa (transformação das mudanças quantitativas em qualitativas)	Os aviões movidos a hélice atingiram um limite físico (barreira do som), a partir do qual somente foi possível aumento de desempenho com o aparecimento de uma nova tecnologia (a propulsão a jato).
Lei da Negação da Negação	Relógios a quartzo carregados por meio do movimento de uma massa. O princípio já havia sido utilizado anteriormente, em relógios mecânicos.

A Mudança Qualitativa origina-se dos estudos do filósofo grego Aristóteles. Na tecnologia, nota-se que graduais mudanças quantitativas, acumuladas, acabam resultando em mudanças qualitativas, como descrito pelo modelo da Curva S.

A Negação da Negação significa que todo movimento, transformação ou desenvolvimento opera-se por meio de contradições ou mediante a negação de uma coisa – tese, antítese e síntese. A negação se refere à transformação das coisas. A dialética é a negação da negação, ou seja, a síntese. A negação de uma afirmação implica negação, mas a negação da negação implica afirmação. O processo da dupla negação engendra novas coisas ou propriedades: uma nova forma que suprime e contém, ao mesmo tempo, as primitivas propriedades. Nos sistemas artificiais, esta lei manifesta-se pela reutilização de soluções que eram aplicadas no passado, sempre de uma forma um pouco diferente, com uso de novas tecnologias. Talvez os exemplos mais conhecidos em que se pode verificar esta lei estejam na indústria da moda. Na TRIZ, a resolução de uma contradição resulta numa solução que contém, ao mesmo tempo, as propriedades originalmente conflitantes no problema.

4.4 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA TRIZ

Os conceitos fundamentais da TRIZ, descritos a seguir, são: Idealidade, Contradição, Recursos, Sistemática e Funcionalidade.

O conceito de idealidade refere-se à observação de que os sistemas técnicos evoluem, ao longo do tempo, no sentido do aumento das funções úteis e da diminuição das funções inúteis, prejudiciais e, mesmo, das funções neutras. A ocorrência deste fato pode ser observada tanto por meio das melhorias incrementais como das inovações radicais em produtos. O aumento da idealidade pode ser exemplificado por meio do modem, que, por volta de 1985, era um componente separado dos computadores aos quais servia, montado num gabinete com volume aproximado de um litro e meio. O modem foi, gradualmente, diminuindo de volume (menor espaço ocupado, menor consumo de materiais) e transmitindo dados a velocidades cada vez maiores. Hoje, o modem é, em alguns computadores, uma placa dentro do gabinete, um único chip, ou, mesmo, assume a forma não física de software.

O aumento da idealidade dos sistemas técnicos é, também, uma das leis da evolução dos sistemas técnicos propostas por Altshuller (1979) descritas no item 5.1, a seguir.

Contradições são declarações que afirmam coisas aparentemente incompatíveis ou opostas. O conceito de contradição é uma consequência da primeira lei da dialética, a lei da unidade dos opostos. Em termos práticos, Altshuller demonstrou que as partes dos sistemas técnicos são desenvolvidas, ao longo de suas sucessivas versões, de forma não uniforme, o que provoca o surgimento de contradições. A evolução de tais sistemas envolve a superação, ou resolução de contradições. Para ilustrar este fato, no Quadro 4.3, são identificados problemas e contradições surgidos no decorrer da evolução da roda, os quais foram sendo solucionados por meio da criação de novos sistemas. Este quadro também exemplifica o processo de aumento da idealidade, porque a resolução de contradições é um dos processos por meio dos quais a idealidade é aumentada.

As contradições podem aparecer numa variedade de formas. Savransky (2000) sugere uma classificação de contradições que contém contradições técnicas, físicas, matemáticas, fundamentais, cosmológicas, individuais, administrativas e culturais. As contradições de interesse na TRIZ clássica são as técnicas e físicas.

Quadro 4.3 – Contradições na evolução da roda

Sistema Técnico	Problema ou contradição solucionado
Trenó	Força excessiva para arrasto simples das cargas.
Rolo	Força excessiva para arrasto do trenó.
A primeira roda de que se tem notícia, de madeira sólida, encaixada de forma solidária no eixo.	Redução da força conseguido com uso de trenós ou rolos, acompanhado, no caso dos rolos, pela inconveniência e falta de portabilidade.
Roda de madeira com raios.	Aumento da conveniência e da portabilidade, conflitando com peso excessivo, pelo fato de o ST consistir de peças maciças.
Roda de madeira com raios e banda de rodagem feita de couro, madeira, ferro ou aço.	Redução do peso, sendo o maior inconveniente a pequena durabilidade da banda de rodagem (feita de couro ou madeira); Durabilidade versus baixa aderência ao solo (ferro ou aço).
Roda de ferro ou aço com raios e banda de rodagem feita de couro, madeira, ferro ou aço.	Peso reduzido x pequena durabilidade da banda de rodagem (couro, madeira); Durabilidade versus baixa aderência ao solo (ferro).
Roda de aço com raios e banda de rodagem feita de borracha sólida.	Aderência ao solo conflitando com baixa velocidade máxima.
Roda de aço com raios tensionados e banda de rodagem feita de borracha sólida.	Excesso de peso, excesso de rigidez.
Roda de aço com raios tensionados e pneu entrelaçado.	Baixa tração, excesso de rigidez, baixa velocidade.
Roda com disco de aço e pneu entrelaçado.	Pequena manufaturabilidade e baixa resistência mecânica.
Roda com disco de aço e pneu radial.	Baixa resistência mecânica e atrito interno e aquecimento excessivos.
Roda com disco de aço e pneu <i>tweel</i> (da marca <i>Michelin</i>).	Baixa manobrabilidade e baixa segurança.

As contradições técnicas ocorrem quando há conflitos entre dois parâmetros, ou seja, as tentativas usuais para melhorar um deles pioram o outro. Num motor, por exemplo, há uma contradição técnica entre potência e peso: ao tentar uma melhoria de desempenho do motor, aumentando sua potência, o peso é aumentado (o que é, em geral, indesejável). De modo similar, na asa de uma aeronave, há uma contradição técnica entre resistência mecânica (que se deseja maximizar) e peso (que se deseja minimizar).

Níveis contraditórios de um mesmo parâmetro ou propriedade correspondem a contradições físicas. Na contradição física, um mesmo parâmetro ou propriedade deve ser alto e baixo, presente e ausente, grande e pequeno, etc. Considerando o exemplo da asa do avião, podem ser formuladas as seguintes contradições físicas:

- a resistência mecânica precisa ser alta (porque há a necessidade de resistir às solicitações mecânicas) e baixa (porque é preciso gastar pouco material e manter a leveza);
- o peso precisa ser alto (devido à resistência mecânica) e baixo (devido à necessidade de economizar combustível).

Savransky (2000) utiliza os termos par e ponto para referir-se às contradições técnicas e físicas, uma vez que as contradições técnicas referem-se a dois parâmetros contraditórios (um par) e as contradições físicas, a um mesmo parâmetro em níveis contraditórios (um ponto). É uma nomenclatura coerente, mas, a tradição tende a prevalecer nos textos de TRIZ.

Recursos são elementos da própria situação problemática ou do seu entorno, que podem ser mobilizados para solucionar ou contribuir para a solução de um problema. Podem ser definidos como sendo quaisquer elementos do sistema sob análise ou das cercanias que ainda não foram utilizados para a execução de funções úteis. Os recursos podem estar prontamente disponíveis para uso ou necessitar de modificações para que possam ser aproveitados.

A utilização de recursos tende a aproximar o sistema técnico do ideal. Um exemplo clássico do uso de recursos é o turbo-compressor utilizado em motores de combustão interna, que transforma parte da energia dos gases de combustão em sobre-pressão do ar alimentado. Neste caso, o recurso utilizado corresponde à energia.

Sistemática corresponde ao incentivo da TRIZ em levar o solucionador de problemas a enxergar a situação problemática e as possíveis soluções sistemicamente, dentro de um contexto que envolve tempo, espaço e interações. A ferramenta que operacionaliza isto dentro da TRIZ é o Operador de Sistema, descrita a seguir.

Funcionalidade corresponde à modelagem de elementos concretos das situações problemáticas e das soluções na forma mais abstrata de funções. Isto resulta da influência da Análise de Valor (MILES, 1961) e da Análise Função-Custo (SOBOLEV, 1987) sobre a TRIZ e reflete-se nos diagramas funcionais.

4.5 ESTRATÉGIA DA TRIZ

A estratégia da TRIZ para a solução de problemas pode ser resumida como mostrado na Ilustração 4.1. A partir de um problema específico, o solucionador de problemas utiliza as ferramentas para a análise da situação problemática e formulação de problemas para realizar a abstração e chegar a um problema genérico, livre do jargão técnico. Então, uma ou mais ferramentas para a ideação são utilizadas, de forma a chegar a soluções genéricas. Por último, a solução genérica precisa ser particularizada, ou seja, adaptada, para chegar à solução específica.

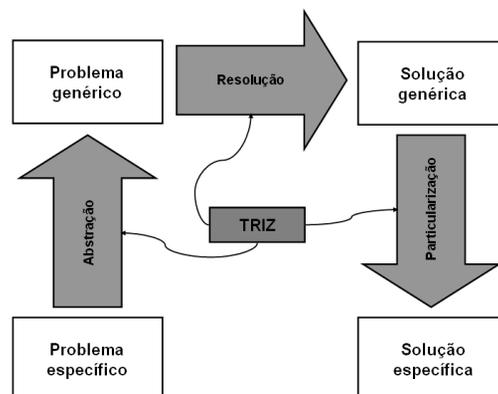


Ilustração 4.1 – Estratégia de solução de problemas da TRIZ

As ferramentas para realizar a abstração são apresentadas no próximo item e as ferramentas de ideação, para implementar a resolução e a particularização, são assunto do Capítulo 5.

4.6 FERRAMENTAS PARA A ANÁLISE DA SITUAÇÃO PROBLEMÁTICA E FORMULAÇÃO DE PROBLEMAS

A análise da situação problemática e a formulação do problema correspondem aos processos de compreender inter-relações, identificar claramente o problema a ser resolvido e levantar informações potencialmente úteis para a solução do mesmo. As principais ferramentas para a análise da situação e a formulação de problemas são o Resultado Final Ideal (RFI), os diagramas funcionais, a planilha de recursos e o operador de sistema.

A estratégia do RFI, apresentada na Ilustração 4.2, consiste em imaginar como seria a solução ideal para a tarefa a ser realizada e, se ela não for uma meta considerada atingível, recuar para uma formulação menos ideal do que a solução ideal, mas, mais ideal que a solução atual.

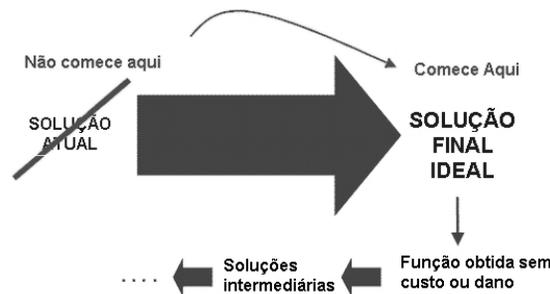


Ilustração 4.2 – Estratégia do RFI (adaptado de Mann, 2002)

Para a formulação do RFI, Mann (2002) sugere as questões apresentadas na coluna esquerda do Quadro 4.4. A coluna direita contém a formulação do RFI para a função lavar roupas, feita por profissionais de uma empresa envolvida na fabricação deste tipo de produto. É razoável supor, com base no conceito de idealidade, que, um dia, poderá haver roupas auto-limpantes. Entretanto, chegar a esta solução envolve tecnologias ainda não existentes ou não totalmente dominadas. Além disso, este RFI, embora tenha implicações muito importantes para a estratégia de longo prazo do fabricante de lavadoras de roupas, dificilmente será útil para o desenvolvimento da tecnologia a ser oferecida ao mercado num produto a ser lançado daqui a dois anos. Assim, recuando do RFI “roupas auto-limpantes”, outros RFIs mais imediatamente úteis poderiam ser “lavar roupas sem sabão”, “limpar roupas” ou “manter roupas”. Existem produtos recentemente lançados que executam as três últimas funções globais citadas.

Quadro 4.4 – RFI para a função lavar roupas

Questões	Função “lavar roupas”
1) Qual é o objetivo final do sistema?	Limpar roupas.
2) Qual é o Resultado Final Ideal?	Roupas que limpam a si mesmas.
3) O que impede que se alcance o RFI?	Indisponibilidade de roupas auto-limpantes.
4) Por que impede?	As roupas são incapazes de realizar esta função.
5) Como se pode fazer com que as coisas que impedindo que se alcance o RFI desapareçam?	Criando tecidos capazes de limpar a si mesmos.
6) Que recursos estão disponíveis para ajudar a criar as circunstâncias necessárias?	Tecido, sol, ar, guarda-roupas, usuário de roupas.
7) Alguém já foi capaz de resolver este problema?	A natureza (flor de lótus, por exemplo); fornos auto-limpantes.

O objetivo do RFI é direcionar o desenvolvimento, de forma deliberada, para o sentido do aumento da idealidade, evitando que o solucionador de problemas fique preso demais às soluções atualmente utilizadas pela própria empresa e por seus concorrentes. Neste sentido, o RFI é uma ferramenta que incentiva o estabelecimento de metas ousadas para o desenvolvimento, ao contrário, por exemplo, do QFD e do *benchmarking* de produto. Observações empíricas indicam que estas últimas ferramentas tendem a produzir o efeito de limitar a equipe de desenvolvimento àquilo que já existe na empresa em questão e na concorrência (GOLDENBERG & MAZURSKY, 2002).

Existem várias modalidades de diagramas funcionais no corpo de conhecimento da TRIZ. Exemplos relevantes são a análise de interações (*INVENTION MACHINE CORPORATION*, 1995) e o diagrama função-ligação-função (ZLOTIN & ZUSMAN, 2001). Com o uso destes diagramas, a formulação do problema é realizada em três etapas: construção do diagrama, formulação das declarações de problemas e seleção da declaração a ser utilizada. A construção do diagrama consiste em transformar o conhecimento que se tem sobre a situação problemática num modelo gráfico, que expressa causa e efeito ou interações entre componentes. A formulação das declarações de problemas é feita a partir dos modelos gráficos.

Na análise de interações, cada elemento do sistema conecta-se a outros por meio de interações (funções), como mostrado na Ilustração 4.3, para um secador de cabelos. As interações em linhas contínuas são eficazes, aquelas em linhas duplas são prejudiciais e as em linhas tracejadas são insuficientes.

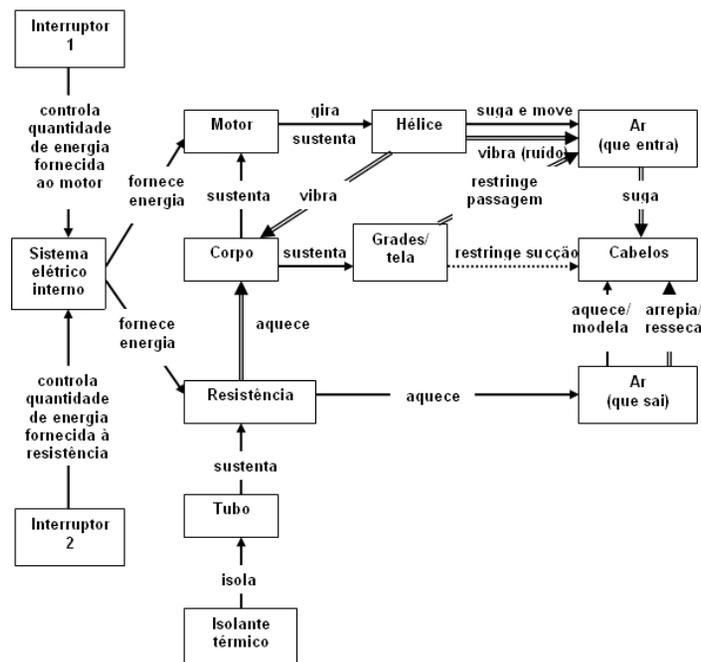


Ilustração 4.3 – Análise de interações para secador de cabelos

Os principais problemas estão associados às interações prejudiciais – em especial, àquelas relacionadas com a função principal do sistema, como é o caso de arrepriar e ressecar cabelos. Num trabalho de aprimoramento¹⁰, poderia ser considerada, ainda, a possibilidade

¹⁰ Aprimoramento é uma tradução do termo *trimming* e significa eliminar funções não essenciais de um sistema técnico, de modo a simplificá-lo e reduzir seu custo.

de eliminar funções que são eficazes, porém, de importância secundária, uma vez que elas não contribuem diretamente para a realização das funções principais do sistema.

O diagrama função-ligação-função (ZLOTIN & ZUSMAN, 2001) consiste numa análise funcional do sistema que considera, além das funções, as relações de causa e efeito entre as funções, que podem dar-se conforme a legenda apresentada no Quadro 4.5.

Quadro 4.5 – Tipos de relações de causa e efeito no diagrama função-ligação-função

Imagem	Tipo	Nome	Exemplo verbal de utilização	Exemplo gráfico de utilização
→	Útil	Produz	Função útil produz outra função útil	
→	Útil	Compensa / influencia	Função útil compensa função prejudicial	
→	Prejudicial	Produz	Função útil (ou função prejudicial) produz função prejudicial	
⇒	Prejudicial	Compensa / influencia	Função útil (ou função prejudicial) compensa função útil	

Um exemplo de análise de causa e efeito com uso de um diagrama função-ligação-função, é apresentado na Ilustração 4.3. Para este caso (BOGÉA *et al.*, 2005), também referente a um secador de cabelos, foram geradas 13 formulações de problemas referentes às funções úteis, 11 referentes às funções indesejadas e 9 contradições. Este tipo de análise tende a resultar numa análise mais completa do problema, em comparação com a análise de interações. Por outro lado, tende a ser menos intuitiva e muito mais demorada do que aquela feita com o diagrama de interações.

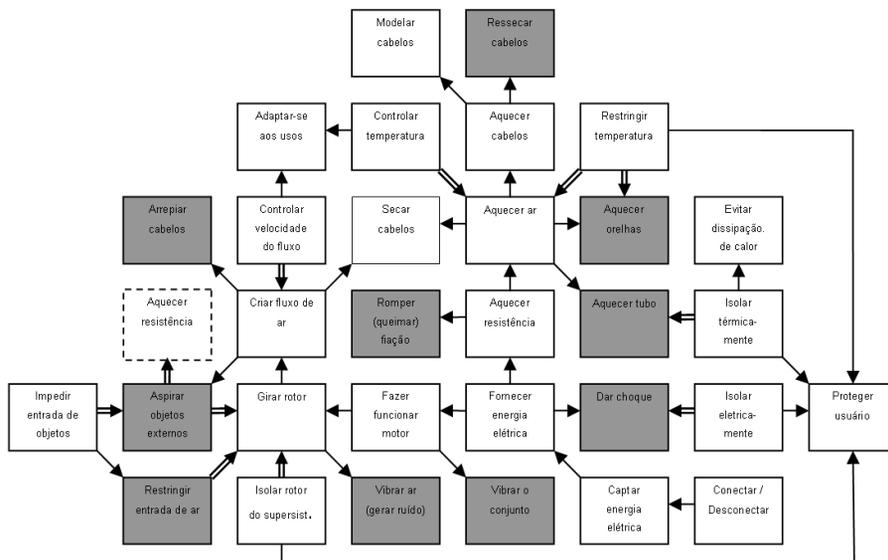


Ilustração 4.4 – Diagrama função-ligação-função para um secador de cabelos

A ferramenta planilha de recursos é apresentada no Quadro 4.6. As primeiras duas colunas do quadro servem para orientar o formulador de problemas a identificar, numa terceira coluna (não incluída neste quadro), recursos disponíveis no sistema analisado ou em seu entorno com potencial para uso na solução do problema. Por vezes, um problema pode ser resolvido diretamente, a partir da identificação de recursos.

Um uso alternativo para a planilha de recursos pode ocorrer na análise da causa raiz. Considerando que seja necessário descobrir a causa de uma trinca numa barra de aço, um analista pode utilizar a planilha para mapear os recursos que, sozinhos ou em combinação com outros recursos, poderiam ter causado ou contribuído para provocar o aparecimento da trinca. As suspeitas levantadas desta forma precisam ser confirmadas por meio de experimentação.

Quadro 4.6 – Formulário para a identificação de recursos

Tipo de recurso	Aspectos a observar
Substância	Resíduos, ar, aditivos, matéria-prima, subprodutos, elementos do sistema, elementos próximos do sistema, substância abundante, substância barata, fluxo de substância, substâncias modificadas.
Energia	Energia no sistema ou ambiente, energia gravitacional, energia magnética, transformações das energias disponíveis, energia dissipada.
Espaço	Espaços vazios, porosidades, dimensões não utilizadas, arranjos físicos não utilizados.
Campo	Campos prontamente disponíveis, transformação de campo, intensificação de campo.
Tempo	Tempo preliminar a operações, tempo de operação não dependente, pausas, tempo posterior a operações.
Informação	Propriedades inerentes, informação em movimento ou transiente, informações sobre mudanças de estado.
Função	Funções atualmente não realizadas, transformação de funções indesejáveis, utilização de efeitos suplementares.

O Operador de Sistema é a ferramenta que operacionaliza de forma mais direta o conceito de sistemática (Quadro 4.7). 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, primeiro na coluna “presente” e, depois, pelas colunas “passado” e “futuro”. A finalidade é conduzir o usuário a considerar a situação problemática como um sistema de problemas e, portanto, a criar uma visão ampliada do problema original. O exemplo apresentado refere-se a um apagador, do tipo usado em salas de aula com quadros negros. Outras colunas “futuro” poderiam ser adicionadas, no sentido de analisar alternativas para a transmissão de informações numa aula que estão surgindo, tais como *scanners*, lousas eletrônicas e outros.

Quadro 4.7 – Operador de Sistema para um apagador

	Passado	Presente	Futuro
Supersistema	Caverna Sistema educacional, soluções para transmitir informações, arte.	Sala de aula (carteiras, quadro, iluminação, rede elétrica), escola. Sistema educacional, soluções para transmitir informações.	Sala de aula (carteiras, quadro, iluminação, rede elétrica), escola. Sistema educacional, soluções para transmitir informações.
Sistema	Pele animal Função principal: remover marcas de carvão. Funções secundárias: espalhar pó de carvão, borrar.	Apagador (de quadro negro) Função principal: remover marcas de giz. Funções secundárias: espalhar pó, borrar.	Apagador (de quadro branco) Função principal: remover marcas. Funções secundárias: mudar resíduo de lugar, borrar.
Subsistema	Couro, pelos.	Pegador, feltro ou espuma, adesivo.	Pegador, feltro ou espuma, adesivo.

4.7 FERRAMENTAS PARA A ATIVAÇÃO DA IMAGINAÇÃO

As ferramentas para a ativação da imaginação foram criadas para combater aquilo que Altshuller (1969) denominou inércia psicológica, ou seja, a dificuldade de chegar a ideias que desafiam os padrões de pensamento aos quais as pessoas estão condicionadas por sua herança cultural¹¹. A seguir, são apresentadas as duas ferramentas para a ativação da imaginação mais conhecidas: o operador TTC (tamanho-tempo-custo) e o fantograma.

O operador TTC consiste em se procurar imaginar como seria a situação caso o tamanho, o tempo e o custo fossem extremamente pequenos ou grandes (ALTSULLER, 1969). Um exemplo de como o operador poderia ser aplicado caso o objeto de análise fosse uma cafeteira é apresentado no Quadro 4.8. Observa-se a eficácia da ferramenta em conduzir o solucionador de problemas a considerar situações fora do convencional. Algumas delas poderiam ser: 1) café instantâneo (vendido pronto e enlatado, por exemplo, como recentemente começou a surgir nas gôndolas dos supermercados); 2) café envelhecido em barris de carvalho, safra 2006; 4) fábrica de café.

Quadro 4.8 – Operador TTC aplicado a uma cafeteira

	Tempo	Tamanho	Custo
Muito pequeno	1) O café precisa ficar pronto em um minuto, um segundo ou um centésimo de segundo. O que pode ser feito para conseguir isso? Quais as implicações?	3) O espaço disponível para a cafeteira é de 1 centímetro, um milímetro ou um nanômetro quadrado. O que pode ser feito para conseguir isso? Quais as implicações?	5) O custo máximo para a cafeteira é de 1 real ou de 1 centavo. O que pode ser feito para conseguir isso? Quais as implicações?
Muito grande	2) O café pode levar 10 anos, 100 ou 1000 anos para ficar pronto. O que pode ser feito para conseguir isso? Quais as implicações?	4) O espaço disponível para a cafeteira é de 1 quilômetro, 100 quilômetros, ou 1000 quilômetros quadrados. O que pode ser feito para conseguir isso? Quais as implicações?	6) O custo mínimo para a cafeteira é de 100.000, ou 3 milhões de reais. O que pode ser feito para conseguir isso? Quais as implicações?

11 Existem pelo menos dois tipos de inércia psicológica: a primária, que impede que se chegue a uma ideia criativa e a secundária, que impede, após se ter chegado a uma tal ideia, que se obtenha outras ideias criativas.

Altshuller tinha interesse por ficção científica e era, ele próprio, um autor do gênero na antiga URSS. O fantograma é uma ferramenta resultante deste interesse e foi obtida, da mesma forma que outras ferramentas da TRIZ, a partir do estudo de uma grande quantidade de produtos criativos relevantes (neste caso, não patentes, mas, obras de ficção científica). A partir do estudo das obras e generalização das ideias nelas contidas, Altshuller & Vertkin (1994) chegaram ao fantograma, apresentado no Quadro 4.9.

Nas linhas do fantograma, são listadas possíveis mudanças num objeto e, nas colunas, as características a serem modificadas. O objetivo é estimular a imaginação, por meio da aplicação das mudanças às características.

Quadro 4.9 – Fantograma (adaptado de Altshuller & Vertkin, 1994)

Mudança	Característica do objeto											
	Estado físico	Consistência	O próprio objeto	Subsistema	Supersistema	Linha de desenvolvimento	Reprodução ou regeneração	Alimentação de energia	Forma de movimento	Objetivo, razão de ser	Área ocupada	Controle
Aumentar												
Diminuir												
Unir												
Separar												
Decompor												
Inverter propriedade												
Acelerar												
Desacelerar												
Mover para o passado ou futuro												
Fazer propr. constante ou variável												
Separar função do objeto												
Mudar o ambiente ou a interface												

Dentre o conteúdo abordado neste capítulo, são utilizados, na metodologia IDEATRIZ, a abordagem da analogia, os conceitos fundamentais, as ferramentas para a análise da situação problemática e formulação de problemas e as ferramentas para a ativação da imaginação.

A analogia aparece, na TRIZ, como a reutilização do conhecimento aplicado na solução de problemas passados. Isto não é uma característica única da TRIZ, uma vez que o método *synectics* e o método da analogia sistemática, abordados no Capítulo 3, também estimulam o usuário a importar soluções de outros domínios para o domínio do problema. Entretanto, a TRIZ aperfeiçoou e organizou o processo de analogia a um nível sem paralelo em outras metodologias e métodos.

Quanto aos conceitos fundamentais, os mesmos permeiam a metodologia IDEATRIZ e são utilizados em todas as suas fases.

No que se refere às ferramentas para a análise da situação problemática e para a ativação da imaginação, a utilização pode ocorrer na terceira fase, “Formular e resolver contradições”, como visto mais adiante.

No próximo capítulo, o último da fundamentação teórica deste trabalho, são tratadas as ferramentas da TRIZ para a geração de ideias.

As Ferramentas da TRIZ para a Ideação

“Inspiração... é o que transforma noites em claro em dias de sol.” Autor desconhecido

Este capítulo complementa o anterior, com a descrição das ferramentas da TRIZ. Nele, são apresentadas as Tendências da Evolução (TEs), o Método dos Princípios Inventivos (MPI), as Heurísticas para a Transformação de Sistemas e as 121 Heurísticas (121H), o Método da Separação (MS), os Efeitos Científicos, o Método das Pequenas Pessoas Espertas (PPE), o Método das Partículas ou Método dos Agentes (MP/MA), a Análise Substância-Campo (Análise Su-Campo), o Algoritmo para a Solução de Problemas Inventivos (ARIZ)¹², a Hibridização, o Método SIT e o Software de TRIZ.

5.1 TENDÊNCIAS DA EVOLUÇÃO (TES)

As Tendências da Evolução, ou TEs, são heurísticas que têm a finalidade de estimular a criação de novos sistemas técnicos a partir daqueles atualmente existentes. A pesquisa realizada para o desenvolvimento da IDEATRIZ incluiu a identificação de todas as TEs existentes, bem como a avaliação de sua utilidade para a finalidade de ideação de novos produtos.

¹² Aqui, aparece a mesma questão de tradução discutida anteriormente para o termo TRIZ. A tradução mais fiel ao original russo seria Algoritmo para a Resolução de Problemas Inventivos, mas, a tradução Algoritmo para a Solução de Problemas Inventivos não chega a ser incorreta, quando considerada conceitualmente e é a adotada.

5.1.1 Origem das TEs

Altshuller (1979) hipotetizou que existe uma evolução dos sistemas técnicos. Como visto no Capítulo 4, Engels, com as leis da dialética, bem como outros filósofos mais antigos, indicava a existência de tal evolução.

Na tecnologia, evolução é um estudo relativamente recente, diferentemente do que ocorre na biologia. Entretanto, não se pode esperar um paralelo direto entre evolução tecnológica e evolução das espécies. Sistemas técnicos inexistem independentemente da humanidade, ao contrário dos seres vivos.

A evolução tecnológica está associada ao que se pode referir como “famílias” de artefatos, ou seja, artefatos que executam a mesma função principal e que têm sub-funções e configurações similares¹³.

Para Altshuller (1979), a evolução dos sistemas técnicos ocorre de acordo com a Curva S e as Leis da Evolução dos Sistemas Técnicos. A Ilustração 5.1 apresenta a Curva S (A), o número de invenções (B), o nível inventivo (C) e a lucratividade das invenções (D) ao longo do tempo, para um mesmo sistema.

As curvas B e C mostram, segundo Altshuller, que o máximo nível inventivo e o menor número de invenções acontecem na criação do sistema, com uma ou poucas invenções dos níveis 4 ou 5. Em seguida, o número de invenções cresce, com as tentativas de viabilizar tecnicamente o novo sistema. Neste momento, há um pico na curva C, devido a invenções de nível 3. Depois disto, a quantidade de invenções cresce e o nível inventivo cai. São grandes quantidades de invenções de nível 2 ou 1, que trazem pequenas melhorias ao sistema.

A última curva representa o ganho financeiro com as invenções. No início, há perdas, porque a sociedade ainda não percebe valor no novo sistema e, portanto, não está disposta a pagar por ele. O aumento é gradativo, atingindo o pico quando da maturidade do sistema.

¹³ Em sua Teoria dos Sistemas Técnicos, Hubka & Eder (1984) propõem uma classificação dos sistemas técnicos, a qual poderia ser utilizada para estabelecer com maior exatidão o que é uma família de artefatos.

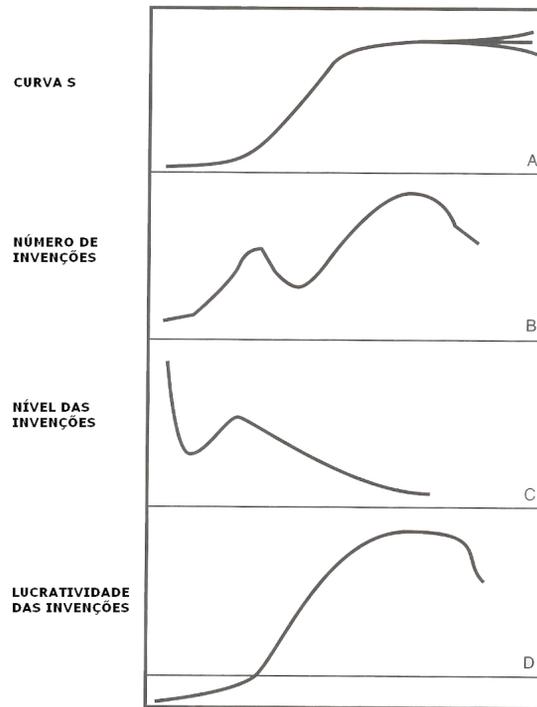


Ilustração 5.1 – Correlações da Curva S (adaptado de Altshuller, 1979)

De acordo com Altshuller (1979), uma vez determinada a posição atual de um sistema na Curva S, há três possíveis implicações:

- se o sistema está na infância, há a oportunidade de tentar viabilizá-lo, por meio do incentivo a invenções de nível 2 e 3. Por outro lado, o caminho para o estágio seguinte da Curva S, de rápido crescimento, comumente, é bloqueado pelo sistema atualmente dominante;
- se o sistema está no estágio de crescimento rápido, é preciso determinar o limite físico com base em fatores objetivos, de modo a decidir se há espaço para desenvolvimentos no sistema atual ou se seria melhor investir num novo sistema, com maior limite físico; e
- se o sistema está maduro ou em declínio, a melhor decisão é investir num novo sistema, com maior limite físico.

A Curva S pode ser utilizada, portanto, como um padrão auxiliar na análise evolutiva de sistemas técnicos. O poder deste modelo de apoiar previsões é, entretanto, limitado e, como se pode verificar por meio da Ilustração 5.2, a plotagem de dados reais pode não ser facilmente correlacionável com as curvas propostas por Altshuller (1979).

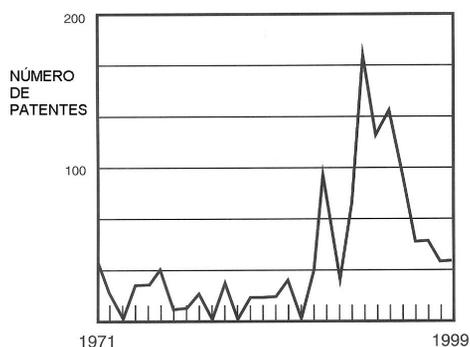


Ilustração 5.2 – Número de patentes ao longo do tempo para filtros usados em cafeteiras (adaptado de Clausing & Fey, 2004)

Para Altshuller (1979), as leis da evolução dos sistemas técnicos permitem aumentar a previsibilidade do processo de evolução da tecnologia. As leis são sintetizadas no Quadro 5.1.

Ao propor as Leis da Evolução dos Sistemas Técnicos, Altshuller acreditou estar contribuindo de duas formas para a evolução da tecnologia. De um lado, as leis permitiriam a criação de novos sistemas técnicos, por dedução, a partir de sistemas técnicos existentes; de outro, as leis também seriam um critério de decisão sobre qual a solução mais adequada para um problema, ou seja, qual a solução que modifica o sistema em acordo com as leis e não em oposição às mesmas e, portanto, tem maiores chances de “sobreviver”.

Quadro 5.1 – Leis da evolução

	Lei	Exemplo
Leis da gênese dos sistemas técnicos (“estática”)	A1) Completeza das partes do sistema	Para existir, um sistema técnico deve ter um motor, uma transmissão, um sistema de operação e um sistema de controle. Para que um sistema técnico seja controlável, pelo menos uma de suas partes precisa ser controlável.
	A2) Condutividade de energia	Todo sistema técnico é um transformador de energia. Para que funcione, é preciso que, pelo menos, um dos subsistemas seja capaz de conduzir energia. Para que uma parte do sistema técnico seja controlável, é preciso que haja fluxo de energia entre esta parte e o subsistema de controle.
	A3) Harmonização dos ritmos	Subsistemas dos sistemas técnicos devem ter ritmos de operação compatíveis.
Leis do desenvolvimento (“cinemática”)	A4) Aumento da idealidade	O desenvolvimento dos sistemas técnicos ocorre no sentido do aumento de seu grau de idealidade. O peso, volume e área dos sistemas técnicos tendem a zero, mas, a capacidade de realizar a função não é reduzida.
	A5) Desigualdade da evolução dos subsistemas	O desenvolvimento dos subsistemas de um sistema técnico é desigual. Quanto mais complexo um sistema, mais desigual é o desenvolvimento de suas partes.
	A6) Transição para o supersistema	Quando o desenvolvimento de um sistema técnico isolado chega ao limite, ele é integrado num supersistema, como uma de suas partes.
Tendência de desenvolvimento dos sistemas técnicos (“dinâmica”)	A7) Transição do macro para o micronível	O desenvolvimento dos subsistemas de operação ocorre, primeiro, no macronível e, depois, no micronível.
	A8) Aumento do envolvimento de su-campos	O desenvolvimento dos sistemas técnicos ocorre no sentido do aumento da participação de su-campos.

Como exemplo da aplicação das TEs, pode-se considerar o sistema lápis. Considerando-se a TE A1, verifica-se que o lápis corresponde ao sistema de operação. Uma evolução do lápis, mais completa, poderia conter motor, transmissão e controle, elementos cujas funções, nesse sistema simples, são realizadas pelos usuários. A aplicação da TE A8 indica que há vantagem (aumento da controlabilidade e precisão da execução da função) em criar novos su-campos e submeter o lápis à ação dos mesmos. A aplicação de uma das leis ou a combinação das duas poderia ter conduzido à concepção do plotter. A finalidade das TEs, como exemplificado, é conduzir o pensamento para a consideração de possíveis direções evolutivas para o sistema sob análise.

Uma lei pode ser definida como uma generalização que descreve fatos ou eventos recorrentes na natureza e na sociedade. Além de Altshuller (1979), muitos especialistas em TRIZ, como, por exemplo, Salamatov (1991) e Petrov (2002), acreditam que existem leis objetivas, as quais descrevem o desenvolvimento dos sistemas técnicos.

Entretanto, uma vez que as leis da evolução dos sistemas técnicos foram obtidas por indução ou abdução e não a partir de lógica formal, este autor prefere concordar com Polovinkin (1985) e Savransky (2000) e considerar que as mesmas, na realidade, não são leis, mas, heurísticas, assim como os princípios inventivos, os padrões inventivos e os princípios de separação. Evidências para justificar este raciocínio foram encontradas por Da Rocha *et al.* (2004) e De Carvalho *et al.* (2006), em trabalhos que envolveram a pesquisa patentária de exemplos e contra-exemplos para as TEs. Nestas pesquisas, foram encontrados contra-exemplos para algumas das leis da evolução dos sistemas técnicos, o que permite concluir que elas não são sempre válidas e, portanto, são classificadas mais adequadamente como tendências do que como leis.

O próprio Altshuller parece ter desistido, depois de algum tempo, do termo lei, porque, em 1989, com outros autores, publicou 8 “padrões evolutivos” (ALTSHULLER *et al.*, 1989), que são: Curva S; Aumento da idealidade; Desenvolvimento desigual das partes de um sistema; Aumento do dinamismo e da controlabilidade; Aumento da complexidade seguida por simplificação; Coordenação e descoordenação dos elementos de um sistema; Transição para o micronível e aumento do uso de campos e Redução do grau de envolvimento humano.

Há algumas similaridades entre os padrões evolutivos e as leis (ALTSHULLER, 1979), mas, destacam-se mais as diferenças:

- eliminação das TEs Completeza das partes do sistema, Condutividade de energia, Desigualdade da evolução dos subsistemas e Transição para o supersistema;
- inclusão das TEs Curva S, Aumento do dinamismo e da controlabilidade, Aumento da complexidade seguida por simplificação e Redução do grau de envolvimento humano.

Aumento do dinamismo e da controlabilidade e Redução do grau de envolvimento humano são TEs de fácil compreensão. Aumento da complexidade seguida por simplificação é uma tendência observada, por exemplo, no videocassete¹⁴. Os primeiros modelos eram aparelhos relativamente simples, aos quais foi sendo agregada, no decorrer do tempo, uma grande quantidade de funções (controles de imagem, programação, entre outros). Nos mo-

¹⁴ Nota-se que esta TE tem grande similaridade com o conceito da tecnologia interruptiva voltada para o baixo mercado.

delos mais recentes, observa-se simplificação e concentração nas funções principais, que são as de reproduzir e gravar.

5.1.2 Outras Propostas Relativas às TEs

Após as leis da evolução dos sistemas técnicos de Altshuller (1979), complementadas pelos padrões evolutivos de Altshuller *et al.* (1989), vários outros autores ocuparam-se das TEs. A seguir, são sintetizadas e discutidas as ideias de Polovinkin (1985), Salamatov (1991), Linde & Hill (1993), Invention Machine (1995), Savransky (2000), Petrov (2002), Mann (2002) e Zakharov (2004).

Polovinkin (1985) descreveu 8 “transformações em acordo com as tendências evolutivas” como sendo a última classe de suas “heurísticas para transformações em sistemas” (item 5.3). As novidades propostas por Polovinkin são:

- a admissão de uma TE bidirecional: Coordenação ou descoordenação da ação da substância portadora de função com a frequência natural da substância objeto da função;
- a inclusão de uma TE com etapas: Mudar a estrutura da substância portadora de função de rígida para elástica e dinâmica, de acordo com a tendência geral de sólido (com rigidez gradativamente menor) para líquido (com viscosidade gradativamente menor) para gás e para campo.

Salamatov (1991), em acordo com a ideia estabelecida por Polovinkin, de definir não somente uma tendência geral, mas, etapas segundo as quais ocorre a evolução dos sistemas técnicos, esquematizou o processo de expansão e convolução na evolução dos sistemas técnicos, como mostrado na Ilustração 5.3. Salamatov vai um pouco além da simples proposição de etapas e procura mapear possíveis caminhos por meio dos quais pode ocorrer a evolução de um sistema técnico.

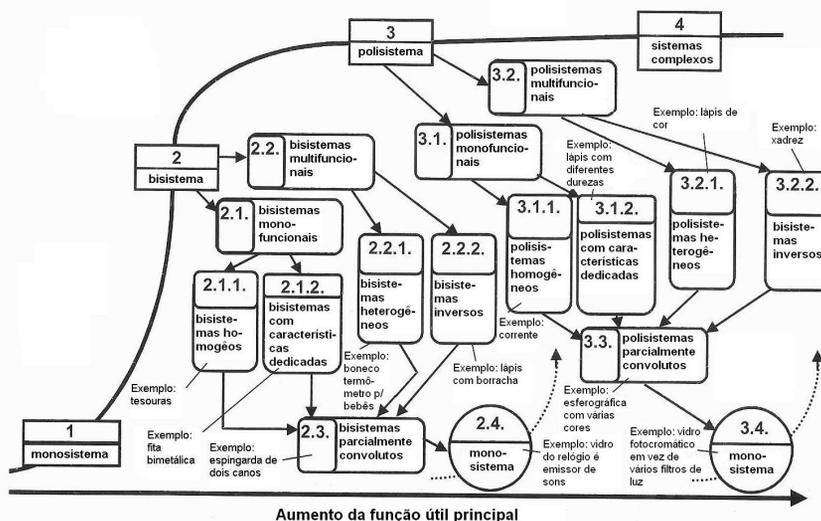


Ilustração 5.3 – Esquema da evolução dos sistemas técnicos (adaptado de Salamatov, 1991)

Para Salamatov, a evolução dos sistemas técnicos ocorre, num sentido, na direção do aumento da complexidade (mono-bi-poli, ou seja, de mono-sistema a poli-sistema) e, no sentido oposto, na direção da simplificação ou convolução (de bi-sistema ou poli-sistema para monossistema). A duplicação do sistema original (casco de embarcação) inicial resulta num bi-sistema (catamarã), ou, com mais de dois sistemas envolvidos, num poli-sistema (trimarã). A integração é observada não somente em sistemas idênticos ou homogêneos, mas, também, entre sistemas com características dedicadas ou especializadas, sistemas heterogêneos e sistemas inversos. Em todos estes casos, a integração de sistemas passa pelos mesmos estágios.

Salamatov considera que a transição mono-bi-poli pode ocorrer em qualquer estágio de evolução e em qualquer nível da hierarquia de um sistema técnico (sistema, subsistema e super-sistema).

A formação de bi-sistemas e poli-sistemas envolve modificações qualitativas de três parâmetros: propriedades, conexões e meios internos. Esta transição deve levar a mudanças qualitativas, também denominadas super-propriedades, que não eram observáveis antes da integração dos subsistemas. Por exemplo, o mono-sistema faca tem certas propriedades. O bi-sistema tesoura apresenta uma nova propriedade, não existente em duas facas. Ao cortar um pedaço de papel, por exemplo, a tesoura dispensa uma superfície de apoio.

Linde & Hill (1993) propõem, dentro da estrutura da WOIS (*WiderspruchsOrientierte InnovationsStrategie* / Estratégia da Inovação Orientada para Contradições), TEs muito similares à primeira proposta de Altshuller (1979), sendo a única aparente diferença a introdução da TE Infinitude da evolução tecnológica. Esta “TE”, entretanto, é, na verdade, uma premissa da TRIZ, implícita na Lei da Negação da Negação. Mesmo o mais evoluído sistema técnico contém problemas e contradições, as quais podem ser resolvidas, levando a novos e melhores sistemas técnicos, num processo que não tem fim.

A versão de 1995 do programa de computador Invention Machine (INVENTION MACHINE, 1995) inclui as TEs apresentadas no Quadro 5.2.

Observa-se, aqui, como nas propostas de Polovinkin (1985) e de Salamatov (1991), o estabelecimento de etapas segundo as quais ocorre a evolução. O programa detalha e representa graficamente estas etapas, como mostrado para a tendência Dinamização, na Ilustração 5.4.

Quadro 5.2 – TEs do programa Invention Machine

TEs	Etapas
Segmentação de ferramentas	Sólido – pó – líquido – gás – campo
Segmentação de objetos	Sólido – pó – líquido – gás – campo
Segmentação de substâncias	Monolito – conjunto de placas ou cerdas (escova) – a granel – pasta ou gel – líquido ou espuma – gás ou aerossol – plasma – vácuo – campo
Introdução de vazios	Sistema monolítico – sistema com um vazio – sistema com vários vazios – sistema poroso – sistema com poros dinamizados
Dinamização	Sistema imóvel – sistema com uma junta – sistema com múltiplas juntas – sistema completamente elástico – sistema com líquido ou gás – sistema com campo
Dinamização de objetos	Sistema imóvel – sistema com uma junta – sistema elástico – sistema com líquido – sistema com campo
Aumento da intensidade de campos, forças e interações	Valor constante – tendência única – oscilação – pulsação – ressonância – onda estacionária – onda viajante
Mono-bi-poli	Monossistema – Bi ou polisistema monofuncional – Sistema monofuncional com características dedicadas – Sistema polifuncional – Sistema polifuncional com características opostas
Interação entre objetos	Interação – Coordenação pela introdução de substância externa – Coordenação pela introdução de recurso – Coordenação no tempo ou no espaço – Interação eliminada
Introdução de intermediários	Interação entre dois objetos – Aditivo dentro do objeto – Aditivo entre objetos – Aditivo sobre o objeto – Aditivo nas cercanias
Coordenação dos ritmos	Sem vibrações – Com vibrações – Com ressonância – Coordenação das vibrações – Uso de ondas estacionárias e viajantes
Arranjo de forma e movimento de objetos	Ponto – linha – plano – espaço tridimensional
Transformações de campos, forças e interações	Geração – conversão – mudança de estrutura – acumulação
Substâncias inteligentes	Aumento do uso de substâncias inteligentes

As TEs do Invention Machine (1995) incluem algumas novidades: Segmentação, Introdução de vazios, Introdução de aditivos, Arranjo de forma e movimento de objetos e Substâncias inteligentes. Elas não são exatamente novidades na TRIZ, porque são derivados dos princípios inventivos e dos padrões inventivos, mas, como tendências, aqui é a primeira vez que são propostas.

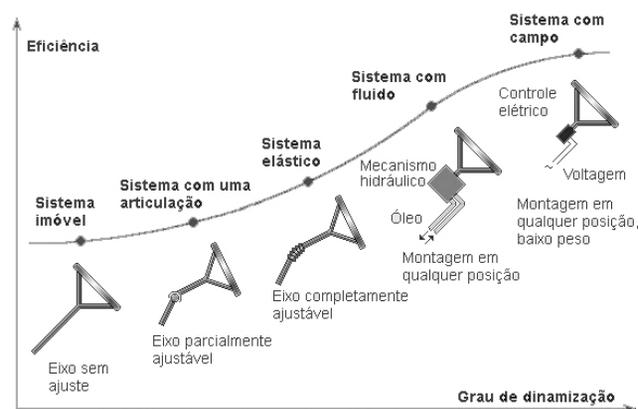


Ilustração 5.4 – TE Dinamização

Nota-se, ainda, a divisão de tendências em tipos similares, como no caso da Segmentação (de ferramentas, objetos e substâncias) e Dinamização (Dinamização e Dinamização de objetos).

Também percebe-se, em alguns casos, o aparecimento de novos nomes para tendências já identificadas anteriormente. Coordenação dos ritmos é uma tendência identificada por todos os autores anteriormente citados. No caso de Altshuller, 1979, a tendência correspondente é Harmonização dos ritmos. O mesmo acontece para Dinamização e Aumento da intensidade de campos, forças e interações, associada à tendência Aumento do envolvimento de su-campos, de Altshuller (1979).

Savransky (2000) não propõe grandes novidades em relação às TEs anteriormente descritas. A única diferença é a criação da tendência bidirecional Transição para o super-sistema e para o micro-nível.

Petrov (2002) criou um sistema hierárquico detalhado, o qual procede de leis mais gerais para leis mais específicas. Para ele, existem leis da evolução das necessidades e das funções e leis da organização dos sistemas. A contribuição de Petrov (2002) não se dá na proposição de novas leis, mas, na tentativa de organizar e hierarquizar as leis da evolução numa estrutura coerente. Ele alcança este objetivo com seu sistema, mas, na experiência deste autor, torna a aplicação das TEs mais complexa do que as demais alternativas abordadas neste segmento do trabalho, sem que novos benefícios sejam obtidos.

Mann (2002) propôs 31 TEs, sintetizadas no Quadro 5.3.

Quadro 5.3 – As 31 TEs de Mann

TE	Etapas
Materiais inteligentes	1) Material passivo – 2) Material adaptável de uma forma – 3) Material adaptável de duas formas – 4) Material totalmente adaptável
Segmentação do espaço	1) Monolítico sólido – 2) Estrutura oca – 3) Estrutura com múltiplas cavidades – 4) Estrutura porosa / capilar – 5) Estrutura porosa com elementos ativos
Segmentação da superfície	1) Superfícies lisas – 2) Superfícies nervuradas – 3) Superfícies ásperas em 3 dimensões – 4) Superfícies ásperas com poros ativos
Segmentação do objeto	1) Sólido monolítico – 2) Sólido segmentado – 3) Sólido particulado – 4) Fluido – 5) Fluido segmentado – 6) Gás – 7) Plasma – 8) Campo – 9) Vácuo
Evolução macro-nano	Contínuo, cada vez menor (1...10)
Redes e fibras	1) Estrutura de folha homogênea – 2) Estrutura bidimensional de malha regular – 3) Fibra tridimensional disposta de acordo com as condições de carregamento – 4) Adição de elementos ativos
Decréscimo da densidade	Contínuo, cada vez menor (1...10)
Aumento da assimetria	1) Sistema simétrico – 2) Assimetria parcial – 3) Assimetria casada
Quebra de fronteiras	1) Muitas divisas – 2) Poucas divisas – 3) Nenhuma divisa
Evolução geométrica linear	1) Ponto – 2) Linha – 3) Plano – 4) Superfície tridimensional
Evolução geométrica volumétrica	1) Estrutura planar – 2) Estrutura bidimensional – 3) Estrutura axisimétrica – 4) Estrutura completamente tridimensional
Dinamização	1) Sistema imóvel – 2) Sistema com juntas – 3) Sistema totalmente flexível – 4) Sistema fluido ou pneumático – 5) Sistema baseado em campos

Quadro 5.3 – As 31 TEs de Mann – continuação

TE	Etapas
Coordenação das ações	1) Ação não coordenada – 2) Ação parcialmente coordenada – 3) Ação totalmente coordenada – 4) Diferentes ações durante os intervalos
Coordenação dos ritmos	1) Ação contínua – 2) Ação periódica – 3) Ressonância – 4) Onda viajante
Casamento com não-linearidades externas	1) Consideração linear do sistema – 2) Consideração parcial das não-linearidades – 3) Acomodação plena das não-linearidades
Mono-bi-poli (similar)	1) Monosistema – 2) Bisistema – 3) Trisistema – 4) Polisistema
Mono-bi-poli (diversos)	1) Monosistema – 2) Bisistema – 3) Trisistema – 4) Polisistema
Mono-bi-poli (aumento das diferenças)	1) Componentes similares – 2) Componentes com características dedicadas – 3) Componente e componente negativo – 4) Componentes diferentes
Atenuação reduzida	1) Atenuação pesada – 2) Atenuação crítica – 3) Atenuação leve – 4) Sem atenuação
Aumento do uso dos sentidos	1) 1 sentido – 2) 2 sentidos – 3) 3 sentidos – 4) 4 sentidos – 5) 5 sentidos
Aumento do uso da cor	1) Uma cor – 2) Duas cores – 3) Espectro visível – 4) Todo o espectro
Aumento da transparência	1) Opaco – 2) Parcialmente transparente – 3) Totalmente transparente – 4) Elementos transparentes ativos
Foco de compra dos clientes	1) Desempenho – 2) Confiabilidade – 3) Conveniência – 4) Preço
Evolução mercadológica	1) Commodity – 2) Produto – 3) Serviço – 4) Experiência – 5) Transformação
Ponto de projeto	Projeto otimizado: 1) Para um ponto de operação – 2) Para dois pontos de operação – 3) Para diversos pontos de operação – 4) Continuamente
Graus de liberdade	1) 1 Grau de liberdade (GL) – 2) 2 GL – 3) 3 GL – 4) 4 GL – 5) 5 GL – 6) 6 GL
Aparamento	1) Sistema complexo – 2) Eliminação de componentes não-chave – 3) Eliminação de subsistemas não-chave – 4) Sistema aparado
Controlabilidade	1) Controle direto – 2) Controle por meio de intermediário – 3) Retroalimentação – 4) Retroalimentação inteligente
Redução do envolvimento humano	1) Humano – 2) Humano e ferramenta – 3) Humano e ferramenta energizada – 4) Humano e ferramenta semi-automática – 5) Humano e ferramenta automática – 6) Ferramenta automática
Metodologia de projeto	1) Tentativa e erro – 2) Projeto para estado estável – 3) Efeitos transientes incluídos – 4) Efeitos de degradação lenta incluídos – 5) Efeitos casados – 6) Projeto para a Lei de Murphy
Redução do número de conversões de energia	1) N conversões – 2) 3 Conversões – 3) 2 Conversões – 4) 1 Conversão – 5) Nenhuma conversão

O sistema de Mann expande a adoção de TEs derivadas de outras heurísticas da TRIZ, como os princípios inventivos e os padrões inventivos e a segmentação das TEs em etapas, buscando, desta forma, possibilitar diagnósticos evolutivos e avaliações do potencial evolutivo de um sistema, além da ideação, que é o principal benefício do uso das TEs.

No próximo item, são abordadas as metodologias propostas por Linde & Hill (1993), Zlotin & Zusman (2001), Mann (2002), Clausing & Fey (2004) e Zakharov (2004), para a ideação com uso das TEs.

5.1.3 Ideação com Uso das TEs

A *WOIS* – *WiderspruchsOrientierte InnovationsStrategie* ou Estratégia de Inovação Orientada à Contradição – é uma tentativa de unificação da TRIZ com conceitos da escola alemã de metodologia de projeto. Foi criada por Linde & Hill (1993).

O modelo da *WOIS* é apresentado na Ilustração 5.5. No lado esquerdo da figura, a cada etapa aumenta o grau de abstração na formulação do problema e, no lado direito, a cada etapa aumenta o grau de concretização da solução. Na *WOIS*, conceitos e ferramentas de planejamento de produto (mercado, resultado da empresa, necessidades dos clientes), de metodologia de projeto (função global, funções parciais, princípios de funcionamento) e da TRIZ (contradições, leis da evolução dos sistemas técnicos) são utilizados.

A partir da necessidade empresarial de melhoria dos resultados, é feita uma análise do mercado e das necessidades dos clientes. A partir desta análise, busca-se soluções disponíveis. Se existirem soluções, elas podem ser compradas, levando de forma direta a um efeito econômico e à consequente melhoria nos resultados da empresa. Se não houver soluções desenvolvidas ou disponíveis para compra, passa-se para a próxima etapa de abstração.

Uma vez tomada a decisão pela continuidade do desenvolvimento, a função global do sistema é definida e busca-se soluções prontas para realizá-la. Esta busca pode ser feita, por exemplo, na literatura especializada e em bancos de patentes.

Se a solução não puder ser obtida, existe uma contradição econômico-tecnológica, ou seja, o bem econômico necessário não pode ser obtido, porque a tecnologia disponível não permite. Procura-se, então, solucionar esta contradição por meio de analogias. Busca-se soluções para contradições surgidas em outras situações conhecidas para delas retirar uma solução adequada ao problema em estudo.

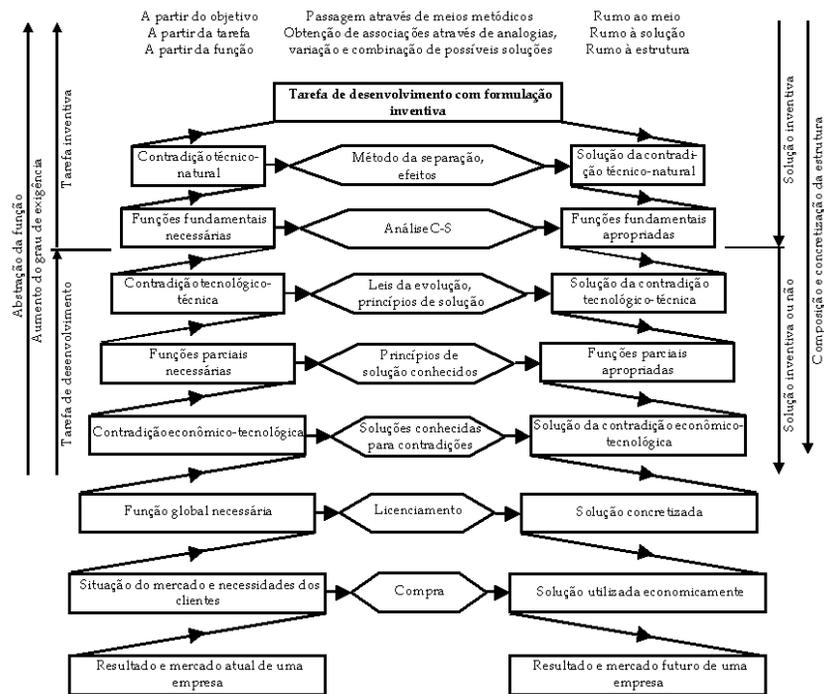


Ilustração 5.5 – Modelo WOIS

Caso nenhuma solução satisfatória para a contradição econômico-tecnológica seja encontrada, deve-se definir o STI1 (Sistema Técnico Ideal 1) - a passagem para a próxima etapa de abstração. Nesta etapa, obtém-se a estrutura funcional de um sistema conhecido e que possa realizar a função global desejada. Perfaz-se uma análise das funções parciais da estrutura funcional e de seus respectivos princípios de funcionamento. A seguir, identifica-se a função parcial que impede a realização da função global desejada e procura-se princípios de funcionamento que possam executar a função adequadamente.

Se um princípio de funcionamento coerente for encontrado, um novo sistema técnico é desenvolvido a partir da nova estrutura funcional. Se isso não for possível, existe uma contradição tecnológico-técnica, ou seja, a função global desejada não é tecnicamente viável, porque não há sistemas técnicos disponíveis para tal.

Linde & Hill (1993) sugerem que se procure remover a contradição tecnológico-técnica por meio do uso de regras, regularidades da evolução dos sistemas técnicos e princípios inventivos.

Caso a solução para a contradição tecnológico-técnica ainda não tenha sido encontrada, deve-se passar para a próxima etapa de abstração, com a formulação do STI2. A partir da função fundamental para a qual não se encontrou solução, formula-se um modelo su-campo da situação problemática. Por meio da utilização das soluções padrão para modelos su-campo, procura-se uma solução para o problema.

Se uma solução adequada ainda não for encontrada, existe uma contradição técnico-natural (ou contradição física), já que leis naturais inviabilizam uma solução adequada para o problema. Formula-se, então, o STI3. Esta é a etapa de máxima abstração, a de formulação inventiva da tarefa de desenvolvimento. Os meios propostos para solucionar esta contradição são os métodos da separação e o uso dos efeitos físicos, químicos, geométricos e biológicos. Se uma solução adequada for encontrada, ela deverá ser desenvolvida até se obter um produto no mercado.

Linde & Hill (1993) argumentam que, para nem todos os desenvolvimentos, faz-se necessária a abstração até à contradição tecnológico-natural. De acordo com as prioridades da empresa e, principalmente, para garantir a liquidez, pode-se optar pelo contínuo desenvolvimento de pequenas inovações. As inovações de escopo limitado podem ser obtidas em níveis de abstração mais baixos, nas etapas iniciais do modelo.

A WOIS é uma metodologia útil e tem casos de sucesso reportados (LINDE & HILL, 1993). Por outro lado, é complexa, contendo muitos elementos, e, para sua aplicação, é necessário conhecer praticamente todas as técnicas da TRIZ.

O processo de ideação de Zlotin & Zusman (2001), denominado Evolução Dirigida (ED), é apresentado na Ilustração 5.6.

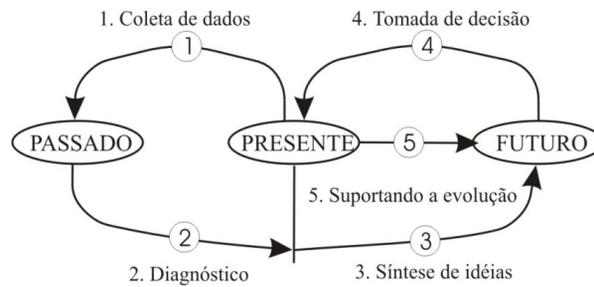


Ilustração 5.6 – Esquema geral da ED (adaptado de Zlotin & Zusman, 2001)

O Estágio 1 da ED corresponde à coleta de dados históricos. Neste estágio, procura-se entender o funcionamento do sistema em estudo, seus componentes e o ambiente no qual o mesmo opera. Estuda-se a evolução histórica do sistema, desde seu surgimento, e busca-se revelar os pontos positivos e problemas. As ferramentas utilizadas são um questionário, um procedimento de análise de falhas e um esquema para a formulação de problemas do tipo função-ligação-função, como o descrito no item 4.6.

O segundo estágio, de diagnóstico, procura revelar em que ponto do processo evolutivo o sistema se encontra e quais as prováveis direções que ele tomará no futuro, com uso das TEs. As ferramentas deste estágio são uma análise de recursos evolutivos, análise da Curva S e as TEs de Altshuller et al. (1989).

A síntese de ideias tem como objetivo gerar ideias que permitam levar o sistema ao próximo estágio evolutivo. As ferramentas recomendadas para este estágio são o processo de solução de problemas da Ideation e o *brainstorming* da Ideation.

O estágio 4, de tomada de decisão, visa à preparação de todas as informações necessárias para a tomada de decisão, considerando as direções da evolução identificadas para o sistema. As ideias geradas são agrupadas em conceitos bem definidos. Separam-se os conceitos a serem aproveitados a curto, médio e longo prazo. As ferramentas utilizadas são o processo de solução de problemas da Ideation, o *brainstorming* da Ideation, as TEs, a predição de falhas da ED e a análise dos recursos evolutivos.

O último estágio, de apoio ou suporte ao processo de evolução, envolve o gerenciamento de projetos que permitam alcançar, de fato, os produtos futuros. É feito um planejamento e um monitoramento do processo de evolução, com vistas a revelar possíveis desvios dos cenários previstos e implementar as correções necessárias.

Cada etapa do processo de ED conta com um conjunto específico de ferramentas, as quais podem ser aplicadas com ou sem auxílio de software.

Nas aplicações da ED realizadas sob a orientação deste autor (BOGÉA *et al.*, 2005; KAUS *et al.*, 2005), ficaram evidentes alguns pontos fortes e fracos da metodologia. A ED conduz a um estudo muito detalhado do sistema, o qual, por um lado, força a atenção para certos elementos que, à primeira vista, poderiam não mostrar relevância, mas que podem constituir-se em recursos valiosos. A coleta e análise dos dados históricos, bem como a avaliação e análise da aplicabilidade das TEs apontam, de forma eficaz, diversas possíveis direções de evolução do sistema. Quanto às deficiências, estão a falta de orientação contida na principal referência (ZLOTIN & ZUSMAN, 2001) e a dificuldade de aplicação do processo, que é trabalhoso e demorado.

O processo proposto por Mann (2002) inclui a realização de um diagnóstico evolutivo e identificação do potencial evolutivo, além da ideação propriamente dita.

O diagnóstico evolutivo consiste em identificar o quanto um sistema já evoluiu e o quanto poderia evoluir em relação a todas as TEs a ele aplicáveis. Cada uma das TEs de Mann é dividida em estágios. A TE Segmentação do objeto, por exemplo, sugere que existe uma evolução de sólido monolítico para estrutura oca, estrutura com múltiplas cavidades, estrutura porosa ou capilar e estrutura porosa com elementos ativos (Ilustração 5.7).

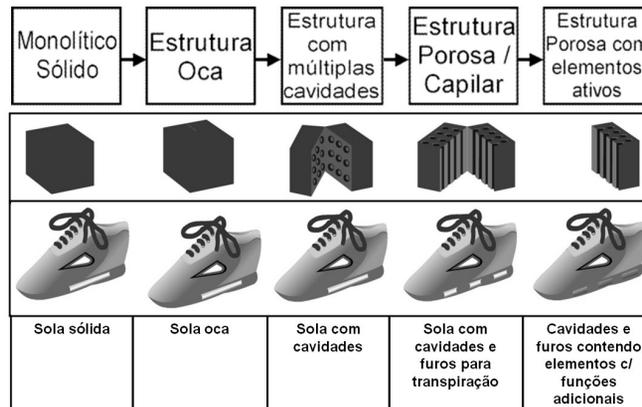


Ilustração 5.7 – TE Segmentação do objeto

A Ilustração 5.8 mostra um gráfico que resume o diagnóstico evolutivo e a avaliação do potencial evolutivo para um rolamento de rolos. A equipe que fez a avaliação considerou que as TEs aplicáveis são as indicadas nos eixos. Os níveis alcançados representam o quanto o sistema analisado já evoluiu (área sombreada no gráfico) e a área não sombreada é o potencial evolutivo.

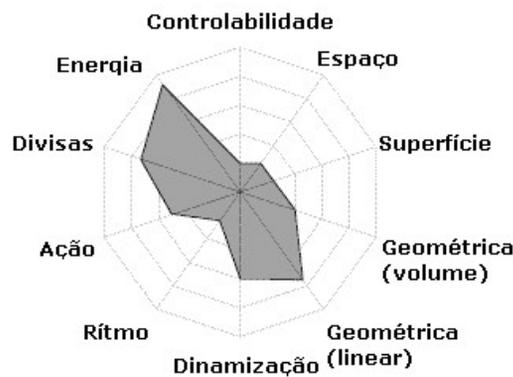


Ilustração 5.8 – Gráfico radar do potencial evolutivo de um rolamento de rolos

Mais útil que a identificação do potencial evolutivo, entretanto, é a geração de ideias que levem ao aproveitamento do potencial evolutivo de um sistema. Contribuindo para este fim, Mann (2002) oferece indicações, para cada uma das TEs, como exemplificado, no Quadro 5.4, para a TE Segmentação do espaço.

Quadro 5.4 – Exemplo de indicações para a TE Segmentação do espaço

Etapas de evolução		Motivos para as transições
De	Para	
Monolítica sólida	Oca	Peso reduzido, uso de material reduzido, espaço para inserir outro material, furo para pendurar um objeto, aumento do momento de inércia, possibilidade de passar algo por meio do objeto, melhoria da transferência de calor.
Oca	Múltiplas cavidades	Melhoria da transferência de calor, melhoria das propriedades de resistência, possibilidade de passar múltiplas coisas por meio do objeto, aumento da área de superfície.
Múltiplas cavidades	Porosa / Capilar	Aumento da área de superfície, melhoria da relação resistência/peso, melhoria da transferência de calor.
Porosa / Capilar	Ativa	Melhoria da transferência de calor, adição de uma nova função, possibilidade de variação nas propriedades.

O uso das TEs de Mann é eficaz e pode conduzir a resultados relevantes, como verificado nos estudos de caso apresentados pelo próprio Mann (2005), por Bogéa *et al.* (2005), Kaus *et al.* (2005) e De Carvalho *et al.* (2007). Porém, ao contrário dos demais processos de ideação abordados neste segmento, o processo de Mann carece de elementos para orientar o início e o final do processo de ideação, ou seja, a seleção do produto a analisar e a avaliação das ideias.

O processo *TechNav*, proposto por Clausing & Fey (2004), é uma evolução do modelo Evolução Guiada, de Fey & Rivin (1999). O *TechNav* objetiva o desenvolvimento conceitual de tecnologias com base nas leis e linhas da evolução dos sistemas técnicos e análise mercadológica. O processo *TechNav* é mostrado na Ilustração 5.9.

Na primeira fase do processo *TechNav*, faz-se uso de análise de patentes, para determinar a posição do sistema em sua Curva S. Esta análise fornece subsídios para decidir quais as mudanças que precisam ser feitas no sentido de avançar o sistema em sua Curva S e quais as novas tecnologias que poderão surgir para substituir o sistema atual.

A fase 2 envolve a análise do sistema frente às leis e linhas da evolução, as quais são utilizadas para identificar direções estratégicas de evolução. De acordo com Clausing & Fey (2004), há duas saídas típicas desta fase: uma ou mais contradições e uma ou mais direções de alto potencial para o desenvolvimento do sistema. As TEs propostas por Altshuller (1979) também são as adotadas por Clausing & Fey (2004).

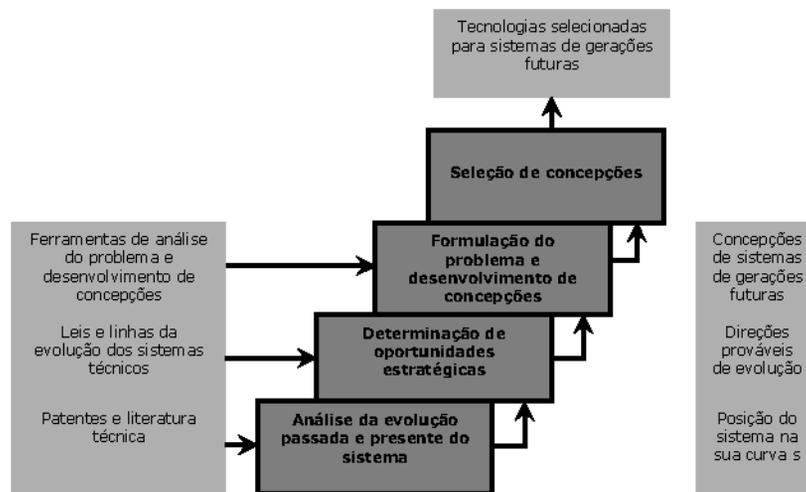


Ilustração 5.9 – Processo *TechNav*

A fase seguinte no processo *TechNav* é aquela na qual são feitas a formulação e solução conceitual de problemas com uso das ferramentas de análise e geração de ideias da TRIZ.

Na TRIZ, existem os conceitos de mini-problema e maxiproblema¹⁵. Na etapa 3 do *TechNav*, o que se faz é identificar mini-problemas e maxi-problemas relevantes. Para solucionar mini-problemas, pode-se usar o método da separação, o método dos princípios inventivos ou o ARIZ. Para solucionar maxi-problemas, pode-se usar as TEs e a Análise Su-Campo. A abordagem da TRIZ, mesmo que o foco seja num sistema completo, é sempre pontual. É uma abordagem essencialmente diferente, por exemplo, da metodologia de Pahl & Beitz (1986), que trabalha com análise e síntese (divisão do sistema em funções, geração de vários princípios de funcionamento para cada uma e combinação em concepções variantes).

Após a geração de soluções conceituais, na última fase, é realizada a avaliação das soluções conceituais geradas, de acordo com critérios técnicos e econômicos. Para tanto, é recomendado o processo de seleção de Pugh (1991).

O processo de Clausing & Fey (2004) é muito similar à ED, de Zlotin & Zusman (2001), com a vantagem da menor complexidade.

Zakharov (2004) propôs o Esquema Universal de Evolução, conforme mostrado na Ilustração 5.10. O esquema inclui tendências (em negrito na ilustração) e um caminho por meio do qual o autor entende que acontece a evolução dos sistemas técnicos.

A caixa 1 corresponde à identificação de um problema no sistema em questão, que indica a diminuição da sua viabilidade e, conseqüentemente, a incerteza sobre a continuidade de sua existência. Isto corresponde a uma contradição administrativa: é preciso mudar o sistema, mas, não se sabe exatamente o que precisa ser feito.

A segunda caixa é uma consequência da primeira. Valor é definido como a razão entre as funções desejadas e indesejadas do sistema.

¹⁵ Mini-problemas são problemas formulados de forma tal a minimizar a intervenção no sistema: tudo no sistema permanece como está ou é melhorado, mas, a melhoria desejada é obtida. Maxi-problemas são problemas formulados de forma a questionar o sistema técnico atual, gerando concepções completamente novas.

Se um sistema com as funções necessárias não existe, ou se o sistema em análise não tem recursos para as mudanças necessárias, torna-se necessária a passagem para a etapa 3, Criação de um Novo Sistema. Para Zakharov, a esta caixa corresponde a tendência do Aumento da Completeza: presença dos componentes (elementos e conexões) necessários e a mínima funcionalidade dos componentes.

Se, por outro lado, o sistema possui recursos para as mudanças necessárias, o caminho é a caixa 4, Desenvolvimento do Sistema Existente.

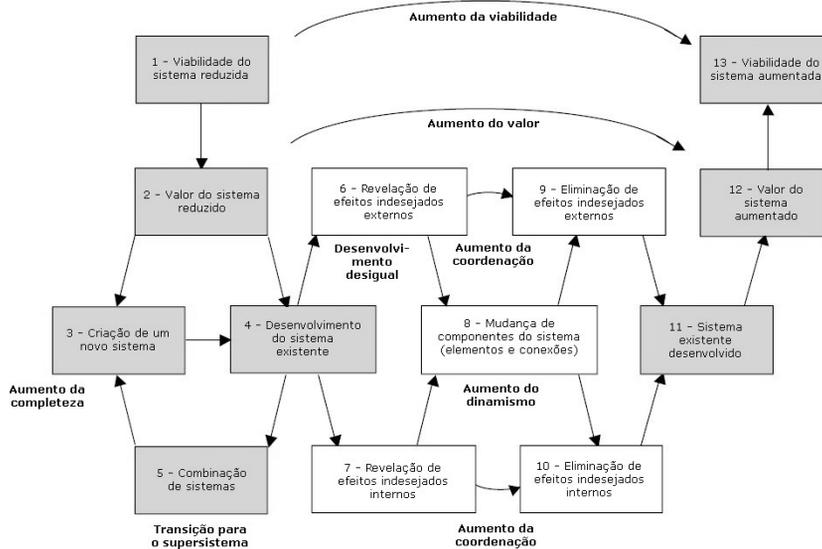


Ilustração 5.10 – Esquema Universal de Evolução

A caixa 5, Combinação de Sistemas, pode ser usada quando pelo menos um de dois ou mais sistemas não possui recursos para melhoria. Desta forma, pode ser analisada a possibilidade de combinar os sistemas. Como descrito por Salamatov (1991), Invention Machine (1995), Petrov (2002) e Mann (2002), tal combinação pode ser de sistemas similares, diferentes ou antagônicos. A transição da caixa 5 para a 3 ocorre se um novo sistema, com novas propriedades, é criado. Uma vez satisfazendo à tendência do Aumento da Completeza, o sistema originado inicia um novo ciclo de desenvolvimento, como um sistema existente.

As caixas de 1 a 5 representam um ciclo completo de criação de um sistema. As caixas de 6 a 8 detalham o desenvolvimento do sistema e as caixas de 11 a 13 mostram o resultado do desenvolvimento.

As caixas 6 e 7 correspondem, respectivamente, à busca por efeitos indesejados externos entre componentes (elementos e conexões) do sistema e o supersistema e entre componentes do próprio sistema. A caixa 6 está associada à tendência Desenvolvimento Desigual das Partes do Sistema.

A caixa 8 corresponde à tendência Aumento do Dinamismo, que é realizado por:

- mudanças quantitativas ou qualitativas dos elementos e/ou conexões – transição de elementos rígidos para elementos elásticos, transição do macro para o micro-nível, eliminação do envolvimento humano;
- mudanças em propriedades do sistema – confiabilidade, manutenibilidade, produtividade e outras;

- mudanças em processos temporais no sistema – transição de processos contínuos para periódicos, pulsantes e ressonantes e para propriedades com gradiente temporal; e
- mudanças espaciais no sistema – transição de propriedades como, por exemplo, peso, densidade, temperatura, condutividade, para propriedades químicas com gradiente espacial.

Estas mudanças podem acontecer com ou sem o aparecimento de contradições e sua solução.

As caixas 9 e 10, Eliminação de Efeitos Indesejados Externos e Eliminação de Efeitos Indesejados Internos, indicam que os efeitos indesejados desapareceram, diminuíram em importância ou tornaram-se não-críticos. As transições das caixas 6 para 9 e 7 para 10 correspondem à tendência Aumento da Coordenação.

A caixa 11 indica que o sistema existente foi desenvolvido como um todo e as caixas 12 e 13 são consequências: o valor e a viabilidade são aumentados. As transições das caixas 2 para 12 e 1 para 13 correspondem, respectivamente, às tendências do Aumento da Idealidade e Aumento da Viabilidade.

O sistema proposto por Zakharov é inovador, não tanto do ponto de vista das tendências (somente a tendência Aumento da Viabilidade é introduzida), mas, como roteiro segundo o qual acontece a evolução dos sistemas técnicos. Neste sentido, o único roteiro previamente existente é o de Salamatov (1991), mais limitado em escopo. Em seu artigo, Zakharov (2004) apresenta alguns exemplos que ilustram seu esquema da evolução em ação.

Em síntese, as TEs têm a vantagem, em relação às abordagens intuitivas e mesmo sistemáticas, de orientar a ideação para direções provavelmente mais promissoras, pelo menos do ponto de vista tecnológico. Por outro lado, a ideação com uso das TEs carece de propósito: muitas das ideias geradas não têm conexão com os interesses mercadológicos. Deste modo, muito trabalho é deixado para a etapa posterior à de ideação, que é a de avaliação. Na metodologia IDEATRIZ, isso é evitado, com o foco na maximização do valor.

5.2 MÉTODO DOS PRINCÍPIOS INVENTIVOS (MPI)

O MPI é baseado na aplicação dos chamados princípios inventivos para a geração de ideias. Os princípios inventivos são algumas das heurísticas mais conhecidas da TRIZ (ALTSHULLER, 1969). O raciocínio por detrás do uso dos princípios inventivos é que as mesmas soluções inventivas genéricas que foram utilizadas de forma bem sucedida para resolver problemas no passado podem ser utilizadas com sucesso em situações similares, no futuro. Os 40 princípios inventivos são mostrados no Quadro 5.5, assim como detalhados e exemplificados no Apêndice 3.

Uma forma de aplicar os princípios inventivos é livremente, como se faria numa sessão de *brainstorming* com o uso de questões evocativas: “E se for tentada a segmentação? Ou o uso e descarte?” Para aumentar a eficácia desta alternativa de aplicação dos princípios,

existe uma ordenação, do mais utilizado para o menos utilizado na resolução de problemas: 35, 10, 1, 28, 2, 15, 19, 18, 32, 13, 26, 3, 27, 29, 34, 16, 40, 24, 17, 6, 14, 22, 39, 4, 30, 37, 36, 25, 11, 31, 38, 8, 5, 7, 21, 23, 12, 33, 9 e 20¹⁶.

Quadro 5.5 – Princípios inventivos

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

A forma mais recomendada de uso dos princípios inventivos envolve a identificação de uma contradição técnica a ser solucionada, a transposição das características contraditórias para parâmetros de engenharia, a definição dos princípios inventivos a utilizar, a partir de uma consulta à matriz de contradições e, somente então, a busca de soluções com o uso dos princípios inventivos. Os parâmetros de engenharia correspondem à generalização das grandezas envolvidas em problemas técnicos de diferentes áreas, como apresentado no Quadro 5.6. A interpretação dos parâmetros de engenharia é detalhada no Apêndice 4.

Por exemplo, em latas para conter bebidas gaseificadas, deseja-se minimizar a quantidade de material utilizado para fabricar a lata – de modo a reduzir custos – e, ainda assim, possibilitar o empilhamento. Se a quantidade de material utilizada é diminuída, a carga admissível para o empilhamento das latas também diminui, o que é indesejável. Logo, os parâmetros de engenharia conflitantes são 4 – comprimento do objeto estacionário e 11 – tensão ou pressão.

A matriz de contradições é um índice que aponta, para a maioria dos pares de parâmetros de engenharia conflitantes, os princípios inventivos que teriam a maior probabilidade de solucionar o conflito (com base no fato de terem sido úteis para resolver o mesmo conflito até à época em que foi criada a matriz). A matriz de contradições é apresentada no Anexo.

¹⁶ Esta seria a ordem mais racional para a própria numeração dos princípios inventivos. Acredita-se não ter sido adotada por somente ter sido obtida após a definição dos nomes e números.

Quadro 5.6 – Parâmetros de engenharia

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

Voltando ao problema das latas para bebidas gaseificadas, consultando a matriz de contradições, obtém-se os seguintes princípios: 1 – segmentação ou fragmentação; 14 – recurvação e 35 – mudança de parâmetros e propriedades. A partir do princípio 1, pode-se chegar a uma das concepções existentes – latas corrugadas. Essa solução soluciona o conflito, mas, cria um problema adicional: gasto excessivo de material. Este novo problema poderia ser, novamente, modelado em termos de um conflito entre parâmetros de engenharia e solucionado. As latas de alumínio atualmente mais comuns podem ser consideradas exemplos do princípio 14: a forma recurvada destas latas permite que a pressão interna contribua para aumentar a resistência mecânica. O princípio 35 poderia levar a uma concepção que incluísse uma modificação no material das latas, como um tratamento térmico, por exemplo, para aumento de resistência. Diversas outras soluções poderiam ser ainda geradas, com base nestes mesmos princípios ou outros, sugeridos a partir de modelagens diferentes do problema com uso da matriz de contradições.

Uma forma adicional de uso dos princípios inventivos inclui a formulação de uma contradição e da contradição inversa e uso da matriz de contradições. No exemplo da lata, a contradição identificada foi entre a redução da espessura da parede e a consequente redução da capacidade de empilhamento. A contradição inversa seria entre o aumento da capacidade de empilhamento, conflitando com a espessura da parede da lata. Agindo desta forma, o solucionador de problemas pode chegar a mais princípios inventivos que sejam eficazes na remoção da contradição.

O MPI é o método mais popular da TRIZ, chegando a ser, erroneamente, confundido com a própria TRIZ. Provavelmente, isso ocorre devido à simplicidade e universalidade do método, que, embora criticado por muitos dentro da própria comunidade de especialistas em TRIZ¹⁷, por ser “pouco melhor do que a velha tentativa e erro”, tem comprovado sua utilidade na resolução prática de problemas e consequente adoção.

17 O próprio Altshuller não incluiu o MPI na última versão do ARIZ, o ARIZ-85V (Algoritmo para a Solução Inventiva de Problemas), desenvolvida em 1985 (Altshuller, 1986).

Em 2003, foi feito um trabalho de atualização da matriz de contradições, baseado no fato de que houve muitas mudanças na tecnologia desde que a versão clássica da matriz foi criada (MANN *et al.*, 2003). Em resumo, este trabalho resultou na manutenção dos 40 princípios inventivos, aumento do número de parâmetros de engenharia de 39 para 48 e atualização da matriz, ou seja, dos princípios inventivos indicados para solucionar cada contradição técnica.

5.3 HEURÍSTICAS PARA A TRANSFORMAÇÃO DE SISTEMAS E 121 HEURÍSTICAS (121H)

As heurísticas para a transformação de sistemas foram compiladas por A. I. Polovinkin (POLOVINKIN, 1985, 1988, 1991) a partir da análise das melhores práticas na resolução de problemas por parte de engenheiros e projetistas da antiga URSS. Trata-se de heurísticas similares aos princípios inventivos e que foram obtidas de acordo com a frequência de seu uso prático, como pesquisado por Polovinkin.

As 121H (DE CARVALHO *et al.*, 2003) são um subconjunto considerado mais universal das heurísticas para a transformação de sistemas de Polovinkin. Como não universais, naquela pesquisa, foram entendidas as heurísticas relativas a segurança e fatores legais, válidas somente na antiga URSS.

As 121H estão divididas nas categorias:

- 1 - Transformações de forma (16 heurísticas);
- 2 - Transformações de estrutura (18 heurísticas);
- 3 - Transformações no espaço (16 heurísticas);
- 4 - Transformações no tempo (8 heurísticas);
- 5 - Transformações de movimentos e forças (15 heurísticas);
- 6 - Transformações de materiais (23 heurísticas);
- 7 - Expedientes de diferenciação (11 heurísticas);
- 8 - Transformações quantitativas (14 heurísticas).

Por exemplo, a heurística 1.2, segunda heurística da categoria Transformações de forma, sugere “Criar cavidades num sistema ou o contrário – se o sistema contém cavidades, removê-las”. Um exemplo desta heurística é a patente US5200573 (BLOOD, 1991): projétil com uma matriz de cavidades na superfície, em que as cavidades servem para reduzir o arrasto aerodinâmico.

Não foi criado, ainda, um índice para a seleção das 121H, como ocorre no caso do MPI, com a matriz de contradições. Isto cria uma desvantagem para o uso da ferramenta, a qual ainda precisa ser superada. Para o efeito de seleção da heurística a ser utilizada em determinada situação existem, como descrito em De Carvalho *et al.* (2003), uma estatística de frequência de uso das 121H entre patentes internacionais analisadas e uma correlação das 121H com os princípios inventivos.

5.4 MÉTODO DA SEPARAÇÃO (MS)

O método da separação serve para a solução de contradições físicas. De acordo com Altshuller (1969), para solucionar uma contradição física, deve ocorrer uma separação. Tal

separação pode acontecer no espaço, no tempo, no sistema ou de acordo com condições específicas, conforme mostrado no Quadro 5.7.

A escolha do princípio de separação a ser utilizado é feita de acordo com os tempos de operação e zonas do produto e da ferramenta. Produto é o elemento passivo envolvido numa situação problemática e ferramenta é o elemento ativo. De acordo com Savransky (2000), os tempos e zonas de operação do produto (T_p , Z_p) e da ferramenta (T_f , Z_f) podem estar separados, tocar-se ou interceptar-se.

A utilização deste método pode partir de uma definição do princípio de separação a utilizar conforme a disposição de Z_p , Z_f , T_p e T_f , ou não. Para uma mesma situação problemática, mais de um princípio de separação pode apontar para soluções interessantes, como no exemplo descrito a seguir.

Quadro 5.7 - Princípios de separação

Condição de Z_f , T_f , Z_p e T_p	Quando Z_f e Z_p estão separadas	Quando T_f e T_p estão separados	Por vezes, quando Z_f e Z_p ou T_f e T_p interceptam-se	Por vezes, quando Z_f e Z_p ou T_f e T_p tocam-se
Princípio de separação a utilizar	Separação no espaço	Separação no tempo	Separação entre as partes e o todo (separação no sistema)	Separação conforme a condição
Possíveis separações	Característica é aumentada num local e diminuída em outro.	Característica é aumentada num período e diminuída em outro.	Característica tem um valor no nível do sistema e valor oposto no nível de componentes.	Característica é aumentada sob uma condição e diminuída sob outra.
	Característica está presente em um local e ausente em outro.	Característica está presente em um período e ausente em outro.	Característica existe no nível do sistema e não existe no nível dos componentes.	Característica existe sob uma condição e inexistente sob outra

Torres de destilação são montadas no solo e, posteriormente, alçadas à posição vertical por meio de um guindaste. Estas torres, de seção circular, muito longas e com paredes finas, podem romper-se durante o processo de suspensão para a montagem, devido às grandes tensões de tração produzidas pela flexão sob o peso próprio. O simples aumento da espessura das paredes da torre não solucionaria o problema. A contradição física pode ser formulada como: a resistência à flexão da torre deve ser baixa (ou, apenas o suficiente para a utilização final, na posição vertical) e deve ser alta (para resistência à flexão durante a suspensão).

Por meio da separação no espaço, pode-se imaginar que o momento de inércia da seção transversal da torre seja modificado, sendo a suspensão feita de forma a submeter somente o eixo maior à flexão. Isto poderia ser feito pela modificação da seção de circular para elíptica ou retangular ou, ainda, pela adição de material somente na região de um dos eixos da seção. A separação no tempo indica que a resistência à flexão não precisa ser alta durante todo o tempo. Uma possível solução seria adicionar uma estrutura interna ou externa, suspender a torre até a posição vertical e, posteriormente, remover a estrutura. Uma segunda opção seria construir a torre a partir de segmentos telescópicos (na totalidade da torre ou em partes da mesma), encurtando a torre durante a suspensão e aumentando o comprimento na situação final. Outra solução poderia ser derivada da separação entre as partes e o todo: segmentos da torre seriam montados no solo e, em seguida, suspensos e montados na vertical. A solução da torre telescópica também poderia ser alcançada pela utilização da separação entre as partes e o todo.

5.5 EFEITOS CIENTÍFICOS

Por meio do estudo de patentes, Altshuller descobriu que, com frequência, patentes de nível inventivo alto são resultado da aplicação de efeitos pouco conhecidos. Assim, boa parte da dificuldade de encontrar soluções inventivas deriva do desconhecimento ou esquecimento sobre os efeitos por parte do solucionador de problemas. Altshuller criou listas de efeitos, organizadas conforme a função que se pretende realizar. As listas de efeitos da TRIZ são, de certa forma, similares às listas propostas na obra de Koller (1994). Koller, entretanto, limitou-se a identificar efeitos físicos para a realização de funções. Na TRIZ, os efeitos podem envolver a física, a química, a matemática, a biologia e outras ciências. As tabelas de efeitos podem ser utilizadas para apoiar a aplicação de qualquer dos métodos da TRIZ e são encontradas na literatura, em programas de computador e na Internet. Livros como Altshuller *et al.* (1989) e Salamatov (1999) trazem listas de efeitos. Programas como o Invention Machine Lab (INVENTION MACHINE, 1995), IWB (IDEATION, 2007) e CREAX Innovation Suite (CREAX, 2007a) incluem bases de efeitos especialmente interessantes, porque contêm os efeitos, com explicações e exemplos de uso dos mesmos. Recentemente, têm surgido bases de efeitos na Internet, como a da CREAX (CREAX, 2007b).

Supondo-se que, num problema, seja necessário realizar a função “aumentar área”, a base de efeitos do Invention Machine Lab (INVENTION MACHINE, 1995) sugere os seguintes efeitos: estruturas esféricas, superfícies corrugadas, elipses, atrito, inércia, fita de Möbius, senóide, supercondutividade térmica e material granulado. A fita de Möbius resultou, efetivamente, em soluções que envolvem o aumento de área, tais como lixas e fitas magnéticas na forma dessa fita.

Outro exemplo referente a efeitos (neste caso, um efeito biológico) ocorre na detecção de vazamentos em gasodutos. Este é um problema que pode demandar complexas soluções técnicas. O uso de organismos vivos pode facilitar a execução da operação. Uma solução biológica para a função “detectar substância” é adicionar uma substância com odor de carne em decomposição ao gás, o qual, vazando, atrairia urubus, que circundariam a região do vazamento e facilitariam a detecção à distância. Outro efeito biológico potencialmente útil, neste caso, seria a adição de uma substância ao gás, na presença da qual, certos tipos de plantas mudam de cor. Este tipo de planta seria semeado em volta do gasoduto, permitindo a detecção visual de vazamentos, por meio de um sobrevôo de helicóptero.

5.6 MÉTODO DAS PEQUENINAS PESSOAS ESPERTAS (PPE)

A origem das PPE está na analogia pessoal, ou empatia, que também é utilizada no método *Synectics* (Gordon, 1961). A empatia consiste na busca de soluções para um problema por meio de identificação pessoal com o objeto do problema. Altshuller (1979) sugeriu a substituição da pessoa, utilizada na empatia, por pequeninas pessoas imaginárias, que executariam as tarefas necessárias para a solução do problema. As justificativas para esse tipo de modelagem de um problema são empíricas. De acordo com Altshuller, ao utilizar a empatia, algumas possíveis soluções promissoras para problemas por ele propostos em seminários – como, por exemplo, corte, fragmentação ou explosão – acabavam não sendo consideradas pelos solucionadores de problemas, por serem inaceitáveis para humanos. Já com as PPE, essas soluções passam a ser possíveis.

Para facilitar a compreensão, o problema da concepção de uma chave universal para parafusos é analisado (DE CARVALHO, 1999). Com tal ferramenta, não existiria a necessidade de possuir diversas chaves ou uma chave única com muitas ponteiros.

As primeiras duas etapas do método são gráficas. Com base nos dados do problema e no resultado final ideal, elaboram-se croquis das situações inicial e final. Na Ilustração 5.13, são apresentados croquis feitos para a situação inicial (vários tipos de parafusos, vários tipos de chave) e a situação final (vários tipos de parafusos, um tipo de chave). Em seguida, croquis de situações intermediárias são feitos. A estes últimos, aplicam-se as partículas. No exemplo, foi feito um croqui representando a situação intermediária, com partículas aplicadas na região da ponta da chave.

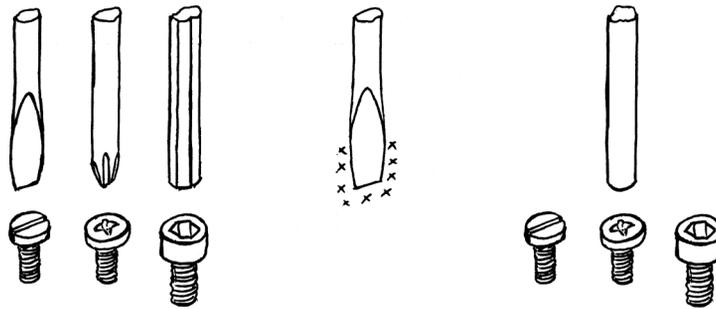


Ilustração 5.13 – Croquis para o problema da chave universal

A árvore e/ou apresentada na Ilustração 5.14 indica que, se uma única chave deve ser capaz de apertar todos os tipos de parafuso, as partículas (xx) devem adaptar a forma da chave, fixar a forma da chave e transferir torque da chave para o parafuso. Neste exemplo, não foram explorados caminhos alternativos (“ous” da árvore e/ou).

Uma vez definidas as ações, as propriedades que as partículas devem ter são identificadas. Por exemplo, para que as partículas reconheçam a forma da cabeça do parafuso, poderiam ser “inteligentes”, “controláveis”, “móveis” e “organizadas”.

Na penúltima etapa, deve-se procurar definir como as partículas devem surgir e como devem terminar e a que elementos elas corresponderão, na realidade. Para executar esta etapa, é interessante consultar tabelas de efeitos, como descrito no item 5.5 .

Para o problema da chave universal, as seguintes soluções foram imaginadas:

- o torque da chave deve ser transmitido ao parafuso magneticamente. A chave deve aplicar um campo magnético apropriado à cabeça do parafuso. Este campo magnético pode ser induzido por uma bobina com geometria adequada. A chave estaria limitada ao trabalho com parafusos ferromagnéticos e, provavelmente, aplicações com pequeno torque;
- a ponta da chave deve ser feita de um material termoplástico. A ponta seria amolecida pela aplicação de calor, a forma seria adaptada à forma da cabeça do parafuso (por pressão) e resfriada para a transmissão de torque. O controle do processo poderia ser melhorado com a adição de pó ferromagnético com um ponto de Curie adequado na formulação do termoplástico, sendo o material resultante aquecido por indução somente até a temperatura correta.

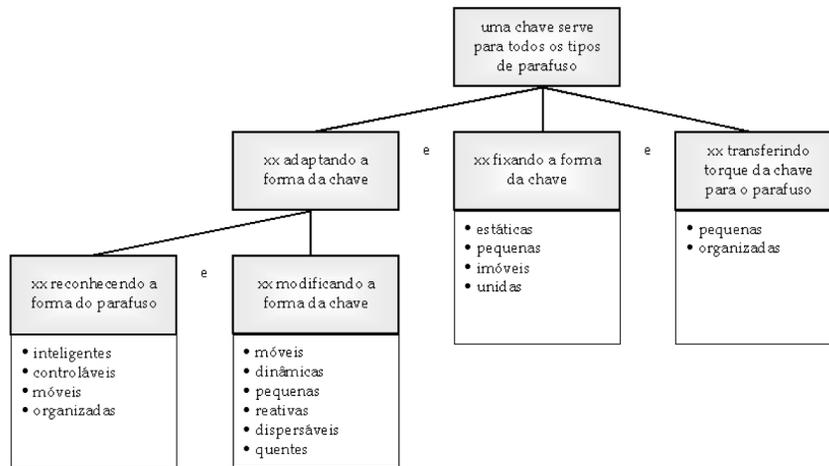


Ilustração 5.14 – Árvore e/ou para o problema da chave universal

5.8 ANÁLISE SUBSTÂNCIA–CAMPO (ANÁLISE SU-CAMPO)

A base para este tipo de análise é o modelo su-campo (substância-campo), desenvolvido por Altshuller (1979). Um modelo su-campo corresponde a um sistema técnico minimamente funcional. Campo é o provimento de energia e/ou informação, e inclui os campos tradicionalmente estudados na Física (gravitacional, elétrico, magnético) e outros, menos ortodoxos (pressão hidráulica, odor). Substância é um objeto ou sistema, com qualquer nível de complexidade. Campos atuam sobre substâncias e a interação entre substâncias ou entre substâncias e campos pode gerar outros campos. Tomando-se um *plotter* como exemplo: o papel é uma substância, a caneta é a segunda substância e a máquina provê um campo mecânico. O campo atua sobre uma substância (caneta ou ponta de grafite), fazendo-a interagir com a outra (o papel).

A análise su-campo começa pela definição da função principal do sistema técnico em questão e definição do resultado final desejado. Após esta definição, constrói-se um modelo do sistema em termos de campos e substâncias (modelo su-campo). Então, procura-se definir qual dos padrões inventivos deve ser utilizado para, partindo da situação problemática modelada, chegar ao resultado desejado. Existem 76 padrões inventivos (ALTSHULLER *et al.*, 1989) e um algoritmo que permite identificar aquela mais provavelmente útil para solucionar o problema. Uma vez identificadas os padrões inventivos a serem utilizados, é necessário determinar que funções os elementos do modelo su-campo precisarão executar e, a partir das funções, que propriedades esses elementos deverão ter. Procura-se, então, identificar no sistema e cercanias que substâncias e campos possuem as propriedades necessárias ou podem vir a possuí-las, se adequadamente modificados. A partir de todas estas informações, podem ser geradas soluções para o problema.

Por exemplo, durante o processo de trefilação para obtenção de um arame de aço, a matriz de trefilação desgasta-se, fazendo com que o diâmetro de sucessivos lotes de arame aumente progressivamente. Isso faz com que seja necessária troca frequente da matriz. A função principal do sistema é reduzir o diâmetro do arame. Isso é conseguido, principal-

mente, por meio do estiramento. O resultado desejado é realizar a função sem que ocorra desgaste da matriz. O modelo su-campo do problema é mostrado no lado esquerdo da Ilustração 5.15. O campo F1 (força de tração) atua sobre o arame (S2), que interage, ao mesmo tempo, adequadamente e inadequadamente com a matriz (S1). A interação indesejada é indicada com uma seta ondulada. Por meio do algoritmo para identificação de padrões inventivos, chegou-se à conclusão de que o su-campo deveria ser alterado (seta vazada) para a situação da direita, em que um campo adicional F2 é aplicado a S1, com o objetivo de melhorar o desempenho do sistema.

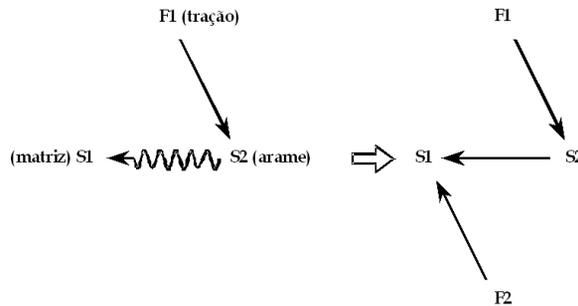


Ilustração 5.15 – Modelo su-campo do problema de trefilação

A partir do modelo su-campo da direita (padrão inventivo), pode-se definir que as funções dos elementos F1 e S2 devem permanecer as mesmas. A função de F2 deve ser manter invariável a geometria da matriz. S1 deve manter sua função de reduzir o diâmetro do arame e, ainda, permitir a ação de F2 no sentido de manter a geometria invariável. As propriedades de F1 e S2 devem permanecer as mesmas. As propriedades imaginadas para S1 são a suscetibilidade a um campo térmico (dilatação térmica) ou magnético. Chegou-se a essas propriedades por eliminação, considerando-se que, dificilmente, a suscetibilidade a um outro tipo de campo poderia levar a uma solução. A partir das propriedades imaginadas para S1, pode-se concluir que F2 deverá ser um campo térmico ou magnético. Na solução térmica imaginada, S1 seria construída de forma a permitir a refrigeração progressiva e proporcional ao desgaste. Isso poderia ser conseguido por meio de refrigeração da matriz pelo óleo lubrificante, usualmente utilizado neste tipo de conformação, pela aplicação de jatos de líquido refrigerante na matriz ou por refrigeração em circuito fechado. A solução magnética poderia consistir numa matriz especial, composta por um núcleo de partículas ferromagnéticas cercadas por uma bobina eletromagnética. A geometria da matriz seria controlada por meio de um campo magnético, por meio da intensidade da corrente elétrica na bobina.

A Síntese Energética de Sistemas (SES), descrita por Savransky (2000), é um processo de geração de ideias derivado da análise su-campo e baseia-se na consideração dos fluxos de energia num sistema técnico.

5.9 ARIZ

ARIZ é o acrônimo russo para Algoritmo para a Solução Inventiva de Problemas. Embora esteja incluída neste trabalho como um subitem das ferramentas para a geração de

ideias, o ARIZ é um processo integrado de formulação e solução de problemas inventivos. Trata-se de uma sequência detalhada de ações para problemas considerados de difícil solução. Sucessivas versões do ARIZ foram desenvolvidas, desde 1956. A última versão desenvolvida por Altshuller é a de 1985, ou ARIZ-85V, cuja estrutura é apresentada na Ilustração 5.16. Cada item da estrutura apresentada na figura desdobra-se em diversos subitens.

A solução de um problema com o ARIZ começa pelas etapas analíticas (etapas 1, 2 e 3). Na primeira etapa, é feita a transição do problema inicial, definido vagamente ou mesmo erroneamente, para um mini-problema, formulado por meio da regra: tudo no sistema permanece igual, mas, a função necessária é executada. A seguir, formula-se a contradição técnica. Então, um modelo do problema – um diagrama simplificado do conflito – é formulado e procura-se utilizar as soluções padrão para su-campos para solucionar o problema. Passa-se, então, para a segunda etapa, na qual especifica-se a zona e o tempo de operação (onde e quando ocorre o problema) e os recursos neles disponíveis. Na terceira etapa, são identificados o resultado final ideal e a contradição física.

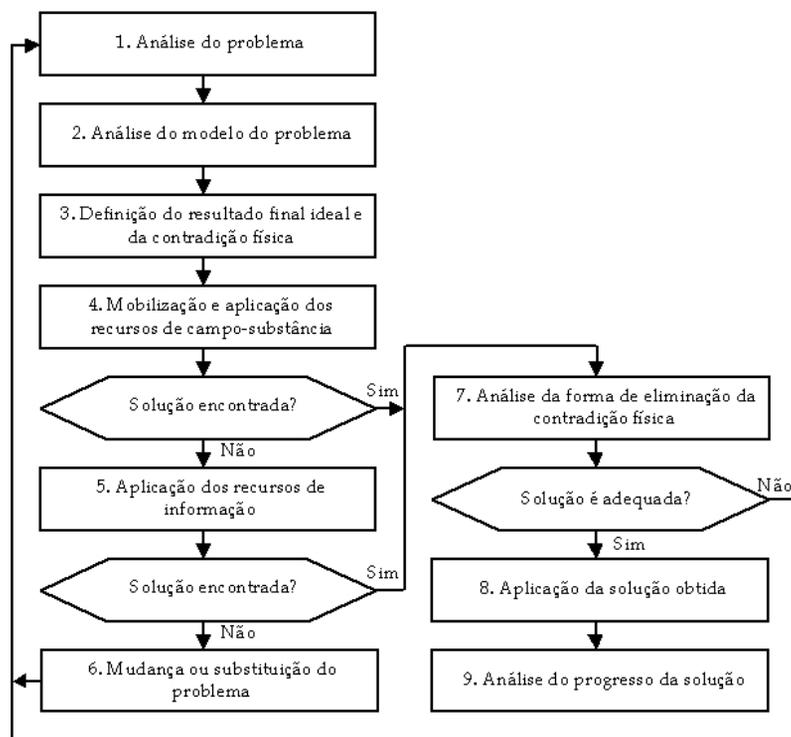


Ilustração 5.16 – ARIZ-85V

A parte seguinte do ARIZ é focada na solução de problemas, propriamente dita. A solução deve superar a contradição física. Na quarta etapa do ARIZ, procura-se solucionar o problema por meio das PPE e da aplicação dos recursos identificados na segunda etapa. Se a solução for encontrada, pode-se passar, diretamente, para a sétima etapa. Se a solução não for encontrada, passa-se para a quinta etapa, em que se procura fazer uso das bases de conhecimento da TRIZ: soluções padrão para su-campos, princípios de separação e listas de efeitos para a remoção da contradição física. Se uma solução adequada não for obtida, o algoritmo deve ser reiniciado, com a mudança ou substituição do problema (etapa 6).

As três últimas etapas do ARIZ servem para a verificação, generalização e acompanhamento da solução obtida. Na sétima etapa, verifica-se se a solução obtida está suficientemente próxima do ideal, ou seja, se não são necessárias modificações excessivas no sistema. Se a solução for considerada muito distante da ideal, o algoritmo deve ser reiniciado. Se a solução for considerada satisfatória, passa-se para a oitava etapa, de generalização da solução. Nesta etapa, investiga-se o impacto da solução no supersistema (sistema de nível superior ao estudado), outras maneiras de aproveitar a solução e a possibilidade de aplicação do princípio utilizado para a obtenção da solução de outros problemas no mesmo sistema ou cercanias. Na nona e última etapa, analisa-se o processo de solução em busca de desvios e, conseqüentemente, oportunidades para a melhoria do próprio ARIZ.

5.10 HIBRIDIZAÇÃO

A Hibridização é uma técnica cuja finalidade é transferir características úteis de um sistema alternativo para um sistema fundamental (GERASIMOV & LITVIN, 1990; PRUSHINSKIY *et al.*, 2005). O processo de hibridização é resumido na Ilustração 5.17.

Sistema fundamental é o sistema original, com o qual se está trabalhando. Sistemas alternativos são aqueles que possuem características vantajosas exatamente em aspectos nos quais o sistema fundamental é desvantajoso, ou possuem características desejadas que o sistema fundamental não possui.

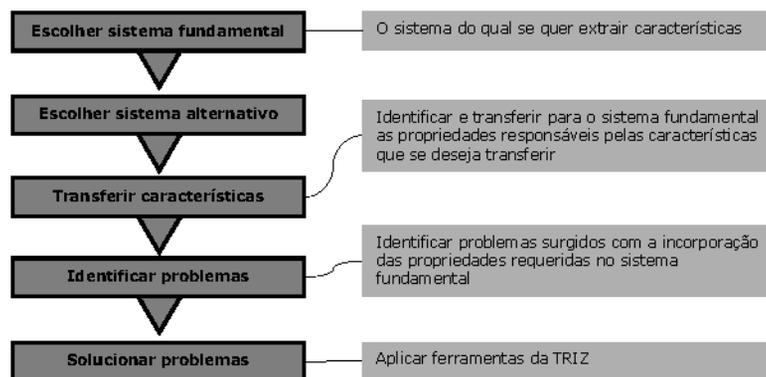


Ilustração 5.17 – Processo de hibridização

O parafuso é um sistema alternativo ao prego. Ambos realizam a função global de fixação. O prego tem, como principal vantagem, a simplicidade de aplicação e, como principal desvantagem, a facilidade de soltar-se. O parafuso é de aplicação mais complicada, mas, solta-se com maior dificuldade. O parafuso auto-atarraxante é um exemplo de hibridização: pode ser considerado um “prego” com a vantagem da maior dificuldade de soltar-se.

Para compreender a Hibridização, considere-se um mancal hidrostático como sistema fundamental. Este tipo de mancal tem a vantagem da simplicidade e a desvantagem do alto atrito na partida, momento no qual ocorre a maior parte do desgaste num mancal deste tipo,

devido ao contato de metal com metal. O sistema alternativo, rolamento de esferas, é de construção mais complexa, mas, o atrito na partida é muito menor, devido à pequena área de contato. O problema é como conseguir a vantagem do baixo atrito sem o aumento da complexidade. Esta é uma contradição técnica. Usando o MPI (explicado no item 5.2), um dos princípios indicados é o 14 – Recurvação. Uma das heurísticas deste princípio sugere o uso de rolos, esferas, espiras ou domos. Uma solução possível é adicionar esferas microscópicas ao óleo, que diminuiriam a área de contato na partida.

5.11 MÉTODO SIT

Os métodos conhecidos como USIT (SICKAFUS, 1997) e ASIT¹⁸ (HOROWITZ, 2003) derivam do método SIT – *Structured Inventive Thinking*, ou Pensamento Inventivo Estruturado (HOROWITZ & MAIMON, 1997), desenvolvido em Israel, a partir da TRIZ. As principais diferenças entre o SIT e a TRIZ são:

- a substituição dos conceitos fundamentais de contradição, idealidade e uso de recursos pelas chamadas condições suficientes para que uma solução seja considerada criativa;
- a substituição da base de conhecimento da TRIZ por um número significativamente menor de heurísticas.

Segundo Horowitz & Maimon (1997), as condições suficientes para que uma solução seja considerada inventiva por especialistas em uma determinada área são a condição mundo fechado (MF) e a condição mudança qualitativa (MQ). Qualquer solução que atenda a estas condições é uma solução inventiva. Em seu trabalho, Horowitz e Maimon (1997) demonstram, empiricamente, a validade das condições suficientes na caracterização de uma solução como criativa.

A condição MF significa que nenhum objeto novo pode ser adicionado ao sistema, exceto objetos adjacentes ao sistema. Pode haver remoção de objetos do sistema. Somente é permitido adicionar objetos se já existissem objetos similares no sistema (por exemplo, adicionar mais rodas a um automóvel).

A condição MQ significa que uma característica do problema precisa ser modificada de uma função crescente para uma função decrescente ou um valor constante. Por exemplo, numa lâmpada incandescente, quanto maior a temperatura do filamento, menor a vida da lâmpada. Aplicando a condição MQ, a relação entre temperatura e vida deve ser eliminada, com o aumento da temperatura não tendo mais influência sobre a vida ou tornada positiva, com o aumento da temperatura resultando em aumento da vida.

A estrutura do método SIT é mostrada na Ilustração 5.18. Existem três etapas principais: reformulação do problema, por meio da aplicação das condições suficientes; seleção de uma estratégia de pensamento; seleção e aplicação de um método para provocação de ideias. Estas etapas são detalhadas a seguir.

¹⁸ USIT significa *Unified Structured Inventive Thinking*, ou Pensamento Inventivo Estruturado Unificado e ASIT significa *Advanced Structured Inventive Thinking*, ou Pensamento Inventivo Estruturado Avançado.

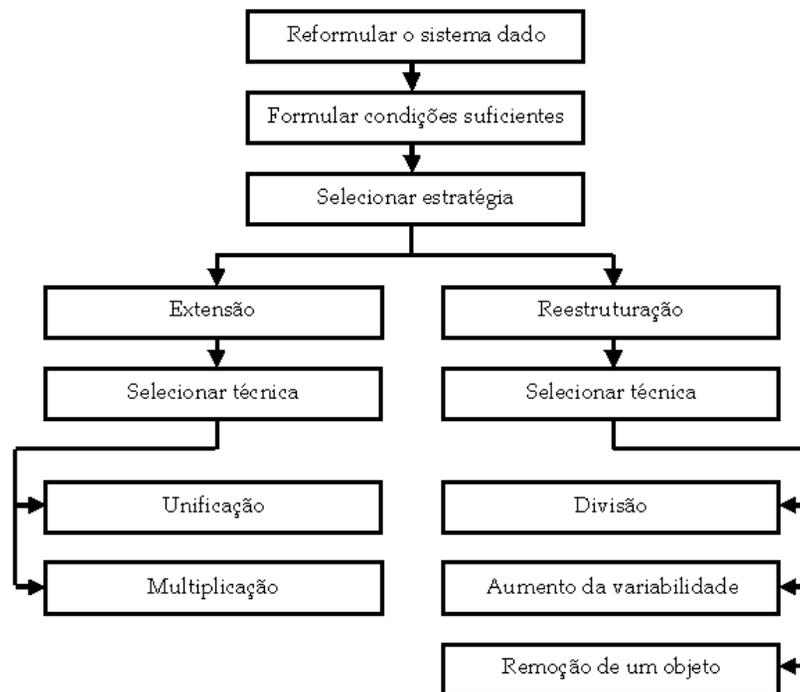


Ilustração 5.18 – Estrutura do Método SIT

Na etapa de reformulação do sistema e formulação das condições suficientes, a meta para a solução do problema é estabelecida, utilizando-se as condições suficientes. A condição MF é somada às restrições existentes e a condição MQ muda a tarefa: em vez do requisito inicial, de redução do nível de um efeito indesejado, propõe-se a mudança qualitativa de uma relação matemática entre quaisquer duas características do problema. O usuário elabora uma lista de objetos do sistema, uma lista de objetos adjacentes ao sistema e uma lista de características do problema. O problema é reformulado como: encontrar uma solução na qual pelo menos uma das funções crescentes definidas tornar-se-á decrescente ou constante, sendo que a solução somente envolverá elementos do sistema ou de suas adjacências.

A segunda etapa consiste em decidir pela estratégia de Extensão ou de Reestruturação. Uma possível solução é composta por três elementos: o estado final desejado – deduzido da condição MQ, os objetos a serem modificados e a modificação necessária. A condição MF limita os objetos a serem utilizados na solução aos já existentes no sistema e adjacências. Há duas possibilidades, nesta etapa:

- o estado final necessário pode ser deduzido da condição MQ. Isto pode acontecer em casos nos quais o estado final desejado pode ser obtido por meio de uma simples operação, a qual não interferirá com outras operações necessárias no sistema. A estratégia recomendada é a Extensão, com as técnicas de Unificação ou Multiplicação;
- o estado final necessário não pode ser deduzido da condição MQ, ou o estado final pode ser deduzido, mas, contradiz outros requisitos fundamentais do sistema. Neste caso, a estratégia a ser usada é a Re-estruturação e as técnicas, Divisão, Aumento da Variabilidade ou Remoção.

5.11.1 Unificação

A técnica da Unificação consiste na identificação de um sistema ou objeto do próprio sistema onde ocorre o problema ou adjacências, que executará a operação definida na solução conceitual. A aplicação desta técnica consiste de quatro passos: formular a operação necessária; obter uma lista de todos os objetos do sistema e adjacências; selecionar um destes objetos; e determinar as modificações necessárias no objeto para que ele execute a operação necessária.

Por exemplo, amostras de um determinado material têm de ser expostas à corrosão por um ácido num recipiente a altas temperatura e pressão, para avaliação da resistência à corrosão. Amostras do material são mergulhadas no ácido, no interior do recipiente. O problema é que, além das amostras, as paredes do recipiente são corroídas e precisam ser trocadas com frequência. Soluções rotineiras para o problema são o revestimento do recipiente com um material protetor ou a substituição do recipiente por um outro, mais resistente.

Os parâmetros envolvidos são a concentração do ácido, a frequência de troca do recipiente, a temperatura e a pressão. Os elementos do sistema e adjacências são as amostras, o ácido, o recipiente e o sistema responsável pela produção da atmosfera. O problema é reformulado como: encontrar um modo de submeter as amostras ao ácido, sendo que a frequência de troca do recipiente torne-se independente ou função decrescente da concentração do ácido (condição MQ) e sem a adição de novos elementos ao sistema composto por amostras, ácido, recipiente e sistema responsável pela produção da atmosfera (condição MF).

Usando a técnica de Unificação, verifica-se que os objetos existentes que podem ser escolhidos para executar esta operação são as próprias amostras. A modificação necessária nas amostras seria a produção de cavidades nas mesmas, para receber o ácido. Esta solução satisfaz às condições MQ, pois a concentração do ácido é tornada independente da frequência de troca do recipiente e MF, pois nenhum elemento novo é introduzido no sistema.

5.11.2 Multiplicação

Para ilustrar a aplicação da técnica da Multiplicação, cita-se o problema do projeto de um anti-descarrilador para um trem. Esse sistema atua diretamente sobre o sistema de freios de um trem. Um esquema do sistema é mostrado no lado esquerdo da Ilustração 5.19. No sistema de freios, há um tubo que contém ar comprimido. O trem é freado pela queda da pressão do ar comprimido. Em situações de emergência, como num descarrilamento, o ar precisa ser liberado muito rapidamente. Para a liberação de grande quantidade de ar em pouco tempo, é necessária uma abertura grande. A válvula que fecha essa abertura precisa ser submetida a uma força relativamente grande durante a operação normal do trem. Essa força é exercida pelo anti-descarrilador. O problema é que a força necessária para equilibrar a força exercida pela pressão do ar é 10 vezes maior que a força disponível no anti-descarrilador. Soluções comuns para o problema seriam o uso de alavancas ou a diminuição do tamanho das aberturas, associado ao aumento do número de anti-descarriladores.

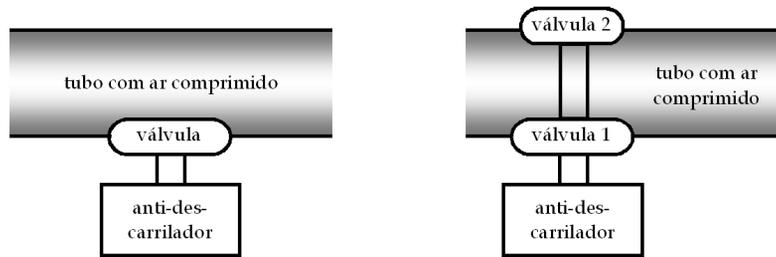


Ilustração 5.19 – Problema do anti-descarrilador

Usando o método SIT, os seguintes parâmetros do problema são identificados: probabilidade de alarme falso, probabilidade de abertura prematura da válvula, força no anti-descarrilador, pressão do ar, área da válvula. Os elementos do sistema são: tubo, ar, válvula e antidescarrilador. O problema pode ser reformulado como: frear o trem em caso de descarrilamento, sendo que a força no anti-descarrilador deve ser independente ou função decrescente da pressão do ar (condição MQ), sem a adição de novos elementos ao mundo fechado composto pelo tubo, ar, válvula e anti-descarrilador (condição MF).

Os passos da técnica da Multiplicação são: formular a operação necessária; obter uma lista de todos os elementos do sistema e adjacências; selecionar um destes elementos para ser multiplicado - a(s) cópia(s) do elemento executarão a operação necessária; determinar as modificações necessárias na(s) cópia(s) para execução da operação necessária.

No problema, analisando os elementos disponíveis, verifica-se que o elemento que pode ser multiplicado para solucionar o problema é a válvula. A solução imaginada é o uso de uma segunda abertura com uma segunda válvula (válvula 2), um pouco menor que a primeira (válvula 1) e posicionada do lado oposto, como mostrado no lado direito da Ilustração 5.19. A válvula 2 deve ser conectada à válvula 1, de modo a possibilitar a compensação de parte da força exercida pela pressão do ar sobre a válvula 1. Deste modo, a força exercida pelo anti-descarrilador passa a ser suficiente para manter a válvula fechada durante a operação normal do trem.

5.11.3 Divisão

Considere-se o seguinte problema: um paciente tem um tumor em seu estômago. O tumor não pode ser removido cirurgicamente. Para a destruição do tumor, é necessário submetê-lo a uma fonte radioativa de certa intensidade. O problema é que, nesta intensidade, a radiação irá destruir, também, tecido sadio. Em intensidades mais baixas, o tecido sadio não será destruído, mas, o tumor também não será eliminado. Uma solução ordinária para o problema seria o tratamento do tumor por quimioterapia.

Impondo as condições MQ e MF, reformula-se o problema como: destruir o tumor, sendo que a destruição do tecido saudável deve ser independente ou função decrescente da intensidade da radiação e nenhum novo elemento é adicionado ao sistema composto pelo feixe de radiação, tumor e tecido saudável.

A técnica da Divisão é composta de três passos: gerar uma lista de elementos do sistema; selecionar um elemento e dividi-lo em seus elementos mais básicos, em partes menores

ou de forma randômica; buscar uma maneira de utilizar os novos graus de liberdade obtidos para criar um estado em que a condição QC seja satisfeita (partes diferentes em locais diferentes, ordenação diferente, etc.).

Aplicando a técnica da Divisão ao problema do tumor, pode-se considerar a divisão do feixe de radiação. Com essa divisão e com a posterior interseção dos raios sobre o tumor, pode-se obter a intensidade de radiação desejada somente sobre o tumor. Desta forma, o tecido saudável não é exposto a níveis perigosos de radiação.

5.11.4 Aumento da Variabilidade

Como exemplo dessa técnica, sugere-se o problema da obtenção de um empuxo constante em motores a jato com combustível sólido. O motor atual tem a forma de um cilindro oco (Ilustração 5.20A). Assim, o empuxo é menor no início da combustão (quando pouco combustível foi queimado e a área de combustão é menor) e maior no final (quando a área de combustão é maior). Soluções ordinárias para o problema seriam o aumento do comprimento do cilindro, de forma a diminuir a variação da área de combustão ou a alteração da geometria de combustão (queima na base do cilindro, como num cigarro).

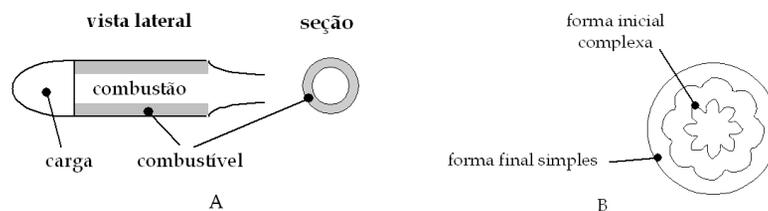


Ilustração 5.20 – Problema do empuxo constante num motor a jato

Identificando os parâmetros do problema, verifica-se que são o desperdício de energia, o empuxo variável, o aumento do empuxo, o aumento da área de queima e o aumento do perímetro da queima. Os elementos do sistema são o combustível sólido, o comburente e o cilindro. O problema pode ser reformulado como: obter o empuxo, sendo que a área de queima deve tornar-se independente ou função decrescente do perímetro (MQ) e sem que nenhum novo elemento seja adicionado ao sistema composto por combustível, comburente e cilindro (MF).

A técnica do Aumento da Variabilidade pode ser utilizada para solucionar esse problema. Esta técnica consiste de quatro passos: gerar uma lista de elementos do sistema e adjacências (no exemplo, combustível sólido, comburente e cilindro); selecionar um elemento (neste caso, o combustível sólido); selecionar dois parâmetros X e Y que não estejam relacionados no sistema atual - um novo grau de liberdade será o tipo de relacionamento entre estes parâmetros (X = forma da seção transversal; Y = progresso da combustão); procurar utilizar o novo grau de liberdade obtido para criar um estado em que a condição QC seja atendida. A solução encontrada é a variação da forma da seção transversal do combustível sólido, desde a forma de uma estrela até a forma de um círculo. Assim, embora o raio médio aumente, o perímetro e a área são mantidos constantes (Ilustração 5.20B).

5.11.5 Remoção

A técnica da Remoção consiste em procurar atender à condição MQ por meio da eliminação de um dos elementos do sistema ou adjacências.

Exemplificando, considere-se o problema da movimentação de um navio quebra-gelo. Em regiões com camadas de gelo finas, o navio quebra o gelo pela ação do casco na horizontal. Em regiões com grossas camadas de gelo, o navio precisa ser impulsionado para sobre o gelo, de forma a quebrá-lo com seu peso. O problema é a lentidão desse processo. O navio é pesado, necessita ter um casco muito resistente e motores potentes para funcionar adequadamente, sobrando pouco espaço para a carga. Uma solução ordinária para aumentar a velocidade do navio seria o aumento da potência de propulsão. Com isso, entretanto, embora haja melhoria na velocidade, o processo continua lento e a capacidade de carga diminui.

O problema reformulado é: a velocidade do navio deve tornar-se independente ou função decrescente da capacidade de carga, sem a adição de elementos ao sistema casco, gelo, propulsão.

Utilizando-se a técnica de Remoção, pode-se imaginar que o casco seja removido. Se o casco for totalmente removido, não poderá haver transporte de carga. Porém, parte do casco pode ser removida, na região que ficaria em contato com o gelo, como mostrado na Ilustração 5.21. Somente entrarão em contato com o gelo as partes delgadas do casco, as quais cortarão o gelo.



Ilustração 5.21 – Problema do navio quebra-gelo

5.12 SOFTWARE DE TRIZ

A TRIZ pode ser aplicada totalmente sem o uso de ferramentas computacionais. Entretanto, o uso dessas ferramentas pode tornar o processo mais simples. Os principais pacotes de software de TRIZ são os das empresas Invention Machine (1995), Ideation International (IDEATION, 2007) e CREAX (CREAX, 2007a). O software de TRIZ oferece apoio:

- ao processo de aprendizado da TRIZ, por meio de tutoriais;
- à tarefa de formulação do problema, com ferramentas como diagramas para a modelagem da situação problemática e geração, a partir dos dados inseridos pelo usuário nos modelos, de declarações de problemas e de contradições;
- ao processo de resolução dos problemas e de ideação, com a apresentação das diversas heurísticas da TRIZ e o uso de exemplos ilustrados, que facilitam o entendimento das mesmas;
- ao processo de avaliação das ideias, com ferramentas de avaliação multicritério; e
- ao registro e reporte dos processos de formulação de problemas, geração e avaliação de ideias.

5.13 CONSIDERAÇÕES SOBRE A TRIZ

No Quadro 5.8, é feita uma avaliação, baseada na experiência do autor, da aplicabilidade dos conceitos e ferramentas da TRIZ para as diferentes classes de problemas propostas por Savransky (2000): melhorias e solução de problemas em sistemas existentes, síntese, gênese, busca de novos usos e diagnose em novos sistemas.

Quadro 5.8 – Aplicabilidade dos conceitos e ferramentas da TRIZ

Partes da TRIZ	Tipos de problemas					
	Em sistemas existentes		Em novos sistemas			
	Melhorias	Solução de problemas (produção, qualidade)	Síntese (a partir de STs existentes)	Gênese (partindo de necessidade)	Technology push (novos usos)	Diagnose (prever e prevenir problemas)
Fundamentos e Conceitos	x	x	x	x	x	x
Ferramentas para a Análise da Situação Problemática e Formulação de Problemas	x	x	x	x		x
Ferramentas para a Ativação da Imaginação	x	x	x	x	x	x
Tendências da Evolução (TEs)	x	x	x	x	x	
Método dos Princípios Inventivos (MPI)	x	x				
121 Heurísticas	x	x				
Método da Separação (MS)	x	x				
Efeitos	x	x	x	x		x
Pequenas Pessoas Espertas	x	x	x	x		
Método das Partículas ou Método dos Agentes (MP/MA)	x	x	x	x		
Análise Su-Campo	x	x	x	x		
ARIZ	x	x	x	x		x
Hibridização			x	x		
SIT / USIT / ASIT	x	x				
Software de TRIZ	x	x	x	x		x

Observa-se, no Quadro 5.8, que vários conceitos e ferramentas da TRIZ podem ser utilizados diretamente para a ideação de novos produtos (na classificação utilizada, síntese, gênese e busca de novos usos). As demais ferramentas, como o MPI e o MS, por exemplo, também podem ser acessórias para a ideação de novos produtos. A metodologia IDEATRIZ faz uso de tais conhecimentos.

As ferramentas da TRIZ são eficazes em indicar a direção para ideias não óbvias, o que pode ser considerado um avanço em relação à geração espontânea de ideias utilizada nos métodos intuitivos e, mesmo, nos métodos sistemáticos, descritos no Capítulo 4. Citando Mann (2002):

“Geralmente, descrevemos esta parte do processo,” (a geração de soluções) “quando ele aparece nos outros métodos, como a parte do ‘insira o milagre aqui’ porque, se você analisar todos estes processos (...), verá que todos eles dependem fortemente do brainstorming como ‘o’ meio para se gerar soluções”.

A argumentação acerca da eficácia da TRIZ pode parecer vazia, porque há escassez de estudos científicos comparando métodos para a solução criativa de problemas em geral.

Entretanto, além dos estudos de Altshuller (1956, 1979, 1986), importantes evidências a respeito da eficácia da TRIZ em comparação com métodos intuitivos e sistemáticos na geração de ideias criativas podem ser encontradas nos trabalhos de Horowitz & Maimon (1997) e Horowitz (1998).

O maior problema observado, o qual tem impacto direto no objetivo deste trabalho, é que o processo de geração de ideias por meio das técnicas da TRIZ sofre do que se pode chamar “viés inventivo”. As ideias obtidas com a TRIZ não têm, necessariamente, foco nas necessidades atuais e futuras dos clientes.

A razão para a ausência de foco no mercado está intimamente relacionada ao próprio processo que levou à criação da TRIZ e sua identidade: estudar patentes e delas retirar as fórmulas genéricas da invenção. O foco em patentes desconsidera o sucesso mercadológico. Muitas patentes jamais foram implementadas por meio de produtos ou processos e muitos produtos de grande sucesso no mercado jamais foram patenteados. A consideração do sucesso mercadológico vem sendo trazida para dentro do âmbito da TRIZ apenas recentemente.

É impossível julgar, a priori, se uma ideia gerada por meio de heurísticas da TRIZ, por mais inventiva que seja, terá, efetivamente, sucesso mercadológico. Para contornar o viés inventivo, torna-se necessário um processo de avaliação – estratégia adotada na metodologia IDEATRIZ.

Por outro lado, esta pesquisa pretende chegar a uma metodologia que incorpore a agregação de valor para os clientes já na ideação de novos produtos. Embora seja um processo heurístico e fortemente baseado na TRIZ, a metodologia IDEATRIZ, descrita no Capítulo 6, incorpora conhecimentos relativos ao sucesso das inovações em termos de oferta de benefícios para os clientes, como detalhado a seguir.

6

A Metodologia IDEATRIZ para a Ideação de Novos Produtos

“A simplicidade é o extremo da sofisticação”. Leonardo da Vinci

Neste capítulo, é abordada a metodologia para a ideação de novos produtos proposta neste trabalho, denominada IDEATRIZ. Inicialmente, é apresentado o levantamento das necessidades realizado e o processo pelo qual se chegou à metodologia. No restante do capítulo, a mesma é descrita e são apresentados resultados de avaliações realizadas.

6.1 LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES RELATIVAS À METODOLOGIA IDEATRIZ

Ao se conceber um novo produto, processo ou serviço, as melhores práticas indicam que se deveria iniciar o trabalho procurando identificar as partes interessadas e suas necessidades (PMI, 2004).

Para a metodologia objeto deste trabalho, há três partes interessadas: o autor e os orientadores, a academia e os usuários.

O autor e os orientadores têm a expectativa de que o trabalho seja interessante (motivação) e realizável (capacidade de realização).

A academia tem a expectativa de que o trabalho seja inovador, de modo a contribuir para o corpo do conhecimento da Engenharia de Produção (originalidade).

Dentre as partes interessadas, aquela com necessidades menos claras corresponde ao conjunto dos potenciais usuários. Uma vez que não foram encontradas informações suficientemente detalhadas na literatura a ponto de esclarecer as necessidades deste grupo, decidiu-se fazer uma pesquisa de campo não estruturada, por telefone e correio eletrônico. Assim, nos meses de outubro e novembro de 2005, foram entrevistados 22 dirigentes de empresas industriais de médio porte, situadas na Grande Curitiba, atuantes nas áreas da alimentação, vestuário, mobiliário e metal-mecânica. As entrevistas foram divididas em duas partes, sendo que a primeira consistiu de apresentação, explicação acerca da finalidade do estudo e questionamento acerca das necessidades específicas da empresa em relação à ideação de novos produtos. Assim, foram identificadas as necessidades resumidas no Quadro 6.1.

Quadro 6.1 – Necessidades em relação à metodologia de ideação

Parte interessada	Necessidade	Exigência	Desejo
Autor e orientadores	Capacidade de realização	x	
	Motivação		x
Academia	Originalidade	x	
Potencial usuário	Eficácia	x	
	Simplicidade		x
	Clareza	x	
	Completeza		x
	Foco	x	
	Imediatismo	x	
	Geração de interesse		x
	Aprendizado rápido	x	
	Independência		x
	Universalidade		x
	Integrabilidade	x	
	Intuitividade		x
	Baixa obsolescência		x
	Baixo custo operacional	x	

Uma segunda rodada de consulta aos potenciais usuários também foi feita, com o envio por correio eletrônico da lista de necessidades compilada e consulta telefônica, para estabelecer as categorias “exigência” e “desejo”. Exigência corresponde às necessidades de maior importância, sem as quais os consultados consideram que haveria pouco interesse no uso da metodologia de ideação. Desejos são as necessidades menos importantes, não mandatórias.

Em resumo, para os potenciais usuários, a metodologia deve ser eficaz; ter a menor quantidade possível de passos e iterações; ser de fácil compreensão; considerar os aspectos e variáveis relevantes; não considerar aspectos e variáveis que não sejam relevantes; ser de fácil aplicação; produzir resultados imediatos; gerar e manter interesse no uso; ser de fácil aprendizado; depender o mínimo de apoio externo (consultor, por exemplo) para ser aplicada; ser universal, ou seja, aplicável em várias áreas; ser integrável com outras metodologias e ferramentas utilizadas pela empresa; não ficar obsoleta em pouco tempo; e ter baixo custo operacional. Estas necessidades foram uma das diretrizes principais na concepção da metodologia IDEATRIZ.

6.2 A CONCEPÇÃO DA METODOLOGIA IDEATRIZ

Para atingir o objetivo definido, de criação de uma metodologia eficaz para a ideação, procurou-se:

- identificar, dentre os métodos abordados na revisão da literatura, quais os mais adequados para a ideação de novos produtos;
- definir as etapas da metodologia; e
- criar e/ou adaptar métodos para realizar as etapas.

Estas atividades são descritas no decorrer deste segmento do trabalho.

6.2.1 Experimentação em Situações de Ensino

As experiências com os métodos de ideação em situações de ensino são resumidas no Quadro 6.2 e no Quadro 6.3.

Quadro 6.2 – Resumo da experiência do autor na aplicação dos métodos

Disciplina ou curso	Semestre (S.) / ano	No. de turmas / alunos	Métodos de interesse aplicados	No. de casos
Projetos Mecânicos (EIM – UTFPR)	S. 2 / 1996 ao S. 2 / 2001	11 / 307	<i>Brainstorming</i> , <i>brainwriting</i> , <i>synectics</i> , pensamento lateral, galeria, morfológico	51
Metodologia do Projeto (EIM – UTFPR)	S. 1 / 1999 ao S. 2 / 2005	14 / 375	<i>Brainstorming</i> , <i>brainwriting</i> , <i>synectics</i> , pensamento lateral, galeria, AV, morfológico MPI	79 55
Projetos 3 (TM – UTFPR)	S. 1 e 2 / 2001	2 / 46	<i>Brainstorming</i> , <i>brainwriting</i> , AV, morfológico	10
Projeto Conceitual (GDP ³ – UTFPR)	2005 a 2007	3 / 66	<i>Brainstorming</i> , <i>brainwriting</i> , <i>synectics</i> , AV, morfológico, MPI	11
Metodologia do Projeto (Extensão – UTFPR)	2000 a 2005	3 / 63	<i>Brainstorming</i> , <i>brainwriting</i> , <i>synectics</i> , AV, morfológico, MPI	9
TRIZ (Aditiva)	2005 a 2007	5 / 107	MPI, MS, PPE, 121H, TEs, análise Su-Campo, ARIZ	14
Total	–	31 / 811	<i>Brainstorming</i> <i>Brainwriting</i> <i>Synectics</i> Pensamento lateral Galeria AV Morfológico MPI MS, PPE, 121H, TEs, análise su-campo, ARIZ	160 160 150 130 130 109 160 89 14

As experiências relatadas neste segmento referem-se à aplicação de métodos de ideação em disciplinas dos cursos EIM (Engenharia Industrial Mecânica), TM (Tecnologia em Mecânica) e GDP³ (Especialização em Gestão do Desenvolvimento de Produtos) da UTFPR, bem como em cursos de extensão e em cursos ministrados por meio da Aditiva Consultoria, conduzidos pelo autor. As estatísticas de interesse são as apresentadas no Quadro 6.3.

Quadro 6.3 – Estatísticas referentes às aplicações dos métodos de ideação

Método	Número de casos estudados	Amostra		Idéias geradas		Idéias originais (não encontradas em produtos no mercado nacional)		Idéias úteis (atendem a necessidades genuínas dos potenciais clientes)		Idéias criativas (idéias que atendem tanto ao critério de originalidade como ao de utilidade)		Tempo da sessão (minutos)		Porcentagem de idéias criativas	Idéias geradas por minuto
		m	dp	m	dp	m	dp	m	dp	m	dp	m	dp		
Brainstorming	160	30	58,5	13,9	33,9	10,5	25,5	4,3	10,1	4,2	49	10	17,3	1,4	
Brainwriting	160	30	91,3	8,1	45,3	13,9	27,2	8,5	15,5	8,2	75	10	17,0	1,2	
Synectics	150	27	44,5	8,7	30,8	9,3	13,5	4,1	9,2	3,7	64	11	20,6	0,7	
P. lateral	130	25	27,8	6,3	18,9	6,2	12,8	5,2	4,5	2,1	39	7	16,2	0,7	
Galeria	130	25	49,1	9,7	24,6	6,8	11,0	5,8	6,3	3,8	54	12	12,8	0,9	
AV	109	20	22,3	7,1	12,7	5,9	15,4	4,4	5,2	1,8	78	13	23,3	0,3	
Morfológico	160	30	20,8	6,6	6,2	3,2	12,2	3,6	4,2	2,0	140	19	20,1	0,1	
MPI	89	17	23,1	6,3	15,7	5,1	13,8	4,2	7,6	3,2	49	11	32,9	0,5	
MS	14	3	18,5	4,2	12,3	3,4	8,0	3,7	6,4	2,6	37	8	34,6	0,5	
PPE	14	3	14,3	4,4	11,2	3,1	6,7	2,3	5,2	1,8	25	5	36,3	0,6	
121H	14	3	27,5	8,2	17,9	6,2	12,2	5,2	8,5	2,6	70	13	30,9	0,4	
TEs	14	3	55,0	12,1	30,3	9,6	17,3	7,2	15,2	3,2	150	21	27,6	0,4	
An. su-campo	14	3	13,5	3,2	7,5	3,3	6,0	2,2	7,2	2,7	47	9	53,3	0,3	
ARIZ	14	3	14,2	3,5	6,4	3,0	5,3	2,0	7,4	2,1	125	12	52,1	0,1	

No Quadro 6.3, são tabulados o número total de casos, a amostra a partir da qual foram retiradas as estatísticas (cerca de 30% dos casos) e as estatísticas propriamente ditas: média (m) e desvio padrão (dp) para o número de idéias geradas, número de idéias originais, número de idéias úteis, número de idéias criativas e tempo da sessão. Além disso, o Quadro contém a estatística mais importante, que se refere à eficácia dos métodos: porcentagem de idéias criativas (razão entre as médias das quantidades de idéias criativas e de todas as idéias geradas para cada método). Uma medida da produtividade associada aos métodos também foi incluída (idéias geradas por minuto).

Uma ideia foi considerada criativa nos casos em que era, ao mesmo tempo, útil e original. Uma ideia útil é aquela direcionada para atender a uma necessidade genuína dos clientes, mesmo que tal necessidade seja potencial e ainda não explicitada pelos mesmos. Uma ideia original é aquela que ainda não foi materializada através de soluções disponíveis para os clientes, no mercado.

A variação no número de casos para cada método deveu-se às diferenças nos conteúdos programáticos dos cursos ministrados.

Cada aplicação foi precedida de orientações, por parte do autor, a respeito de cada método, feitas pela forma escrita e oral. As orientações referiram-se a cada método em si, bem como à forma como ele deveria ser aplicado (moderação, programação das atividades no tempo, entre outras informações). A execução acontecia, então, em equipes, tipicamente de 4 a 6 pessoas. Para aplicar os métodos, cada equipe recebia um ou mais formulários.

O autor, neste momento, gerenciava o processo, acompanhando, dirimindo dúvidas e redirecionando as atividades das equipes, caso necessário. No Apêndice 1, é apresentado um exemplo das orientações dadas, para o caso do *brainstorming*. Um exemplo de formulário, utilizado na aplicação do MPI, está no Apêndice 2.

No caso do *brainstorming*, as experiências realizadas indicam que o método fomenta a produção de uma quantidade relativamente elevada de ideias: média de 1,4 ideias por minuto. A quantidade de ideias criativas geradas numa sessão de *brainstorming* está na média dos 17,3%. Muitas ideias geradas por meio do *brainstorming* são originais (média de 33,9 ou 57,9% do total), mas, tendem a não ser tão úteis (média de 25,5 ou 43,6% do total), ou de implementação muito difícil. Por exemplo, numa sessão realizada com foco na ideação de novos produtos para remover tinta, foram geradas as ideias “Usar gatos (que arranham a tinta)” e “Aplicar removedor nanotecnológico”¹⁹. Tipicamente, numa sessão de *brainstorming*, são geradas várias ideias que negam ou fogem do objetivo estabelecido no início da sessão. No mesmo caso citado, são exemplos as ideias “Usar materiais que dispensem pintura”, “Não pintar” e “Eliminar as paredes”²⁰. A experiência mostra que o método é muito dependente do perfil das pessoas da equipe, bem como da competência do moderador, para produzir resultados úteis. No caso supracitado, com o tema “remover tinta”, quatro equipes de alunos da disciplina Metodologia do Projeto do curso de EIM trabalharam com o mesmo objetivo e geraram, num período de uma hora, 23, 27, 31 e 50 ideias. O tempo demandado para a análise e seleção das melhores ideias geradas numa sessão de *brainstorming* tende a ser maior que o dobro do tempo investido na ideação.

Os resultados obtidos com o *brainwriting* foram muito similares aos alcançados com o *brainstorming*: 17,0 contra 17,3 pontos percentuais, em termos de percentual de ideias criativas produzidas.

Quanto ao método *synectics*, observou-se que ele demanda uma disciplina maior por parte da equipe de trabalho do que o *brainstorming*, bem como um adequado trabalho de moderação. Por outro lado, o método favorece o aprofundamento da análise do problema original – na verdade, o *synectics* parte de uma sessão de *brainstorming*, seguida de uma reformulação do problema – e conduz a equipe a buscar informações oriundas de domínios análogos e a levá-las para dentro do domínio do problema. Com isto, as ideias geradas tendem a ser em menor quantidade do que acontece no *brainstorming*, mas, melhor qualidade, ou seja, mais criativas (20,6% contra 17,3%). Isto, provavelmente, decorre do incentivo das analogias ao mecanismo mental da associação, o que também é fortemente utilizado nos métodos da TRIZ. A geração de um menor número de ideias facilita o processo de avaliação.

As aplicações realizadas do pensamento lateral demonstraram elevada capacidade do método em conduzir à geração de ideias originais (média de 18,9 ideias originais, ou 68%). O resultado em termos de ideias criativas, entretanto (16,2%), é similar ao obtido com o *brainwriting*.

19 Este tipo de ideia, embora não possa ser qualificada como criativa (útil e original) é coerente com o processo do *brainstorming*, que incentiva a geração livre de ideias, sem críticas. Tais ideias podem servir como disparadoras de ideias criativas.

20 De forma similar à nota anterior, este tipo de ideia não pode ser qualificada como criativa, mas, reconhece-se que pode induzir a equipe a ideias criativas.

Quanto ao método da galeria, notou-se desempenho inferior aos demais métodos intuitivos avaliados (*brainstorming*, *brainwriting*, *synectics* e pensamento lateral): 12,8% de ideias criativas, contra uma média de 17,8% para os demais. Não se tem uma explicação conclusiva para este desempenho, mas, acredita-se que pode advir de uma maior tendência do método a criar padrões de pensamento, nos quais a equipe envolvida entra e tem dificuldades para sair.

Nas aplicações realizadas com uso da análise do valor, percebeu-se que o método tende a resultar em ideias criativas (23,3%), que atingem questões relevantes a serem resolvidas no produto considerado e não em número excessivo, resultando em facilitação do processo de avaliação. Por outro lado, as ideias tendem a ser focalizadas no projeto de configuração e projeto detalhado, sendo mais raro uma equipe chegar a questionar os princípios de funcionamento centrais que compõem a concepção do produto e seus problemas associados.

Um exemplo característico é apresentado na Ilustração 6.1 (Da Costa *et al.*, 2002). Neste caso, desenvolvido na disciplina Metodologia do Projeto do curso de EIM, foi analisado um furador de papel (A). Três exemplos de ideias geradas são apresentados (B, C e D). Nota-se que as ideias B e C são, essencialmente, racionalizações do produto, principalmente do ponto de vista do uso de materiais. A ideia D foi a mais original gerada nesta aplicação em especial e envolve, além do uso de novos materiais, a modificação da própria concepção do furador. Entretanto, o princípio de funcionamento relacionado com a execução da função principal (furar papel, ou, ampliando um pouco o foco, furar materiais) permanece o mesmo: cisalhamento, com uso de um punção e uma matriz. Esta solução está sujeita ao mesmo problema de desgaste que ocorre na grande maioria dos furadores. O papel é um material abrasivo e, em pouco tempo, desgasta o par punção/matriz, resultando em furação deficiente e no conhecido problema da “mastigação” do papel.

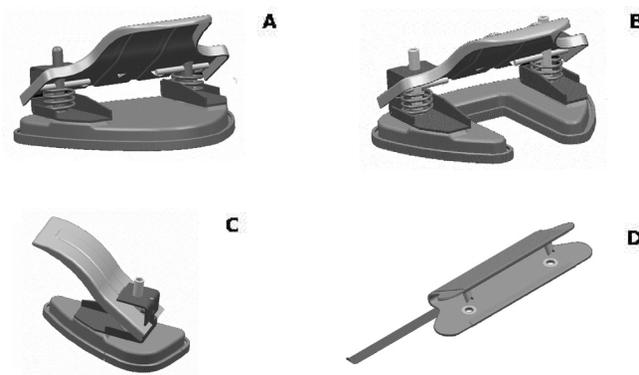


Ilustração 6.1 – Ideias geradas na análise do valor de um furador de papel de mesa (da Costa *et al.*, 2002)

O método morfológico depende da qualidade da definição dos parâmetros, da pesquisa por soluções existentes para os mesmos e da adequada geração de ideias para cada um dos parâmetros, a qual pode ser feita livremente ou com o auxílio de outros métodos de ideação (*brainstorming*, *synectics*, método dos princípios inventivos, entre outros). O número de alternativas teoricamente possíveis é elevado, mas, na prática, a equipe envolvida logo percebe que há combinações teoricamente possíveis, mas, que são incompatíveis

e/ou absurdas. Por exemplo, em geral, não faz sentido combinar um princípio de solução que envolva acionamento hidráulico com outro que envolva o provimento de energia elétrica ou pneumática. Mesmo dispensando-se as combinações obviamente incompatíveis e/ou absurdas, o número de variantes que podem ser geradas (na verdade, que deveriam ser geradas para a exploração mais completa possível do espaço de soluções) tende a permanecer elevado, o que demanda, em geral, grande esforço de avaliação²¹. Notou-se, ainda, que, se o uso do método morfológico for precedido por uma pesquisa exaustiva por soluções existentes, tende a crescer a tendência do grupo à inércia psicológica, ou seja, a não conseguir descolar-se do que foi pesquisado, para poder gerar ideias originais. Dependendo da qualidade das ideias geradas por meio de outras técnicas e da habilidade com que são feitas as combinações, entretanto, o método pode levar à produção de ideias criativas. O valor alcançado pelo método morfológico foi de 20,1% de ideias criativas.

No caso do MPI, na comparação com os demais métodos, percebe-se uma relativamente pequena quantia de ideias geradas, mas, que tendem a ser criativas. O valor alcançado foi dos mais elevados: 32,9%.

Os demais métodos associados da TRIZ avaliados (MS, PPE, 121H, TEs, Análise Su-Campo e ARIZ) também alcançaram elevados valores percentuais de ideias criativas, sendo o mais elevado o conseguido com a Análise Su-Campo (53,3%). Percebe-se que estes métodos estão entre os de aplicação mais demorada, mas, oferecem resultados compensadores em termos de ideias criativas.

Por ordem decrescente do percentual de ideias criativas geradas, os métodos classificam-se desta forma: Análise Su-campo, ARIZ, PPE, MS, MPI, 121H, TEs, AV, *Synectics*, Morfológico, *Brainstorming*, *Brainwriting*, Pensamento lateral e Galeria. Uma metodologia de ideação eficaz deveria utilizar, preferencialmente, os métodos com mais alta pontuação. Entretanto, algumas considerações adicionais precisam ser feitas.

Análise Su-Campo, ARIZ, PPE, MS, MPI e 121H são métodos para resolver problemas específicos de sistemas técnicos. Não foram criados para a ideação de novos produtos. Boa parte de suas heurísticas, entretanto, podem ser adaptadas para esta finalidade.

As TEs já são, na forma atual, adequadas para a ideação de novos produtos, como ficou claro nas estatísticas e em aplicações realizadas pelo autor e/ou sob sua orientação desde 2004, detalhadas no próximo item.

A AV tem a vantagem de focalizar a atenção da equipe no que interessa para os clientes, que é a maximização do valor.

Considerando os resultados obtidos na avaliação dos métodos de ideação, bem como outros estudos comparativos (ALTSHULLER, 1956, 1979, 1986; HOROWITZ & MAIMON, 1997; HOROWITZ, 1998), decidiu-se basear a IDEATRIZ nos métodos heurísticos, bem como na diretriz apontada pelo conceito de valor (MILES, 1961).

21 Nas aplicações realizadas do método morfológico, foi utilizado o processo de avaliação proposto por Ullman (1992), que inclui três avaliações iniciais mais grosseiras, nas quais se busca a convergência para uma quantidade menor de ideias, as quais são, então, avaliadas por meio de uma ferramenta multicritério.

6.2.2 Experimentação em Situações de Pesquisa

Além dos experimentos realizados em ambientes de ensino, foram realizadas aplicações de métodos de ideação em trabalhos de iniciação científica e de pós-graduação *lato sensu*.

Inicialmente, suspeitava-se que uma metodologia eficaz de ideação poderia derivar do uso das TEs, associadas às tendências mercadológicas. Assim, foram realizados trabalhos pelo próprio autor ou sob sua orientação, no sentido de conhecer em detalhe os modos de operação, vantagens e desvantagens destas abordagens (DA ROCHA, 2004; DA ROCHA *et al.*, 2004; BOGÉA, 2005; BOGÉA *et al.*, 2005; KAUS *et al.*, 2005; DE CARVALHO *et al.*, 2006; DE CARVALHO *et al.*, 2007).

Percebeu-se que o proposto por Altshuller (1979), Polovinkin (1985), Altshuller *et al.* (1989), Salamatov (1991), Linde & Hill (1993), Invention Machine (1995), Savransky (2000), Zlotin & Zusman (2001), Mann (2002), Petrov (2002), Clausing & Fey (2004) e Zakharov (2004) é, se considerado como abordagem de ideação, essencialmente, a mesma coisa: usar tendências, organizadas a partir de patentes e literatura referente à história da tecnologia, para imaginar como um sistema poderá vir a ser, no futuro.

Por meio dos estudos realizados verificou-se que, em síntese, as TEs têm a vantagem, em relação às abordagens intuitivas e mesmo sistemáticas, de orientar a ideação para direções provavelmente mais promissoras, pelo menos do ponto de vista tecnológico. Por outro lado, a ideação com uso das TEs carece de propósito: muitas das ideias geradas não têm conexão com os interesses mercadológicos. Deste modo, muito trabalho é deixado para a etapa posterior à de ideação, que é a de avaliação.

Quanto às tendências mercadológicas, a pesquisa feita na literatura relevante (POPCORN, 1993; POPCORN & MARIGOLD, 1997; HILL, 2003) demonstrou que elas são muito genéricas, embora possam ser úteis como subsídio para métodos de ideação como o *brainstorming*, por exemplo. Chegou-se a iniciar a configuração de uma ferramenta que cruzaria as TEs com as tendências mercadológicas para a ideação de novos produtos, buscando atender aos dois lados do objetivo desta pesquisa (ideias criativas e de potencial mercadológico), mas, no meio deste processo, surgiu a ideia, considerada de maior potencial, de aplicar o conceito de valor.

6.2.3 Definição das Fases e Ferramentas da IDEATRIZ

Neste momento da pesquisa, havia fortes indicações para utilizar, na metodologia de ideação a ser proposta:

- o conceito de valor (MILES, 1961; SOBOLEV, 1987), uma vez que a maximização do valor é o principal objetivo a ser perseguido pelas organizações, de modo a alcançar suas metas particulares;
- a proposta da VDP (GOLDENBERG & MAZURSKY, 2002), como forma de aportar conhecimento mercadológico à ideação²²;

²² Lembrando que, de acordo com Goldenberg & Mazursky (2002), o conhecimento mercadológico está embutido no “DNA” dos produtos existentes de uma empresa.

- o conceito de inovação disruptiva (CHRISTENSEN, 2000), de modo a considerar que a inovação não deve voltar-se somente para mais e melhores características, mas, também para o baixo mercado e para o não-mercado; e
- as ferramentas da TRIZ para a ideação, uma vez que, nos experimentos realizados, elas demonstraram ser as que conduzem a um maior percentual de ideias criativas.

A partir destas premissas, o raciocínio lógico levou à concepção da IDEATRIZ com uma fase de decisão a respeito do produto a ser ouvido, uma fase de ideação, com uso de heurísticas e uma fase de avaliação.

Para a fase de decisão, foi criada a matriz de valor e potencial de lucro, discutida mais adiante. O objetivo de criar tal ferramenta foi o de estabelecer uma matriz de fácil compreensão, na qual os produtos atuais de uma empresa podem ser posicionados e se pode estabelecer qual o item prioritário para análise.

De forma a definir o ferramental para a fase de ideação, foi realizada uma varredura em todas as heurísticas conhecidas dentro da literatura relacionada com TRIZ: Tendências da Evolução, Princípios Inventivos, 121 Heurísticas, Princípios de Separação, Padrões Inventivos e Heurísticas do Método SIT. Cada uma das heurísticas foi analisada e, a partir desta análise, montou-se uma hierarquia, associando formas de maximizar o valor com heurísticas que provoquem ideias criativas. Dentre as heurísticas analisadas, somente foram incluídas na IDEATRIZ aquelas que puderam ser associadas genericamente à maximização do valor (V). A TE “Aumentar o uso da cor”, por exemplo, pode conduzir a soluções criativas, mas, não implica obviamente em aumento do valor e, portanto, não faz parte das heurísticas da IDEATRIZ.

Quanto à avaliação, verificou-se na literatura que existem diversas abordagens para avaliar ideias de novos produtos. Na IDEATRIZ, decidiu-se utilizar a avaliação multicritério (URBAN & HAUSER, 1993; MANN, 2004).

Uma vez definidas as fases de decisão, ideação e avaliação, realizou-se um teste, com auxílio de uma aluna de iniciação científica, simulando a aplicação da metodologia na geração de ideias com foco num portão residencial automatizado. Percebeu-se, nesta aplicação:

- a necessidade de incluir uma etapa de elaboração das ideias geradas (Formular e Resolver Contradições), logo após a aplicação das heurísticas, uma vez que algumas ideias, embora interessantes, têm desvantagens óbvias, que resultariam na sua subsequente desclassificação (na fase de avaliação);
- a necessidade de incluir uma avaliação mais grosseira (votação) inspirada no preconizado pela Técnica Nominal de Grupo (BRASSARD & RITTER, 1994), antes da avaliação multicritério, de modo a limitar a quantidade de ideias a ser considerada na mesma.

Além disso, decidiu-se incluir, na fase de ideação, subsídios para a definição da forma a ser adotada para maximizar o valor. Deste modo, chegou-se à configuração final da metodologia, sintetizada na Ilustração 6.2 e descrita a seguir.

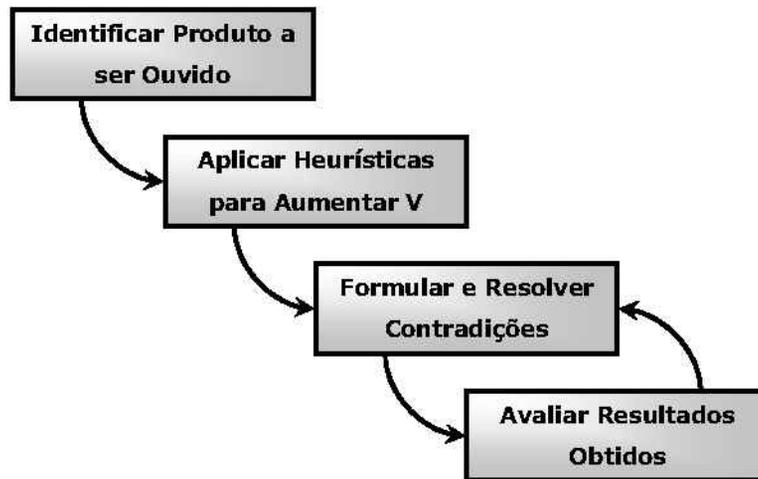


Ilustração 6.2 – Fases da metodologia IDEATRIZ

6.3 METODOLOGIA IDEATRIZ

A TRIZ preconiza que os sistemas técnicos evoluem no sentido do aumento da idealidade. A IDEATRIZ baseia-se no fato de que, em termos mercadológicos²³, os sistemas evoluem no sentido do aumento da funcionalidade e da redução do uso de elementos necessários para o provimento da funcionalidade. Na análise de valor, tais elementos são representados pelo custo. Na IDEATRIZ, este conceito é substituído pelo que se define como conexões, como estabelecido por Yezersky (2006).

Mais especificamente, conexões são interfaces, ou seja, condutos que possibilitam a existência de fluxos de energia, matéria e sinal entre elementos um sistema. Por exemplo, numa escova de dentes simples, existem dois elementos principais: cabo e cerdas. O cabo conecta-se com as cerdas e com as mãos do usuário. O cabo recebe energia e informação das mãos e as conduz até às cerdas e recebe informação das cerdas e a transmite até às mãos. Um exemplo de conexão ou interface não sólida é aquela que existe entre a televisão e o telespectador.

A ideação de novos produtos está posicionada na fase de Planejamento de Produto do modelo de Pahl & Beitz (1988), como definido no Capítulo 1. Nesta fase, informações referentes a custo são pouco disponíveis e pouco confiáveis. Por este motivo, considerou-se que faz mais sentido utilizar no denominador da definição de valor o conceito de conexão do que o de custo, que é o aplicado na Análise de Valor.

Na IDEATRIZ, portanto, Valor é diretamente proporcional às funções e inversamente proporcional às conexões:

$$\text{Valor} = \text{Função} / \text{Conexão}, \text{ ou } V = F / C \quad (\text{Eq. 1})$$

²³ Esta afirmação é válida para a maioria dos produtos industriais e não é válida para objetos de arte, artigos de moda, produtos de *griffe* e outros produtos para os quais o valor de estima (status), ou o apelo emocional é muito elevado em relação ao valor de uso.

As fases da metodologia IDEATRIZ e seus métodos associados são representados graficamente na Ilustração 6.3. A aplicação da metodologia consiste na identificação de um produto existente, na aplicação de heurísticas para aumentar V, na formulação e resolução de contradições e, finalmente, avaliação dos resultados obtidos.

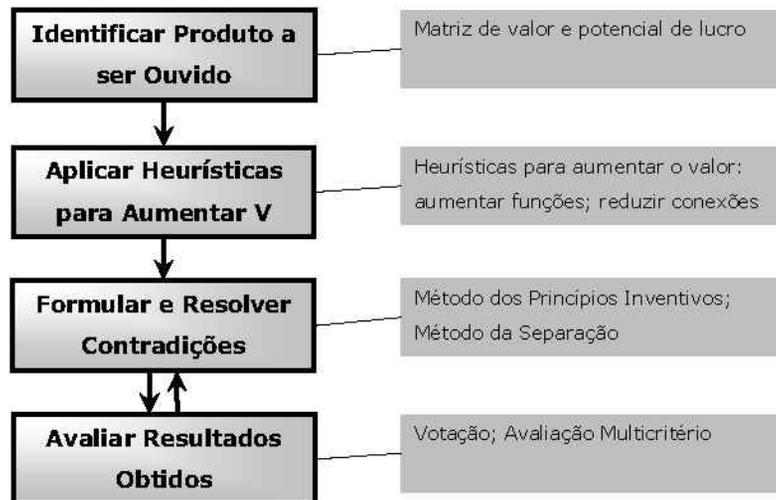


Ilustração 6.3 – Fases e ferramentas da metodologia IDEATRIZ

Cada um dos elementos da metodologia é explicado a seguir.

6.3.1 Identificar Produto a ser Ouvido

Coerente com a abordagem da Voz do Produto, a aplicação da IDEATRIZ sempre é focada num produto existente, que pode ser qualquer produto de interesse para a organização usuária da metodologia. Para a otimização do uso do tempo e dos recursos, entretanto, são oferecidas ferramentas para a escolha do produto a ser analisado.

A matriz de valor e potencial de lucro, apresentada na Ilustração 6.4, é uma ferramenta que pode apoiar a decisão sobre o produto a ser escolhido como foco da ideação. Os aspectos a considerar para posicionar produtos na matriz são o potencial de lucro e o valor atualmente oferecido.

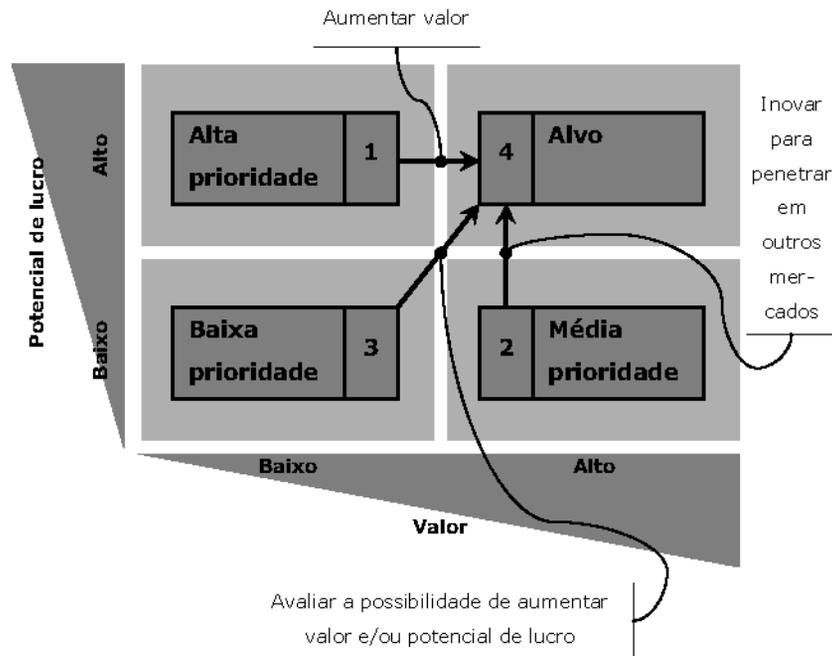


Ilustração 6.4 – Matriz de valor e potencial de lucro

O quadrante alvo é o 4, no qual estão produtos posicionados que oferecem alto valor para os clientes e estão num mercado de elevado potencial de lucro. Os produtos prioritários para análise são, em ordem decrescente, os dos quadrantes 1, 2 e 3. No caso dos produtos do quadrante 1, há a necessidade de aumentar o valor oferecido, para que se possa chegar ao quadrante alvo. Os produtos do quadrante 2 já oferecem elevado valor em relação aos concorrentes, mas, precisam penetrar em novos mercados, de modo a aumentar o potencial de lucro. Os produtos do quadrante 3 são os de menor nível de prioridade, uma vez que, neste caso, é necessário aumentar tanto o potencial de lucro como o valor antes de chegar ao quadrante 4.

Produtos antigos, que encontram-se na fase de declínio em seus ciclos de vida no mercado posicionam-se nos quadrantes 2 ou 3.

Outras indicações que podem ser utilizadas para a definição dos produtos a serem analisados com uso da IDEATRIZ são:

- produtos que não chegaram a ser introduzidos no mercado, por não terem sido considerados viáveis, mas, cujo momento de lançamento possa ter chegado (KARANJIKAR, 2007);
- produtos de empresas concorrentes.

6.3.2 Aplicar Heurísticas para Aumentar V

O aumento de V pode ser obtido, fundamentalmente, pelo aumento de F e/ou pela diminuição de C. Nesta fase, é importante a consideração das cinco formas para aumentar V, resumidas na Ilustração 6.5 e decisão por uma delas.

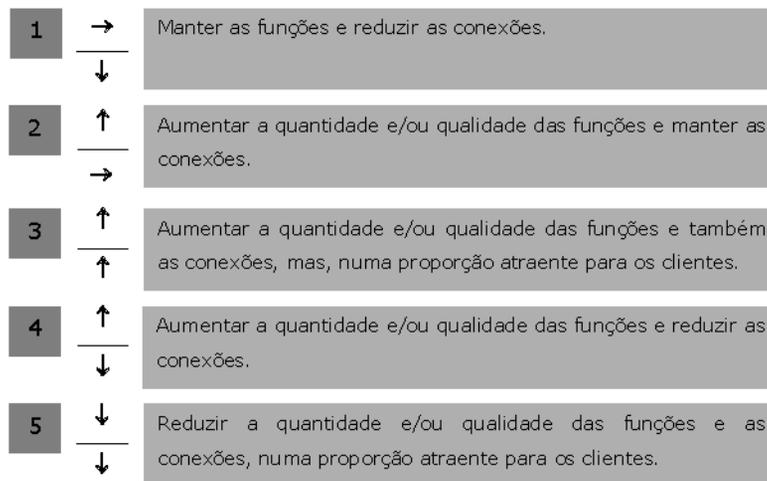


Ilustração 6.5 – Formas possíveis para maximizar V

As heurísticas da metodologia IDEATRIZ são sintetizadas na Ilustração 6.6, bem como explicadas e exemplificadas a seguir. As heurísticas são sublinhadas no texto.

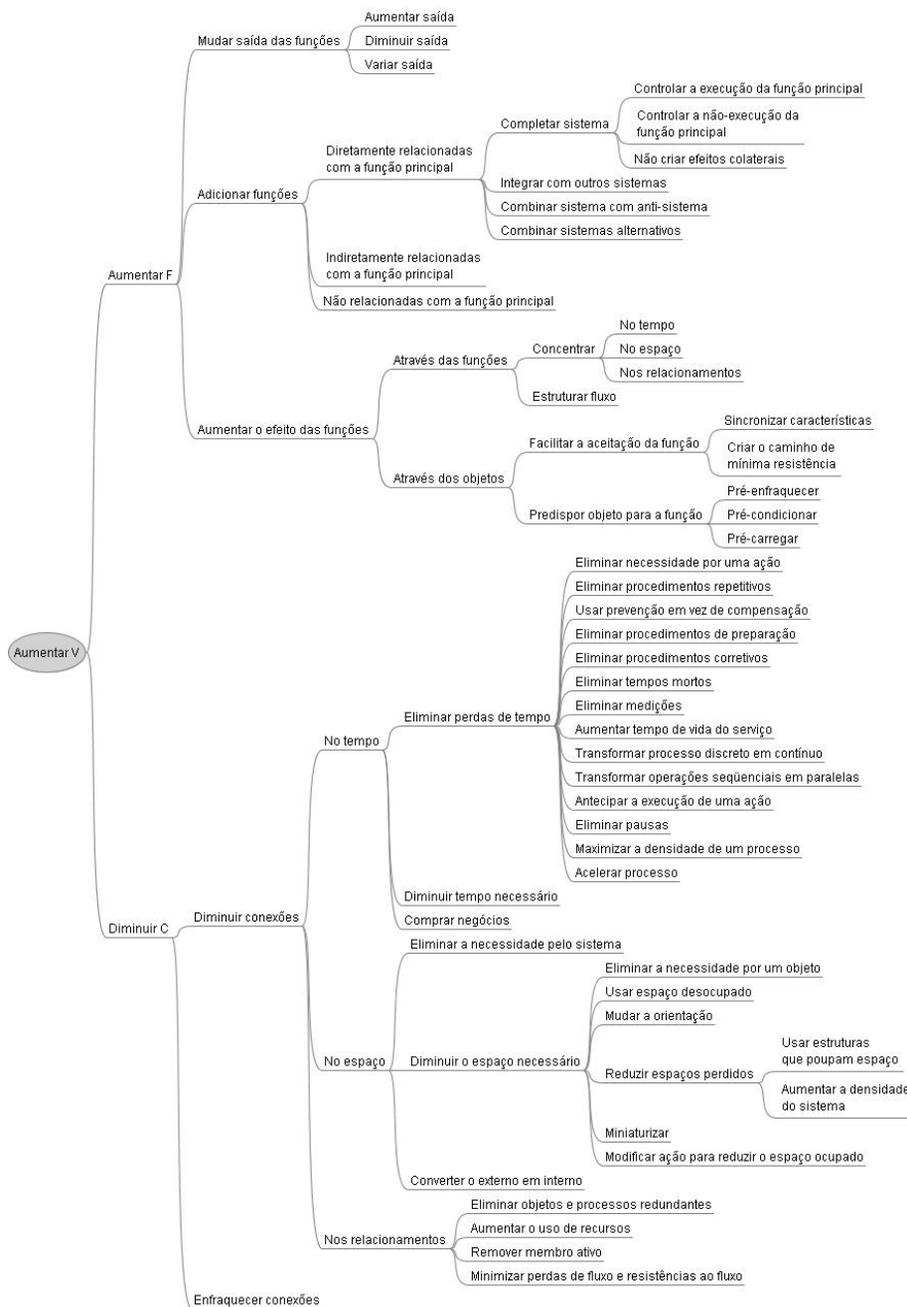


Ilustração 6.6 – Heurísticas da metodologia IDEATRIZ

6.3.2.1 Heurísticas para Aumentar F

A heurística Aumentar F pode ser implementada com as ações Mudar saída das funções, ou seja, do resultado que pode ser obtido com as funções existentes, Adicionar funções ou Aumentar o efeito das funções.

A heurística Mudar saída das funções pode ser realizada por meio das ações de Aumentar, Diminuir ou Variar a saída.

Aumentar saída consiste em identificar a função a ter sua saída aumentada, formas pelas quais isso pode ser realizado e características que são pioradas com isso. Uma das

maneiras pelas quais pode acontecer o aumento de funções é em acordo com a TE Monobi-poli (similares), descrita no Capítulo 5. As contradições técnicas devem ser resolvidas com o uso do Método dos Princípios Inventivos. Preferencialmente, o aumento da saída funcional deve acontecer sem o acréscimo de conexões. Por exemplo, a saída a ser aumentada num carrinho de mão é a de sua função principal: transportar materiais. Para transportar mais materiais, uma possibilidade é aumentar a capacidade de carga do carrinho. As características prejudicadas com isso são ergonomia e manobrabilidade. As contradições que precisam ser resolvidas são: capacidade de carga versus ergonomia e capacidade de carga versus manobrabilidade. Novas soluções que resolverem estas contradições terão maior probabilidade de sucesso mercadológico do que aquelas atualmente encontradas nas lojas de materiais e ferramentas para construção.

Na IDEATRIZ, Diminuir saída não significa deteriorar, mas, buscar espaço para uma tecnologia interruptiva (CHRISTENSEN, 2000) – um nicho no qual um produto com saída funcional menor seja aceitável. Por exemplo, a empresa Vtech decidiu sair do mercado de telecomunicações e entrar no de brinquedos. Sua tecnologia era considerada ruim para uso na telefonia (estava causando uma quantidade muito grande de reclamações de clientes), mas, é suficiente para o mercado de brinquedos.

Variar saída corresponde à tentativa de casar o provimento da função com a variação da demanda por ela. Esta heurística pode ser implementada, entre outras possibilidades, por meio de heurísticas da TRIZ como Aumento da Controlabilidade, Dinamização, Materiais inteligentes e Segmentação. Um ventilador de teto tem como função principal “movimentar ar”. A possibilidade de variação da saída desta função é interessante para os usuários, porque permite que o ventilador possa ser usado numa gama maior de condições meteorológicas.

As transformações associadas à heurística Adicionar Funções são as mostradas na Ilustração 6.7. As funções a serem adicionadas podem ser direta ou indiretamente relacionadas com a função principal, ou, ainda, não ter relacionamento com a função principal.



Ilustração 6.7 – Adicionar funções e heurísticas associadas

Quanto à completeza funcional de um sistema, postula-se aqui que um sistema não está funcionalmente completo enquanto não há controle sobre a execução da função principal e sobre a não-execução da função principal, bem como a ausência de efeitos colaterais.

O controle sobre a função principal exige o preenchimento de algumas condições nas quais deve acontecer o controle. Devem ser controláveis o momento de início, a direção, o modo e o período de execução, assim como o momento de término. Além disso, o sistema

deve evitar a perda de controle e restaurar o controle, caso ele tenha sido perdido. Pode-se notar que raros são os sistemas funcionalmente completos de acordo com estas definições, ou seja, somente este conjunto de heurísticas abriga uma vasta gama de possibilidades de adição de funções úteis. Por exemplo, num portão de residência típico, acionado por motor elétrico, roda dentada e cremalheira, o momento de início, a direção, o modo e o período de execução e o momento de término são controlados, seja pela própria configuração do sistema, seja por meio de um controle remoto. Entretanto, o sistema não evita a perda de controle (seja por falha ou coação) nem restaura o controle, caso ele tenha sido perdido. Estas são funções que, se implementadas com sucesso, podem diferenciar um novo sistema do tipo, a ser lançado no mercado.

A adição de funções com uso da heurística Integrar com outros sistemas propõe adicionar, ao sistema em análise, a estrutura de um outro sistema, responsável por executar a função que se pretende acrescentar. O histórico indica que a adição de funções relacionadas²⁴ com as funções principais do sistema original tende a ser melhor aceita pelo mercado que a adição de funções não-relacionadas, ou seja, o processo de integração funcional deve ter um objetivo claro, não devendo ser realizado a esmo. Neste sentido, alguns exemplos de sucessos e fracassos são oferecidos no Quadro 6.4.

Quadro 6.4 – Exemplos de adição de funções por integração

Integração de funções relacionadas - sucessos	Integração de funções não-relacionadas - fracassos
Chapéu com protetor de orelhas (sistemas relacionados com proteção).	Chapéu-bolsa (um sistema relacionado com proteção e outro com transporte).
Carteira com porta-moedas e/ou com estojo para telefone celular ou computador de mão (sistemas relacionados com transporte).	Carteira com relógio (um sistema relacionado com transporte e outro com informação).
Rádio-relógio (sistemas relacionados com informação).	Rádio com luminária (um sistema relacionado com informação e outro com iluminação).
Telefone celular com computador de mão (sistemas relacionados com informação).	Telefone celular com arma de choque (um sistema relacionado com informação e outro com defesa pessoal).

Combinar sistema com anti-sistema é uma forma especialmente interessante de acrescentar funções, porque, muitas vezes, soluciona contradições previamente existentes. Esta heurística tem relação com a TE Mono-bi-poli (aumento das diferenças), abordada no Capítulo 5. Um exemplo de combinação de sistema e anti-sistema é a guerra química: o agressor protege-se, previamente, contra a substância a ser utilizada no ataque. Outros exemplos são o lápis-borracha e a máquina de lavar carpetes, que molha o carpete com água e detergente e aspira a mistura, juntamente com a sujeira.

A Hibridização, vista no Capítulo 5, é a forma de implementar a heurística Combinar sistemas alternativos. Esta heurística relaciona-se com a TE Mono-bi-poli (diversos).

A adição de funções Indiretamente relacionadas com a função principal pode ser implementada em 4 passos:

²⁴ Na verdade, sempre se pode encontrar um relacionamento entre duas funções, uma vez que tudo está, de alguma forma, inter-relacionado no Universo. Para efeitos práticos, por função relacionada, entende-se uma função próxima da função original.

- 1) Identificar a função principal do sistema;
- 2) Identificar super-funções alternativas do sistema (funções que contêm aquela identificada no passo 1);
- 3) Identificar outras sub-funções alternativas, que estejam posicionadas abaixo da super-função do sistema;
- 4) Verificar a possibilidade e utilidade de fazer a adição.

Por exemplo, fraldas descartáveis cumprem a função principal absorver substância. Super-funções desta podem ser manter limpeza, ou prover higiene. Outras sub-funções de manter limpeza ou prover higiene são: limpar pele, neutralizar odores e prover cheiro agradável. Estas são funções indiretamente relacionadas com a função absorver substância, e que poderiam ser adicionadas a novos produtos.

A adição de funções Não-relacionadas com a função principal tende a ser a heurística menos eficaz deste ramo, pelo menos ao considerar-se a história. Produtos compostos por elementos sem relacionamento funcional próximo tendem a tornar-se fracassos de mercado, como exemplificado no Quadro 6.4.

O Aumento do efeito das funções é resumido na Ilustração 6.8. Ele pode ser alcançado por meio das funções e/ou de objetos sobre os quais são executadas as funções.

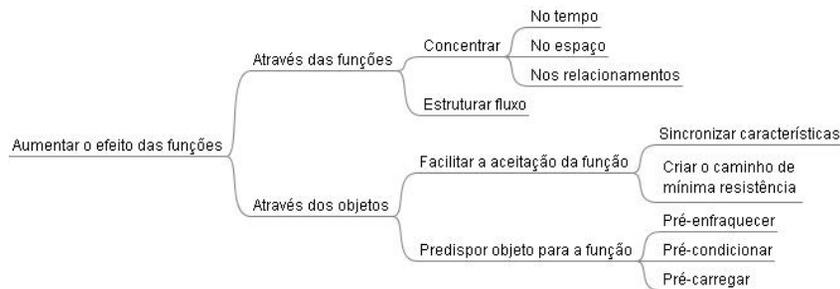


Ilustração 6.8 – Aumento de V pelo aumento do efeito das funções

Por meio das funções, as possibilidades de aumento do efeito são Concentrar (no tempo, no espaço e nos relacionamentos²⁵) e Estruturar fluxo. Exemplos de concentração e de estruturação são apresentados no Quadro 6.5.

Quadro 6.5 – Exemplos de Aumentar o efeito das funções – Por meio das funções

Heurísticas	Exemplos
Concentrar no tempo	Explosões, choques, impulsos.
Concentrar no espaço	Leite condensado, detergente, <i>pen drive</i> .
Concentrar nos relacionamentos	Medicamentos de ação seletiva.
Estruturar fluxo	Autopistas com limites de velocidade diferentes conforme a faixa.

O aumento do efeito das funções por meio dos objetos pode ter duas finalidades: fazer com que não haja grande resistência para a execução das funções (Facilitar a aceitação da função) ou tornar as funções mais facilmente controláveis (Predispor objeto para a função). No Quadro 6.6, são fornecidos exemplos destas heurísticas.

²⁵ As ações no tempo e no espaço são de fácil compreensão. As ações nos relacionamentos são aquelas que acontecem em ou entre elementos de um sistema.

Quadro 6.6 – Exemplo de Aumentar o efeito das funções - Por meio dos objetos

Heurísticas		Exemplos
Facilitar a aceitação da função	Sincronizar características	Teclado ergonômico para computadores.
	Criar o caminho de mínima resistência	Papel toalha.
Predispor objeto para a função	Pré-enfraquecimento	Fusíveis.
	Pré-condicionamento	Condicionador capilar, amaciante de roupas.
	Pré-carregamento	Concreto protendido, fusos de esferas pré-carregadas usados em máquinas operatrizes (eliminação de folgas).

6.3.2.2 Heurísticas para Diminuir C

O lado complementar ao aumento da funcionalidade, ou seja, a diminuição de conexões (Diminuir C) pode ser alcançado pela redução do número de conexões necessárias para a realização das funções e pelo enfraquecimento das conexões existentes.

A redução do número de conexões pode ser obtida no tempo, no espaço e nos relacionamentos. Em geral, a redução de C não deve interferir com o aumento de F, exceto quando o objetivo é:

- explorar um novo nicho de mercado, de acordo com o conceito da tecnologia interruptiva (CHRISTENSEN, 2000), como, por exemplo, no caso de automóveis ou eletrodomésticos populares;
- adicionar uma nova função útil, como no caso de produtos descartáveis.

As heurísticas básicas para a redução do número de conexões no tempo são Eliminar perdas de tempo e Diminuir tempo necessário. Estas heurísticas e suas sub-heurísticas são apresentadas e exemplificadas no Quadro 6.7.

Quadro 6.7 – Exemplos de Diminuir conexões – No tempo

	Heurísticas	Exemplos
Eliminar perdas de tempo	<u>Eliminar necessidade por uma ação</u>	Refeições prontas; sucos prontos; digitalização de textos com reconhecimento de caracteres.
	<u>Eliminar procedimentos repetitivos</u>	Batedeira; liquidificador; lavadora de louças.
	<u>Usar prevenção em vez de compensação</u>	Cerca elétrica; sistemas de vigilância; cintos de segurança.
	<u>Eliminar procedimentos de preparação</u>	Modelos pré-definidos para a criação de páginas <i>html</i> ou <i>blogs</i> ; configurações de imagem pré-definidas em televisores; roupas ajustáveis (eliminam a necessidade de ajuste das costuras).
	<u>Eliminar procedimentos corretivos</u>	Função de autocorreção em processadores de texto; exames preventivos de saúde; vacinação.
	<u>Eliminar tempos mortos</u>	Rotinas noturnas pré-programadas de <i>backup</i> de computadores; manutenções realizadas em horários não produtivos; luminárias com painéis solares, que carregam suas baterias durante o dia.
	<u>Eliminar medicações</u>	Medicamentos embalados nas doses prescritas; arroz em saquinhos.
	<u>Aumentar tempo de vida do serviço</u>	Sementes de mostarda aplicadas em pontos de acupuntura e presas com adesivos; aplicação de cera após a lavagem de um veículo; aerossol fixador para cabelos.
	<u>Transformar processo discreto em contínuo</u>	Robô cortador de grama: corta continuamente pequenas quantidades de grama.
	<u>Transformar operações seqüenciais em paralelas</u>	Buchas auto-perfurantes para alvenaria e gesso (substituem os processos seqüenciais de furar e montar as buchas).
Eliminar perdas de tempo	<u>Antecipar a execução de uma ação</u>	Função pré-lavar em máquinas de lavar roupas ou louças.
	<u>Eliminar pausas</u>	Estojo afiador para tesouras: a cada vez que a tesoura é usada e guardada, ela é afiada, dispensando o tempo de espera por uma afiação.
	<u>Maximizar a densidade de um processo</u>	Transmissão de dados em banda larga.
	<u>Acelerar processo</u>	Esterilização de batatas por meio da aplicação de uma chama durante um período de tempo muito curto.
Diminuir tempo necessário		Tinta ou cimento de secagem rápida.

A diminuição de conexões também pode acontecer no espaço, conforme as heurísticas ilustradas no Quadro 6.8 e no Quadro 6.9, a seguir.

Quadro 6.8 – Exemplos de Diminuir conexões – No espaço

Heurísticas		Exemplos
<u>Eliminar a necessidade pelo sistema</u>		PCs eliminaram, em muitos casos, a necessidade por computadores de grande porte; a educação e conscientização das pessoas pode eliminar a necessidade do uso de dispositivos anti-furto.
<u>Diminuir o espaço necessário</u>	<u>Eliminar a necessidade por um objeto</u>	Trator sem chassis (o conjunto motor, caixa de câmbio e unidade hidráulica executam, também, a função de suportar e transmitir o peso às rodas e ao solo).
	<u>Usar espaço desocupado</u>	Mezanino (aproveitamento da altura, anteriormente não aproveitada, na configuração de um ambiente).
	<u>Mudar a orientação de um objeto</u>	Laminadores, utilizados na indústria metalúrgica, são, em geral, horizontais e ocupam grandes áreas. No Japão, são comuns laminadores verticais.
	<u>Diminuir perdas de espaço – usar estruturas que poupam espaço</u>	Estacionamento para automóveis ou marina com arranjo em prateleira (um automóvel ou embarcação é armazenado em cima de outro).
	<u>Diminuir perdas de espaço – aumentar a concentração (densidade) do sistema</u>	Adensamento, utilizado em algumas culturas agrícolas; aparelhos de som; lojas na forma de quiosques em <i>shopping centers</i> .
	<u>Miniaturizar</u>	Componentes eletrônicos. Micro e nanomotores.
	<u>Modificar uma ação de forma a reduzir o espaço ocupado</u>	Em <i>shopping centers</i> , o compartilhamento do espaço (praça de alimentação) modifica a ação do cliente e elimina a necessidade por salões individuais para cada restaurante.
<u>Converter o externo em interno</u>		Absorção da função do cadeado pela porta (porta com fechadura). Absorção da função do cavalo pela carruagem (automóvel).

Quadro 6.9 – Exemplos de Diminuir conexões – Nos relacionamentos

Heurísticas	Exemplos
<u>Eliminar objetos e processos redundantes</u>	Disco rígido externo para computadores <i>laptop</i> : a energia para o funcionamento vem da porta USB, tornando desnecessária alimentação externa.
<u>Aumentar o uso de recursos</u>	Turbocompressor: energia anteriormente desperdiçada passa a ser aproveitada para aumentar o rendimento volumétrico de um motor de combustão interna.
<u>Remover elemento ativo</u>	Piloto automático: remove a ação de controle do piloto durante a maior parte de um voo comercial.
<u>Minimizar perdas de fluxo e resistências ao fluxo</u>	Eliminação de fugas de corrente numa instalação elétrica.
<u>Diminuir a densidade dos objetos</u>	Componentes da indústria aeronáutica, cada vez mais leves e com resistência igual ou maior.
<u>Limitar uso de objetos nobres</u>	Ferramentas diamantadas: o diamante é utilizado minimamente, somente na região de corte.

A última heurística para Diminuir C é Enfraquecer conexões, ou seja, reduzir a intensidade das conexões que não possam ser completamente eliminadas.

6.3.3 Formular e Resolver Contradições

Ao se aplicar as heurísticas para a ideiação, é frequente que surjam ideias com potencial de aumentar V , mas, que possuem desvantagens que podem tornar difícil a sua adoção. Nestes casos, é recomendado formular e resolver contradições.

As ideias geradas e suas correspondentes desvantagens podem produzir dois tipos de contradição: técnica ou física. Dentro da IDEATRIZ, as ferramentas para resolver contradições técnicas e físicas adotadas são, respectivamente, o Método dos Princípios Inventivos e o Método da Separação.

6.3.3.1 MPI

A aplicação do MPI para a resolução de contradições técnicas segue o descrito no item 5.2. Particularmente, no caso da resolução de contradições decorrentes de ideias geradas com as heurísticas, ao se considerar as desvantagens da implementação de uma ideia, tem-se uma ou mais contradições praticamente formuladas.

Como visto no item 6.3.2.1, aumentar a saída da função principal de um carrinho de mão envolve transportar mais materiais. Para transportar mais materiais, uma possibilidade é aumentar a capacidade de carga do carrinho. As características prejudicadas com isso são ergonomia e manobrabilidade. As contradições que precisam ser resolvidas são: capacidade de carga versus ergonomia e capacidade de carga versus manobrabilidade.

Considerando o contido no Apêndice 4 – Parâmetros de Engenharia, pode-se fazer a conversão das características contraditórias como indicado no Quadro 6.10.

Quadro 6.10 – Conversão de características contraditórias produzidas por ideias geradas com as heurísticas para parâmetros de engenharia

	Características	Parâmetro(s) de engenharia correspondente(s)
Característica(s) a ser(em) melhorada(s) – CM	Capacidade de carga	Volume do objeto móvel (7) Esforço ou pressão (11) Quantidade de substância (26) Produtividade (39)
Característica(s) piorada(s) – CP	Ergonomia	Forma (12) Facilidade de operação (33) Fatores prejudiciais gerados pelo objeto (31)
	Manobrabilidade	Facilidade de operação (33) Adaptabilidade ou versatilidade (35)

As etapas seguintes são a consulta à matriz de contradições (Anexo), para verificar os Princípios Inventivos a serem utilizados e sua aplicação para resolver cada uma das contradições.

6.3.3.2 MS

No caso do MS, como visto no item 5.4, é preciso formular, a partir do problema identificado, uma contradição física. No caso do aumento da capacidade do carrinho de mão, a contradição física mais evidente é “o carrinho precisa ser grande e pequeno”.

Em seguida, recomenda-se utilizar o Quadro 6.11 para escolher o Princípio ou Princípios de Separação aplicáveis. Características A e –A são as características contraditórias.

Quadro 6.11 – Quadro orientativo do uso dos Princípios de Separação

Princípio	Questões	Se a resposta for "sim"	Se a resposta for "não"
Separação no espaço	É necessário que as características A e -A estejam presentes em todos os lugares?	Tentar outro princípio de separação	Usar o princípio da separação no espaço
	Há algum lugar em que as características A ou -A possam não estar presentes?	Usar o princípio da separação no espaço	Tentar outro princípio de separação
Separação no tempo	É necessário que as características A e -A estejam presentes todo o tempo?	Tentar outro princípio de separação	Usar o princípio da separação no tempo
	Há algum momento em que as características A ou -A possam não estar presentes?	Usar o princípio da separação no tempo	Tentar outro princípio de separação
Separação conforme a condição	É necessário que as características A e -A estejam presentes sob todas as condições?	Tentar outro princípio de separação	Usar o princípio da separação conforme a condição
	Há alguma condição em que as características A ou -A possam não estar presentes?	Usar o princípio da separação conforme a condição	Tentar outro princípio de separação
Separação no sistema	É necessário que as características A e -A estejam presentes em todas as partes do sistema?	Tentar outro princípio de separação	Usar o princípio da separação no sistema
	Há alguma parte do sistema em que as características A ou -A possam não estar presentes?	Usar o princípio da separação no sistema	Tentar outro princípio de separação

Finalmente, é preciso realizar a aplicação dos Princípios de Separação para solucionar a contradição física ou contradições físicas identificadas.

6.3.4 Avaliar Resultados Obtidos

Na quarta e última fase da metodologia IDEATRIZ, os resultados do processo de ideação precisam ser avaliados, para que as ideias de maior potencial possam ser identificadas e, posteriormente, implementadas.

O processo de avaliação da IDEATRIZ deve ser desenvolvido por uma equipe de cerca de 5 pessoas, entre as quais deve estar representada a alta direção da empresa. O processo deve acontecer em quatro etapas. Inicialmente, as ideias geradas devem ser apresentadas. Neste momento, o foco não deve ser em julgar, mas, em compreender as ideias. Opiniões sobre as ideias não devem ser expressas neste momento, mas, os participantes devem ser incentivados a anotar suas opiniões, as quais poderão ser úteis nas etapas seguintes.

Caso o número de ideias gerado tenha sido maior do que 15, o processo de avaliação deverá acontecer em duas etapas, sendo a primeira uma votação e a segunda, avaliação

multicritério. Se o número de ideias tiver sido menor ou igual a 15, poderá ser usada diretamente a avaliação multicritério.

Na votação, cada participante terá 15 votos. Cabe a cada participante distribuir seus votos entre as ideias consideradas melhores. A distribuição dos votos não tem limites: um participante pode distribuir seus votos por até 15 ideias, ou concentrá-los numa única ideia. As 15 ideias mais votadas devem ser numeradas e seguir para avaliação multicritério.

A avaliação multicritério é baseada nos critérios de avaliação listados no Quadro 6.12, sendo cinco os níveis de avaliação possíveis: muito ruim, ruim, média, boa e muito boa. A matriz a ser utilizada para a avaliação está no Apêndice 5.

Uma vez avaliadas as ideias, é necessário verificar se a equipe está satisfeita com o resultado. Caso isto não tenha acontecido, o processo de avaliação deverá ser revisto, até que haja consenso. Com isto, espera-se fomentar o comprometimento dos participantes com a implementação.

Quadro 6.12 – Critérios para avaliação das ideias de novos produtos na metodologia IDEATRIZ

Critérios	Questões a considerar na avaliação
Atratividade e benefícios	O mercado para o qual a ideia é voltada é atrativo para a empresa, em termos de tamanho e taxa de crescimento? Qual a probabilidade de retorno sobre o investimento? Qual a recompensa financeira esperada? Existem benefícios adicionais, como o cumprimento de exigências legais ou o domínio de conhecimento para aplicar em futuros projetos?
Alinhamento	A ideia tem alinhamento com a estratégia da empresa? Há sinergias com o portfólio de produtos e serviços atual? A tecnologia para aplicação no ciclo de vida do produto é dominada pela empresa?
Originalidade	A ideia é original? Há vantagens claras, facilmente perceptíveis, para os potenciais clientes em relação às demais ofertas existentes?
Precocidade	Qual o tempo estimado para implementação da ideia? E para o estabelecimento no mercado? Existe a perspectiva de pioneirismo?
Durabilidade da vantagem	Qual a dificuldade que as outras empresas terão para lançar ofertas alternativas (barreira de entrada)? Em quanto tempo pode-se esperar que surjam cópias? É possível proteger a ideia, por meio de patente ou outra forma?
Duração do ciclo de vida	Em que posição o mercado está no seu ciclo de vida? Qual o tempo estimado do ciclo de vida do produto resultante da ideia?
Investimento	Qual o investimento necessário para viabilizar a ideia, considerando o ciclo de vida do produto?
Sustentabilidade	Como a ideia se posiciona em termos de sustentabilidade ambiental, social e econômica?
Risco	Quais os riscos associados com a ideia? Ela poderá ser viabilizada? Qual o risco de criação de normas ou leis adversas?

A documentação de todo o processo IDEATRIZ é importante, para que ocorra o registro formal e não haja desperdício de ideias que não possam ser implementadas de imediato, mas, que tenham potencial para aproveitamento futuro.

6.3.5 Avaliação da Metodologia IDEATRIZ

A avaliação da metodologia IDEATRIZ teve a finalidade de verificar sua eficácia na ideação de novos produtos.

Os resultados reportados no item 6.2 apontaram que, comparativamente com os demais, os métodos associados à TRIZ tendem a produzir um número relativamente pequeno de ideias e a demandar um tempo maior no processo de ideação, mas, também, a produzir mais ideias criativas. Entretanto, a maior parte dos métodos da TRIZ avaliados não é adequada à ideação de novos produtos, mas, à resolução de problemas. Por isto, foi realizado um trabalho de análise destes métodos e organização dos mesmos em função daquilo que se considerou a finalidade da ideação – maximizar o valor. Disto resultou a obtenção das heurísticas que formam a parte central da IDEATRIZ.

Uma vez criada a metodologia, tornou-se necessário avaliar sua eficácia na prática. Tal avaliação consistiu na realização de sessões de ideação de novos produtos, utilizando as heurísticas da IDEATRIZ. Para estabelecer termos de comparação, também foram aplicados o *brainstorming* e as Tendências da Evolução propostas por Mann (2002).

De forma análoga com o relatado no item 6.2, as sessões de avaliação da IDEATRIZ aconteceram num evento de treinamento. Um total de quatorze indivíduos participou das sessões. Destes, 5 eram profissionais com formação de segundo grau atuantes nas áreas mecânica e elétrica e 9 eram profissionais, sendo 2 engenheiros de produção, 3 engenheiros mecânicos e 4 designers de produto. O curso teve uma duração total de 20h, sendo as primeiras 8h teóricas e as demais 12h, sessões de ideação com uso dos métodos. Para as aplicações, os participantes foram divididos em duas equipes. Cada equipe aplicou os três métodos de ideação definidos para o comparativo. O tema da ideação (no caso do *brainstorming*) foi “ideias para uma nova escova dental”. No caso das TEs e da IDEATRIZ, foi definida uma escova dental dentre os modelos mais simples como o “produto a ser ouvido”. Os resultados são detalhados no Apêndice 6 e resumidos no Quadro 6.13. Procurou-se utilizar métricas similares àquelas anteriormente utilizadas, com a diferença de que, aqui, não foram utilizadas médias e desvios padrão, mas, os valores reais obtidos pelas equipes 1 e 2.

A classificação das ideias geradas foi feita com o auxílio de dois profissionais da área odontológica, respectivamente com 8 e 12 anos de experiência clínica. Eles foram consultados pelo autor, que lhes explicava as ideias geradas e deles recebia a classificação.

Quadro 6.13 – Resultados da ideação com uso do brainstorming, TEs e heurísticas da IDEATRIZ

Método	Ideias geradas		Ideias originais		Ideias úteis		Ideias criativas		Tempo da sessão		Ideias por minuto		% Ideias criativas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Equipe														
<i>Brainstorming</i>	57	91	37	55	32	50	12	17	63	72	0,9	1,3	21	19
TEs	54	65	25	35	47	50	18	17	130	140	0,4	0,5	33	26
IDEATRIZ	99	87	59	50	94	80	55	47	170	155	0,6	0,6	56	54

No caso do *brainstorming*, percebeu-se coerência em termos de percentual de ideias criativas em relação aos testes realizados anteriormente: 21% e 19% de ideias criativas aqui, contra um percentual anterior de 17,3%.

A mesma coerência foi percebida no caso das TEs: 33% e 26% aqui, contra 27,6% anteriores.

O resultado obtido com a IDEATRIZ foi expressivamente superior, com 56% e 54% de ideias criativas geradas. Nota-se que este resultado é coerente com os valores obtidos na avaliação anterior com a Análise Su-campo (53,3% de ideias criativas geradas).

Os resultados da avaliação realizada indicam que a estratégia de aproveitar as heurísticas da TRIZ para a ideação, dentro de uma estrutura coerente com o objetivo de maximizar o valor, foi bem sucedida em gerar ideias criativas e que a IDEATRIZ é uma metodologia eficaz de ideação de novos produtos.

Quanto ao potencial mercadológico das ideias geradas, foram consultados 2 empresários que possuem empresas de médio porte e atuam na área de produtos odontológicos. Ambos concordaram que virtualmente todas as ideias avaliadas como criativas têm potencial de mercado, em algum grau.

Observou-se a geração de uma pequena quantidade e variedade de ideias com as heurísticas para diminuir C, em relação às obtidas com as heurísticas para aumentar F. Acredita-se que o motivo para isto foi o próprio tema da ideação. A escova de dentes é um sistema “aparado”, na linguagem da TRIZ, ou seja, um produto racionalizado. Se um produto mais complexo e com mais subsistemas tivesse sido o foco da ideação, as heurísticas para diminuir C poderiam ter sido mais úteis.

Olhando além dos resultados estatísticos, um aspecto digno de nota foram os comentários dos participantes envolvidos na avaliação comparativa. Muitos já conheciam o *brainstorming*, que, portanto, não foi uma novidade. Quanto às TEs, um aspecto comentado foi que muitas das tendências exigem conhecimentos aprofundados em áreas específicas (tecnologia de materiais, por exemplo), que não estavam disponíveis nas equipes. Um ponto citado como interessante nesta técnica foi a avaliação do potencial evolutivo, que, nas palavras de um dos participantes, “estabelece um alvo para a equipe atingir”.

A maior parte dos participantes afirmou ter apreciado a abordagem da IDEATRIZ. Um comentário que resume a abordagem nas opiniões dos alunos é que ela é “muito lógica”, ou seja, uma vez que se compreenda bem uma heurística, as ideias associadas a ela são geradas quase que diretamente. Uma sugestão feita foi aumentar a quantidade e variedade de exemplos para cada heurística, de modo a facilitar a compreensão.

Neste capítulo, foi apresentado o processo de concepção da IDEATRIZ, a metodologia propriamente dita e as avaliações realizadas. No próximo capítulo, são feitos comentários conclusivos e referentes à continuidade desta pesquisa.

Conclusões e Recomendações

“Tudo o que pode ser imaginado pode ser realizado”. Júlio Verne

Este trabalho foi iniciado abordando-se o dilema do inovador. Como apontado no Capítulo 1, sendo inovação a nova palavra de ordem e frente aos desafios da concorrência internacional, o empresário e o gerente já sabem que a saída para as empresas brasileiras não está na exploração de mão-de-obra barata, mas, na diferenciação. Para tanto, cada vez mais, é preciso inovar em produtos, processos, serviços e modelos de negócio. Por outro lado, o inovador sabe que inovar envolve riscos, e que para sobreviver no mercado é preciso assumi-los de forma calculada.

O foco desta pesquisa foi a inovação em produtos. Mais especificamente, o tema foi a produção eficaz das sementes das inovações, que são as ideias. O processo intuitivo pode gerar ideias originais e úteis espontaneamente, mas, também pode negar inspirações por dias, meses ou anos àqueles que as buscam. Esta, associada à crescente complexidade tecnológica, foi uma das causas do desenvolvimento de processos sistematizados para a ideação, que podem ser internos ou externos. A descrição detalhada e análise dos processos internos e externos de ideação foram feitas nos Capítulos 2, 3, 4 e 5. Nestes capítulos, foram abordadas tanto as fontes de ideias como os métodos de ideação mais representativos.

Os processos externos de ideação são os mais amplamente explorados na literatura de desenvolvimento de produto, por boa razão: a Voz do Cliente precisa ser ouvida. As empresas não podem deixar de dar atenção e tentar compreender as expectativas daqueles que

são sua própria razão de ser. Porém, as empresas que somente utilizam esta abordagem estão fadadas a desenvolver apenas os produtos que os clientes queriam ontem e a encontrar, próximo do momento do lançamento, ofertas similares sendo lançadas pelos concorrentes. A curva da difusão do conhecimento sobre novas necessidades, de Goldemberg & Efroni (2001), deixa isto muito claro. No momento em que uma necessidade fica evidente, ela o fica para todos os competidores, praticamente ao mesmo tempo.

Por outro lado, os processos internos de ideação confiam nas capacidades existentes na empresa, para tentar prever as tendências do mercado ou, melhor ainda, criar tendências. Isto é, certamente, vantajoso, mas, como observado por Kim & Mauborgne (2005), as empresas que desejam diferenciar-se precisam tomar cuidado para evitar a armadilha da inovação pela inovação, ou seja, da inventividade descolada do interesse mercadológico. Elas precisam considerar a implementação da inovação de valor, ou seja, da inovação que resulta em benefícios para o cliente.

Como os próprios Kim & Mauborgne (2005) observam, no arsenal de metodologias gerenciais, faltam ferramentas para apoiar a inovação de valor. Dentre as metodologias de ideação aplicáveis a produtos, as únicas centradas no objetivo de maximizar o valor para o cliente são a Análise de Valor e a Inovação de Valor. Porém, a Análise de Valor e a Inovação de Valor não estão entre as ferramentas que melhor fomentam a produção de ideias criativas.

Como visto no Capítulo 6, a Análise de Valor tende a produzir percentagens de ideias criativas não muito mais altas que os valores obtidos com o *brainstorming* (20,1% contra 17,3%). Isto se deve ao fato de que, na AV, a ideação propriamente dita confia no *brainstorming*, somada a algumas heurísticas, como, por exemplo: o componente pode ser eliminado? Ou unido com outros elementos? O material pode ser mudado? Parafraseando Mann (2002), a Análise do Valor é um dos métodos que, no momento da ideação, implicitamente pede para o usuário: “insira o milagre aqui”.

O processo proposto por Kim & Mauborgne (2005) não avança neste sentido; na verdade, talvez retroceda, porque Osborn (1953), criador do *brainstorming*, propôs as heurísticas adaptar, modificar, aumentar, diminuir, substituir, reordenar, inverter, combinar e usar de outra forma, enquanto Kim & Mauborgne resumem a ideação a criar, reduzir, eliminar e elevar os assim chamados atributos de valor.

Postulou-se, no Capítulo 1, que uma metodologia eficaz de ideação deveria basear-se na abordagem interna, para facilitar a geração de ideias verdadeiramente originais e, além disso, guiar-se pelo critério da maximização do valor, de forma a atender aos interesses mercadológicos.

Considerando que os métodos focados na maximização do valor previamente existentes têm deficiências com relação à etapa de ideação, ficou precisamente caracterizada a forma de aproveitar a oportunidade de pesquisa identificada. A bibliografia estudada na fundamentação teórica foi usada, então, para criar a metodologia IDEATRIZ.

7.1 ATINGIMENTO DO OBJETIVO DA PESQUISA

Acredita-se que o objetivo definido para a pesquisa foi atendido por meio da criação da metodologia IDEATRIZ, por que ela:

- fomenta a consideração, na sua primeira fase, da posição do portfólio de produtos atual da empresa em relação ao valor oferecido e ao potencial de lucro. Com isto, a equipe da empresa é incentivada a harmonizar seus objetivos de lucro com os interesses dos clientes;
- traz, embutida em sua segunda etapa, o conceito de maximização do valor. Neste sentido, ela rompe com o paradigma da TRIZ, com sua tendência à invenção pela invenção. Na IDEATRIZ, somente foram incluídas heurísticas para a ideação coerentes com a maximização do valor, ou seja, aumento das funções e redução das conexões. Ficaram fora da IDEATRIZ heurísticas da TRIZ como “Aumentar o uso da cor”, por exemplo, que, embora possa produzir ideias inventivas, não resulta, por si só, em ideias que tendam a aumentar o valor;
- inclui, ainda na segunda etapa, elementos, extraídos do conhecimento acumulado sobre produtos de sucesso, que tendem a maximizar a produção de ideias criativas. Evidências de que isto acontece na prática são fornecidas no Capítulo 6;
- potencializa ideias geradas na segunda etapa e que possuam desvantagens óbvias, com a terceira etapa, na qual, por meio do processo de formulação e resolução de contradições, a ideia inicialmente inviável possa ser melhorada para tornar-se viável;
- conduz a equipe a convergir, dentre as ideias geradas, para as que melhor se harmonizem com o portfólio e os objetivos da empresa, por intermédio de votação e da consideração de critérios de avaliação.

Por meio da avaliação realizada, foi possível verificar que a parte central da metodologia proposta, composta pelas heurísticas para aumentar o valor, funciona e entrega o prometido, ou seja, fomenta a produção de ideias criativas e associadas ao aumento do valor, que poderão ser concretizados como inovações de valor.

7.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Considerando a quantidade de ideias produzidas com a aplicação das heurísticas, percebeu-se que pode ser necessário incluir mais uma etapa de avaliação, logo após a ideação, de modo a limitar o número de ideias a tratar na etapa seguinte, de formulação e resolução de contradições. A IDEATRIZ passaria a ter, então, a estrutura mostrada na Ilustração 7.1.

As perspectivas futuras diretas desta pesquisa incluem a realização de mais avaliações e aplicações em situações reais de ideação de novos produtos.

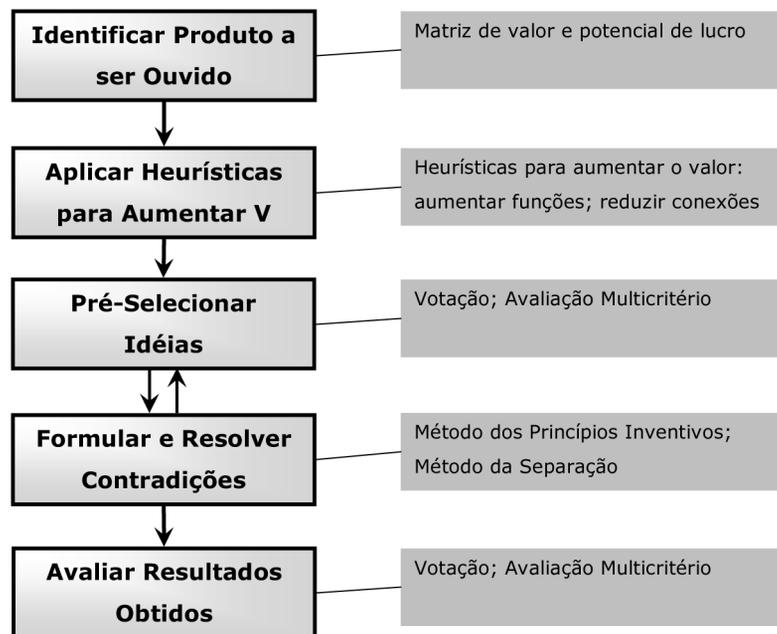


Ilustração 7.1 – Possível nova estrutura para a metodologia IDEATRIZ

Avaliações numa quantidade estatisticamente significativa de casos permitirão validar o conjunto de heurísticas da IDEATRIZ.

A realização de aplicações em situações reais, ou seja, em empresas interessadas na ideação de novos produtos, possibilitarão o teste e refino do conjunto da metodologia.

Outras frentes de pesquisa que podem ser perseguidas são:

- a criação de um software ou sistema especialista com base nas heurísticas para a maximização do valor;
- a configuração de uma ferramenta de ideação que cruze as TEs com as tendências mercadológicas no processo de ideação, que poderia vir a ser uma forma alternativa de obter ideias criativas e de potencial mercadológico.

Referências

- ALAM, I. Commercial Innovations from Consulting Engineering Firms: An Empirical Exploration of a Novel Source of New Product Ideas. *Journal of Product Innovation Management*, v.20, p.300-313, 2003.
- ALLEN, T. J. *Managing the Flow of Technology*. Cambridge: MIT Press, 1977.
- ALTSHULLER, G. S. & SHAPIRO, R. B. Sobre a Psicologia da Criatividade de Engenharia. *Problemas da Psicologia*, v.6, p.3749, 1956 (em russo).
- ALTSHULLER, G. S. *Innovation Algorithm*. Worcester: Technical Innovation Center, 1999 (1a. ed. russa, 1969).
- ALTSHULLER, G. S. *Forty Principles*. Worcester: Technical Innovation Center, 1998 (1a. ed. russa, 1974).
- ALTSHULLER, G. S. *Creativity as An Exact Science -The Theory of The Solution of Inventive Problems*. 1a. ed. Luxemburg: Gordon & Breach, 1984 (1a. ed. russa, 1979).
- ALTSHULLER, G. S.; SELJUZKI, A. *Flugel fur Ikarus -Uber die Moderne Technik des Erfindens*. Moscou: Mir, 1980.
- ALTSHULLER, G. S. (sob o pseudônimo ALTOV, H.) *And Suddenly the Inventor Appeared*. Worcester: Technical Innovation Center, 1990 (1a. ed. russa, 1984).

- 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. (Parte deste livro foi publicada em inglês como Tools of Classical TRIZ. Southfield: Ideation International, 1999).
- ALTSHULLER, G. S. Para Encontrar uma Ideia. Novosibirsk: Nauka, 1986 (em russo).
- ALTSHULLER, G. S., VERTKIN I. M. Como Tornar-se um Gênio: A Estratégia de Vida de uma Pessoa Criativa. Minsk: Belarus, 1994 (em russo).
- ANPEI. Como Alavancar a Inovação Tecnológica. São Paulo: ANPEI, 2004.
- AXON RESEARCH. Axon Idea Processor. Cingapura, Versão 98. Windows 95, 1998.
- BACK, N. Metodologia de Projeto de Produtos Industriais. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983.
- BAXTER, M. Projeto de Produto: Guia Prático para o Desenvolvimento de Novos Produtos. Trad. Itiro Iida. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.
- BLOOD, C. L., EUA. Projectile having a matrix of cavities on its surface. Classificação F42B6/00, US5200573, 1991.
- BODEN, M. The Creative Mind. London: Abacus, 1990.
- BOGÉA, L. C. Avaliação da TRIZ (Teoria da Solução Inventiva de Problemas) e da ED (Evolução Dirigida) na Previsão Tecnológica. Relatório de Iniciação Científica. Orientador: Marco Aurélio De Carvalho. Curitiba: CEFET-PR, 2005.
- BOGÉA, L. C.; DE CARVALHO, M. A.; MATTOS F., R.; DE MIRANDA, L. G. I. F. Dirigindo o Futuro dos Secadores de Cabelos. Anais do V Congresso Brasileiro de Gestão do Desenvolvimento de Produtos. IGDP: Curitiba, 2005.
- BRASSARD, M.; RITTER, D. The Memory Jogger II. Methuen: GOAL/QPC, 1994.
- CANTON, J. Technofutures: How Leading-edge Technology Will Transform Business in The 21st Century. Carlsbad: Hay House, 1999.
- CHAKRABARTI, A.; HAUSCHILD, J. The Division of Labour in Innovation Management. R&D Management, v.19, n.2, p.161-171, 1989.
- CHESBROUGH, H. W. Open Innovation: The New Imperative for Creating And Profiting from Technology. Cambridge: Harvard Business School Press, 2005.
- CHRISTENSEN, C. M. The Innovator's Dilemma. New York: HarperCollins, 2000.
- CHRISTENSEN, C.M.; AARON, S.; CLARK, W. Disruption in Education. Disponível em: <<http://www.educause.edu/ir/library/pdf/ffpiu013.pdf>>. Criado em 2002. Acessado em 2007.

- CHRISTENSEN, C. M.; RAYNOR, M. E. *The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth*. Cambridge: Harvard Business Press, 2003.
- CLAUSING, D.; FEY, V. *Effective Innovation: The Development of Winning Technologies*. New York: ASME Press, 2004.
- COOPER, R. G.; KLEINSCHMIDT, E. J. *New Products: What Separates Winners from Losers?* *Journal of Product Innovation Management*, v.4, n.3, p.169-184, 1987.
- CREAX. *Creax Innovation Suite*. Bélgica, Versão 3.1. Windows XP, 2007 (a).
- CREAX. *Function Database*. Disponível na Internet em <http://function.CREAX.com>. Acessado em 2007 (b).
- CSILLAG, J. M. *Análise do Valor: Metodologia do Valor – Engenharia do Valor, Gerenciamento do Valor, Redução de Custos, Racionalização Administrativa*. São Paulo: Atlas, 1985.
- DAVIS, S. M., DAVIDSON, W. H. *2020 Vision*. New York: Simon & Schuster, 1991.
- DA COSTA, A. B.; MASCARELLO, A. A.; OLTRAMARI JR., A.; BARRETO, R. C. *Análise do Valor de um Furador de Papel*. Trabalho Realizado na Disciplina de Metodologia do Projeto do Curso de Engenharia Industrial Mecânica da UTFPR. Orientador: Marco Aurélio De Carvalho. UTFPR: Curitiba, 2002.
- DA ROCHA, L. L. V. *Avaliação da TRIZ (Teoria da Solução Inventiva de Problemas) e da ED (Evolução Direcionada) na Previsão Tecnológica*. Relatório de Iniciação Científica. Orientador: Marco Aurélio De Carvalho. Curitiba: CEFET-PR, 2004.
- DA ROCHA, L. L. V.; DE CARVALHO, M. A. *Análise das Tendências da Evolução dos Sistemas Técnicos como Forma de Previsão Tecnológica*. Anais do IX Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica do CEFET-PR. Curitiba : Editora do CEFET-PR, 2004.
- DE CARVALHO, M. A. *Modelo Prescritivo para a Solução Criativa de Problemas nas Etapas Iniciais do Desenvolvimento de Produtos*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Orientador: Nelson Back. UFSC, 1999.
- DE CARVALHO, M. A.; WEI, T.; SAVRANSKY, S. D. *121 Heuristics for Solving Problems*. Morrisville: Lulu, 2003.
- DE CARVALHO, M. A.; DA ROCHA, L. L. V.; ZANONI, A. P.; BOELL, F. H. F.; BACK, N.; OGLIARI, A. *Validity of Technical System Evolution Trends - A Patent Study*. Anais do I Congresso Iberoamericano de Inovação Tecnológica. Puebla, México: Asociación Mexicana de TRIZ (AMETRIZ), 2006.
- DE CARVALHO, M. A.; BACK, N.; OGLIARI, A. *A Voz do Produto – Diagnóstico Evolutivo e Ideação de Novos Produtos com as Tendências da Evolução Contidas na TRIZ*. Anais do VI Congresso Brasileiro de Gestão do Desenvolvimento de Produtos. Belo Horizonte: IGDP, 2007.

- DE BONO, E. *New Think: The Use of Lateral Thinking in the Generation of New Ideas*. New York: Basic Books, 1968.
- DORVAL, K. B.; LAUER, K. J. *The Birth of Novelty: Ensuring New Ideas Get a Fighting Chance*. In: BELLIVEAU, P.; GRIFFIN, A.; SOMERMEYER, S. (Ed.) *PDMA Toolbook 2 for New Product Development*. New York: John Wiley, 2004.
- DE NEGRI, J. A. & SALERNO, M. S. (org.). *Inovações, Padrões Tecnológicos e Desempenho das Firms Industriais Brasileiras*. Brasília: IPEA, 2005.
- DESCARTES, R. *Discurso Sobre o Método*. Tradução de M. Lemos. Rio de Janeiro: Organização Simões, 1952 (1a. ed. em francês, 1637).
- DRUCKER, P. F. *Innovation and Entrepreneurship*. New York: Collins, 1993.
- ENGELS, F. *Dialética da Natureza*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.
- FERRAZ, E. *O Motor da Inovação*. Exame, ed. 776, ano 36, n. 20., 2002.
- FERREIRA, A. B. de H. *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*. Curitiba: Positivo, 2004.
- FEY, V. R.; RIVIN, E. I. *Guided Technology Evolution - TRIZ Technology Forecasting*. Disponível na Internet em <http://www.trizjournal.com/archives/1999/01/c>. Atualizado em 1999. Acessado em 2005.
- FINKE, R. A. *Creative Cognition Approach*. Cambridge: MIT Press, 1995.
- FOSTER, R. N. *Innovation: The Attacker's Advantage*. New York: Summit Books, 1986.
- FRANKE, N.; VON HIPPEL, E.; SCHREIER, M. *Finding Commercially Attractive User Innovations: A Test of Lead-User Theory*. *Journal of Product Innovation Management*, v.23, n.4, p.301-315, 2006.
- FURNHAM, A. *The Brainstorming Myth*. *Business Strategy Review*, v. 11, n. 4, p. 21-28, 2000.
- GERASIMOV, V.; LITVIN, S. *Por Que a Tecnologia Favorece a Pluralidade?* *Revista de TRIZ*, v.1, n. 1, 1990 (em russo).
- GIL, A. C. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. São Paulo: Atlas, 1991.
- GOLDENBERG, J.; EFRONI, S. *Using Cellular Automata Modeling of Emergence of Innovations*. *Technology Forecasting and Social Change*, v. 68, n. 3, p. 293-308, 2001.
- GOLDENBERG, J. & MAZURSKY, D. *Creativity in Product Innovation*. Cambridge: Oxford University Press, 2002.

- GORDON, W. J. J. *Synectics*. 1a. ed. New York: Harper & Row, 1961.
- GRIFFIN, A.; HAUSER, J. The Voice of the Customer. *Marketing Science*, v. 12, n.1, p. 1-27, 1993.
- GRIFFIN, A. Obtaining Information from Consumers. *PDMA Handbook of New Products Development*. Toronto: Wiley, p. 154-155, 1996.
- HALLIDAY, D. Steve Paul Jobs. *Current Biography*, v. 5 p. 204-207, 1983.
- HAUSER, R. J.; CLAUSING, D. The House of Quality. *Harvard Business Review*, May-June, p. 63-73, 1988.
- HEITOR, M. Democratizar a Inovação: o papel da experimentação em “Design Studios”. Disponível em: < <http://in3.dem.ist.utl.pt/downloads/press/pub20050314.pdf>>. Acessado em 2007.
- HELLFRITZ, H. *Innovation via Galeriemethode*. Königstein/Ts: Eigenverlag, 1978.
- HILL, S. *60 Tendências em 60 Minutos: Como Desenvolver Produtos Aliando Tendências e Estratégias de Marketing*. São Paulo: Futura, 2003.
- HOROWITZ, R. *Creative Problem Solving in Engineering Design*. Doctoral Thesis. Tel-Aviv University. Supervisor: Prof. Oded Maimon, 1998.
- HOROWITZ, R.; MAIMON, O. *Creative Design Methodology and The SIT Method*. Proceedings of ASME Design Engineering Technical Conference. Sacramento: American Society of Mechanical Engineers, 1997.
- 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*. www.start2innovate.com, 2004.
- IDEATION. *Innovation Workbench*. USA, Versão 3.2. Windows XP, 2007. INVENTION MACHINE CORPORATION. *Invention Machine Lab 2.11 – Prediction*. Boston, Ma. 40Mb. Ambiente Operacional Windows 95, 1995.
- KAHANER, L. *Competitive Intelligence – How to Gather, Analyse and Use Information to Move Your Business to the Top*. New York: Kane and Associates, 1996.
- KARANJIKAR, M. R. *Managing Failed Ideas: Could This Have Been the Next iPod?* PDMA Visions, September 2007.
- KATZ, G. M. The “One Right Way” to Gather the Voice of the Customer. *PDMA Visions*, v. 25, n. 2, 2001.
- KATZ, G. M. *The Voice of the Customer. The PDMA Toolbook 2 for New Product Development*. Chichester: John Wiley & Sons, 2004.

- KAUS, N.; DE CARVALHO, M. A.; DA ROCHA, L. L. V. *Evolução Dirigida: Aplicação a Latas de Bebidas*. Anais do V Congresso Brasileiro de Gestão do Desenvolvimento de Produtos. IGDP: Curitiba, 2005.
- KELLEY, T.; LITTMAN, J. *A Arte da Inovação - Lições de Criatividade da IDEO, a Maior Empresa Norte-Americana de Design*. São Paulo: Futura, 2001.
- KIM, W. C.; MAUBORGNE, R. *A Estratégia do Oceano Azul*. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- KOBERG, D., BAGNALL, J. *The All New Universal Traveler: A Soft-Systems Guide to Creativity, Problem-Solving, and The Process of Reaching Goals*. Los Altos: William Kaufmann, 1981.
- KOLLER, R. *Konstruktionslehre für den Maschinenbau - Grundlagen zur Neu- und Weiterentwicklung technischer Produkte*. Berlin: Springer Verlag, 1994.
- KOEN, P. A.; AJAMIAN, G. M.; BOYCE, S.; CLAMEN, A.; FISHER, E.; FOUNTOULAKIS, S.; JOHNSON, A. PURI, P.; SEIBERT, R. *Fuzzy Front End: Effective Methods, Tools, and Techniques*. In: BELLIVEAU, P.; GRIFFIN, A.; SOMERMEYER, S. (Ed.) *PDMA Toolbook 1 for New Product Development*. New York: John Wiley, 2002.
- KRAMER, F. *Innovative Produktpolitik: Strategie - Planung - Entwicklung – Durchsetzung*. Berlin: Springer Verlag, 1986.
- KURZWEIL, R. *The Age of Spiritual Machines*. New York: Penguin Books, 1999.
- LEHMANN, R. D.; GUPTA, S.; STECKEL, J. *Market Research and Analysis*. Homewood: Irwin, 1998.
- LENAT, D. *Ontological Versus Knowledge Engineering*. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, v. 1, Mar., 1989.
- LILIEN, G. L.; KOTLER, P.; MOORTHY, K. S. *Marketing Models*. New Jersey: Prentice Hall, 1992.
- LINDE, H. & HILL, B. *Erfolgreiche Erfinden: Widerspruchsorientierte Innovationsstrategie für Entwickler und Konstrukteure*. Darmstadt: Hoppenstedt, 1993.
- MANN, D. *Hands-On Systematic Innovation*. Ieper: CREAX, 2002.
- MANN, D.; DEWULF, S.; ZLOTIN, B.; ZUSMAN, A. *Matrix 2003: Updating the TRIZ Contradiction Matrix*. Ieper: CREAX Press, 2003.
- MANN, D. *Hands-On Systematic Innovation for Business and Management*. Bideford: Lazarus Press, 2004.

- MEDNICK, S. A. The Associative Basis of the Creative Process. *Psychological Review*, v. 69, p. 220-232, 1962.
- MILES, L. D. *Techniques of Value Analysis and Engineering*. New York: McGraw-Hill, 1961.
- MILLET, S. M.; HONTON, E. J. *A Manager's Guide to Technology Forecasting and Strategy Analysis Methods*. Columbus: Battelle Press, 1991.
- MORGAN, D. L. *Focus Groups As Qualitative Research*. Thousand Oaks: Sage Publications, 1997.
- MOSTERT, N. M. Diversity of the Mind as the Key to Successful Creativity at Unilever. *Creativity and Innovation Management*, v. 16, n. 1, p. 93 – 100, 2007. NARASIMHAN, C; SEN, S. K. New Product Models for Test Market Data. *Journal of Marketing*, v. 47, p. 11-24, 1983. NORMAN, D. A. *The Invisible Computer*. Cambridge: MIT Press, 1998.
- OSBORN, A. F. *Applied Imagination*. New York: Charles Scribner's Sons, 1953.
- OTTUM, B. D.; MOORE, W. L. The Role of Market Information in new Product Success/Failure. *Journal of Product Innovation Management*, v. 14, p. 258-273, 1997.
- PAHL, G.; BEITZ, W. *Engineering Design -A Systematic Approach*. Berlin: Springer, 1988.
- PALOP, F.; VICENTE, J. M. *Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva – Su Potencial para La Empresa Española*. Barcelona: Fundação COTEC, 1999.
- PAVIA, T. M. The Early Stages of New Product Development in Entrepreneurial High-Tech Firms. *Journal of New Product Innovation Management*, v.8, n.1, p. 18-31, 1991.
- PEREZ, C. *Microelectronics, Long Waves and World Structural Change: New Perspectives for Developing Countries*. *World Development*, Vol.13, No.3, pp. 441-463, 1985.
- PERKINS, D. N. *Insights in Minds and Genes*. In STERNBERG, R. & DAVIDSON, J. *The Nature of Insight*. Cambridge: MIT Press, 1995.
- PETROV, V. *Leis do Desenvolvimento dos Sistemas (série de artigos)*. Disponível na Internet em <http://www.trizland.ru>. Criado em 2002. Acessado em 2007.
- PMI (Project Management Institute). *A Guide to The Project Management Body of Knowledge*. Newtown Square: PMI, 2004. 3ª. Ed. 388 p.
- POLOVINKIN, A. I. *Leis da Organização e Evolução da Tecnologia*. Volgogrado: VPI, 1985 (em russo).
- POLOVINKIN, A. I. *O ABC da Criatividade de Engenharia*. Moscou: Mashinostroenie, 1988 (em russo).

- POLOVINKIN, A. I. Teoria do Projeto de Novos Sistemas Técnicos: Leis dos Sistemas Técnicos e suas Aplicações. Moscou: Informelektro, 1991 (em russo).
- POPCORN, F. O Relatório Popcorn: Centenas de Ideias de Novos Produtos, Empreendimentos e Novos Mercados. Rio de Janeiro: Campus, 1993.
- POPCORN, F.; MARIGOLD, L. Click: 16 Tendências que Irão Transformar sua Vida, seu Trabalho e seus Negócios no Futuro. Rio de Janeiro, Campus, 1997.
- PORTER, A. L., ROPER, A. L., MANSON, T. W., ROSSINI, F. A., BANKS, J., WIEDERHOLT, B. J. Forecasting and Management of Technology. New York: John Wiley & Sons, 1991.
- PRINCE, G. M. The Practice of Creativity. New York: Collier Books, 1972.
- PRUSHINSKIY, V.; ZAINIEV, G.; GERASIMOV, V. Hybridization: The New Warfare in the Battle for the Market. Southfield: Ideation, 2005.
- PUGH, S. Total Design. Reading: Addison-Wesley, 1991.
- ROHRBACH, B. Kreativ nach Regeln: Methode 635, eine neue Technik zum Lösen von Problemen. Absatzwirtschaft, v. 12, p. 73-75, 1969.
- ROTH, K. Konstruieren mit Konstruktionskatalogen. Berlin: Springer, 1982.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. Learning to See – Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda. Massachusetts: The Lean Enterprise Institute, 1998.
- SALAMATOV, Y. P. Sistema de Leis da Evolução dos Sistemas Técnicos. Petrozavodsk: Chance de Aventura, 1991 (em russo).
- SALAMATOV, Y. P. TRIZ: The Right Solution at the Right Time - A Guide to Innovative Problem Solving. Hattem: Insytec, 1999.
- SANDLER, B. Z. Computer-Aided Creativity: A Guide for Engineers, Managers, Inventors. New York: Van Nostrand Reinhold, 1994.
- SANTOS, A. S. Tendências Mercadológicas e Sua Aplicação em Produtos Eletroportáteis - Uma Análise Sobre os Eletroportáteis Baseada em Tendências. Monografia de Especialização. Orientador: Marco Aurélio De Carvalho. Curitiba: CEFET-PR, 2005.
- SAVRANSKY, S. D. Engineering of Creativity - Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving. CRC Press: Boca Raton, 2000.
- SICKAFUS, E. Unified Structured Inventive Thinking – How to Invent. Grosse Ile: Ntelleck, 1997.
- SMITH, P. G.; REINERTSEN, D. G. Developing Products in Half the Time. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

- SOBOLEV, Y. M. O Projetista e a Economia: Análise Função-Custo para Projetistas. Perm, 1987 (em russo).
- TESLA, N. My Inventions: The Autobiography of Nikola Tesla. Bnpublishing, 2007 (publicado originalmente na revista The Electrical Experimenter, em 1919).
- TJALVE, E. A Short Course in Industrial Design. London: Newnes-Butterworths, 1979.
- TROY, L. C.; SZYMANSKI, D. M.; VARADARAJAN, P. R. Generating New Product Ideas: An Initial Investigation of the Role of Market Information and Organizational Characteristics. *Journal of the Academy of Marketing Science*, v.29, n.1, p.89-101, 2001.
- TWISS, B. C. Forecasting for Technologists and Engineers - A Practical Guide for Better Decisions. Stevenage: Peter Peregrinus, 1992.
- ULLMAN, D. G. The Mechanical Design Process. New York: McGraw-Hill, 1992.
- URBAN, G. L.; VON HIPPEL, E. Lead User Analysis for the Development of New Industrial Products. *Management Science*, v. 34, n.5, p. 569-582, 1988.
- URBAN, G. L.; HAUSER, J. R. Design and Marketing of New Products. New Jersey: Prentice-Hall, 1993.
- VAN GUNDY, A. B. Stalking the Wild Solution: A Problem Finding Approach to Creative Problem Solving. New York: Bearly, 1988.
- VERHULST, P. F. Notice Sur la Loi que la Population Pursuit dans son Accroissement. *Correspondance Mathématique et Physique* n.10, p.113-121, 1838.
- VON HIPPEL, E. Democratizing Innovation. Cambridge: MIT Press, 2005.
- WALLAS, G. The Art of Thought. New York: Hartcourt Brace, 1926.
- WATZLAWICK, P., WEAKLAND, J., FISCH, R. Change – Principles of Problem Formulation and Problem Resolution. New York: Norton, 1974.
- WERTHEIMER, M. Productive Thinking. New York: Harper, 1945.
- WIND, J. & MAHAJAN, V. Issues and Opportunities in New Product Development: An Introduction to the Special Issue. *Journal of Marketing Research*, v.34, p.1-12, 1997.
- WU, M. C.; LO, Y. F; HSU, S. H. A Case-Based Reasoning Approach to Generating New Product Ideas. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 30, n. 1-2, p. 166-173, 2006.

- YEZERSKY, G. *Creating Successful Innovations: General Theory of Innovation and its Applications*. Vinci: Institute of Professional Innovators / Università Degli Studi di Firenze, 2006.
- ZAKHAROV, A. *Universal Scheme of Evolution – Theory and Practice*. *Izobretenia – Journal of the Altshuller Institute for TRIZ Studies*. April 2004.
- ZLOTIN, B. & ZUSMAN, A. *TRIZ in Progress*. Southfield: Ideation, 1999.
- ZLOTIN, B. & ZUSMAN, A. *Directed Evolution: Philosophy, Theory and Practice*. Southfield: Ideation, 2001.
- ZWICKY, F. *The Morphological Method of Analysis and Construction*. New York: Wiley-Interscience, 1948.

Apêndice 1 – Orientações Referentes ao *Brainstorming*

Nas ilustrações a seguir, são apresentadas as orientações referentes ao *brainstorming*, como exemplo das orientações dadas pelo autor aos alunos que participaram das aplicações de métodos de ideação relatadas no Capítulo 6.

BRAINSTORMING

- O método para a solução criativa de problemas mais conhecido e mais utilizado
- Foi criado por Osborn (um publicitário) em 1939
- Princípios do *brainstorming*: ausência de preconceitos - a quantidade é mais importante que a qualidade das idéias geradas



© Marco Aurélio de Carvalho
November 07
1

BRAINSTORMING

- **Etapas do *brainstorming*:**
 - Motivação pelo moderador
 - Formulação clara e aberta do problema pelo moderador
 - Geração de idéias por toda a equipe
 - Pausas em momentos de interrupção do fluxo de idéias
 - Uso das questões auxiliares para provocar idéias
 - Análise das idéias pelo moderador e pela equipe
 - Seleção das melhores idéias para implementação

© Marco Aurélio de Carvalho
November 07
3

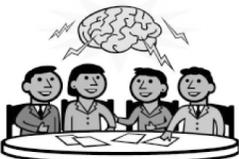
BRAINSTORMING

- **Regras do *brainstorming*:**
 - Não fazer críticas
 - Fazer associações livres, gerar idéias "malucas"
 - Gerar grande quantidade de idéias
 - Construir sobre as idéias dos outros
 - Registrar todas as idéias
 - Fazer pausas nos momentos de interrupção do fluxo de idéias

© Marco Aurélio de Carvalho
November 07
2

QUESTÕES DE AUXÍLIO AO BRAINSTORMING

- É possível:
 - Adaptar?
 - Modificar?
 - Aumentar?
 - Diminuir?
 - Substituir?
 - Rearranjar?
 - Inverter?
 - Combinar?



© Marco Aurélio de Carvalho
November 07
4

Apêndice 2 – Formulário para a Aplicação do Método dos Princípios Inventivos

Neste Apêndice, é fornecido um exemplo dos formulários utilizados sob a orientação do autor nas aplicações de métodos de ideação relatadas no Capítulo 6: o formulário utilizado para a aplicação do Método dos Princípios Inventivos.

	CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DO PARANÁ DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA ME390 - METODOLOGIA DO PROJETO			
	RELATÓRIO 6 – MÉTODO DOS PRINCÍPIOS INVENTIVOS			
RESPONSÁVEIS				
DATA		NOTA / VISTO		
ORIENTAÇÕES				
A TRIZ é uma metodologia para a solução conceitual de problemas. Um dos métodos mais conhecidos da TRIZ é o Método dos Princípios Inventivos (MPI). Neste relatório, após ler as notas de aula referentes ao assunto: 1. Identifique os principais problemas do produto de referência. Indique, com um asterisco, dois destes problemas para serem resolvidos com uso do MPI. 2. Considerando os problemas identificados, faça a análise do sistema técnico, completando as tabelas "Componentes e Funções do Sistema Técnico", "Recursos do Sistema e Arredores", "Formulação do Problema" e "Formulação do RFI". Nas tabelas "Formulação do Problema" e "Formulação do RFI", opte pelo caminho positivo ou negativo. 3. Formule as contradições, completando a tabela "Formulação das Contradições Técnicas". Siga a mesma opção definida anteriormente, entre caminho positivo e negativo. 4. Solucione as contradições, completando as tabelas "Reformulação das Contradições" e "Aplicação dos Princípios Inventivos".				
PRINCIPAIS PROBLEMAS DO PRODUTO DE REFERÊNCIA				
Problema		Descrição		
COMPONENTES E FUNÇÕES DO SISTEMA TÉCNICO				
	Componente	Função	Tipo de Função	
			Desejada	Indesejada
Problema 1				

COMPONENTES E FUNÇÕES DO SISTEMA TÉCNICO				
	Componente	Função	Tipo de Função	
			Desejada	Indesejada
Problema 2				

RECURSOS DO SISTEMA E ARREDORES	
Tipo de Recurso	Recurso Identificado
Substância	
Energia	
Espaço	
Campo	
Tempo	
Informação	
Função	

CARACTERÍSTICAS A SEREM MELHORADAS (Ms) OU CARACTERÍSTICAS A SEREM REDUZIDAS, ELIMINADAS OU NEUTRALIZADAS (RENS)	
Características do sistema a serem melhoradas (Ms - opção positiva)	
Características do sistema a serem reduzidas / eliminadas / neutralizadas (RENS - opção negativa)	

FORMULAÇÃO DO RFI	
RFI (opção positiva): A característica (M1, M2, etc.) é melhorada, por si só, sem complicação do sistema.	
RFI (opção negativa): A característica (REN1, REN2, etc.) é reduzida / eliminada / neutralizada por si só, sem complicação do sistema.	

FORMULAÇÃO DAS CONTRADIÇÕES TÉCNICAS (OPÇÃO POSITIVA)	
Identifique uma ou mais soluções convencionais (SCs) para melhorar cada característica M.	
Identifique características que são prejudicadas (CPs) se cada solução convencional (SC1, SC2, etc.) for aplicada.	
Formule a contradição técnica (uma para cada solução convencional identificada): Se a característica M é melhorada com (SC1, SC2, etc.), então, as características (CP1, CP2, etc.), pioram.	

FORMULAÇÃO DAS CONTRADIÇÕES TÉCNICAS (OPÇÃO NEGATIVA)	
Identifique uma ou mais soluções convencionais (SCs) para reduzir / eliminar / neutralizar cada característica REN.	
Identifique características que são prejudicadas (CPs) se cada solução convencional (SC1, SC2, etc.) for aplicada.	
Formule a contradição técnica (uma para cada solução convencional identificada): Se a característica REN é reduzida, eliminada ou neutralizada com (SC1, SC2, etc.), então, as características (CP1, CP2, etc.) pioram.	

Apêndice 3 – Princípios Inventivos

Neste Apêndice, são listados os Princípios Inventivos, seus Sub-Princípios (ALTSHULLER, 1969) e exemplos de uso (compilados pelo autor), de forma a facilitar sua compreensão e a aplicação dos mesmos na resolução de contradições técnicas surgidas na aplicação da metodologia IDEATRIZ.

	Princípios inventivos	Sub-Princípios	Exemplos
1	Segmentação ou fragmentação	<ul style="list-style-type: none"> Dividir o objeto em partes independentes. Secionar o objeto (inclusive para facilitar a desmontagem). Aumentar o grau de segmentação do objeto. 	<ul style="list-style-type: none"> Móveis modulares; mangueiras de jardim. Engates rápidos; rifles. Persianas; metal de adição em pó para soldagem.
2	Remoção ou extração	<ul style="list-style-type: none"> Remover ou separar a parte ou propriedade indesejada ou desnecessária do objeto; Extrair apenas a parte desejada ou necessária do objeto. 	<ul style="list-style-type: none"> Posicionar um compressor fora do ambiente onde o ar comprimido será usado; Iluminação interna de refrigeradores com fibras óticas.
3	Qualidade localizada	<ul style="list-style-type: none"> Mudar a estrutura de um objeto ou o ambiente de homogêneo para não-homogêneo; Atribuir diferentes funções para cada parte de um objeto; Posicionar cada parte de um objeto na melhor condição para sua operação. 	<ul style="list-style-type: none"> Jatos concêntricos com gotas de diferentes tamanhos para remover pó de um ambiente; Bandeja com compartimentos adequados para entrada, prato principal, guarnição, bebida e sobremesa; Lápis com borracha.
4	Mudança de simetria	<ul style="list-style-type: none"> Tornar o objeto assimétrico; Aumentar o grau de assimetria. 	<ul style="list-style-type: none"> Pneus mais resistentes no lado externo; O'rings de seção assimétrica.

	Princípios inventivos	Sub-Princípios	Exemplos
5	União ou consolidação	<ul style="list-style-type: none"> • Unir objetos idênticos ou similares para executar operações em paralelo; • Executar operações em paralelo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcomputadores em rede; • Catamaran; • Cortador – picotador de grama.
6	Universalização	<ul style="list-style-type: none"> • Atribuir múltiplas funções a um objeto, eliminando a necessidade de outro(s) objetos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Escova de dentes com compartimento para pasta; • Sofá-cama.
7	Aninhamento	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar um objeto dentro de outro e este dentro de outro; • Passar um objeto por uma cavidade em outro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Antena telescópica; • Cadeiras empilháveis; • Mecanismo de retração do cinto de segurança.
8	Contrapeso	<ul style="list-style-type: none"> • Compensar o peso do objeto pela união com objetos que produzem sustentação; • Compensar o peso do objeto pela interação com o ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Barco com hidrofólios; • Asas de aeroplanos; • Uso de balões para transporte de cargas em terrenos acidentados.
9	Compensação prévia	<ul style="list-style-type: none"> • Compensar uma ação previamente; • Anti-tensionar o objeto que será tensionado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto protendido; • Pretensionamento de discos de corte; • Uso de proteções.
10	Ação prévia	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar uma ação previamente (completa ou parcialmente); • Arranjar previamente objetos de forma que eles atuem da forma mais conveniente e/ou rápida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Toalhas de papel; lâminas de estiletes; • Mecanismos de busca na www; • Adesivo em fita.
11	Proteção prévia	<ul style="list-style-type: none"> • Compensar a baixa confiabilidade do objeto com precauções. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pára-quedas de reserva; • Colocação de placas magnéticas em mercadorias de uma loja.
12	Equipotencialidade	<ul style="list-style-type: none"> • Modificar as condições de trabalho para evitar levantamento e/ou abaixamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contentores de peças pretensionados em linhas de montagem; • Comportas num canal fluvial.
13	Inversão	<ul style="list-style-type: none"> • Inverter a ação utilizada normalmente para solucionar o problema; • Fixar partes móveis e tornar móveis partes fixas; • Virar o objeto "de cabeça para baixo". 	<ul style="list-style-type: none"> • Na montagem por interferência, resfriar o eixo em vez de aquecer o cubo; • Girar a ferramenta e fixar a peça; • Inverter a posição do motor na montagem, para facilitar o aparafusamento.

	Princípios inventivos	Sub-Princípios	Exemplos
14	Recurvação	<ul style="list-style-type: none"> • Substituir formas retilíneas por formas curvas; • Usar rolamentos, esferas ou espiras; • Substituir movimentos lineares por rotativos, utilizar a força centrífuga. 	<ul style="list-style-type: none"> • Arcos e domos, na arquitetura; • <i>Mouse</i> comum para microcomputador; • Substituição de peneiras ou filtros estáticos por elementos rotativos.
15	Dinamização	<ul style="list-style-type: none"> • Fazer com que as características de um objeto, ambiente ou processo possam ser otimizadas durante a operação; • Dividir um objeto em partes com movimento relativo; • Tornar um objeto móvel ou adaptável. 	<ul style="list-style-type: none"> • Espelhos, bancos e volantes ajustáveis; • Endoscópios e instrumental para cirurgias minimamente invasivas; • Suspensão independente nas quatro rodas; •
16	Ação parcial ou excessiva	<ul style="list-style-type: none"> • Executar um pouco menos ou um pouco mais, quando é difícil conseguir 100% de um determinado efeito. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pintura de peças cilíndricas por imersão na tinta e posterior rotação para remoção do excesso; • Algoritmos para codificação de imagens, como JPEG, GIF, TIFF, etc.
17	Outra dimensão	<ul style="list-style-type: none"> • Mudar de linear para planar, de planar para tridimensional, de tridimensional para n-dimensional; • Utilizar arranjos em prateleiras ou camadas; • Indinar ou virar o objeto para o lado; • Utilizar outro lado do objeto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema MVD para armazenagem de dados; • <i>Mouse</i> infravermelho; • Caminhão com betoneira; • Placas de circuito impresso com componentes dos dois lados; • Fita cassete na forma de fita de Moebius.
18	Vibração	<ul style="list-style-type: none"> • Produzir a oscilação ou vibração de um objeto; • Aumentar a frequência de vibração do objeto; • Utilizar a frequência de ressonância do objeto; • Substituir vibradores mecânicos por piezoelétricos; • Combinar oscilações ultrassônicas e eletromagnéticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bateria vibratória de celular; • Ferramentas de corte ultrassônicas; • Quebra de cálculos renais por ultrassom; • Relógios com osciladores de quartzo; • Mistura de ligas num forno de indução.

Princípios inventivos	Sub-Princípios	Exemplos
19	Ação periódica	<ul style="list-style-type: none"> • Parafusadeira de impacto; • Lâmpadas, sons ou textos pulsados; • Variação da amplitude e frequência de pulsação de lâmpadas, sons ou textos pulsados; • Transmissões telefônicas.
20	Continuidade da ação útil	<ul style="list-style-type: none"> • Veículo com sistema de armazenagem da energia de frenagem; • Impressão no curso de avanço e de retorno em impressoras jato de tinta e matriciais;
21	Aceleração	<ul style="list-style-type: none"> • Broca odontológica de alta velocidade, para evitar aquecimento dos dentes; • <i>Laser</i> para remover manchas epiteliais; • Corte rápido de plástico (não há tempo suficientes para deformações).
22	Transformação de prejuízo em lucro	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar fatores indesejados do objeto ou ambiente para obter resultados úteis; • Remover o fator indesejado pela combinação com outro fator indesejado; • Amplificar o fator indesejado até que ele deixe de ser indesejado.
23	Realimentação	<ul style="list-style-type: none"> • Bóia na caixa d'água; • Sistemas de freios ABS; • Mudança da sensibilidade do piloto automático de um avião próximo do aeroporto.
24	Intermediação	<ul style="list-style-type: none"> • Filtros de conversão utilizados em processadores de texto, planilhas e outros; • Transporte de materiais abrasivos em suspensões líquidas.

	Princípios inventivos	Sub-Princípios	Exemplos
25	Auto-serviço	<ul style="list-style-type: none"> Fazer com que um objeto "ajude-se" pela execução de funções suplementares e/ou de reparo; Utilizar energia ou material perdidos. 	<ul style="list-style-type: none"> Lâmpadas halógenas, nas quais ocorre a regeneração do filamento; Equipamentos que, periodicamente ou ao ser ligados executam auto-verificações; Turbocompressor.
26	Cópia	<ul style="list-style-type: none"> Substituir objetos de difícil obtenção, frágeis e/ou caros por cópias simples e baratas; Substituir um objeto ou processo por cópias óticas; Utilizar cópias infravermelhas ou ultravioletas do objeto. 	<ul style="list-style-type: none"> Função "visualizar impressão" em vários programas de computador; Modelagem e simulação computacional; Uso do som de latidos como alarme contra roubo em casas; Medição de um objeto pela medição da fotografia; Alarmes com sensores infravermelhos.
27	Objetos descartáveis	<ul style="list-style-type: none"> Substituir o objeto caro por vários objetos baratos. 	<ul style="list-style-type: none"> Copos, pratos e talheres descartáveis numa festa infantil; Câmaras fotográficas descartáveis.
28	Substituição de meios mecânicos	<ul style="list-style-type: none"> Substituir um sistema mecânico por um sistema ótico, acústico, tátil ou olfativo; Utilizar campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos para interagir com o objeto; Mudar campos de estáticos para móveis, de não estruturados para estruturados, de fixos para móveis; Utilizar campos em conjunto com partículas ativadas pelos campos. 	<ul style="list-style-type: none"> "Cercas" auditivas ou olfativas para animais; Adição de mercaptanas a uma broca para escavação, para identificar o desgaste pelo cheiro; Transição de sistemas de comunicação unidirecionais para multidirecionais; Simulação de diferentes condições do solo pela adição ao mesmo de partículas magnéticas e controle com campo magnético.
29	Pneumática e hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> Substituir partes sólidas de um objeto por gases ou líquidos. 	<ul style="list-style-type: none"> Bancos ou solas de sapato preenchidas com gel; Embalagens com espumas ou bolhas de plástico.
30	Membranas flexíveis e filmes finos	<ul style="list-style-type: none"> Utilizar filmes flexíveis ou cascas no lugar de estruturas tridimensionais; Isolar o objeto do ambiente externo utilizando filmes flexíveis ou cascas. 	<ul style="list-style-type: none"> Coberturas infláveis para quadras de tênis; Cobertura das superfícies aerodinâmicas de um aeromodelo; Filmes para isolamento térmico ou visual.

	Princípios inventivos	Sub-Princípios	Exemplos
31	Materiais porosos	<ul style="list-style-type: none"> Tornar o objeto poroso ou adicionar elementos porosos; Introduzir substâncias ou funções úteis nos poros do objeto. 	<ul style="list-style-type: none"> Armazenagem de tinta em elementos porosos nos cartuchos de impressoras jato de tinta; Mancais obtidos por sinterização e impregnados com óleo.
32	Mudança de cor	<ul style="list-style-type: none"> Modificar a cor do objeto ou do ambiente; Mudar a transparência do objeto ou do ambiente; Usar aditivos coloridos para observar objetos ou processos de difícil visualização; Usar aditivos luminescentes para observar objetos ou processos de difícil visualização. 	<ul style="list-style-type: none"> Vidros verdes para automóveis; Curativos transparentes; Uso de contrastes em procedimentos de diagnóstico médico; Exame com partículas magnéticas fluorescentes.
33	Homogeneização	<ul style="list-style-type: none"> Fazer objetos que interagem do mesmo material, ou de material com propriedades idênticas. 	<ul style="list-style-type: none"> Reservatório feito com o mesmo material do seu conteúdo, para evitar reações químicas; Colheres e espátulas de plástico para uso com panelas revestidas com PTFE.
34	Descarte e regeneração	<ul style="list-style-type: none"> Eliminar ou modificar partes de um objeto que já tenham cumprido suas funções; Regenerar partes consumíveis de um objeto durante a operação. 	<ul style="list-style-type: none"> Envoltório de drágea contendo medicamentos; Fundição pelo processo de cera perdida; Ejeção do cartucho após o tiro.
35	Mudança de parâmetros e propriedades	<ul style="list-style-type: none"> Mudar o estado de agregação, a concentração ou consistência, o grau de flexibilidade ou a temperatura do objeto. 	<ul style="list-style-type: none"> Liquefação de gases para transporte; Congelamento de amoras com nitrogênio líquido, para permitir a manipulação sem danificação.
36	Mudança de fase	<ul style="list-style-type: none"> Utilizar fenômenos relacionados a mudanças de fase (liberação ou absorção de calor, mudança de volume, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> Bombas de calor; Armazenagem de ácidos fortes no estado sólido (congelados), quando estes perdem o poder corrosivo.
37	Expansão térmica	<ul style="list-style-type: none"> Utilizar materiais que expandam ou contraíam com o calor; Associar materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica. 	<ul style="list-style-type: none"> Montagem de elementos de máquinas com interferência; Termostatos.
38	Oxidantes fortes	<ul style="list-style-type: none"> Substituir o ar comum por ar enriquecido com oxigênio; Substituir o ar enriquecido com oxigênio por oxigênio; Usar ar ionizado ou oxigênio ionizado; Substituir ar ionizado ou oxigênio ionizado por ozônio. 	<ul style="list-style-type: none"> Maçarico para solda oxiacetilênica; Tanques para mergulho com Nitrox; Tratamento de ferimentos em ambientes com oxigênio pressurizado; Aceleração de reações químicas pela utilização de ozônio.
39	Atmosferas inertes	<ul style="list-style-type: none"> Substituir o ambiente normal por um ambiente inerte; Adicionar partes neutras ou aditivos neutros a um objeto. 	<ul style="list-style-type: none"> Lâmpadas com argônio; Extintores de espuma; Tratamento de materiais inflamáveis (algodão, por exemplo) com gases inertes.
40	Materiais compostos	<ul style="list-style-type: none"> Substituir materiais homogêneos por materiais compostos. 	<ul style="list-style-type: none"> Quadros de bicicletas de alto desempenho; Varas para pesca esportiva ou salto em distância.

Apêndice 4 – Parâmetros de Engenharia

Neste Apêndice, são listados os Parâmetros de Engenharia (ALTSULLER, 1969) e suas respectivas interpretações (compiladas pelo autor), de forma a subsidiar a transformação das contradições encontradas nos problemas em contradições entre parâmetros de engenharia, uso da matriz de contradições e aplicação dos mesmos na metodologia IDEATRIZ.

Parâmetros de engenharia		Interpretação
1	Peso do objeto móvel	A massa do objeto ou a força gravitacional exercida por um objeto em movimento.
2	Peso do objeto estacionário	A massa do objeto ou a força gravitacional exercida por um objeto parado.
3	Comprimento do objeto móvel	Qualquer dimensão linear: "largura", "altura", "profundidade", etc.
4	Comprimento do objeto estacionário	Qualquer dimensão linear: "largura", "altura", "profundidade", etc.
5	Área do objeto móvel	Qualquer dimensão relacionada com a superfície ou área de superfície, interna ou externa. Pode incluir área de contato, assim como a própria área da superfície.
6	Área do objeto estacionário	Qualquer dimensão relacionada com a superfície ou área de superfície, interna ou externa. Pode incluir área de contato, assim como a própria área da superfície.
7	Volume do objeto móvel	Qualquer dimensão relacionada com a medida volumétrica do espaço ocupado por um objeto ou o espaço em torno dele.
8	Volume do objeto estacionário	Qualquer dimensão relacionada com a medida volumétrica do espaço ocupado por um objeto ou o espaço em torno dele.
9	Velocidade	A velocidade de um objeto ou uma taxa de qualquer tipo de processo ou ação. Velocidade relativa ou absoluta, linear ou rotacional.
10	Força	Qualquer interação que tenha como intenção mudar a condição de um objeto. Pode ser linear ou rotacional; o termo se aplica também ao torque. Aplica-se às forças estáticas e dinâmicas.

Parâmetros de engenharia		Interpretação
11	Esforço ou pressão	Força exercida em uma unidade de área. Esforço é o efeito das forças que atuam sobre um objeto. Também, tensão, compressão, efeitos dinâmicos e estáticos, fadiga, ruptura, estiramento – desde que o comprimento não seja a questão principal.
12	Forma	O contorno externo, e/ou a aparência estética de um componente de um sistema
13	Estabilidade da composição do objeto	A integridade de um sistema; o relacionamento dos elementos constituintes de um sistema. Desgaste, decomposição química, dissociação e aumento da entropia deveriam todos ser interpretados como questões que dizem respeito à "estabilidade".
14	Resistência	A extensão na qual um objeto é capaz de resistir mudando em resposta a uma força. A resistência à quebra. Pode significar um limite elástico, limite plástico, ou resistência final; à tração ou compressão; linear ou rotacional. Também inclui a tenacidade e a dureza.
15	Duração da ação do objeto móvel	O tempo que um objeto leva para desempenhar uma ação. Tempo médio entre a reforma, manutenção ou falha são todas medidas da duração da ação, como o são também as questões relacionadas com a "vida útil" (ver também o parâmetro 27).
16	Duração da ação do objeto estacionário	O tempo que um objeto leva para desempenhar uma ação. Tempo médio entre a reforma, manutenção ou falha são todas medidas da duração da ação, como o são também as questões relacionadas com a "vida útil" (ver também o parâmetro 27).
17	Temperatura	Condição térmica de um objeto ou sistema medida ou percebida. De modo livre inclui outros parâmetros térmicos, parâmetros tais como capacidade de aquecimento, condutividade, radiação e convecção.
18	Intensidade / brilho da iluminação	Fluxo de luz por unidade de área, também outras características óticas do sistema como cor, qualidade da luz, etc.
19	Energia gasta pelo objeto móvel	A medida da capacidade de um objeto de realizar trabalho. Este parâmetro tem como foco a quantidade de energia real (ao invés da eficiência do uso da energia – ver também o parâmetro 22).
20	Energia gasta pelo objeto estacionário	A medida da capacidade de um objeto de realizar trabalho. Este parâmetro tem como foco a quantidade de energia real (ao invés da eficiência do uso da energia – ver também o parâmetro 22).
21	Potência	A taxa na qual o trabalho é desempenhado. A taxa de uso da energia. Taxa de saída de energia.
22	Perda de energia	Uso de energia que não contribui para a função útil que está sendo desempenhada. Ineficiência (ver também o parâmetro 19).
23	Perda de substância	Perda de elementos de um sistema – substâncias, materiais, subsistemas, produto, etc. Pode ser parcial ou completa, permanente ou temporária.

Parâmetros de engenharia		Interpretação
24	Perda de informação	Perda de dados (ou acesso a eles) de ou para um sistema. Inclui os dados associados com qualquer um dos cinco sentidos – visual, auditivo, tátil, olfativo ou gustativo. Pode ser parcial ou completo, permanente ou temporário.
25	Perda de tempo	Ineficiência de tempo: períodos de espera, tempo de folga.
26	Quantidade de substância	A quantidade ou número de materiais, substâncias, peças, campos ou subsistemas do sistema.
27	Confiabilidade	A capacidade que um sistema tem de desempenhar as funções que se pretende dele em modo e condições previsíveis. Também inclui a durabilidade e a capacidade de se usar um objeto ou sistema ao longo de períodos prolongados (ver também os parâmetros 15 e 16).
28	Precisão de medição	Grau de precisão. A proximidade de um valor medido a um valor real de uma propriedade de um sistema. Erro de medição.
29	Precisão de fabricação	O grau no qual as características reais de um sistema ou objeto conferem com as características especificadas ou requeridas.
30	Fatores prejudiciais que afetam o objeto	Suscetibilidade de um sistema aos efeitos prejudiciais gerados externamente. Inclui os assuntos relacionados com a segurança.
31	Fatores prejudiciais gerados pelo objeto	Aspectos de um objeto ou sistema que produzem e afetam adversamente elementos externos. Inclui as questões ambientais como, por exemplo, contaminação, emissões, ruído, assim como a vibração.
32	Facilidade de fabricação	Questões relacionadas à manufatura, fabricação e montagem associadas a um objeto ou sistema. Também inclui a facilidade de inspeção.
33	Facilidade de operação	Simplicidade de operação para o usuário pretendido.
34	Facilidade de reparo	Características de qualidade tais como conveniência, conforto, simplicidade, e tempo para se reparar as faltas, falhas, ou defeitos presentes em um sistema. Inclui as questões associadas com a necessidade de ferramentas especiais ou equipamento requerido para realizar o reparo. Também diz respeito às condições associadas com o reparo no próprio local onde o objeto ou sistema se encontra.
35	Adaptabilidade ou versatilidade	A extensão na qual um sistema/objeto é capaz de responder às mudanças externas. Também, diz respeito a um sistema capaz de ser usado de múltiplas formas ou sob uma variedade de circunstâncias. Flexibilidade de operação/uso. Capacidade de customização.
36	Complexidade do objeto	A quantidade e a diversidade de elementos e dos inter-relacionamentos entre os elementos presentes dentro e ao longo dos limites de um sistema. O usuário pode ser um elemento do sistema que ocasiona o aumento da complexidade. Inclui questões como a usabilidade, capacidade de treinamento, quantidade de funções, número excessivo de componentes.
37	Dificuldade de detecção e medição	Inspeção ou análise das operações que é complexa, custosa, consumidora de tempo e/ou mão de obra. Incremento de custo para se medir contra um nível de qualidade satisfatório.
38	Grau de automação	A capacidade de um sistema ou objeto de desempenhar as suas funções sem interfacear com humanos ou sem a intervenção humana.
39	Produtividade	A quantidade de funções ou operações úteis (que adicionam valor) desempenhadas por um sistema por unidade de tempo. O tempo por unidade de função ou operação. A saída útil por unidade de tempo. O custo por unidade de saída, ou a quantidade de saída útil. (ver também "velocidade" – parâmetro 9 – a qual dá destaque às questões da mecânica mais do que à saída de produto).

Apêndice 5 – Matriz de Avaliação da IDEATRIZ

A matriz de avaliação para suporte à definição das melhores ideias geradas com a metodologia IDEATRIZ é disponibilizada neste Apêndice.

Critérios	Questões a considerar na avaliação dos critérios	Idéias														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Atratividade e benefícios	O mercado para o qual a idéia é voltada é atrativo para a empresa, em termos de tamanho e taxa de crescimento? Qual a probabilidade de retorno sobre o investimento? Qual a recompensa financeira potencial? Existem benefícios adicionais, como o cumprimento de exigências legais ou o domínio de conhecimento para aplicar em futuros projetos?															
Alinhamento	A idéia tem alinhamento com a estratégia da empresa? Há sinergias com o portfólio atual? A tecnologia para aplicação no ciclo de vida do produto é dominada pela empresa?															
Originalidade	A idéia é original? Há vantagens claras para os potenciais clientes em relação às demais ofertas existentes?															
Precocidade	Qual o tempo estimado para implementação da idéia? E para o estabelecimento no mercado? Há perspectiva de pioneirismo?															
Durabilidade da vantagem	Qual a dificuldade que as outras empresas terão para lançar ofertas alternativas (barreira de entrada)? Em quanto tempo pode-se esperar que surjam cópias? É possível proteger a idéia, por meio de patente ou outra forma?															
Duração do ciclo de vida	Em que posição o mercado está no seu ciclo de vida? Qual o tempo estimado do ciclo de vida do produto resultante?															
Investimento	Qual o volume de investimento necessário para viabilizar a idéia, considerando o ciclo de vida do produto?															
Sustentabilidade	Como a idéia se posiciona em termos de sustentabilidade ambiental e social?															
Risco	Quais os riscos associados? A idéia poderá ser viabilizada? Qual o risco de criação de normas ou leis adversas?															
Total																
Pontuação a ser utilizada na avaliação das idéias																
Muito ruim: 1		Ruim: 2			Média: 3			Boa: 4			Muito boa: 5					

Apêndice 6 – Avaliação da IDEATRIZ

Um exemplo representativo de cada um dos testes realizados para a comparação da ideação de novos produtos com o *Brainstorming*, as Tendências da Evolução e as heurísticas da IDEATRIZ é apresentado neste Apêndice.

A6.1 – BRAINSTORMING

As ideias geradas numa das sessões de ideação com o *brainstorming* realizadas para o tema escovas dentais, descritas no Capítulo 6, são apresentadas no Quadro A6.1. As categorias do Quadro foram obtidas com o uso do Diagrama de Afinidade (BRASSARD & RITTER, 1994). Nas colunas de avaliação, do lado direito do Quadro A6.1, “O” significa ideias originais; “U”, ideias úteis e “C”, ideias criativas, conforme o critério estabelecido no Capítulo 6. Na sessão aqui documentada, foram geradas 57 ideias, sendo 37 originais, 32 úteis e 12 criativas. A sessão durou 63 minutos. Hífens nas colunas “O”, “U” e “C” correspondem a ideias previamente geradas com uso das TEs ou da IDEATRIZ.

Quadro A6.1 – Ideias geradas em sessão de *brainstorming* referente a escovas dentais – continua

Categorias	Idéias geradas	O	U	C
Ações preventivas	Verniz	X		
	<i>Spray</i> que forma uma película	X		
	Moldeira protetora	X		
	Proteção prévia	X		
	Silicone nos dentes	X		

Quadro A6.1 – Ideias geradas em sessão de *brainstorming* referente a escovas dentais – continuação

Categorias	Ideias geradas	O	U	C
Métodos automáticos	Nano-escova (filme <i>Minority Report</i>)	X		
	Robô limpador	X		
Ergonomia	Não machucar a boca		X	
	Eliminar bordas da escova		X	
	Emborrachar a região sem cerdas		X	
Alternativas mecânicas	Chidete		X	
	Mordedura com milhões de micro-esponjas	X		
	Expandir espuma na boca e depois remover	X		
	Chidete com rugosidade	X		
Princípios químicos	Substância que higieniza dentes e saliva e elimina o mau hálito	X	X	X
	Pastilha		X	
	Pasta de mamão (amolece resíduos de alimento)		X	
	Aparelho que libera substância limpadora no céu da boca	X		
Cabos alternativos	Cabo moldável	X	X	X
	Cabo sanfonado	X	X	X
	Escova de dedo (eliminar o cabo)		X	
	Escova com cabo oco, usado para guardar a escova		X	
Fio dental	Passador de fio dental		X	
	Fio dental com substância		X	
	Passador de fio dental na forma da arcada	X		

Quadro A6.1 – Ideias geradas em sessão de *brainstorming* referente a escovas dentais – continuação

Categorias	Idéias geradas	O	U	C
Eficiência das cerdas	Cerdas que crescem sozinhas	X		
	Cerdas extensíveis (limpar parte de trás)	X	X	X
	Mudar direção e comprimento das cerdas		X	
	Cerdas ao redor do cabo		X	
	Cerdas em várias direções		X	
	Cerdas que avançam somente no fundo da boca, para alcançar regiões de difícil acesso, acionadas por botão	X	X	X
	Escova flexível e inteligente	X		
Novos princípios	Jato d'água		X	
	Vibrações em alta frequência		X	
	Sucção	X		
	Limpeza com radiação	X		
	Turbilhão	X	X	X
	Escova com ultra-som		X	
Partes descartáveis	Escova elétrica com pontas individuais		X	
	Cerdas descartáveis	X	X	X
Minimização do tempo gasto	Escova em U	X	X	X
	Escova que libere pasta de dente	X	X	X
	Escova em U flexível, que acompanhe a arcada	X	X	X
	Fazer a função do fio dental (entrar no meio dos dentes)		X	
	U ou com fio dental	X	X	X
Conservação da escova	Escova auto-limpante	X		
	O local de armazenagem limpa a escova	X	X	X
Outras idéias	Eliminar a necessidade de escovação	x		
	Armazenar a energia da escovação	x		
	Eliminar o sistema digestivo	x		
	Diminuir o preço		x	
	Alimentação que não deixe resíduos		x	
	Eliminar os dentes, substituindo-os por peças plásticas ou de outro material	x		
	Não alimentar-se mais	x		
	Aparelho que reconhece e elimina o que não faz parte da arcada	x		
	Escanear a boca e deletar a sujeira	x		
	Escovar os dedos em vez de escovar os dentes	x		

A6.2 – TENDÊNCIAS DA EVOLUÇÃO

As ideias geradas numa das sessões com uso das TEs propostas por Mann (2002) para o tema escovas dentais são apresentadas no Quadro A6.2 abaixo. Foram geradas 54 ideias, sendo 25 originais, 47 úteis e 18 criativas. A sessão durou 130 minutos. Hífens na coluna de ideias significam que nenhuma ideia foi gerada a partir da correspondente TE. Hífens nas colunas “O”, “U” e “C” correspondem a ideias que já haviam sido geradas pela equipe com uso do *brainstorming* ou da IDEATRIZ.

Quadro A6.2 – Ideias geradas em sessão com uso das TEs referente a ideias para escovas dentais – continua

TE	Idéias geradas	O	U	C
Materiais inteligentes	Escova moldável, para facilitar a limpeza de certas áreas	X	X	X
Métodos automáticos	Nano-escova (filme <i>Minority Report</i>)	X		
	Robô limpador	X		
Ergonomia	Não machucar a boca		X	
	Eliminar bordas da escova		X	
	Emborrachar a região sem cerdas		X	
Alternativas mecânicas	Chidete		X	
	Mordedura com milhões de micro-esponjas	X		
	Expandir espuma na boca e depois remover	X		
	Chidete com rugosidade	X		
Princípios químicos	Substância que higieniza dentes e saliva e elimina o mau hálito	X	X	X
	Pastilha		X	
	Pasta de mamão (amolece resíduos de alimento)		X	
	Aparelho que libera substância limpadora no céu da boca	X		
Cabos alternativos	Cabo moldável	X	X	X
	Cabo sanfonado	X	X	X
	Escova de dedo (eliminar o cabo)		X	
	Escova com cabo oco, usado para guardar a escova		X	
Fio dental	Passador de fio dental		X	
	Fio dental com substância		X	
	Passador de fio dental na forma da arcada	X		

Quadro A6.2 – Ideias geradas em sessão com uso das TEs referente a ideias para escovas dentais – continuação

TE	Idéias geradas	O	U	C
Evolução geométrica volumétrica	Cabo curvo em três dimensões, específico para destros ou canhotos		X	
Dinamização	Escova ferradura		X	
	Limpeza com ar	X		
	Escova mordedor (com flúor)	X	X	X
Coordenação das ações	Escova com revelador de placa bacteriana (para indicar onde é preciso escovar melhor)	X	X	X
	Escova que detecta as regiões mais sujas e avisa	X		
Coordenação dos ritmos	Uso da frequência natural para remover placa / tártaro mais facilmente	X	X	X
	Escova com ultra-som		X	
Casamento com não-linearidades externas	Fazer com que as cerdas adaptem-se melhor ao contorno dos dentes e ao perfil interno da boca		X	
Mono-bi-poli (similar)	Escova com dois cabos	X		
	Escova em U	X	X	X
Mono-bi-poli (diversos)	Escova de dentes porta fio dental	X	X	X
	Escova com luzes e sons		X	
	Escovas com brinquedos, animais, etc.		X	
Mono-bi-poli (aumento das diferenças)	Cerdas com flexibilidades diferentes		X	
	Pirulito escova	X	X	X
Atenuação reduzida	-			

Quadro A6.2 – Ideias geradas em sessão com uso das TEs referente a ideias para escovas dentais – continuação

TE	Idéias geradas	O	U	C
Aumento do uso dos sentidos	Escova "solta" sabores diferentes para indicar regiões mais "limpas" ou "sujas"	X		
	Escova com aromas		X	
	Escova com luzes		X	
	Escova com sons		X	
Aumento do uso da cor	Escovas coloridas		X	
	Usar cores para identificar o momento da troca da escova		X	
Aumento da transparência	Escova com cabo oco transparente, que permita ver a sujeira		X	
	Escova transparente para incentivar a limpeza e troca (sujeira aparece)	X	X	X
Foco de compra dos clientes	-			
Evolução mercadológica	Associar a compra da escova a um exame clínico		X	
	Cadastrar clientes e enviar informativo periódico sobre saúde		X	
	Serviço de reposição de escovas, realizado periodicamente	X	X	X
	Associar a compra a spa odontológico	X	X	X
	Associar a compra a <i>make-over</i>	X	X	X
Ponto de projeto	Escova elétrica com otimização das condições de operação (rotação, movimento alternativo)	X	X	X
Graus de liberdade	Escova elétrica com vários movimentos (rotação, translação, vibração)	X	X	X
Aparamento	-			
Controlabilidade	Escova que monitora a quantidade de sujeira e dá retorno ao usuário	X	X	X
Redução do envolvimento humano	Centro automatizado de escovação	X		
Metodologia de projeto	-			
Redução do n. de conversões de energia	-			

O gráfico da Ilustração A6.1 representa o potencial evolutivo (área não sombreada) da escova dental, conforme a avaliação realizada.

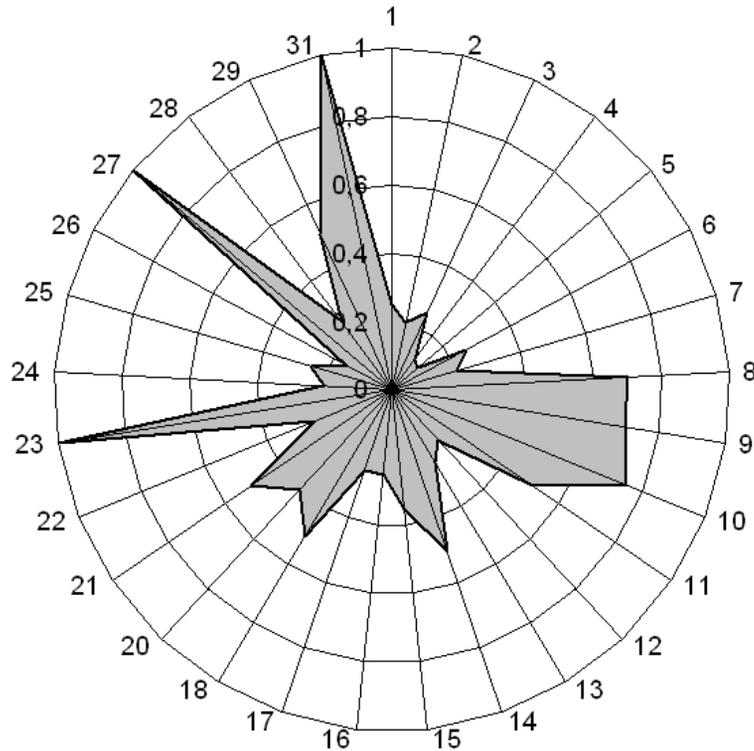


Ilustração A6.1 – Avaliação do potencial evolutivo para uma escova dental

A6.3 – IDEATRIZ

No Quadro A6.3, são documentadas as ideias geradas numa sessão com as heurísticas da IDEATRIZ, realizada com foco em escovas dentais. Foram geradas 99 ideias. Destas, 59 são originais, 55 úteis e 55 criativas. Hífens na coluna de ideias significam que nenhuma ideia foi gerada a partir da correspondente heurística. Hífens nas colunas “O”, “U” e “C” correspondem a ideias que já haviam sido geradas pela equipe com uso do *brainstorming* ou das TEs.

Quadro A6.3 – Ideias geradas em sessão com uso das heurísticas da IDEATRIZ referente a ideias para escovas dentais – continua

Heurística	Idéias geradas	O	U	C
Aumentar F				
Aumentar saída	Aumentar área com cerdas		X	
	Aumentar dureza das cerdas		X	
	Adicionar produtos químicos que removam placa bacteriana		X	
	Melhorar geometria das cerdas		X	
	Aumentar a velocidade relativa entre cerdas e dentes: rotação, movimento alternativo, vibração		X	
	Substituir cerdas por elemento com maior capacidade de remover placa	X	X	X
	Cerdas mais eficazes (novos materiais)		X	
	Usar eletroquímica		X	
	Usar jato com bicarbonato		X	
Diminuir saída	Escova mastigável (remove menos placa, mas, é aceitável em situações de conveniência, como em aeroportos)		X	
Variar saída	Escova com seletor de modo, desde "escovação de aparência" até remoção de tártaro	X	X	X
	Escova que detecta placa (sensor ou revelador de placa) e somente atua onde há placa	X	X	X
	Parte das cerdas é retrátil, só sendo acionada quando há a necessidade	X	X	X

Quadro A6.3 – Ideias geradas em sessão com uso das heurísticas da IDEATRIZ referente a ideias para escovas dentais – continuação

Heurística	Idéias geradas	O	U	C
Controlar a execução da função principal	Controle do tempo de escovação	X	X	X
	Controle de acordo com a identificação da placa (revelador)	X	X	X
	Controle de acordo com a identificação da placa (sensor)	X	X	X
	Controlar de acordo com o percurso (passar por todos os dentes)	X	X	X
	Escova que segue o padrão correto de escovação	X	X	X
	Usuário faz movimento fácil para ele, escova compensa e faz o movimento recomendado	X	X	X
	Controle da forma de ação: contínuo / alternado / pulsado	X	X	X
	Controle da velocidade: aumentar / diminuir		X	
	Cabo flexível		X	
	Três velocidades: manhã / dia / noite	X	X	X
	Duas velocidades: dia de semana / final de semana	X	X	X
	Manter usuário atento durante a escovação	X	X	X
	Escova dá <i>feedback</i> com som, luzes, vibração, gosto, para escovação correta e incorreta	X	X	X
Controlar a não-execução da função principal	Escova que somente funciona dentro da boca	X	X	X
Não criar efeitos colaterais	Evitar contaminação: escova limpa a si mesma (ultra-violeta, ultra-som)	X	X	X
	Local de armazenagem limpa a escova (ultra-violeta, ultra-som, solução de hipoclorito)	X	X	X
	Escova com cabeça pequena		X	
	Escova macia, que não machuca		X	

Quadro A6.3 – Ideias geradas em sessão com uso das heurísticas da IDEATRIZ referente a ideias para escovas dentais – continuação

Heurística	Idéias geradas	O	U	C
Integrar com outros sistemas	Escova com pontas intercambiáveis (normal / monotufo / interdental / raspador lingual / outra)	X	X	X
	Escova com múltiplos lados, cada um com características diferentes de remoção de placa (normal / monotufo / interdental / outra)		X	
	Escova com raspador lingual	X	X	X
	Escova que armazena o fio dental	X	X	X
	Escova com passador de fio dental	X	X	X
	Escova que armazena pasta dental	X	X	X
	Escova que armazena raspador lingual	X	X	X
	Escova que aplica pasta dental	X	X	X
	Escova que lava a boca (conectada com a água corrente)	X	X	X
	Escova que remove a saburra		X	
Combinar sistema com anti-sistema	Sobremesa / doce que limpa os dentes	X	X	X
	Alimento que limpa os dentes	X	X	X
	Bebida que limpa os dentes	X	X	X
Combinar sistemas alternativos	Combinar escova mecânica e escova iônica	X	X	X
	Combinar escovação com jato d'água	X	X	X
	Combinar escovação com jato d'água e bicarbonato	X	X	X
Indiretamente relacionadas com a função principal	Escova que limpa dentes, gengiva e céu da boca (aplicação de água, enxaguatório bucal ou ambos)	X	X	X
	Sistema de limpeza oro-facial (com elementos para limpeza oral, do nariz, das orelhas, e olhos)	X	X	X
	Sistema de higiene que também corta e remove pelos	X	X	X
	Spa oro-facial (com elementos para limpeza oral, do nariz, das orelhas, olhos, corte / remoção de pelos, aplicação de cremes e máscaras)	X	X	X

Quadro A6.3 – Ideias geradas em sessão com uso das heurísticas da IDEATRIZ referente a ideias para escovas dentais – continuação

Heurística	Idéias geradas	O	U	C
Não relacionadas com a função principal	Escova do <i>Batman</i>		X	
	Escova com <i>leds</i> coloridos		X	
	Escova com chocalho		X	
	Escovas com personagens infantis		X	
Concentrar – No tempo	Aparelho que produza um turbilhão dentro da boca	X	X	X
	Aparelho para remover placa que trabalha a alta velocidade / frequência		X	
Concentrar – No espaço	Aparelho para remover placa que trabalha a alta frequência		X	
	Elevar a densidade de cerdas		X	
	Esponja como meio de ação, em vez de cerdas	X	X	X
Concentrar – Nos relacionamentos	Cada cerda é composta por microcerdas	X	X	X
	Esponja associada a substâncias que contribuam para a remoção da placa	X	X	X
Estruturar fluxo	Escova associada a substâncias que contribuam para a remoção da placa		X	
	Escova com partes dedicadas, para limpar as faces dos dentes, os espaços entre os dentes, etc.		X	
Sincronizar características	Aparelho iônico para remover placa bacteriana		X	
	Cabos adaptáveis para destros e canhotos		X	
	Cabos adaptáveis para pessoas com diversas formas de deficiência	X	X	X
Criar o caminho de mínima resistência	Antes ou durante a ação mecânica, aplicar substância (solução iônica, por exemplo) que facilite a remoção da placa	X	X	X
Pré-enfraquecer	Antes ou durante a ação mecânica, aplicar substância (solução iônica, por exemplo) que facilite a remoção da placa	-	-	-

Quadro A6.3 – Ideias geradas em sessão com uso das heurísticas da IDEATRIZ referente a ideias para escovas dentais – continuação

Heurística	Idéias geradas	O	U	C
Pré-condicionar	Antes ou durante a ação mecânica, aplicar substância (solução iônica, por exemplo) que facilite a remoção da placa	-	-	-
Pré-carregar	Escova com armazenagem prévia da energia para escovação: baterias.		X	
	Escova com armazenagem prévia da energia para escovação: mola.	X	X	X
Reduzir C				
Eliminar necessidade por uma ação	Chidete		X	
	Escova mastigável		X	
	Moldeira elástica, que acomoda a arcada dentária, preenchida com cerdas / elementos para remover placa bacteriana: os dentes são limpos com algumas mordidas	X	X	X
	Moldeira elástica descartável, que acomoda a arcada dentária, preenchida com cerdas / elementos para remover placa bacteriana: os dentes são limpos com algumas mordidas	X	X	X
Eliminar procedimentos repetitivos	Mecanização ou automatização do movimento de remoção da placa		X	
Usar prevenção em vez de compensação	Fazer com que as pessoas ingiram alimentos que não promovam a formação de placa bacteriana e/ou a removam (cenoura, maçã, abacaxi).		X	
	Evitar a ingestão de carboidratos		X	
Eliminar procedimentos de preparação	Escova que aplica pasta	-	-	-
Eliminar procedimentos corretivos	Escova que detecta placa (sensor ou revelador de placa) e somente atua onde há placa	-	-	-

Quadro A6.3 – Ideias geradas em sessão com uso das heurísticas da IDEATRIZ referente a ideias para escovas dentais – continuação

Heurística	Idéias geradas	O	U	C
Eliminar tempos mortos	Escova com movimento rotativo		X	
Eliminar medições	-			
Aumentar tempo de vida do serviço	Aplicação de pasta / pomada com flúor como fase final de uso do produto	X	X	X
	Enxaguatório bucal com grande efeito residual	X	X	X
Transformar processo discreto em contínuo	Escova com movimento rotativo	-	-	-
	Balas ou pastilhas com substância limpante	X	X	X
Transformar operações seqüenciais em paralelas	Aparelho que faz a remoção mecânica da placa, bem como aplica creme dental e enxágua a boca	X	X	X
Antecipar a execução de uma ação	Aparelho que faz a remoção mecânica da placa, bem como aplica creme dental e enxágua a boca	-	-	-
Eliminar pausas	Escova que armazena pasta dental	-	-	-
	Aparelho que faz a remoção mecânica da placa, bem como aplica creme dental e enxágua a boca	-	-	-
Maximizar a densidade de um processo	Aparelho que produza um turbilhão dentro da boca	-	-	-
	Aparelho para remover placa que trabalha a alta velocidade / frequência	-	-	-
Acelerar processo	Aparelho que produza um turbilhão dentro da boca	-	-	-
	Aparelho para remover placa que trabalha a alta velocidade / frequência	-	-	-

Quadro A6.3 – Ideias geradas em sessão com uso das heurísticas da IDEATRIZ referente a ideias para escovas dentais – continuação

Heurística	Idéias geradas	O	U	C
Diminuir tempo necessário	Aparelho removedor de placa que atua ao mesmo tempo nas superfícies oclusal, vestibular e lingual / palatina de uma arcada (cerdas ou elemento limpador em U)	X	X	X
	Aparelho removedor de placa que atua ao mesmo tempo nas superfícies oclusal, vestibular e lingual / palatina de duas arcadas (cerdas ou elemento limpador em H)	X	X	X
Eliminar a necessidade pelo sistema	Fazer com que as pessoas ingiram alimentos que não promovam a formação de placa bacteriana e/ou a removam (cenoura, maçã, abacaxi).	-	-	-
	Sobremesa / doce que limpa os dentes	-	-	-
	Alimento que limpa os dentes	-	-	-
	Bebida que limpa os dentes	-	-	-
Eliminar a necessidade por um objeto	Escova dedal, sem cabo (o objeto que ocupa mais espaço)		X	
	Aparelho iônico para remover placa bacteriana (sem cerdas)	-	-	-
	Dedal iônico para remover placa bacteriana	X	X	X
Usar espaço desocupado	Escova que armazena o fio dental, pasta e/ou enxaguatório no cabo	-	-	-
	Escova que aplica pasta dental (armazena no cabo e conduz até à ponta)	X	X	X
Mudar a orientação de um objeto	Mudar a geometria das cerdas / elemento removedor de placa bacteriana: direções perpendiculares ao cabo		X	
	Mudar a geometria das cerdas / elemento removedor de placa bacteriana: direção paralela ao cabo		X	
	Cerdas / elemento removedor de placa bacteriana em toda a ponta do cabo (várias direções)		X	
Usar estruturas que poupam espaço	Escova telescópica (guarda-se dentro de si mesma)	X	X	X
	Escova sanfonada (estica e encolhe)	X	X	X
	Escova com cabo oco (guarda-se a ponta no cabo)	-	-	-
	Escova articulada / dobrável		X	

Quadro A6.3 – Ideias geradas em sessão com uso das heurísticas da IDEATRIZ referente a ideias para escovas dentais – continuação

Heurística	Idéias geradas	O	U	C
Aumentar a densidade do sistema	Elevar a densidade de cerdas	-	-	-
	Esponja como meio de ação, em vez de cerdas	-	-	-
Miniaturizar	Cada cerda é composta por microcerdas	-	-	-
	Esponja com microporosidades	X		
	Enxaguatório com nanotecnologia para a remoção da placa	X		
Modificar uma ação de forma a reduzir o espaço ocupado	Escova que aplica pasta dental (armazena no cabo e conduz até à ponta)	-	-	-
	Chidete	-	-	-
	Escova mastigável	-	-	-
Converter o externo em interno	Escova que aplica pasta dental (armazena no cabo e conduz até à ponta)	-	-	-
	Aparelho removedor de placa que atua ao mesmo tempo nas superfícies odusal, vestibular e lingual / palatina de uma arcada (cerdas ou elemento limpador em U)	-	-	-
	Aparelho removedor de placa que atua ao mesmo tempo nas superfícies oclusal, vestibular e lingual / palatina de duas arcadas (cerdas ou elemento limpador em H)	-	-	-
Eliminar objetos e processos redundantes	Eliminar enxaguatório bucal (pasta dental já tem flúor)		X	
Aumentar o uso de recursos	Escova acionada pela água corrente	X	X	X
	Escova com jato d'água e sucção, acionada pela água corrente (efeito venturi)	X	X	X
Remover elemento ativo	Mecanização / automatização do processo	-	-	-
Minimizar perdas de fluxo e resistências ao fluxo	Escova com cerdas finas, para penetrar entre dentes / entre dentes e gengiva (cerdas de novos materiais)		X	

Anexo – Matriz de Contradições

Este Anexo contém a matriz de contradições, de forma a subsidiar o uso do MPI na metodologia IDEATRIZ. A matriz está dividida em quatro partes, situadas nas próximas páginas.

O processo de consulta à matriz inicia-se com a identificação, nas linhas, do parâmetro de engenharia a ser melhorado e, nas colunas, do parâmetro que é prejudicado com a melhoria do primeiro. No cruzamento do parâmetro a ser melhorado com o parâmetro afetado negativamente, estão os princípios inventivos considerados mais úteis, no levantamento realizado por Altshuller (1969), para a resolução da contradição.

		Parâmetros de engenharia piorados										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Parâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso do objeto em movimento	-	-	15, 8, 29, 34	-	29, 17, 38, 34	-	29, 2, 40, 28	-	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37
	2	Peso do objeto parado	-	-	-	10, 1, 29, 35	-	35, 30, 13, 2	-	5, 35, 14, 2	-	8, 10, 19, 35
	3	Comprimento do objeto em movimento	15, 8, 29, 34	-	-	-	15, 17, 4	-	7, 17, 4, 35	-	13, 4, 8	17, 10, 4
	4	Comprimento do objeto parado	-	35, 28, 40, 29	-	-	-	17, 7, 10, 40	-	35, 8, 2, 14	-	28, 1
	5	Área do objeto em movimento	2, 17, 29, 4	-	14, 15, 18, 4	-	-	-	7, 14, 17, 4	-	29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2
	6	Área do objeto parado	-	30, 2, 14, 18	-	26, 7, 9, 39	-	-	-	-	-	1, 18, 35, 36
	7	Volume do objeto em movimento	2, 26, 29, 40	-	1, 7, 35, 4	-	1, 7, 4, 17	-	-	-	29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37
	8	Volume do objeto parado	-	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14	-	-	-	-	-	2, 18, 37
	9	Velocidade	2, 28, 13, 38	-	13, 14, 8	-	29, 30, 34	-	7, 29, 34	-	-	13, 28, 15, 19
	10	Força	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 1	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12	-
	11	Tensão ou pressão	10, 36, 37, 40	13, 29, 40, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	10, 15, 36, 37	6, 35, 10	35, 34	6, 35, 36, 21	36, 35
	12	Forma	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10	-	14, 4, 15, 22	7, 2, 35	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40
	13	Estabilidade da composição	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16
	14	Resistência	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14
	15	Duração da ação do objeto em movimento	19, 5, 34, 31	-	2, 19, 9	-	3, 17, 19	-	10, 2, 19, 30	-	3, 35, 5	19, 2, 16
	16	Duração da ação do objeto parado	-	6, 27, 19, 16	-	1, 40, 35	-	-	-	35, 34, 38	-	-
	17	Temperatura	36, 22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	35, 6, 4	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21
	18	Brilho	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16	-	19, 32, 26	-	2, 13, 10	-	10, 13, 19, 6	26, 19, 19
	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	12, 18, 28, 31	-	12, 28	-	15, 19, 25	-	35, 13, 18	-	8, 15, 35	16, 26, 21, 2
	20	Energia gasta pelo objeto parado	-	19, 9, 6, 27	-	-	-	-	-	-	-	36, 37
	21	Potência	8, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37	-	19, 38	17, 32, 13, 38	35, 6, 38	30, 6, 25	15, 35, 2	26, 2, 36, 35
	22	Perda de energia	15, 6, 19, 28	19, 6, 18, 9	7, 2, 6, 13	8, 38, 7	15, 26, 17, 30	17, 7, 30, 18	7, 18, 23	7	16, 35, 38	36, 38
	23	Perda de substância	35, 6, 23, 40	35, 6, 22, 32	14, 29, 10, 39	10, 28, 24	35, 2, 10, 31	10, 18, 39, 31	1, 29, 30, 36	3, 39, 18, 31	10, 13, 28, 38	14, 15, 18, 40
	24	Perda de informação	10, 24, 35	10, 35, 5	1, 26	26	30, 26	30, 16	-	2, 22	26, 32	-
	25	Perda de tempo	10, 20, 37, 35	10, 20, 26, 5	15, 2, 29	30, 24, 14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35, 17, 4	2, 5, 34, 10	35, 16, 32, 18	-	10, 37, 36, 5
	26	Quantidade de substância	35, 6, 18, 31	27, 26, 18, 35	29, 14, 35, 18	-	15, 14, 29	2, 18, 40, 4	15, 20, 29	-	35, 29, 34, 28	35, 14, 3
	27	Confiabilidade	3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	9, 10, 14, 24	2, 35, 24	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3
	28	Precisão de medição	32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 26, 5, 16	32, 28, 3, 16	26, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	32, 13, 6	-	28, 13, 32, 24	32, 2
	29	Precisão de fabricação	28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	2, 32, 10	28, 33, 29, 32	2, 29, 18, 36	32, 28, 2	25, 10, 35	10, 28, 32	28, 19, 34, 36
	30	Fatores externos indesejados atuando no objeto	22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 39, 35	22, 23, 37, 35	34, 39, 19, 27	21, 22, 35, 28	13, 35, 39, 18
	31	Fatores indesejados causados pelo objeto	19, 22, 15, 39	35, 22, 1, 39	17, 15, 16, 22	-	17, 2, 18, 39	22, 1, 40	17, 2, 30, 18, 35, 4	30, 18, 35, 28	35, 28, 3, 23, 1, 40	36, 28, 1, 40
	32	Manufaturabilidade	28, 29, 15, 16	1, 27, 35, 13	1, 29, 13, 17	15, 17, 27	13, 1, 26, 12	16, 4	13, 29, 1, 40	35	35, 13, 8, 1	35, 12
	33	Conveniência de uso	25, 2, 13, 15	6, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12	-	1, 17, 13, 16	18, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	4, 18, 31, 39	18, 13, 34	28, 13, 35
	34	Mantenedibilidade	2, 27, 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	8, 18, 31	15, 32, 13	16, 25	25, 2, 35, 11	1	34, 9	1, 11, 10
	35	Adaptabilidade	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29	-	35, 10, 15, 17, 14	20, 20
	36	Complexidade do objeto	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 26, 6	1, 16	34, 10, 28	26, 16
	37	Complexidade de controle	27, 26, 28, 13	6, 13, 28, 1	16, 17, 25, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 18, 26, 31	3, 4, 16, 35	36, 28, 40, 19
	38	Nível de automação	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 29, 17	23	17, 14, 13	-	35, 13, 16	-	28, 10	2, 35
	39	Capacidade ou produtividade	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	2, 6, 34, 10	35, 37, 10, 2	-	28, 15, 10, 36

Matriz de contradições – Parte 1 de 4

		Parâmetros de engenharia piorados										
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Parâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso do objeto em movimento	10, 35, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35	-	6, 29, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31	-
	2	Peso do objeto parado	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40	28, 2, 10, 27	-	2, 27, 19, 6	28, 19, 32, 22	35, 19, 32	-	18, 19, 28, 1
	3	Comprimento do objeto em movimento	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34	19	-	10, 15, 19	32	8, 35, 24	-
	4	Comprimento do objeto parado	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35	15, 14, 28, 26	-	1, 40, 35	3, 35, 38, 18	3, 25	-	-
	5	Área do objeto em movimento	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14	6, 3	-	2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32	-
	6	Área do objeto parado	10, 15, 36, 37	-	2, 38	40	-	2, 10, 19, 30	35, 39, 38	-	-	-
	7	Volume do objeto em movimento	8, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7	6, 35, 4	-	34, 39, 10, 18	10, 13, 2	35	-
	8	Volume do objeto parado	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15	-	35, 34, 38	35, 6, 4	-	-	-
	9	Velocidade	8, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	28, 33, 1, 18	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5	-	28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38	-
	10	Força	18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 21	35, 10, 14, 27	19, 2	-	35, 10, 21	-	19, 17, 10	1, 16, 36, 37
	11	Tensão ou pressão	-	35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	9, 18, 8, 40	19, 3, 27	-	35, 39, 19, 2	-	14, 24, 10, 37	-
	12	Forma	34, 15, 10, 14	-	33, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25	-	22, 14, 19, 32	13, 15, 32	2, 6, 34, 14	-
	13	Estabilidade da composição	2, 35, 40	22, 1, 18, 4	-	17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23	35, 1, 32	32, 3, 27, 15	13, 19	27, 4, 29, 18
	14	Resistência	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40	13, 17, 35	-	27, 3, 26	-	30, 10, 40	35, 19	19, 35, 10, 35	-
	15	Duração da ação do objeto em movimento	19, 3, 27	14, 26, 28, 25	13, 3, 35	27, 3, 10	-	-	19, 35, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18	-
	16	Duração da ação do objeto parado	-	-	39, 3, 35, 23	-	-	-	19, 18, 36, 40	-	-	-
	17	Temperatura	35, 39, 19, 2	14, 22, 19, 32	1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40	-	32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17	-
	18	Brilho	-	32, 30	32, 3, 27	35, 19	2, 19, 6	-	32, 35, 19	-	32, 1, 19	32, 35, 1, 15
	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	23, 14, 25	12, 2, 29	19, 13, 17, 24	5, 19, 9, 35	28, 35, 6, 18	-	19, 24, 3, 14	2, 15, 19	-	-
	20	Energia gasta pelo objeto parado	-	-	27, 4, 29, 18	35	-	-	19, 2, 35, 32	-	-	-
	21	Potência	22, 10, 35	29, 14, 2, 40	35, 32, 15, 31	26, 10, 28	19, 35, 10, 38	16	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19, 37	-
	22	Perda de energia	-	-	14, 2, 39, 6	26	-	-	19, 38, 7	1, 13, 32, 15	-	-
	23	Perda de substância	8, 36, 37, 10	29, 35, 3, 5	2, 14, 30, 40	35, 28, 31, 40	28, 27, 3, 18	27, 16, 18, 38	21, 35, 39, 31	1, 6, 13	35, 18, 24, 5	28, 27, 12, 31
	24	Perda de informação	-	-	-	-	10	10	-	19	-	-
	25	Perda de tempo	37, 36, 4	4, 10, 34, 17	35, 3, 22, 5	29, 3, 28, 18	20, 10, 28, 18	28, 20, 10, 16	35, 29, 21, 18	1, 19, 21, 17	35, 38, 19, 18	1
	26	Quantidade de substância	10, 36, 14, 3	35, 14	15, 2, 17, 40	14, 35, 34, 10	3, 35, 10, 40	3, 35, 31	3, 17, 39	-	34, 29, 16, 18	3, 35, 31
	27	Confiabilidade	10, 24, 35, 19	35, 1, 16, 11	-	11, 28	2, 35, 3, 25	34, 27, 6, 40	3, 35, 10	11, 32, 13	21, 11, 27, 19	36, 23
	28	Precisão de medição	6, 28, 32	6, 28, 32	32, 35, 13	28, 6, 32	28, 6, 32	10, 26, 24	6, 19, 28, 24	6, 1, 32	3, 6, 32	-
	29	Precisão de fabricação	3, 35	32, 30, 40	30, 18	3, 27	3, 27, 40	-	19, 26	3, 32	32, 2	-
	30	Fatores externos indesejados atuando no objeto	22, 2, 37	22, 1, 3, 35	35, 24, 30, 18	18, 35, 37, 1	22, 15, 33, 28	17, 1, 40, 39	22, 33, 35, 2	1, 19, 32, 13	1, 24, 6, 27	10, 2, 22, 37
	31	Fatores indesejados causados pelo objeto	2, 33, 27, 18	35, 1	35, 40, 27, 39	15, 35, 22, 2	15, 22, 33, 31	21, 39, 16, 22	22, 35, 2, 24	19, 24, 39, 32	2, 35, 6	19, 22, 18
	32	Manufaturabilidade	35, 19, 1, 37	1, 28, 13, 27	11, 13, 1	1, 3, 10, 32	27, 1, 4	35, 16	27, 26, 18	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1	1, 4
	33	Conveniência de uso	2, 32, 12	15, 34, 29, 28	32, 35, 30	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25	26, 27, 13	13, 17, 1, 24	1, 13, 24	-
	34	Mantenedibilidade	13	1, 13, 2, 4	2, 35	1, 11, 2, 9	11, 29, 28, 27	1	4, 10	15, 1, 13	15, 1, 28, 16	-
	35	Adaptabilidade	35, 16	15, 37, 1, 8	35, 30, 14	35, 3, 32, 6	13, 1, 35	2, 16	27, 2, 3, 35	6, 22, 26, 1	19, 35, 29, 13	-
	36	Complexidade do objeto	19, 1, 35	29, 13, 28, 15	2, 22, 17, 19	2, 13, 28	10, 4, 28, 15	-	2, 17, 13	24, 17, 13	27, 2, 29, 28	-
	37	Complexidade de controle	35, 36, 37, 32	27, 13, 1, 39	11, 22, 39, 30	27, 3, 15, 28	19, 29, 25, 39	25, 34, 6, 35	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	35, 38	19, 35, 16
	38	Nível de automação	13, 35	15, 32, 1, 13	18, 1	25, 13	6, 9	-	26, 2, 19	8, 32, 19	2, 32, 13	-
	39	Capacidade ou produtividade	10, 37, 14	14, 10, 34, 40	35, 3, 22, 39	29, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	20, 10, 15, 38	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 1	35, 10, 38, 19	1

Matriz de contradições – Parte 2 de 4

		Parâmetros de engenharia piorados										
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Parâmetros de engenharia a ser melhorados	1	Peso do objeto em movimento	12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31	3, 11, 1, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27
	2	Peso do objeto parado	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	10, 20, 19, 6, 35, 26	19, 6, 18, 26	8, 3, 28	18, 28, 10, 1, 35, 17	10, 1, 2, 19, 22, 37	
	3	Comprimento do objeto em movimento	1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24	15, 2, 29	29, 35	10, 14, 28, 32, 29, 40	4	10, 28, 2, 32, 29, 37	1, 15, 17, 24
	4	Comprimento do objeto parado	12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26	30, 29, 14	-	15, 29, 32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18	
	5	Área do objeto em movimento	19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26	26, 4	29, 30, 6, 13	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1
	6	Área do objeto parado	17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4	32, 35, 40, 4	25, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35
	7	Volume do objeto em movimento	35, 6, 13, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22	2, 6, 34, 10	29, 30, 7	40, 11	25, 26, 2, 16	35, 10, 34, 39, 19, 27	
	8	Volume do objeto parado	30, 6	-	10, 39, 35, 34	-	35, 16, 32, 18	35, 3	16	-	25	19, 27
	9	Velocidade	19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	10, 13, 29, 38	13, 26	-	10, 19, 29, 35	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23
	10	Força	19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5	-	10, 37, 36	14, 29, 18, 36	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18
	11	Tensão ou pressão	10, 35, 14	2, 36, 25	10, 36, 37	-	37, 36, 4	10, 14, 36	10, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37
	12	Forma	4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5	-	14, 10, 34, 17	36, 22	16	10, 40, 28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35
	13	Estabilidade da composição	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40	-	35, 27	15, 32, 35	-	13	18	35, 23, 18, 30
	14	Resistência	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40	-	29, 3, 28, 10	29, 10, 27	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1
	15	Duração da ação do objeto em movimento	19, 10, 35, 38	-	28, 27, 3, 18	10	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28
	16	Duração da ação do objeto parado	16	-	27, 16, 18, 38	10	28, 20, 10, 16	3, 35, 31	34, 27, 6, 40	10, 26, 24	-	17, 1, 40, 33
	17	Temperatura	2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31	-	35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2
	18	Brilho	32	19, 16, 1, 6	13, 1	1, 6	19, 1, 26, 17	1, 19	-	11, 15, 32	3, 32	15, 19
	19	Energia gasta pelo objeto em movimento	6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5	-	35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18	19, 21, 11, 27	3, 1, 32	-	1, 35, 6, 27
	20	Energia gasta pelo objeto parado	-	-	28, 27, 18, 31	-	-	3, 35, 31	10, 36, 23	-	-	10, 2, 22, 37
	21	Potência	-	10, 35, 38	28, 27, 18, 38	10, 19	35, 20, 10, 6	4, 34, 19	19, 24, 26, 31	32, 15, 2	32, 2	19, 22, 31, 2
	22	Perda de energia	3, 38	-	35, 27, 2, 37	19, 10	10, 18, 32, 7	7, 18, 25	11, 10, 35	32	-	21, 22, 35, 2
	23	Perda de substância	28, 27, 18, 38	35, 27, 2, 31	-	-	15, 18, 35, 10	6, 3, 10, 24	10, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 10
	24	Perda de informação	10, 19	19, 10	-	-	24, 26, 28, 32	24, 28, 35	10, 28, 23	-	-	22, 10, 1
	25	Perda de tempo	35, 20, 10, 6	10, 5, 18, 32	35, 18, 10, 39	24, 26, 28, 32	-	35, 38, 18, 16	10, 30, 28, 32	24, 34, 23, 18	24, 26, 35, 18, 34	
	26	Quantidade de substância	35	7, 18, 25	6, 3, 10, 24	24, 28, 35	35, 38, 18, 31	-	18, 3, 28, 40	3, 2, 28	33, 30	35, 33, 29, 31
	27	Confiabilidade	21, 11, 26, 31	10, 11, 35	10, 35, 29, 39	10, 28	10, 30, 4	21, 28, 40, 3	-	32, 3, 11, 23	11, 32, 1	27, 35, 2, 40
	28	Precisão de medição	3, 6, 32	28, 32, 27	10, 16, 31, 28	-	24, 34, 28, 32	2, 6, 32	5, 11, 1, 23	-	-	28, 24, 22, 26
	29	Precisão de fabricação	32, 2	13, 32, 2	35, 31, 10, 24	-	32, 26, 28, 18	32, 30	11, 32, 1	-	-	26, 28, 10, 36
	30	Fatores externos indesejados atuando no objeto	19, 22, 31, 2	21, 22, 35, 2	33, 22, 19, 40	22, 10, 2	35, 18, 34	35, 33, 29, 31	27, 24, 2, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18	-
	31	Fatores indesejados causados pelo objeto	2, 35, 18	21, 35, 22, 2	10, 1, 34	10, 21, 29	1, 22	3, 24, 39, 1	24, 2, 40, 39	3, 33, 26	4, 17, 34, 26	-
	32	Manufaturabilidade	27, 1, 12, 24	19, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16	35, 28, 34, 4	35, 23, 1, 24	-	1, 35, 42, 18	-	24, 2
	33	Conveniência de uso	35, 34, 2, 10	2, 19, 13	28, 32, 2, 24	4, 10, 27, 22	4, 28, 10, 34	12, 35	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23	2, 25, 28, 39
	34	Mantenabilidade	15, 10, 32, 2	15, 1, 32, 19	2, 35, 34, 27	-	32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10	35, 102, 16
	35	Adaptabilidade	19, 1, 29	18, 15, 1	15, 10, 2, 13	-	35, 28	15	3, 35, 35, 13, 8, 24	35, 5, 4, 10	-	35, 11, 32, 31
	36	Complexidade do objeto	20, 19, 30, 34	10, 35, 13, 2	35, 10, 28, 29	-	6, 29	13, 3, 27, 10	13, 35, 1	2, 26, 10, 34	26, 24, 32	22, 19, 29, 40
	37	Complexidade de controle	19, 1, 16, 10	35, 3, 15, 19	1, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22	18, 28, 32, 9	3, 27, 29, 18	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28	-	22, 19, 29, 28
	38	Nível de automação	28, 2, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33	24, 28, 35, 30	35, 13	11, 27, 32	28, 28, 10, 34	28, 26, 18, 23	2, 33
	39	Capacidade ou produtividade	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	35, 23	13, 15, 23	-	35, 38	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	32, 1, 18, 10	22, 35, 13, 24

Matriz de contradições – Parte 3 de 4

	Parâmetros de engenharia piorados								
	31	32	33	34	35	36	37	38	39
1 Peso do objeto em movimento	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
2 Peso do objeto parado	35, 22, 1, 39	28, 1, 9	8, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 25, 28	2, 26, 17, 15	35, 35	1, 28, 15, 35
3 Comprimento do objeto em movimento	17, 15	1, 29, 17	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29
4 Comprimento do objeto parado	-	15, 17, 27	2, 25	3	1, 35	1, 26	26	-	30, 14, 7, 26
5 Área do objeto em movimento	17, 2, 18, 39	13, 1, 26, 24	15, 17, 13, 16	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2
6 Área do objeto parado	22, 1, 40	40, 16	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7
7 Volume do objeto em movimento	17, 2, 40, 1	29, 1, 40	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34
8 Volume do objeto parado	30, 18, 35, 4	35	-	1	-	1, 31	2, 17, 26	-	35, 37, 10, 2
9 Velocidade	2, 24, 32, 21	35, 13, 8, 1	32, 28, 13, 12	34, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16	10, 18	-
10 Força	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	3, 28, 35, 37
11 Tensão ou pressão	2, 33, 27, 18	1, 35, 16	11	2	35	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37
12 Forma	35, 1	1, 32, 17, 28	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10
13 Estabilidade da composição	35, 40, 27, 39	35, 19	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3
14 Resistência	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	32, 40, 28, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 28	27, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14
15 Duração da ação do objeto em movimento	21, 39, 16, 22	27, 1, 4	12, 27	29, 10, 27	1, 35, 13	10, 4, 29, 15	19, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19
16 Duração da ação do objeto parado	22	35, 10	1	1	2	-	25, 34, 8, 35	1	20, 10, 16, 38
17 Temperatura	22, 35, 2, 24	26, 27	26, 27	4, 10, 16	2, 18, 27	2, 17, 16	3, 27, 35, 31	23, 2, 19, 16	15, 28, 35
18 Brilho	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 26, 10	2, 25, 16
19 Energia gasta pelo objeto em movimento	2, 35, 6	28, 26, 30	19, 35	1, 15, 17, 28	15, 17, 13, 10	2, 29, 27, 28	35, 38	32, 2	12, 28, 35
20 Energia gasta pelo objeto parado	19, 22, 18	1, 4	-	-	-	-	19, 35, 16, 25	-	1, 6
21 Potência	2, 35, 18	26, 10, 34	26, 35, 10	35, 2, 10, 34	19, 17, 34	20, 19, 30, 34	19, 35, 16	28, 2, 17	28, 35, 34
22 Perda de energia	21, 35, 2, 22	-	35, 32, 1	2, 19	-	7, 23	35, 3, 15, 23	2	28, 10, 29, 35
23 Perda de substância	10, 1, 34, 29	15, 34, 33	32, 28, 2, 24	2, 35, 34, 27	15, 10, 2	35, 10, 28, 24	35, 18, 10, 13	35, 10, 18	28, 35, 10, 23
24 Perda de informação	10, 21, 22	32	27, 22	-	-	-	35, 33	35	13, 23, 15
25 Perda de tempo	35, 22, 18, 39	35, 28, 34, 4	4, 28, 10, 34	32, 1, 10	35, 28	6, 29	18, 28, 32, 10	24, 28, 35, 30	-
26 Quantidade de substância	3, 35, 40, 39	29, 1, 35, 27	35, 29, 10, 25	2, 32, 10, 25	15, 3, 29	3, 13, 27, 10	3, 27, 29, 18	8, 35	13, 29, 3, 27
27 Confiabilidade	35, 2, 40, 26	-	27, 17, 40	1, 11	13, 35, 8, 24	13, 35, 1	27, 40, 28	11, 13, 27	1, 35, 29, 38
28 Precisão de medição	3, 33, 39, 10	6, 35, 25, 18	1, 13, 17, 34	1, 32, 13, 11	13, 35, 2	27, 35, 10, 34	26, 24, 32, 28	28, 2, 10, 34	10, 34, 28, 32
29 Precisão de fabricação	4, 17, 34, 26	-	1, 32, 35, 23	25, 10	-	26, 2, 18	-	26, 28, 18, 23	10, 18, 32, 39
30 Fatores externos indesejados atuando no objeto	-	24, 35, 2	2, 25, 28, 39	35, 10, 2	35, 11, 22, 31	22, 19, 29, 40	22, 19, 29, 40	33, 3, 34	22, 35, 13, 24
31 Fatores indesejados causados pelo objeto	-	-	-	-	-	19, 1, 31	2, 21, 27, 1	2	22, 35, 18, 39
32 Manufaturabilidade	-	-	2, 5, 13, 16	35, 1, 11, 9	2, 13, 15	27, 26, 1	6, 28, 11, 1	8, 28, 1	35, 1, 10, 28
33 Conveniência de uso	-	2, 5, 12	-	12, 26, 1, 32	15, 34, 1, 16	32, 25, 12, 17	-	1, 34, 12, 3	15, 1, 28
34 Manutenibilidade	-	1, 35, 11, 10	1, 12, 26, 15	-	7, 1, 4, 16	35, 1, 13, 11	-	34, 35, 7, 13	1, 32, 10
35 Adaptabilidade	-	1, 13, 31	15, 34, 1, 16	1, 16, 7, 4	-	15, 29, 37, 28	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37
36 Complexidade do objeto	19, 1	27, 26, 1, 13	27, 9, 26, 24	1, 13	29, 15, 28, 37	-	15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28
37 Complexidade de controle	2, 21	5, 28, 11, 29	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10, 37, 28	-	34, 21	35, 18
38 Nível de automação	2	1, 26, 13	1, 12, 34, 3	1, 35, 13	27, 4, 1, 35	15, 24, 10	34, 27, 25	-	5, 12, 35, 26
39 Capacidade ou produtividade	35, 22, 18, 39	35, 28, 2, 24	1, 28, 7, 19	1, 32, 10, 25	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26	-

Parâmetros de engenharia a ser melhorados