

**EDUARDO DEMARQUE**

**TRIZ**  
**TEORIA PARA A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS INVENTIVOS**  
**APLICADA AO PLANEJAMENTO DE PROCESSOS NA**  
**INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,  
para obtenção de Título de Mestre em Engenharia  
Automotiva

São Paulo  
2005

**EDUARDO DEMARQUE**

**TRIZ**  
**TEORIA PARA A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS INVENTIVOS**  
**APLICADA AO PLANEJAMENTO DE PROCESSOS NA**  
**INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,  
para obtenção de Título de Mestre em Engenharia  
Automotiva

Área de Concentração: Engenharia Automotiva

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Massarani

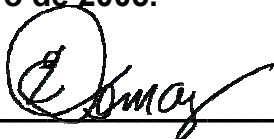
São Paulo

2005

**Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.**

**São Paulo, 01 de outubro de 2005.**

**Assinatura do autor** \_\_\_\_\_



**Assinatura do orientador** \_\_\_\_\_

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Demarque, Eduardo**

**TRIZ – teoria para a resolução de problemas inventivos aplicada ao planejamento de processos na indústria automotiva / E. Demarque. – ed.rev. --São Paulo, 2005.**

**250 p.**

**Trabalho de curso (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.**

**1.Planejamento de processos 2.Criatividade 3.Solução de problemas I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica II.t.**

À minha esposa Elizabety e aos meus filhos Rafael e Vinícius que nunca deixaram de me apoiar e entender a minha ausência durante este trabalho,

e

Aos meus pais Arcídio e Lúcia que me inspiraram o gosto pelo estudo e a busca pela evolução pessoal,

e

Às minhas tias Antônia e Aparecida que me ensinaram o gosto pela vida e por vencer desafios.

## ***AGRADECIMENTOS***

Agradeço ao orientador Prof. Dr. Marcelo Massarani, pela motivação, incentivo e confiança dedicados a mim e pela perspicácia, discernimento e bom senso com que conduziu este trabalho.

Agradeço a todos os professores do MPEA que contribuíram para o meu aperfeiçoamento acadêmico e profissional.

Agradeço à Prof. Dra. Janette Brunstein pelos ensinamentos sobre metodologia da pesquisa científica que auxiliaram na elaboração deste trabalho.

Agradeço à minha família pelo carinho e apoio, que ao longo deste trabalho sustentaram os meus esforços na busca do melhor caminho.

Agradeço aos amigos Flávio Fernandes e Denis Luque, e aos meu filhos por empenharem seu tempo na revisão ortográfica deste trabalho.

Toda a minha gratidão aos amigos e companheiros Roberto Hirayama, Gyozo Danczkay, Ricardo Urbano e Eduardo Henrique Guerini por dividirem comigo as angústias, ansiedades e agruras ao longo do curso e pela colaboração direta na execução deste trabalho, seja por meio de informações, orientações ou críticas positivas.

Meus sinceros agradecimentos a João Sidney Fernandes, Rubens J. Macedo e Diogenes Vecchi Jr e aos colegas de trabalho que, direta ou indiretamente, apoiaram, auxiliaram ou colaboraram para a execução deste trabalho.

Agradeço à Deus por este trabalho.

## ***RESUMO***

Genrich Saulovich Altshuller (☼1926 - †1998) pesquisou milhares de patentes com o objetivo de sistematizar o processo de solução de problemas. De sua pesquisa nasceu a TRIZ, Teoria para a Resolução de Problemas do Inventor. Ela é composta de várias ferramentas e métodos que foram validadas na Rússia na década de 1980. Na década seguinte a TRIZ migrou para o ocidente, principalmente para Alemanha e Estados Unidos, por meio de emigrantes russos que fugiam das dificuldades econômicas em seu país. A TRIZ é pouco conhecida no Brasil e não existe quase nenhuma literatura sobre ela em português. No capítulo 1 é apresentada a motivação para este trabalho. No capítulo 2 são apresentados os conceitos da teoria. No capítulo 3 suas ferramentas. Os capítulos 2 e 3 formam um compêndio da metodologia de Altshuller. No capítulo 4 é proposta uma maneira de utilizar a TRIZ e, em seguida, no capítulo 5, por meio de estudos de casos, avalia-se a metodologia para aplicação na indústria automotiva. No capítulo 6 o autor apresenta uma proposta para o treinamento e disseminação da metodologia dentro de uma empresa. Por fim, no capítulo 7, conclui-se que é possível auferir um diferencial positivo frente à concorrência com o uso da TRIZ, apesar da dificuldade em aprendê-la.

## ***ABSTRACT***

Genrich Saulovich Altshuller (☼1926 - †1998) search thousands of patents aimed on systematize the problem solving process, using creativity. This research leads to a set of tolls and methods to name TRIZ (Russian acronym) or TIPS (English acronym). These tools and methods were extensively validated by Altshuller and his students and collaborator during 80's decade. Ten years late it was spread through the west by "triznik" migration. TRIZ isn't well known in Brazil and there are a few literatures, almost any, in Portuguese. First chapter presents the motivation for this piece of work. Chapter 2 introduces TRIZ concepts and chapter 3 displays its tools. In the chapter 4 a way to use the Altshuller methodology is proposed. Chapter 5 shows three cases using TRIZ in an Automotive Industry. In the chapter 6, the author suggests a training format. Finally, chapter 7 concludes TRIZ is a good way to make profits, in spite of it's learn difficulty.

*Se eu pudesse deixar algo...*  
*...deixaria aceso o sentimento de amar a vida dos seres humanos.*  
*A consciência de aprender tudo o que foi ensinado pelo tempo afora.*  
*Lembraria dos erros que foram cometidos para que não mais se repetissem.*  
*Deixaria, se pudesse, o respeito àquilo que é indispensável.*  
*Além do pão, o trabalho. Além do trabalho, a ação.*  
*E, quando tudo mais faltasse, um segredo:*  
*o de buscar no interior de si mesmo a resposta e a força para encontrar a*  
*saída.*  
*(Gandhi)*



## *SUMÁRIO*

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. FUNDAMENTOS DA METODOLOGIA.....	5
2.1 - Problema Inventivo.....	7
2.2 - Inércia Psicológica.....	8
2.3 - Idealidade.....	11
2.4 - Sistema Ideal.....	12
2.5 - Idealidade Local .....	14
2.6 - Contradição.....	15
2.7 - Níveis de Inventividade .....	18
2.8 - Períodos na vida de um Sistema .....	20
2.9 - Padrões de Invenção .....	22
2.10 - Solução de Problemas.....	23
2.11 - Conjecturas sobre a Teoria para a Resolução de Problemas do Inventor .....	25
2.12 - A Teoria para a Resolução de Problemas do Inventor - TRIZ .....	26
3. FERRAMENTAS DA TRIZ .....	29
3.1 - Os 39 Parâmetros de Engenharia.....	29
3.2 - Os 40 Princípios Inventivos.....	30
3.3 - A Matriz de Contradições (MC).....	31
3.5 - As 76 Soluções Padrão .....	35
3.6 - Modelagem Pelas Pequenas Pessoas Perspicazes (PPP).....	38
3.7 - Padrões da Evolução Tecnológica.....	38
3.8 – Operadores .....	43
3.8.1 - Operador DTC (Dimensão, Tempo, Custo).....	43
3.8.2 - Princípio da Separação .....	43
3.8.3 - Operador de Sistemas .....	46
3.9 - Uso de Efeitos.....	47

3.10 - Algoritmo para a Solução de Problemas Inventivos .....	49
4. A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS .....	50
4.1 - Questionário de Circunstância Inovadora.....	51
4.2 - ARIZ – Algoritmo para a resolução de problemas inventivos .....	54
4.2.1 – Evolução do ARIZ .....	56
4.3 - O Processo Proposto de Solução de Problemas.....	59
4.4 – Ferramenta de Pesquisa na MC.....	64
5. ESTUDO DE CASOS .....	66
5.1 - O Primeiro Caso .....	67
5.2 - O Segundo Caso .....	83
5.3 - O Terceiro Caso.....	99
5.4 - Inferências a partir dos Casos Estudados .....	124
6. TREINAMENTO .....	129
6.1 - Aprendiz .....	132
6.2 - Prático .....	136
6.3 - Especialista .....	137
6.4 - Experto.....	139
7. CONCLUSÕES .....	140
Anexo A – LISTA DOS 39 PARÂMETROS DE ENGENHARIA .....	<b>Erro!</b>

**Indicador não definido.**

Anexo B – OS 39 PARÂMETROS DE ENGENHARIA**Erro! Indicador não definido.**

Anexo C – LISTA DOS 40 PRINCÍPIOS INVENTIVOS**Erro! Indicador não definido.**

Anexo D – 40 PRINCÍPIOS INVENTIVOS DE ACORDO COM A FREQUÊNCIA DE USO .....

**Erro! Indicador não definido.**

Anexo E – DETALHANDO OS 40 PRINCÍPIOS INVENTIVOS .....

**Erro!**

**Indicador não definido.**

Anexo F – MATRIZ DE CONTRADIÇÕES.... **Erro! Indicador não definido.**

Anexo G – SIMBOLOGIA PARA ANÁLISE CAMPO-SUBSTÂNCIA ..**Erro!**

**Indicador não definido.**

Anexo H – AS 76 SOLUÇÕES PADRÃO .....

**Erro! Indicador não definido.**

Classe 1 .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Classe 2 .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Classe 3 .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Classe 4 .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Classe 5 .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

Anexo I – QUESTIONÁRIO DE CIRCUNSTÂNCIA INOVADORA .....**Erro!**

**Indicador não definido.**

Anexo J – ARIZ-61 .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Anexo L – ARIZ-71 .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Anexo M – ARIZ-85C.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

LISTA DE REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**Erro! Indicador não**

**definido.**

APÊNDICE I – Lista com Efeitos Físicos..... **Erro! Indicador não definido.**

## ***LISTA DE FIGURAS***

Figura 01 – Genrich Saulovich Altshuller (1926 – 1998).....	6
Figura 02 – Mapa do Conhecimento.....	8
Figura 03 – Inércia Psicológica e a Solução Ideal de um problema. ....	9
Figura 04 – Inércia Psicológica e Solução Ideal no Mapa do Conhecimento.....	10
Figura 05 – Relação de Idealidade criada por Altshuller.....	11
Figura 06 – Evolução dos petroleiros.....	12
Figura 07 – Exemplo de evolução para o Sistema Ideal. ....	13
Figura 08 – Exemplo de PI aplicado em diferentes indústrias.....	22
Figura 09 – Esquema simplificado de solução de problemas pela TRIZ.....	23
Figura 10 – Esquema geral da Teoria para a Resolução de Problemas do Inventor..	25
Figura 11 – Linha do tempo para a evolução da TRIZ Clássica.....	27
Figura 12 – Extrato da Matriz de Contradições. ....	32
Figura 13 – Modelo Su-C do sistema cadeira-nalgas.....	35
Figura 14 – Fluxograma para o uso das 76SP.....	37
Figura 15 – Ciclo de vida de um sistema tecnológico. ....	41
Figura 16 – Ciclo de vida de um sistema tecnológico conforme o enfoque.....	42
Figura 17 – Exemplo de Separação dentro do Todo e suas Partes.....	45
Figura 18 – As nove janelas do Operador de Sistemas.....	47
Figura 19 – Esquema da ação de um efeito.....	47
Figura 20 – Extrato do Banco de Efeitos Físicos, Químicos e Geométricos. ....	48
Figura 21 – Fluxograma ARIZ.....	58
Figura 22 – Fluxograma do modelo de solução de problemas proposto.....	63
Figura 23 – Sistema de Freio de Estacionamento e Alavanca de Câmbio.....	68
Figura 24 – Zona de interferência no manuseio das alavancas.....	70
Figura 25 – Diagrama FAST para o processo de montagem da alavanca de Câmbio. .....	73
Figura 26 – Esboço do conflito intensificado. ....	75
Figura 27 – Esboço do conceito para a solução do caso 1.....	78
Figura 28 – Esboço da operação de programação e testes.....	85

Figura 29 – Gráfico da Análise Su-C do problema.....	89
Figura 30 – Esboço do conflito intensificado. ....	90
Figura 31 – Aplicação da análise Su-C e 76 SP ao problema.....	92
Figura 32 – Esboço do conceito gerado até aqui.....	93
Figura 33 – Esboço do conflito com o auxílio das PPP. ....	94
Figura 34 – Conceito do conector intermediário gerado pela utilização das PPP. ....	94
Figura 35 – Resultado da pesquisa dos conflitos na MC. ....	96
Figura 36 – Leiaute da parte estudada.....	101
Figura 37 - Posição das talhas.....	102
Figura 38 – ZO1, onde ocorre a ação desejada. ....	109
Figura 39 – Resultado da pesquisa das CT para o problema 1 do terceiro caso. ....	112
Figura 40 – Esboço do conflito do problema 2 – terceiro caso.....	116
Figura 41 – Esboço do resultado esperado para solucionar o problema 2 do terceiro caso estudado. ....	117
Figura 42 – PI encontrados na MC no estudo do problema 2 do terceiro caso.....	120
Figura 43 – Tela de formulação da contradição para pesquisa na MC. ....	125
Figura 44 – Exemplo da planilha de registro de aplicação para PI.....	127
Figura 45 – Pirâmide profissional da TRIZ dentro de uma empresa. ....	131
Figura 46 – Ícone TRIZ-Aprendiz. ....	132
Figura 47 – Ícone TRIZ-Prático.....	136
Figura 48 – Ícone TRIZ-Especialista. ....	137
Figura 49 – Ícone TRIZ-Experto.....	139
Figura 50 – O Aeromax da Zetaflex deixa até 2/3 do vão livre. <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 51 – Pitstop da Ferrari. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 52 – Matreska. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 53 – Toca MP3. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 54 – Falkirk Wheel, Inglaterra. a) Esquema de funcionamento. b) Em operação. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 55 – Millenium Bridge, Newcastle, Inglaterra. <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 56 – Hidrofólios.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

Figura 57 – Avental de chumbo usado em consultório dentário.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 58 – Eclusas do canal do Panamá. .... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 59 – Eclusas do canal do Panamá. .... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 60 – Engrenagem Espiral..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 61 – Teclado de computador tipo “*butterfly*”. Teclado que pode ser separado em diferentes pontos e com altura ajustável. .... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 62 – Boroscópio flexível para exame interno de mecanismos.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 63 – Sigmoidoscópio flexível para exame interno do corpo humano, como mostra a figura acima. O exame no tecido que reveste o intestino com um tubo iluminado. .... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 64 – Caminhão Basculante. .... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 65 – Circuito eletrônico híbrido..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 66 – Massagem Torácica. .... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 67 – Dispositivo para firmar prego. .... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 68 – Colchão Inflável..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 69 – Armazém Inflável. .... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 70 – Faca elétrica que se afia durante o uso. ... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 71 – Exemplo de aplicação da SP 1.2.2..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 72 – Exemplo de aplicação da SP 2.1.1..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 73 – Seleção de tamanhos com duas detecções.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 74 – Concreto aerado HySSIL (High-Strength, Structural, Insulative, Lightweight)..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 75 – Fogão solar é exemplo de recursos presentes no meio-ambiente. ....**Erro! Indicador não definido.**

## ***LISTA DE TABELAS***

Tabela I – Níveis de Inventividade (Shuliak, 2004 e Zlotin e Zusman, 2004).	19
Tabela II – Períodos na vida de sistemas tecnológicos (Altshuller, 2002).....	21
Tabela III – As 76SP divididas em classes e o número de soluções tabuladas (Terninko, Domb e Miller, 2000).....	36
Tabela IV – Padrões da Evolução Tecnológica – Parte A.....	39
Tabela V – Padrões da Evolução Tecnológica – Parte B.....	40
Tabela VI – PI para solucionar o terceiro caso oriundos da MC.....	111
Tabela VII – Número de ocorrências dos PI .....	113
Tabela VIII – Sugestão para Análise Funcional <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Tabela IX – Passo 2.4 da ARIZ-71.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

## ***LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS***

76SP	- 76 Soluções Padrão.
CF	- Contradição Física.
CNF	- Conflito.
CT	- Contradição Técnica.
CVT	- Continuous Variable Transmission.
DTC	- Operador Dimensão, Tempo, Custo.
FAST	- Function Analysis System Technique.
IEM	- Interferência Eletromagnética.
MP	- Mini-problema.
OS	- Operador de Sistemas.
PE	- Parâmetro de Engenharia.
PET	- Padrões da Evolução Tecnológica.
PI	- Princípio Inventivo.
PPP	- Técnica das Pequenas Pessoas Perspicazes.
QCI	- Questionário de Circunstância Inovadora.
RFI	- Resultado Final Ideal.
SI	- Solução Ideal.
SLP	- Small Little People.
SP	- Soluções Padrão.
Su-C	- Modelo Substância-Campo.
TIPS	- Theory of Inventive Problem Solving.
TO	- Tempo de Operação.
TRIZ	- Teorija Rezhenija Izobretatel'skich Zadach.
Triznik	- Praticante da TRIZ.
TRPI	- Teoria para a Resolução de Problemas Inventivos.
VPH	- Veículos Por Hora.
ZO	- Zona de Operação.



## ***1. INTRODUÇÃO***

A crescente competição imposta às empresas que desenvolvem e produzem produtos e fornecem serviços exige maior rapidez e criatividade em seus processos de pesquisa e desenvolvimento.

Esta necessidade também se estende para a manufatura, onde os problemas de produção devem ser rápida e criativamente solucionados a fim de minimizar os custos de produção e garantir a qualidade do que é produzido.

Como os custos de produção são em sua maior parte definidos na concepção e projeto do produto e processo de fabricação, é nesta fase que a indústria deve atuar com maior ênfase para aumentar a sua competitividade, sem negligenciar a procura diária e contínua por melhorias e aperfeiçoamentos.

A busca por competitividade pela criatividade na concepção de novos produtos e processos de fabricação gerou várias metodologias que se mesclam em suas aplicações.

Uma metodologia que traduz bem este propósito, buscar por competitividade pela criatividade, é ainda desconhecida no Brasil, apesar da existência de vários relatos de sua aplicação em grandes corporações no ocidente.

Na década de 1940, na extinta União Soviética, um engenheiro de nome Genrich Saulovich Altshuller, junto com seu colega Rafael Shapiro, começou a estudar uma maneira de sistematizar o que ele chamou de resolução de problemas do inventor.

Posteriormente, Shapiro se desinteressou deste trabalho e Altshuller o continuou sozinho e, alguns anos mais tarde, prosseguiu com a ajuda de alunos e simpatizantes. Este desenvolvimento continuou por mais de cinquenta anos e terminou com a morte de Altshuller em 1998.

A metodologia criada por Altshuller é conhecida por TRIZ.

Apesar de ser apresentada como metodologia - existe até um algoritmo para sua aplicação na solução de problemas - ela pode ser classificada como filosofia, pois seu objetivo é a solução ideal para o problema dentro do campo de conhecimento atual, o que permite sua evolução sistemática conforme o conhecimento gradativamente cresce.

Segundo Kowallic (1997) TRIZ é o acrônimo da frase russa: **Теория Решения Изобретательских** que pode ser transcrita para o nosso alfabeto como Teorjza Rezhenija Izobretatel'skich Zadach. Esta frase pode ser traduzida para o português como: Teoria para a Resolução de Problemas do Inventor, ou, Teoria para a Resolução de Problemas Inventivos. É conhecida também, em inglês, como “*Theory of Inventive Problem Solving*” (TIPS) ou ainda como “*Systematic Innovation*”.

O ponto de partida para Altshuller foi a necessidade de muitos inventores russos resolverem problemas técnicos com suas invenções. Não existia naquela época uma metodologia que sistematizasse a resolução destes problemas.

Altshuller partiu da pesquisa de duzentas mil patentes das quais classificou quarenta mil como inventivas. Da análise destas quarenta mil patentes derivaram os conceitos que dão sustentação para a TRIZ. Estes conceitos serão apresentados no capítulo 2.

A princípio a TRIZ foi considerada subversiva pelo partido comunista soviético o que fez com que durante quatro décadas Altshuller desenvolvesse sua teoria praticamente sozinho. Na década de 1980, com o advento da Perestroika, Altshuller pode divulgar livremente a TRIZ através de seminários e “*workshops*”. O interesse por essa teoria fez com que fossem criadas várias escolas para ensiná-la na extinta União Soviética, o que permitiu que muitos alunos e simpatizantes pudessem ajudá-lo em sua pesquisa. Hoje mais de dois milhões de patentes de todo o mundo já foram estudadas e classificadas segundo informações publicadas por Ideation International Inc (2004).

Altshuller definindo a TRIZ explica que esta tem por objetivo gerar conceitos para a solução de Problemas Inventivos, quebrando as barreiras da Inércia Psicológica, indo de encontro à Idealidade.

A essência desta teoria, segundo Nakagawa (2001), consiste em reconhecer que os sistemas tecnológicos evoluem em direção à idealidade, pela superação de contradições e com a mínima introdução de recursos. Portanto, para a resolução de problemas com criatividade, a TRIZ fornece um modo dialético de pensar, isto é, entender o problema como um sistema, primeiro criando a imagem da solução ideal e solucionando as contradições.

Altshuller descobriu que a solução de problemas semelhantes era repetida em diversos ramos da indústria, em épocas diferentes, e pensou que se mapeasse a solução de problemas de um modo genérico, poderia facilitar esta atividade em áreas distintas da indústria, e isto propiciaria uma evolução mais rápida dos sistemas tecnológicos.

A TRIZ desenvolvida por Altshuller foi, posteriormente, denominada de TRIZ Clássica, pois seus alunos e colaboradores continuam o estudo e desenvolvimento da teoria. Hoje existem várias metodologias para a resolução de problemas que são derivadas da TRIZ Clássica.

Empresas como Ideation International Inc., Technical Innovation Center Inc., CREAX NV, entre outras, continuam as pesquisas e o desenvolvimento desta teoria, divulgando-a e automatizando-a com a criação de softwares que auxiliam na sua aplicação.

Este conhecimento superficial acerca da teoria de Altshuller motivou a curiosidade sobre a TRIZ Clássica e gerou a pergunta:

Será que haveria algum benefício no estudo da TRIZ Clássica para a indústria manufatureira atual?

E para responder a esta pergunta produziu-se o seguinte plano:

1- Primeiro conhecer o que é a TRIZ.

- O que motivou Altshuller a desenvolvê-la?
- Como ela foi desenvolvida?
- Qual é a história da TRIZ?
- O que sustenta esta teoria?
- Existem exemplos de sua aplicação? Fazer uma análise qualitativa.

2- Estudar a metodologia denominada TRIZ:

- Como a TRIZ é composta?
- É fácil aprendê-la e aplicá-la?
- Existe algum método para sua aplicação?

3- Estudar e desvendar seus métodos e sua aplicação.

4- Discorrer sobre os modos de ensinar e disseminar essa teoria.

5- Qual será o futuro da TRIZ Clássica no ocidente e no mundo?

- Ela já foi totalmente desenvolvida?
- Ela necessita de mais desenvolvimento?
- Alguém continua esse desenvolvimento?
- Poderia ser criado um grupo para continuar o seu desenvolvimento?
- Qual é o interesse da sociedade nesse desenvolvimento?
- A universidade poderia se beneficiar de seu desenvolvimento?
- O ensino técnico teria algum benefício se a TRIZ fosse lecionada nas Universidades?

A proposta deste estudo é compendiar os princípios e ferramentas da metodologia de modo a entender e aplicar a TRIZ ao desenvolvimento de processos na indústria automobilística e, através de estudos de casos, avaliá-la para esta aplicação, indicando o caminho que os profissionais desta área devem trilhar para dominá-la.

Busca-se o aprofundamento no conhecimento da metodologia, determinar maneiras de disseminá-la com rapidez, quebrando a “*Inércia Psicológica*” que prejudica o aprendizado de novas técnicas.

Para tanto o trabalho foi estruturado de forma que o capítulo 2 exiba os fundamentos da metodologia, o capítulo 3 mostre as ferramentas utilizadas pela TRIZ, o capítulo 4 exponha o processo de resolução de problemas adotado, o capítulo 5 descreva os casos estudados, o capítulo 6 discorra sobre o aprendizado da metodologia e o capítulo 7 apresente as conclusões derivadas deste trabalho.

Os anexos, de A até M, apresentam informações importantes para a utilização da metodologia desenvolvida por Altshuller.

## 2. FUNDAMENTOS DA METODOLOGIA

Hoje a indústria convive com a grande concorrência entre as empresas. O aumento da velocidade no desenvolvimento de novas tecnologias exige destas empresas criatividade e inovação na tentativa em atender às necessidades de seus clientes, o seu ativo mais importante, e fidelizá-los, criando um vínculo forte que os una à empresa.

A busca por vantagens competitivas não se restringe unicamente ao desenvolvimento de produtos, ela se estende à procura por processos de manufatura criativos e inovadores que, além de baixar os custos de produção, garantam consistência ao que é produzido e assegurem a qualidade cada vez melhor destes produtos. Criatividade e inovação devem estender-se também ao atendimento aos clientes, à área de serviços, onde cada vez mais exige-se rapidez e efetividade para conquistar a confiança, credibilidade e fidelização dos clientes.

Existem várias técnicas que se propõem a projetar produtos e processos em menor tempo, com menor custo e com maior qualidade, aumentando a chance de retorno do investimento. Diversos métodos têm sido propostos para apoiar a criatividade como *brainstorming*, *brainwriting*, cinética, neurolingüística e pensamento lateral. Todos fornecem uma grande quantidade de soluções, que necessitam ser testadas para avaliar sua viabilidade como explica de Carvalho (1999).

Uma outra metodologia para o desenvolvimento de soluções criativas é a TRIZ, Teoria para a Resolução de Problemas Inventivos. Segundo Altshuller, seu grande diferencial é a orientação para a idealidade, a solução que realmente privilegia a criatividade e a inovação.

Genrich Saulovich Altshuller (Figura 1), nascido em 15 de outubro de 1926 em Tashkent na antiga União Soviética e falecido em 24 de setembro de 1998, criou esta teoria para auxiliar os inventores russos na solução de problemas técnicos. Das patentes por ele estudadas, separou 40.000.

Estas foram classificadas por ele como inventivas e catalogadas em cinco diferentes níveis, segundo o grau de inventividade.



**Figura 01 – Genrich Saulovich Altshuller (1926 – 1998).**

**Fonte: Altshuller (2000).**

Mazur (1995) declara que Altshuller propôs que uma teoria para invenção deveria satisfazer as seguintes condições:

1. Ser sistemática, um procedimento passo-a-passo;
2. Ser um guia através de um vasto campo de soluções, conduzindo para a solução ideal;
3. Capaz de ser reproduzida inúmeras vezes, de modo confiável e independente de ferramentas psicológicas;
4. Capaz de acessar ao corpo do conhecimento inventivo;
5. Capaz de acrescentar ao corpo do conhecimento inventivo;
6. Ser suficientemente familiar aos inventores, seguindo uma abordagem genérica para a solução de problemas.

Ele concluiu em sua investigação inicial que:

- Os sistemas técnicos evoluem seguindo determinados padrões;
- As soluções encontradas podem ser generalizadas;
- As invenções mais criativas são aquelas que resolveram algum tipo de contradição.

Nesta primeira fase, ele estabeleceu os quatro pontos fundamentais de sua teoria:

- Definição de Problemas Inventivos;
- Níveis de Inventividade;
- Padrões de Invenção;
- Tendências da Evolução dos Sistemas Tecnológicos.

Altshuller definiu um problema inventivo como aquele que apresenta pelo menos uma contradição, e definiu contradição como a situação em que a tentativa de melhorar uma característica do sistema, leva à degradação de outra.

A maneira convencional de tratar uma contradição é administrar o compromisso entre as características contraditórias, de tal forma que se melhora ao máximo uma característica, de tal sorte que a quantidade da degradação, na outra característica, deixa-a dentro de valores aceitáveis.

Ao contrário desta visão, a abordagem da TRIZ para contradições é de resolvê-las, explorando os recursos disponíveis no sistema para satisfazer os requisitos contraditórios.

Na seqüência serão apresentados os princípios que sustentam a TRIZ.

## **2.1 - Problema Inventivo**

Os problemas podem ser divididos em dois grupos.

O primeiro contém aqueles com solução conhecida, que podem ser resolvidos com informação encontrada em livros ou outras publicações técnicas, ou ainda com especialistas no assunto.

O segundo grupo é formado pelos problemas cuja solução não é conhecida, mesmo quando existe conhecimento para solucioná-lo. Este é o grupo dos problemas inventivos.

Portanto, o problema inventivo é aquele que parece não haver meio conhecido para solucioná-lo, está predisposto à Inércia Psicológica e envolve uma ou mais contradições.

## 2.2 - Inércia Psicológica

Para entender-se o conceito de Inércia Psicológica é necessário definir a amplitude do conhecimento.

Observando a Figura 02, verifica-se que nela todo o conhecimento de uma pessoa está representado no boneco central. É o conhecimento pessoal, que está contido no conhecimento de uma empresa, que por sua vez, está contido dentro do conhecimento de um ramo da indústria. Todo o conhecimento humano, nomeado de conhecimento da sociedade, por sua vez, contém o conhecimento de cada ramo da indústria e está contido dentro de tudo aquilo que é possível ser conhecido no Universo.

Todo o conhecimento disponível no Universo é o espaço de solução para qualquer problema, mesmo que ele ainda não tenha sido revelado.

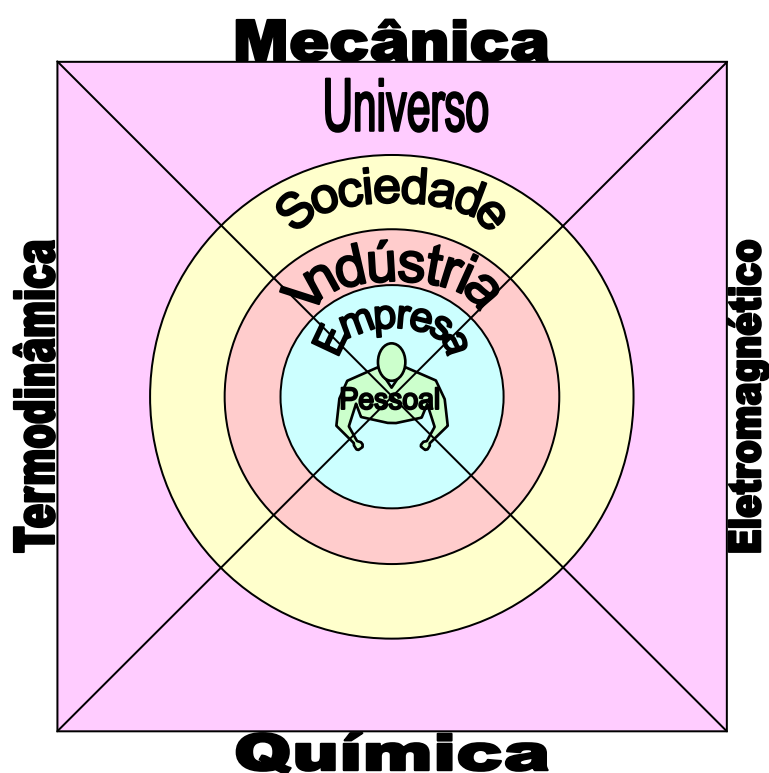


Figura 02 – Mapa do Conhecimento.

(Com base em Terninko, Zusman e Zlotin, 1998).

A pesquisa de Altshuller mostrou que a maioria das invenções localizavam-se em quatro campos principais do conhecimento: a mecânica, a química, a termodinâmica e o eletromagnético, como mostra a Figura 02.



Os pesquisadores têm sua direção favorita na busca de soluções para um determinado problema dentro do seu campo de conhecimento, e isto se assemelha a um vetor orientando suas buscas, como apresentado na Figura 03, na direção de domínio do pesquisador, ou onde ele se sente mais confortável, mesmo que a Solução Ideal esteja em outro azimute.

Este é o vetor da Inércia Psicológica.

Terninko, Zusman e Zlotin, (1998) exemplificam a Inércia Psicológica com a seguinte anedota:

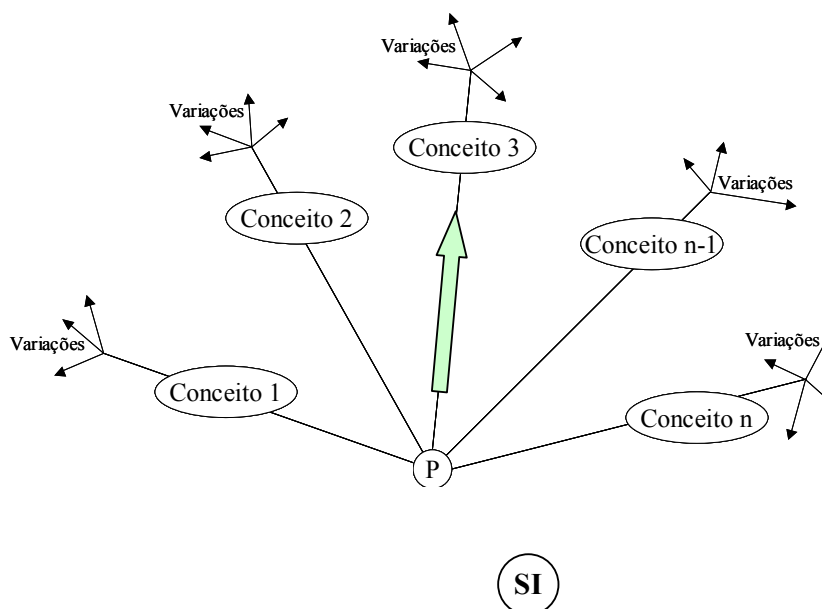
“Uma pessoa procura a chave de seu veículo, à noite, sob a lâmpada de um poste de iluminação, quando um estranho se aproxima e lhe oferece ajuda, perguntando:

-Foi aí que a chave caiu?

Ao que o dono do veículo responde:

-Não. Ela caiu embaixo do carro, mas aqui está mais claro!”

Conclusão: Se se procura no local errado não será encontrada a chave do veículo.



**Figura 03 – Inércia Psicológica e a Solução Ideal de um problema.**

**Com base em: <<http://www.altshuller.ru/download/triz1.zip>>. Acesso em 22 ago. 2004.**

Da mesma forma, ao procurar no local incorreto não serão encontrados conceitos inovadores. A solução pode estar em outro campo do conhecimento, e a

TRIZ orienta onde esta busca deve ser realizada, como mostra a Figura 04.

A Inércia Psicológica está contida nas palavras, principalmente na terminologia técnica, por isso é muito importante descrever um problema usando palavras simples, procurando fugir dos termos técnicos.

A Inércia Psicológica representa as diversas barreiras para a criatividade e para a habilidade de solucionar problemas. Ela resulta da incapacidade de mudar os hábitos. É a Inércia Psicológica que retarda o progresso da ciência, afirma Kowallic (2002).

Durante a descrição e definição de um problema deve-se usar a terminologia mais comum e mais simples possível.

Tome-se como exemplo o seguinte problema:

Tem-se uma frigideira, uma corda e um cachorro.

Uma das pontas da corda é amarrada à frigideira e a outra ponta é amarrada ao rabo do cachorro.

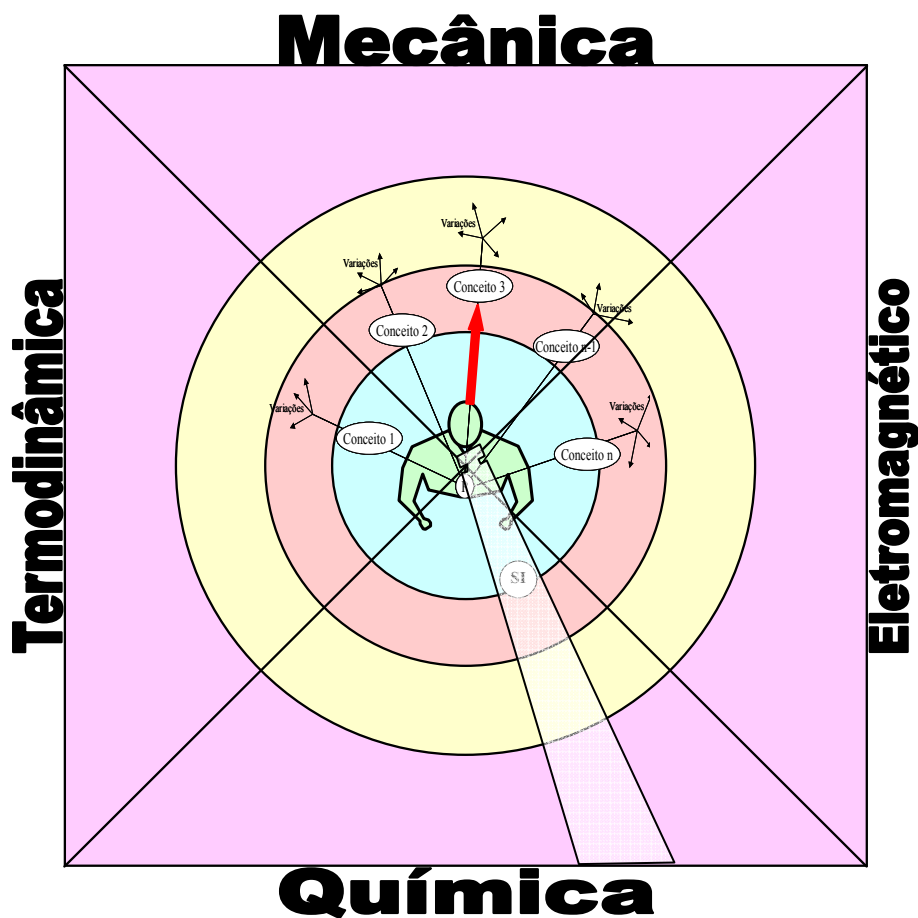


Figura 04 – Inércia Psicológica e Solução Ideal no Mapa do Conhecimento.

Qual a *velocidade* que o cachorro deve *correr* para que a frigideira não bata no solo fazendo barulho?

As palavras velocidade e correr sugerem movimento rápido. Na realidade, a resposta para esta pergunta é *zero*.

À velocidade de zero, a frigideira não baterá no solo e não produzirá barulho.

Ao descrever um problema deve-se fazê-lo de forma clara, porém, evitando usar palavras que limitem a imaginação.

### 2.3 - Idealidade

A investigação de Altshuller sobre soluções inventivas levou-o a identificar um padrão geral para a evolução dos sistemas tecnológicos, que ele descreveu da seguinte forma:

Os sistemas tecnológicos tendem a evoluir no sentido de aumentar a idealidade, onde idealidade é definida como a razão entre a soma de todas as funções desejadas, pela soma das funções indesejadas. A idealidade tende ao infinito.

$$\text{Idealidade} = \frac{\text{Desejado}}{\text{Indesejado}}$$

**Figura 05 – Relação de Idealidade criada por Altshuller.**

Fique claro que esta é uma relação qualitativa e não quantitativa, pois não é objetivo determinar um valor para a Idealidade e sim avaliar como ela está variando.

Como exposto no “Basic I-TRIZ Course” da Ideation International Inc. (2004), funções desejadas são as funções úteis, que expressam tudo aquilo que se espera do sistema: sua função primária, as funções secundárias que agregam valor ao sistema e as funções auxiliares que suportam a existência da função primária.

Por função indesejada entende-se o custo de projeto, o espaço que o sistema ocupa, o ruído que ele emite, a energia que ele consome, os recursos de que ele necessita, os rejeitos que ele gera e assim por diante.

Por esta regra, os sistemas evoluem no sentido de tornarem-se menores,

mais baratos, mais eficientes com relação à energia, menos poluentes, etc.

Um sinônimo para idealidade pode ser buscado na Engenharia do Valor.

O conceito de Valor, na Engenharia do Valor, é definido como a razão benefícios por custo, ou mais propriamente, por desempenho por custo como definem Mattos e Massarani (2004). Ele tem o mesmo sentido da Idealidade.

E da mesma forma os sistemas tecnológicos evoluem no sentido de aumentar o seu valor.

Um exemplo de evolução, no sentido de aumentar a idealidade, apresentado por Ideation International Inc. (2004), é a evolução dos petroleiros, como mostra a Figura 06. No princípio, a relação peso-carga transportada era de 50%/50%. Atualmente esta relação está em 2%/98%.



**Figura 06 – Evolução dos petroleiros.  
(Fonte: Ideation International Inc, 2004).**

Um outro exemplo da evolução no sentido de aumentar a idealidade pode ser observado, segundo Rantanen (1997), no estudo da evolução da bicicleta. Na década de 1870, uma bicicleta era composta por quadro feito de ferro e pesava por volta de 25 kg. Na década de 1990 o quadro da bicicleta era feito com material composto e pesava 12 kg. As funções da bicicleta de 1870 são encontradas na bicicleta de 1990 aumentadas e melhoradas, além de outras funções que não estavam presentes na anterior.

## 2.4 - Sistema Ideal

Fundamentados na definição de idealidade, imagina-se um sistema ideal como o sistema que fornece tudo o que se deseja a um custo zero. É a expressão máxima da idealidade. O sistema ideal é aquele que fornece a função desejada, mas não precisa de manutenção, não usa energia, não polui, não ocupa espaço. Diz-se que um sistema ideal é aquele que realiza sua função sem existir.

Na verdade não se necessita do sistema e sim da função que ele gera.

Necessita-se de um aquecedor ou do calor que ele fornece? Necessita-se do aparelho de telefone ou de se comunicar com quem está a longa distância?

A idéia de se obter um sistema ideal soa como utopia, contudo, ele mostra o que se deseja e quase sempre se chega muito próximo do sistema ideal.

Tome-se o seguinte exemplo, um clássico na literatura sobre TRIZ:

Para testar a habilidade de várias ligas metálicas em resistir a um ambiente muito ácido, costuma-se colocar uma amostra desta liga em um recipiente com o ácido. Tem-se exigido ácidos cada vez mais fortes que têm danificado os recipientes com muita rapidez.

As funções do sistema de teste são ocasionar contato entre amostra e ácido, conter o ácido e corroer o recipiente, como mostra a Figura 7-a.

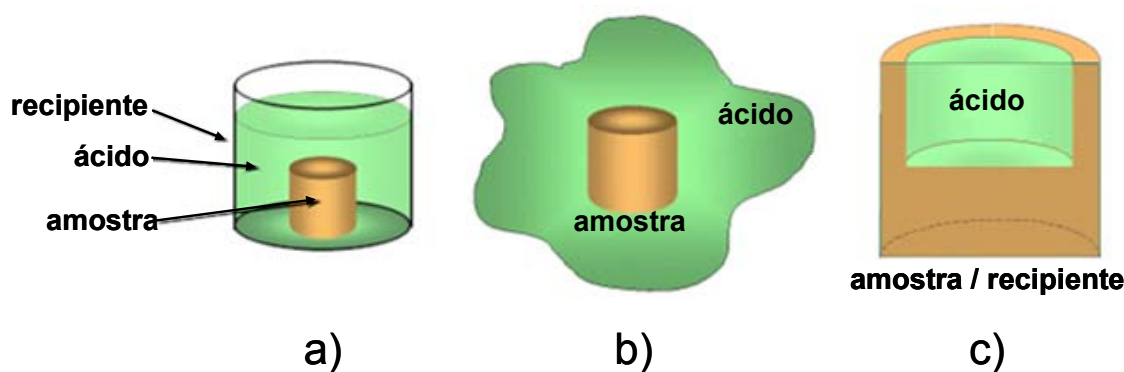
A solução ideal é uma maneira de ocasionar o contato entre o ácido e a amostra, conter o ácido. Não se deseja corroer o recipiente.

É o que esquematiza a Figura 7-b.

Como eliminar a corrosão do recipiente?

Como eliminar o recipiente?

Se a amostra for feita como recipiente, Figura 7-c, as funções ocasionar o contato entre ácido e amostra e conter o ácido serão obtidas. A função corroer recipiente terá sido eliminada se imaginar-se que o recipiente foi eliminado e, continuará a existir, pois se tornou agora desejada, sendo o recipiente a amostra que está sendo testada. A solução deste problema é muito próxima da ideal, pois o efeito indesejado foi transformado em útil.



**Figura 07 – Exemplo de evolução para o Sistema Ideal.**

**(Fonte: Ideation International Inc, 2004).**

## 2.5 - Idealidade Local

Segundo Malkin e Malkin (2003) a busca pela idealidade leva para muito próximo da perfeição, o que significa que só existe um estado ideal. Mas classificar o que é desejável e indesejável depende do ponto de vista do analista ou das condições do problema analisado. Em outras palavras, a idealidade varia de situação para situação, e, portanto, define-se a Idealidade Local, que expressa o que é ideal para a situação do problema que está sendo estudado.

Ela está relacionada com a habilidade do solucionador em procurar soluções utilizando os recursos disponíveis no meio-ambiente e nas vizinhanças do problema.

Na TRIZ a Idealidade Local recebe o nome de Resultado Final Ideal (RFI).

O RFI é a descrição de uma situação após a solução de um determinado problema, livre de qualquer análise ou avaliação técnica. É a expressão do resultado esperado para o problema estudado. Ela tem como base as necessidades do consumidor e não o processo ou equipamento existente. O RFI descreve a solução de um problema técnico independente das restrições ou da maneira como se apresenta o problema técnico. Ele não depende de algo a ser realizado e de como será posto em prática.

O objetivo de expressar o RFI é imaginar conceitos que solucionem as necessidades do consumidor e não as necessidades do sistema.

O RFI ajuda a definir claramente os limites do problema, inibindo soluções não ideais, evitando soluções de compromissos e estimulando a criação de conceitos inovadores. As características do RFI são:

- Elimina as deficiências do sistema original;
- Conserva as vantagens do sistema original;
- Não complica o sistema original;
- Não introduz novas desvantagens ao novo sistema.

## 2.6 - Contradição

O princípio básico da TRIZ é que um problema técnico inventivo é definido por contradições, ou, se não houver contradições não existe problema inventivo a ser resolvido. Esta afirmação representa a base para um dos métodos de solução de problemas da TRIZ mais fáceis e rápidos de aprender: identificar contradições e usá-las para resolver problemas.

Contradição é a situação em que a tentativa de melhorar uma característica do sistema degrada uma outra característica, como no caso em que para aumentar a velocidade de um automóvel aumenta-se seu consumo de combustível, ou para aumentar a resistência de uma peça mecânica também se aumenta seu peso. Ou um determinado componente em um sistema deve ser sólido e gasoso.

Altshuller propõe que a maneira de se tratar estas contradições é resolvendo-as, e é isto que ele explora com sua teoria.

A TRIZ Clássica define dois tipos de contradições:

- Contradições Técnicas;
- Contradições Físicas.

Domb e Tate (1997) afirmam que estes nomes apareceram nos primeiros trabalhos apresentados sobre a TRIZ e devem servir apenas como referência, isto é, uma contradição não é mais física ou técnica do que outra. A classificação física ou técnica depende da abordagem usada por aquele que estuda o problema.

Define-se Contradição Técnica (CT) como aquela em que quando algo melhora, alguma coisa fica pior, ou ao melhorar uma característica de determinado sistema, piora-se outra. A solução clássica de engenharia usada nestes casos é o compromisso entre as características, ou melhorar uma característica até o ponto em que a outra piorou, mas ainda está dentro de parâmetros aceitáveis. Citam-se como exemplos o produto que fica mais resistente (melhora), mas torna-se mais pesado (piora) porque se usou mais material, ou, aumenta-se a largura de banda de uma transmissão de rádio (+), mas exige-se mais potência (-) para realizá-la.

Outros exemplos de Contradição Técnica que podem ser citados vêm da indústria automotiva:

- O veículo deve ter motor de alta potência e consumir pouco

combustível;

- O veículo deve ter grande aceleração e consumir pouco combustível;
- O veículo deve ser macio, mas ser de fácil manobra quando em altas velocidades;
- Para uma picape ter grande capacidade de carga, é necessário que a suspensão traseira seja dura, o que diminui o conforto com ela descarregada;
- Aumentar o número de controles em alavancas é conveniente, mas isto torna a montagem mais complexa;
- Veículos elétricos para rodarem grandes distâncias necessitam de baterias maiores e mais pesadas, que comprometem sua autonomia.

Muitos exemplos de Contradição Técnica podem ser encontrados em sistemas, subsistemas e componentes automotivos, aeronáuticos e de transporte.

As Contradições Físicas (CF) são situações onde uma determinada característica de um objeto tem requisitos contraditórios, ou requisitos que se opõem uns aos outros. O nosso dia-a-dia é rico em exemplos de CF:

- Para recheiar bombons de chocolate, o licor deve ser quente para fluir rapidamente, mas deve ser frio para evitar que o chocolate derreta;
- O avião deve ter forma aerodinâmica para ser rápido, mas deve ter saliência (trem de pouso) para facilitar a manobra no chão;
- Aviões de vigilância devem voar rápido para chegar ao destino e voar devagar, por longos períodos, durante a coleta de dados por sobre o objetivo;
- Programas de computador devem ser simples (ser amigáveis) e conter funções e rotinas complexas.
- As ruas e estradas devem ser largas para permitir maior fluxo do trânsito e estreitas para causar pouco impacto ao ambiente;
- Os freios de um veículo devem ser instantâneos para evitar acidentes e devem ser graduais para maior controle e conforto dos passageiros;
- O estofamento de um veículo deve ser luxuoso e de manutenção fácil;
- O chassi de uma picape deve ser pesado para permitir segurança



estrutural e deve ser leve para ser mais barato e de fácil manuseio;

- A montagem deve ser feita em pequenos lotes para maior flexibilidade e em grandes lotes para diminuir os custos.

Kowallic (1996) e Domb (1997) exploram o sistema de proteção de passageiros denominado “air-bag”.

Por definição, a velocidade limiar para o disparo do sistema de “air-bag” é a velocidade do veículo que abaixo dela, mesmo no caso de acidente, o sistema não dispara e acima dela sim.

Observam-se as seguintes CT para este sistema:

1. A velocidade limiar do disparo do sistema deve ser alta para proteger os ocupantes que estão usando cinto de segurança, mas neste caso pessoas pequenas que não o estão utilizando se machucarão;
2. Disparos com alta-potência salvam pessoas de porte médio, mas machucam passageiros menores;
3. Adicionar sensores para ajustar o disparo para as circunstâncias de uso aumenta a complexidade e custo do sistema;
4. Adicionar sensores para ajustar o disparo para as circunstâncias de uso diminui a confiabilidade do sistema.

As seguintes CF podem ser descritas para o mesmo sistema:

1. A velocidade limiar do disparo do sistema deve ser baixa e alta;
2. O disparo deve ser de alta e de baixa potência;
3. O sistema deve proteger a todos e não machucar ninguém;
4. O gás deve ser gerado rápido e devagar;
5. Os sensores devem ser complexos e simples.

Observa-se que os problemas podem ser tanto descritos por CT como por CF, dependendo da abordagem que se queira dar ao problema.

Uma vez que o problema foi descrito na forma de CT, devem-se identificar as características contraditórias na matriz de contradições e encontrar as soluções mais usadas para solucioná-la na intersecção das linhas e colunas, como exposto mais à frente.

Se o problema for descrito na forma de CF, para solucioná-los devem ser usados os quatro operadores clássicos:

- Separação no tempo;
- Separação no espaço;
- Transição de fase;
- Operador de Sistema.

Utilizar os quatro métodos para solucionar CF faz com que se olhe para a causa do problema e não para o efeito deste.

A separação no tempo propõe examinar a seqüência de eventos na linha do tempo. É o Tempo de Operação (TO). Deve-se analisar o período de tempo antes da contradição ocorrer, o instante em que ela acontece e o período de tempo depois de sua ocorrência.

A separação no espaço sugere examinar detalhadamente a área onde o problema acontece. É a Zona de Operação (ZO).

A transição de fase induz a considerar o estado físico de tudo o que causa danos no cenário do problema. Nesta análise, estuda-se a possibilidade de solucionar o problema pela mudança de um determinado material de sólido para líquido, para gás, para plasma ou vice-versa. Ou a mudança da estrutura cristalina de um material ou de suas características magnéticas.

O quarto operador, denominado operador de sistema, sugere modificar o problema, analisando o ambiente externo e interno do problema (supersistema e subsistema).

Estes operadores serão vistos com mais detalhes no item 3.8.2.

Existe ainda uma quinta maneira de solucionar CF que é transformá-las em CT. A transformação pode ser óbvia ou necessitar de mais astúcia. A técnica mais comum é separar os elementos da contradição e perguntar “POR QUÊ”?

## **2.7 - Níveis de Inventividade**

Altshuller dividiu as invenções em cinco níveis, como mostra a Tabela I, e concentrou o desenvolvimento da sua teoria para a solução dos problemas encontrados nos níveis intermediários, que correspondem, segundo sua pesquisa, a dois terços dos problemas inventivos encontrados.

Os critérios usados por Altshuller para a classificação das patentes, segundo o nível de inventividade foram:

- O quanto o conhecimento utilizado para definir o conceito de solução era distante da área de conhecimento do inventor;
- O número teórico de tentativas e erros para se chegar a uma solução;
- O quanto a solução final foi substancial para mudar o problema original.

A Tabela I apresenta um resumo da pesquisa realizada por Altshuller.

Na primeira coluna, define-se o Nível de Inventividade, na segunda coluna, descreve-se tal nível, na terceira coluna, aparece uma definição resumida do nível, na quarta coluna, mostra-se a ocorrência estatística deste nível na pesquisa de Altshuller e na quinta coluna, é indicado o número teórico de tentativas e erros para chegar-se a uma solução para os problemas neste Nível de Inventividade.

**Tabela I – Níveis de Inventividade (Shuliak, 2004 e Zlotin e Zusman, 2004).**

Nível	Descrição	Definição	%	#T&E
1	Solução Convencional ou Aparente	Problemas rotineiros e projetos solucionados por métodos bem conhecidos dentro da especialidade	32%	10
2	Pequenas invenções dentro dos paradigmas	Pequenas melhorias em sistemas existentes usando métodos conhecidos dentro da indústria.	45%	100
3	Invenções notáveis dentro da tecnologia existente	Melhorias significativas em sistemas existentes usando métodos conhecidos fora da indústria.	18%	1000
4	Invenções fora da tecnologia existente	Uma nova geração de um sistema que requer um novo princípio para realizar a função primária do sistema.	4%	100000
5	Descobertas	Uma rara descoberta científica ou uma invenção pioneira de um novo sistema	1%	1000000

Altshuller (2002) explica sua classificação como:

**Nível 1:** soluções óbvias extraídas de algumas poucas opções claras. São para problemas de rotina cujas soluções são bem conhecidas dentro da especialidade. São aprimoramentos de um sistema existente que não foi substancialmente alterado, e por isso, não são consideradas invenções. Aumentar a espessura de um eixo para melhorar a sua resistência. Em média, existem 10 opções possíveis para solucionar este problema.

**Nível 2:** São pequenos melhoramentos em sistemas existentes por meio de métodos bem conhecidos dentro do ramo da indústria. Resolvem pequenas contradições. Cita-se como exemplo a coluna de direção ajustável, para acomodar motoristas com diferentes compleições físicas. Há uma centena de possibilidades para a solução.

**Nível 3:** Melhora significativa em um sistema existente com o uso de conhecimento externo ao ramo da indústria. Soluciona contradição. A inclusão de transmissão automática em veículos automotores serve como exemplo. A solução é encontrada em um conjunto de mil possibilidades.

**Nível 4:** Uma nova geração de sistemas que fazem uso de um novo princípio para realizar uma função primária. Solução encontrada geralmente na ciência e não na tecnologia. Como exemplo, ressalta-se a limpeza por ultra-som. As possibilidades de solução são da ordem de cem mil.

**Nível 5:** Uma descoberta científica ou a invenção de um sistema completamente novo. Normalmente ela se desdobra em inovações de outros níveis, como no caso do laser que é usado para corte e solda de chapas de aço. Existem um milhão de possibilidades de soluções para estes problemas.

## **2.8 - Períodos na vida de um Sistema**

A partir de sua pesquisa, Altshuller definiu padrões para a vida de sistemas tecnológicos, como mostra a Tabela II.

Altshuller deduziu que o desenvolvimento de sistemas tecnológicos se inicia com a seleção das partes para o sistema.

Uma vez que o sistema foi concebido, as partes evoluem isoladamente. O passo seguinte é a dinamização das partes, onde elas passam a ser móveis ou várias

partes são integradas. Na seqüência, o sistema se desenvolve como um todo, expandindo o seu campo de aplicação.

A análise da evolução do avião serve como exemplo. No início buscava-se uma solução para fazer com que um equipamento mais pesado do que o ar voasse. Foi então desenvolvido o motor a explosão e o corpo do avião, fornecendo sua sustentação no ar.

No segundo período, as partes evoluíram. Os motores ficaram mais potentes e mais leves, até o surgimento das turbinas. Os materiais que compõem o corpo do avião passaram por grande evolução, passando de madeira e papel para o alumínio.

No terceiro período, as partes ganharam movimento e se integraram. O trem de pouso passou a ser retrátil, diminuindo o atrito com o ar durante o vôo. O lugar dos ocupantes passou para dentro do corpo da aeronave, criando a possibilidade de transporte de um maior número de pessoas.

No quarto período, o sistema se desenvolveu de modo a atingir maiores altitudes e transportar um maior número de pessoas por viagens, ampliando o seu campo de atuação para viagens transoceânicas.

Neste ponto o sistema tecnológico avião atingiu o final da sua primeira geração de evolução, nascendo a Segunda geração com seu padrão de evolução, seguindo-se a terceira e assim por diante.

**Tabela II – Períodos na vida de sistemas tecnológicos (Altshuller, 2002).**

<i>1<sup>o</sup> Período</i>	Seleção das partes para o Sistema
<i>2<sup>o</sup> Período</i>	Aprimoramento das partes
<i>3<sup>o</sup> Período</i>	Dinamização do Sistema
<i>4<sup>o</sup> Período</i>	Auto-desenvolvimento do Sistema

Análise semelhante pode ser feita com a máquina fotográfica, o veículo automotor e outros sistemas tecnológicos.

## 2.9 - Padrões de Invenção

A análise de patentes, principalmente aquelas consideradas com alto grau de inventividade, ou com alto nível de inovação, revelou que o mesmo problema fundamental, a mesma contradição, foi solucionada em diferentes épocas e em diferentes áreas do conhecimento pela mesma solução fundamental.

Altshuller organizou estas soluções em padrões aos quais ele deu o nome de princípio inventivo (PI).

É clássico na literatura sobre a TRIZ o exemplo dos pimentões que, num processo industrial, para serem colocados em conserva primeiro são submetidos a uma pressão de 8 atmosferas. Os pimentões se retraem, trincando perto dos talos, permitindo que a pressão interna e externa se equalizem. Então a pressão é diminuída rapidamente. O ar que está dentro do pimentão se expande, expelindo o talo e as sementes do corpo do pimentão, como mostra a Figura 8a.

O mesmo princípio, ou padrão de invenção, é utilizado para separar a casca das sementes de girassol, Figura 8b, para quebrar cristais de diamantes artificiais em suas fraturas naturais sem gerar novas fraturas, Figura 8c, e para separar castanhas da casca, Figura 8d.

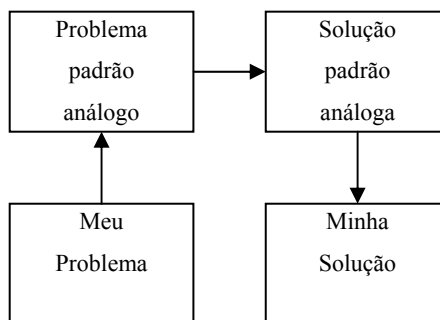


**Figura 08 – Exemplo de PI aplicado em diferentes indústrias.**

(Fonte: Terninko, Zusman e Zlotin, 2002).

## 2.10 - Solução de Problemas

Altshuller sugere estudar o seu problema particular, reescrevê-lo na forma de contradições para definir o problema genérico, buscar as soluções genéricas e então aplicá-las ao seu problema particular gerando a sua solução, como mostra a Figura 09.



**Figura 09 – Esquema simplificado de solução de problemas pela TRIZ.**

**(Fonte: Terninko, Zusman e Zlotin, 2002).**

Apesar de parecer estranha esta abordagem, ela já é utilizada por todos para a solução de uma grande gama de problemas.

Stan Kaplan foi o primeiro a utilizar exemplo semelhante, apresentado também por Terninko, Zusman e Zlotin (2002).

Tome-se como exemplo um problema de cinemática.

A posição de um móvel em movimento é dada pela função:

$$S = 24 - 11t + t^2 \quad (2.1)$$

onde  $S$  é dado em metros e  $t$  em segundos. Assume-se aceleração constante.

Determine:

- a. a posição inicial,
- b. a velocidade inicial,
- c. a aceleração,
- d. a posição em  $t=2s$ , e
- e. o instante em que o móvel passa pela origem dos espaços.

Para solucionar este *Meu Problema*, usa-se o *Problema Padrão Análogo* que descreve o Movimento Uniformemente Variado:

$$S = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (2.2)$$

onde  $s_0$  é a posição inicial,  $v_0$  é a velocidade inicial,  $a$  é a aceleração, e  $t$  o tempo.

Comparando o *Meu Problema*, representado na equação 2.1, com o *Problema Padrão Análogo*, representado pela equação 2.2, chega-se à *Minha Solução*:

- a.  $s_0 = 24m$ ,
- b.  $v_0 = -11m/s$
- c.  $a = 2m/s^2$
- d.  $S|_{t=2} = 6m$

Para responder ao item “e” deve-se fazer  $S = 0$ , e resolver a equação 2.3, abaixo:

$$0 = 24 - 11t + t^2 \quad (2.3)$$

A solução desta equação, *Meu Problema*, vem do *Problema Padrão Análogo*, representado na equação 2.4, que tem como *Solução Padrão Análoga*, a equação 2.5.

$$ax^2 + bx + c = 0 \quad (2.4)$$

$$x = \frac{1}{2a} \left( -b \pm \sqrt{b^2 - 4ac} \right) \quad (2.5)$$

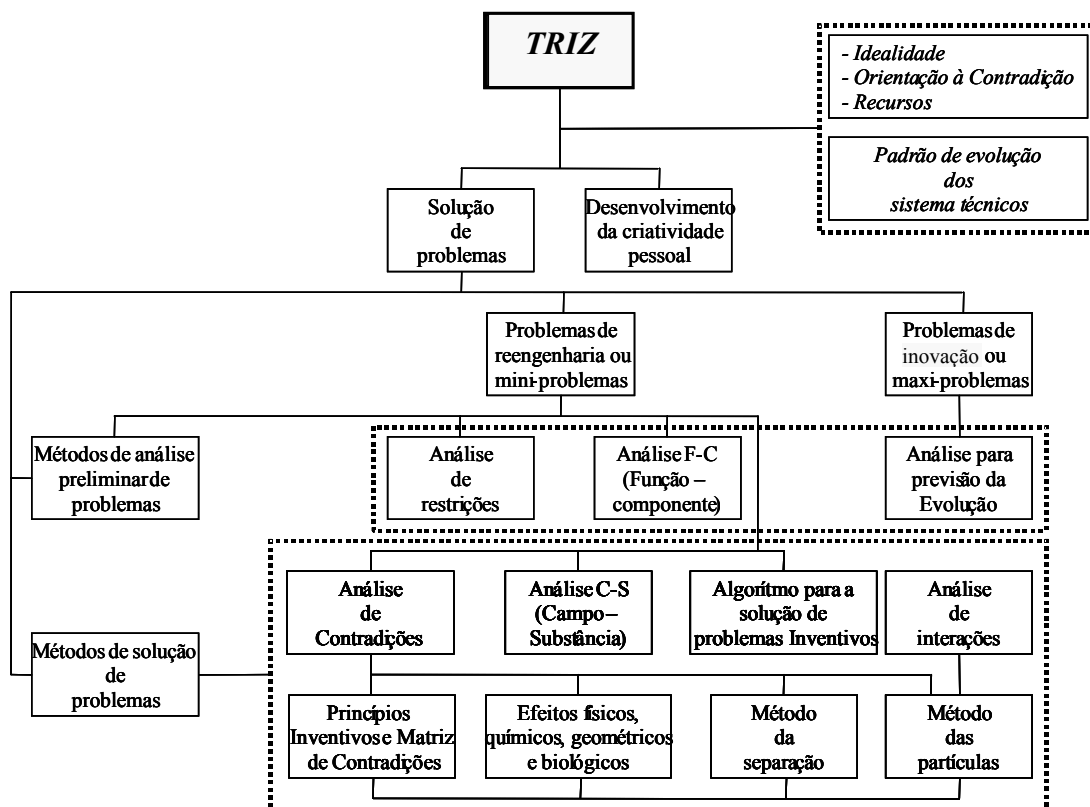
Obtêm-se duas respostas como solução ao item “e”. O móvel passa pela origem nos instantes 3 segundos e 8 segundos.

Tem-se um problema. Busca-se modelá-lo de acordo com um problema padrão. Encontra-se a solução do problema padrão e aplica-se esta solução padrão ao problema em estudo, encontrando-se a solução particular.

É desta maneira que Althshuller propõe resolver problemas, sobretudo aqueles que apresentam algum tipo de contradição.

De uma forma geral a aplicação da TRIZ para a resolução de problemas pode ser resumida no esquema mostrado na Figura 10, como mostra de Carvalho (1999).





**Figura 10 – Esquema geral da Teoria para a Resolução de Problemas do Inventor.**

(Fonte: de Carvalho, 1999).

A TRIZ se presta também para o desenvolvimento da criatividade pessoal que é obtido com o conhecimento e aprofundamento nos conceitos da teoria.

Outra aplicação é para solucionar problemas de forma rápida e criativa, que é o que busca a indústria na atualidade.

A TRIZ é composta por algumas ferramentas, que devem ser escolhidas conforme os objetivos e a abordagem dada ao problema.

A Figura 10 também relaciona as ferramentas com o objetivo desejado.

## **2.11 - Conjecturas sobre a Teoria para a Resolução de Problemas do Inventor**

O não conhecimento e domínio da TRIZ pode defasar a empresa de seus concorrentes, colocando-a em desvantagem na competição pela conquista de mercados.

Conhecê-la, dominá-la e validá-la para aplicações na indústria

automobilística pode resultar em vantagem competitiva.

A literatura apresenta muitos relatos de aplicações da TRIZ na indústria manufatureira, contudo, pelo motivo de resguardar a propriedade intelectual, estes relatos trazem poucas informações de como ela foi efetivamente aplicada.

### **2.12 - A Teoria para a Resolução de Problemas do Inventor - TRIZ**

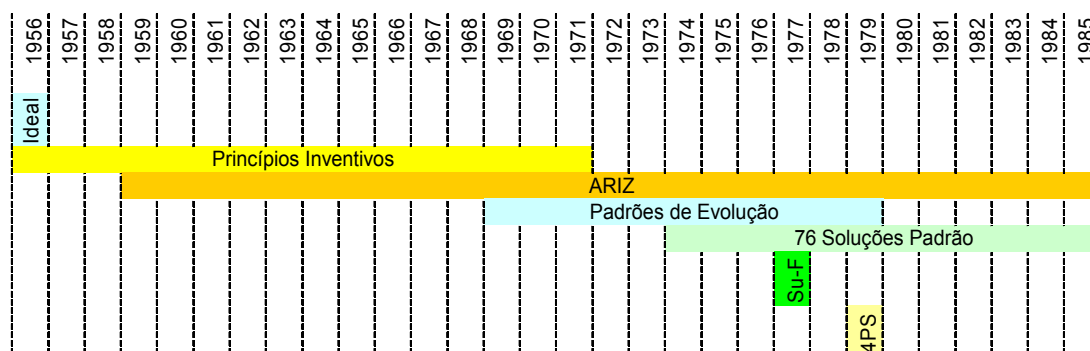
Conforme Terninko, Zusman e Zlotin (2002), o conjunto de técnicas desenvolvidas por Altshuller antes de sua doença, em 1985, é conhecido como TRIZ Clássica e é composta por:

- Níveis de Inventividade
- Contradição Técnica
- 40 Princípios Inventivos (1956-1971) (40PI)
- 39 Parâmetros de Engenharia (39PE)
- Contradição Física
- Quatro Princípios de Separação (1979)
- Idealidade (1956)
- 76 Soluções Padrão (1974-1985) (76SP)
- Padrões de Evolução (1969-1979)
- ARIZ (Algoritmo para a Solução de Problemas Inventivos) (1959-1985)
- Análise Substância-Campo (1977) (Su-C)

Com estes dados pode-se montar o mapa da evolução da TRIZ Clássica, como mostra a Figura 11.

Altshuller tabulou os 39PE e relacionou-os com os 40PI criando a Matriz de Contradições (MC), considerada a primeira ferramenta da TRIZ.

Numa outra abordagem para a solução de problemas desenvolveu 76 padrões de solução de problemas, que junto com a análise Substância-Campo tornaram-se outra ferramenta da teoria.



**Figura 11 – Linha do tempo para a evolução da TRIZ Clássica.**

Posteriormente desenvolveu uma outra ferramenta denominada método das partículas ou modelagem pelas Pequenas Pessoas Perspicazes (PPP).

E para facilitar a escolha do caminho a seguir, desenvolveu um algoritmo para a solução de problemas inventivos ao qual denominou ARIZ.

A TRIZ está fundamentada em metodologia somada à base de conhecimento. Ela apresenta uma nova visão da Tecnologia e um modo sistemático de raciocinar para solucionar problemas, unidos a um conjunto de exemplos de implementação da metodologia.

A Teoria para Resolução de Problemas Inventivos é, de certa forma, simples. Ela é composta de alguns conceitos e algumas ferramentas. Contudo, a tarefa de entendê-la não é tão simples assim. O mapa da Figura 11, acima, orienta como conduzir o estudo para dominá-la.

Mais explicitamente, é necessário entender o conceito de idealidade, Sistema Ideal e idealidade local, discutidos anteriormente.

Em seguida, deve-se analisar os 39 Parâmetros de Engenharia (PE), estudar os 40 Princípios Inventivos (PI), que são apresentados no Anexo B e Anexo E, e examinar a inter-relação entre PE e PI que resultou na Matriz de Contradições (MC) que é a ferramenta mais conhecida e fácil de utilizar da TRIZ, apresentada no Anexo F.

Para dominar essa ferramenta faz-se necessário:

- Examinar sua composição e pesquisar sua aplicação;
- Estudar os Padrões de Evolução ou Tendências de Evolução dos Sistemas Tecnológicos;
- Pesquisar a Análise Substância-Campo (Su-C) e examinar as 76 Soluções Padrão (SP);
- Entender o conceito de Contradição Física e os Princípios de Separação;
- Conhecer o método de modelagem pelas Pequenas Pessoas Perspicazes (PPP);
- Estudar o Algoritmo para a Resolução de Problemas Inventivos (ARIZ), que sistematiza o estudo de um problema inventivo, desde o seu entendimento até a geração dos conceitos para solucioná-lo.

É importante esclarecer que a força da TRIZ está em gerar conceitos inovadores para a solução de problemas inventivos. Uma vez que os conceitos foram mostrados, é necessário que os engenheiros e projetistas façam uso de suas habilidades para transformar o conceito no produto final esperado.

Outro ponto importante, e não explícito na TRIZ Clássica, é o entendimento do problema.

Para identificar um problema inventivo é necessário estudar a situação que é apresentada e esmiuçá-la ao máximo para encontrar e especificar a contradição, ou as contradições do problema, para então aplicar a TRIZ visando solucioná-las.

Este trabalho pode ser desenvolvido por ferramentas como QFD, FMEA, Engenharia Estatística, pelo uso do Function Analysis System Technique (FAST), ou com o uso do Questionário de Circunstância Inovadora (QCI) desenvolvido por Terninko, Zusman e Zlotin (2002).

Na seqüência deste trabalho serão apresentadas as ferramentas da TRIZ na ordem proposta acima e o QCI.

### **3. FERRAMENTAS DA TRIZ**

A seguir serão apresentadas as ferramentas da TRIZ Clássica.

Os parâmetros de engenharia são usados para descrever conflitos de forma universal. Os princípios inventivos solucionam estes conflitos. A relação entre parâmetros de engenharia e princípios inventivos está tabulada na matriz de contradições. Estas três ferramentas são utilizadas para solucionar contradições técnicas.

A análise substância-campo, junto com as 76 soluções padrão são utilizadas para aprimorar um sistema. Já os padrões da evolução tecnológica servem para prever a evolução de um sistema.

A análise pelas pequenas pessoas perspicazes e os operadores são utilizados para a análise preliminar de problemas.

O banco de efeitos orienta a geração de conceitos e, finalmente, o algoritmo para a resolução de problemas orienta, de forma sistemática, a utilização da ferramenta adequada para o problema estudado.

#### **3.1 - Os 39 Parâmetros de Engenharia**

Se problemas inventivos são aqueles que contêm conflitos, descrever os conflitos torna-se muito importante.

Dois engenheiros estudando o mesmo problema podem descrevê-lo usando palavras diferentes, e ambos estarão corretos.

Portanto, universalizar a linguagem técnica que descreve os parâmetros e características de um sistema torna-se muito importante, já que os conflitos acontecem entre parâmetros e características.

No seu trabalho, Altshuller perguntava-se se todos os conflitos técnicos poderiam ser sumarizados em um rol de conflitos técnicos universais. E ele conseguiu seu objetivo criando uma lista com 39 características padrão que descrevem um sistema técnico.

Por esta lógica uma característica pode se contrapor a outras 38, ou para cada característica padrão existem 38 contradições padrão. No total 1482 ( $39 * 38$ ) tipos de conflitos podem existir em um sistema técnico. 1482 é o número de conflitos

padrões, e estes conflitos padrões podem descrever milhões de conflitos comuns de engenharia.

Altshuller denominou estas 39 características padrão de Parâmetros de Engenharia (PE).

É muito importante que os usuários da TRIZ conheçam os 39PE, e pratiquem a classificação de características comuns dos sistemas com estas características padrão.

Dois conceitos são de grande importância para o entendimento dos PE:

- **Objeto em movimento:** Objeto que facilmente pode trocar de posição no espaço, tanto por sua ação como por resultado de força externa. Veículos e objetos projetados para serem portáteis são membros deste grupo, e
- **Objeto estático:** São objetos que não mudam sua posição no espaço, nem por sua ação, nem por ação de força externa. Considerar a condição sob a qual o objeto está sendo utilizado.

A lista dos 39PE é apresentada no anexo A e uma breve descrição destes é apresentada no Anexo B.

### 3.2 - Os 40 Princípios Inventivos

Altshuller notou que problemas semelhantes eram resolvidos do mesmo modo em diferentes ramos da indústria, e que estas soluções eram separadas por um grande espaço de tempo entre elas. Ele decidiu estudar as características comuns destas soluções.

Um dos primeiros resultados da pesquisa de Altshuller, sobre as características comuns das soluções inovadoras, foi um conjunto de 40 princípios para a solução de problemas. Estes princípios eliminavam o compromisso nas soluções ou as contradições dos problemas. Quando aplicados a componentes importantes de sistemas técnicos, estes princípios resolvem problemas complexos, e através deles se obtêm inovações.

Altshuller listou os PI e os agrupou por ocorrência em sua pesquisa.

Uma lista com os 40PI pode ser vista no Anexo C.

Uma lista com os PI ordenados por ocorrência está no Anexo D.

Como acontece com os PE, é necessário um bom entendimento dos PI para sua aplicação. É muito importante que os praticantes da TRIZ aprendam os 40PI e pratiquem a transformação do princípio genérico em solução.

Por este motivo, no Anexo E, é apresentada uma breve descrição com exemplos de aplicação de cada um dos PI. Esta lista não pretende ser completa, apenas orientativa.

Uma maneira de solucionar problemas inventivos é tentar solucionar a contradição usando os PI diretamente, partindo do primeiro até o quadragésimo ou usando a lista de ocorrência, que os apresenta em uma seqüência estatística, partindo do de maior ocorrência.

Outra maneira é utilizando a Matriz de Contradições (MC) que será discutida na próxima parte.

### **3.3 - A Matriz de Contradições (MC)**

Esta foi uma das primeiras ferramentas da TRIZ desenvolvida por Altshuller e é hoje uma das mais populares. Ela relaciona os PE com os PI, aponta soluções genéricas para cada conflito técnico, logo, é utilizada para a solução de CT.

A relação entre os 39PE e os 40PI foi tabulada em uma matriz, que Altshuller denominou Matriz de Contradições. Ela pode ser obtida em <<http://www.triz-journal.com/archives/1997/07/matrix.xls>>.

A primeira coluna da MC apresenta os parâmetros de engenharia a serem melhorados.

A primeira linha apresenta os parâmetros contraditórios, aqueles que se opõem ao que se deseja melhorar.

O cruzamento entre linha e coluna dos parâmetros estudados apresenta os PI mais usados para solucionar esta contradição, por ordem de ocorrência na pesquisa de Altshuller.

Verifique a Figura 12.

Suponha que o problema seja melhorar o comprimento do objeto parado (PE04), e o que se opõe a esta característica é o peso do objeto parado (PE02). Consultando-se a MC encontram-se os números (35, 28).

Isto quer dizer que, segundo a pesquisa de Altshuller, os princípios

inventivos que mais solucionaram esta contradição foram PI35 e PI28, sendo que PI35 apresenta maior número de soluções para esta contradição que o PI28.

Outro ponto a ser ressaltado é que a contradição oposta, melhorar PE02 com a oposição de PE04, leva a outro conjunto de soluções (PI10, PI1, PI29 e PI35).

Conclue-se que melhorar A em detrimento de B tem soluções diferentes de melhorar B em detrimento de A.

Uma das grandes dificuldades em se usar a Matriz de Contradições, segundo Domb et al (1998), é a maneira sintética com que os 39 Parâmetros de Engenharia e os 40 Princípios Inventivos são descritos.

Deve-se estudá-los, interpretá-los e compreender os exemplos citados e, sempre que for encontrada uma solução criativa, identificar os Parâmetros de Engenharia contraditórios e o Princípio Inventivo utilizado e registrá-los em seu próprio banco de dados para facilitar futuras aplicações.

O Anexo F apresenta a Matriz de Contradições completa.

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

Figura 12 – Extrato da Matriz de Contradições.

Fonte: <<http://www.triz-journal.com/archives/1997/07/matrix.xls>>

Acesso em: 22 ago. 2004.



### **3.4 - A Análise Substância-Campo (Su-C)**

A análise Su-C é uma ferramenta da TRIZ para modelar problemas referentes a sistemas existentes, afirmam Terninko, Zusman e Zlotin (1998) e Terninko (2000).

Na Análise Su-C existem quatro modelos básicos:

1. Sistema completo e efetivo;
2. Sistema completo e não efetivo;
3. Sistema completo e danoso;
4. Sistema incompleto.

O primeiro é o sistema que é desejado. Ele entrega tudo o que se espera dele. Ele pode ser melhorado, aumentando-se sua razão de idealidade ou aproximando-o do RFI.

Ao desenvolver-se um produto ou processo, pode-se deparar com um sistema completo e efetivo, que não apresenta nenhum efeito nocivo ou problema para ser solucionado. É um sistema muito bem desenvolvido e conhecido por nós e por nossos concorrentes.

O que necessita-se é evoluir este sistema de forma a criar uma vantagem sobre a concorrência. É com essa visão que a TRIZ olha este sistema.

O segundo é um sistema que entrega tudo o que se espera dele, mas não na intensidade necessária. Ele necessita ser melhorado para tornar-se efetivo.

O terceiro pede a eliminação do efeito negativo. O efeito negativo pode ser a geração de poluição ou resíduos, calor, mau-cheiro, etc. Este efeito não desejado precisa ser removido do sistema para torná-lo efetivo.

O quarto tipo necessita complemento ou substituição por um sistema completo e efetivo.

Um sistema completo é uma tríade que apresenta pelo menos duas substâncias e um campo.

Substância é tudo aquilo que recebe a ação de ou exerce ação em. O campo denota uma ação.

A identificação das substâncias depende da aplicação. Elas podem ser tudo menos campos. As substâncias geralmente são classificadas em objeto ou artefato e ferramenta, de tal modo que o objeto ou artefato sofre a ação da ferramenta por meio

de um campo.

O campo representa ação, geralmente é a expressão de uma força. O campo F representa a fonte de energia que atua entre as substâncias  $S_n$ .

Um campo pode ser a força da gravidade necessária para tornar as nálgas e uma cadeira num sistema.

Existe uma simbologia padronizada para representar um sistema em uma análise Su-C na TRIZ. Esta simbologia está no Anexo G. Ela permite a qualquer “triznik” compreender um modelo Su-C desenhado com esta linguagem padrão.

Na Análise Su-C da TRIZ, convencionou-se usar o artefato como a substância 1, representada por S1, a ferramenta como a substância 2, representada por S2 e o campo por F.

As fontes de energia, ou campos, que atuam entre as substâncias são geralmente:

- Mecânico, representado por  $F_{Me}$ ;
- Térmico, representado por  $F_{Th}$ ;
- Químico, representado por  $F_{Ch}$ ;
- Elétrico, representado por  $F_E$ ;
- Magnético, representado por  $F_M$ ;
- Gravitacional, representado por  $F_G$ .

Tome-se como exemplo uma cadeira que serve como suporte de nálgas.

- Qual a função da cadeira?

É *dar assento* às nálgas.

- Para que a cadeira *dá assento*?

Para as nálgas.

Qual o campo necessário para que a cadeira *dê assento* às nálgas?

É a força gravitacional.

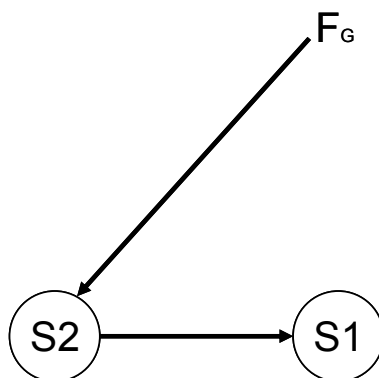
Pode-se, então, identificar os elementos do sistema:

S1: Nálgas

S2: Cadeira

F: Força Gravitacional.

E construir o modelo:



**Figura 13 – Modelo Su-C do sistema cadeira-nalgas.**

Tem-se aí um modelo completo. Pode-se observar que ele é formado por uma tríade contendo duas substâncias e um campo.

Este é um sistema simples. Sistemas mais complexos podem ser modelados por múltiplas tríades interconectadas.

A Análise Su-C é normalmente utilizada em conjunto com as 76 soluções padrão.

Ao utilizar a modelagem Su-C para a geração de conceitos que solucionem um problema deve-se seguir quatro passos, como orienta Terninko, Zusman e Zlotin (1998) e Terninko (2000):

1. Identificar o artefato, a ferramenta e o campo;
2. Construir o modelo, usando tríades;
3. Considerar as 76SP;
4. Desenvolver um conceito que sustente a solução.

### **3.5 - As 76 Soluções Padrão**

Terninko, Domb e Miller (2000) explicam que as 76 Soluções Padrão da TRIZ (76SP), conhecidas em inglês por “76 Standard Solutions”, foram compiladas por Altshuller e seus associados entre 1975 e 1985.

As 76SP são úteis para resolver casos do terceiro nível de inventividade, onde a solução melhorará significativamente o sistema, geralmente com a introdução de um novo elemento.

Normalmente as 76SP são usadas como um passo no algoritmo para

resolução de problemas inventivos (ARIZ), depois da análise Su-C e da construção de um modelo.

O modelo e as restrições são usados para identificar a classe da solução e determiná-la de forma mais específica.

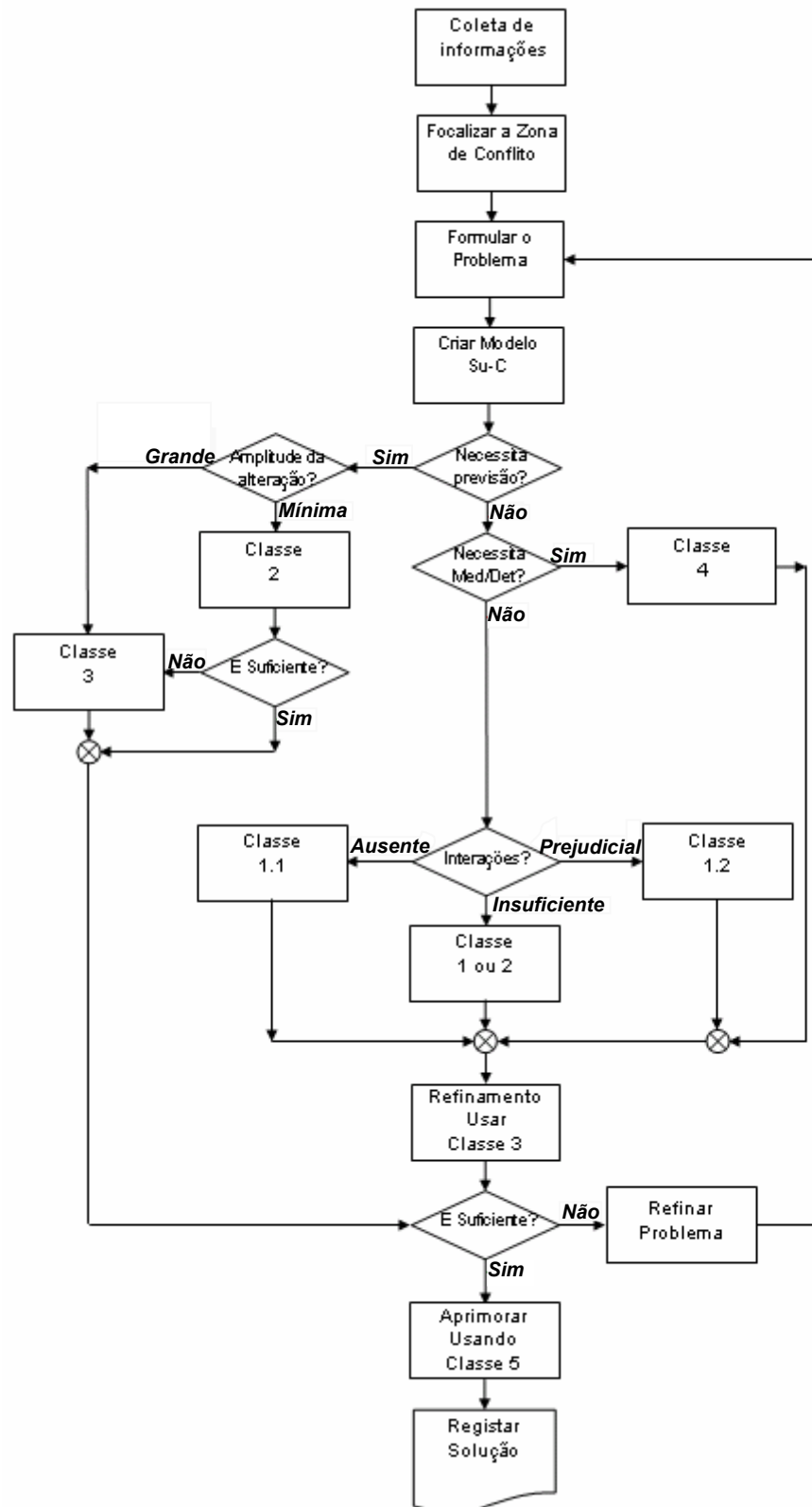
As 76SP são divididas em 5 categorias, denominadas classes, como mostra a Tabela III.

As soluções apresentada nas classes 1 a 4 freqüentemente tornam o sistema mais complexo porque elas exigem a introdução de novos materiais ou novos campos. As soluções apresentadas na classe 5 são métodos para simplificar o sistema, levando-o mais próximo da idealidade. Normalmente, depois de usar as classes 1 a 4 para definir um conceito, usa-se a classe 5 para simplificar a solução.

**Tabela III – As 76SP divididas em classes e o número de soluções tabuladas (Terninko, Domb e Miller, 2000).**

Classe	Definição	# Soluções
1	Melhorar o sistema com pouca ou nenhuma alteração	13
2	Melhorar o sistema alterando-o significativamente	23
3	Transição do Sistema	6
4	Detecção e Medição	17
5	Estratégias para simplificação e melhoria	17
TOTAL		76

Aquele que for solucionar um problema fazendo uso da análise Su-C com as 76SP, pode seguir o fluxograma da Figura 14, que foi montado tendo como base um fluxograma sugerido por Terninko, Domb e Miller (2000).



**Figura 14 – Fluxograma para o uso das 76SP.**  
 (Com base em Terninko, Zusman e Zlotin, 1998).

### **3.6 - Modelagem Pelas Pequenas Pessoas Perspicazes (PPP)**

Altshuller (2002) afirma que a Modelagem pelas Pequenas Pessoas Perspicazes (PPP) assemelha-se ao método proposto por William Gordon, denominado empatia, em que é sugerido que a pessoa se coloque no lugar da máquina no sistema, para viver o problema e enxergar como solucioná-lo.

Este método tem uma limitação intrínseca: a pessoa não se sentirá bem se para resolver o problema, for necessário queimá-la ou esmagá-la, ou seja, se isto lhe trouxer dano físico ou a morte.

Na TRIZ propõe-se substituir a máquina ou parte dela por uma multidão de Pequenas Pessoas Perspicazes (PPP). Pode-se olhar o problema por dentro, com os olhos das PPP ou agir como o comandante das PPP ordenando que cada grupo delas execute a ação desejada.

Este método exige um alto grau de imaginação e abstração.

Primeiro idealiza-se o RFI desejado. Depois se esboça o RFI com as PPP sem preocupação de como ele será obtido. As PPP agem como substâncias ou campos *mágicos* executando toda e qualquer ação desejada.

Então listam-se as ações desejadas e responde-se à pergunta:

Como se pode obter este efeito?

Faz-se uma lista com todas as possibilidades e define-se conceitos que realizem estas idéias.

### **3.7 - Padrões da Evolução Tecnológica**

De acordo com Rantanen (1997), os Padrões da Evolução Tecnológica (PET) são regularidades observadas na história do desenvolvimento da tecnologia. A maioria destas regularidades são tendências estatísticas, contudo, existem algumas que podem ser consideradas como leis universais. Elas foram formuladas como resultado do estudo de uma grande massa de inovações e invenções.

Pelos PET pode-se tentar prever a evolução de um sistema para o sistema ideal. Pode-se determinar qual subsistema desenvolveu-se menos, ou qual está fazendo uso de tecnologia muito mais moderna que os outros e direcionar os recursos para o subsistema que precisa de atenção neste momento.

Solucionar um problema é um comportamento reativo para consertar um sistema. Vislumbrar o futuro com os PET é um comportamento pró-ativo com o objetivo de criar o futuro.

A Tabela IV e Tabela V relacionam os PET descritos por Altshuller.

**Tabela IV – Padrões da Evolução Tecnológica – Parte A.**

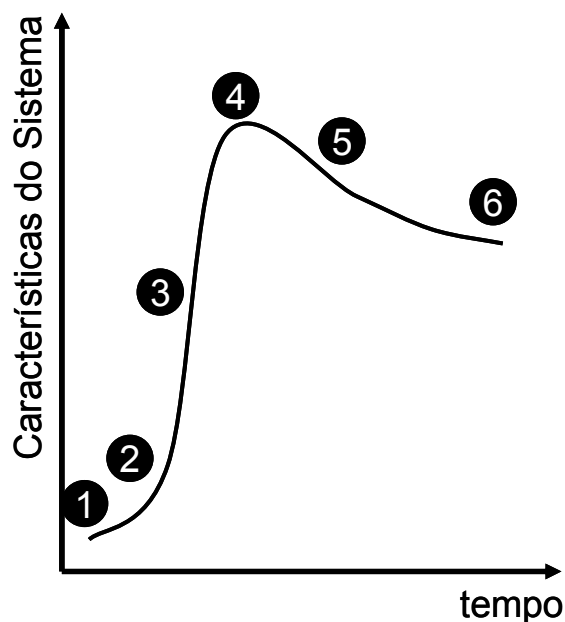
#	<i>Padrão</i>	<i>Estágio</i>
<b>1</b>	A Tecnologia segue o ciclo biológico de evolução, com Gestação, Nascimento, Infância, Adolescência, Maturidade e Decadência.	<p><b>Estágio 1 – Gestação.</b> O sistema não existe ainda, mas as condições para sua criação estão sendo desenvolvidas.</p> <p><b>Estágio 2 – Nascimento.</b> Um novo sistema tecnológico surge quando existe a necessidade de uma função e existem meios tecnológicos para obtê-la.</p> <p><b>Estágio 3 – Infância.</b> Surge um novo sistema por causa de invenções de alto nível, mas o desenvolvimento é lento.</p> <p><b>Estágio 4 – Adolescência.</b> Começa quando a Sociedade reconhece o valor do novo sistema. Obtém-se bom desempenho e eficiência do sistema.</p> <p><b>Estágio 5 – Maturidade.</b> Começa quando os recursos nos quais se baseou o sistema original estão exauridos.</p> <p><b>Estágio 6 – Decadência.</b> Foi atingido o limite tecnológico. Começa o surgimento da próxima geração de sistema para substituir a atual.</p>
<b>2</b>	Aumento da Razão de Idealidade	Todo sistema tecnológico evolui no sentido de aumentar seu valor, ou seja, aumentar os seus benefícios e diminuir seus custos. A evolução dos computadores desde o ENIAC até os PC's atuais serve como exemplo.

**Tabela V – Padrões da Evolução Tecnológica – Parte B.**

<b>3</b>	Desenvolvimento desigual dos subsistemas resulta em contradições.	Os subsistemas têm diferentes curvas de vida. Subsistemas primitivos seguram o desenvolvimento do sistema total. Um erro comum é focar o desenvolvimento no subsistema errado. Desenvolvimento do motor dos aviões ao invés da aerodinâmica.
<b>4</b>	Aumento do dinamismo e do controle.	Os sistemas ganham mobilidade e controle. A velocidade dos primeiros automóveis era controlada pela rotação do motor, depois veio a transmissão manual, a automática e mais recentemente a CVT.
<b>5</b>	Aumento da complexidade, seguido pela integração das partes.	Primeiro unem-se várias partes, mesmo que redundantes e depois se elimina a redundância. A evolução dos sistemas de som até os mini-sistemas atuais.
<b>6</b>	Agregação e desagregação das partes.	Os conjuntos são montados com partes desordenadas, seguidas pela ordenação destas partes e terminando por fazer com que as características mudem de acordo com a demanda. Evolução da suspensão de veículos automotores.
<b>7</b>	Transição do macrosistema para o microsistema com o uso de campos.	Neste estágio faz-se uso de energia ou informação para melhorar o desempenho e o controle. Evolução do fogão a lenha até o microondas.
<b>8</b>	Diminuição do envolvimento humano com automação.	O aumento da idealidade leva a sistemas completamente automáticos. A evolução dos sistemas de lavagem de pratos passou do manual para o mecânico chegando aos atuais que dosam o abrillantador.



O primeiro padrão, e o mais genérico, é representado graficamente na Figura 15. Ele modela o ciclo de vida de um sistema técnico como o de um sistema biológico, com gestação (1), nascimento (2), infância (3), adolescência (4), maturidade (5) e decadência (6). Também é conhecido como curva-S.



**Figura 15 – Ciclo de vida de um sistema tecnológico.**  
(Com base em Terninko, Zusman e Zlotin, 1998).

Existem outras curvas que representam características versus tempo, e descrevem os estágios da evolução segundo outras perspectivas. Elas são as curvas:

- a. do Desempenho;
- b. do Nível de Inventividade;
- c. do Número de Invenções contidas no sistema;
- d. da Rentabilidade.

Entre elas existe a relação com o ciclo de vida biológico, como pode ser visto na Figura 16.

A análise de um sistema, segundo estes quatro critérios, pode identificar em que estágio da evolução ele está, facilitando o aprimoramento do mesmo e a alocação de recursos de forma mais adequada para este desenvolvimento.

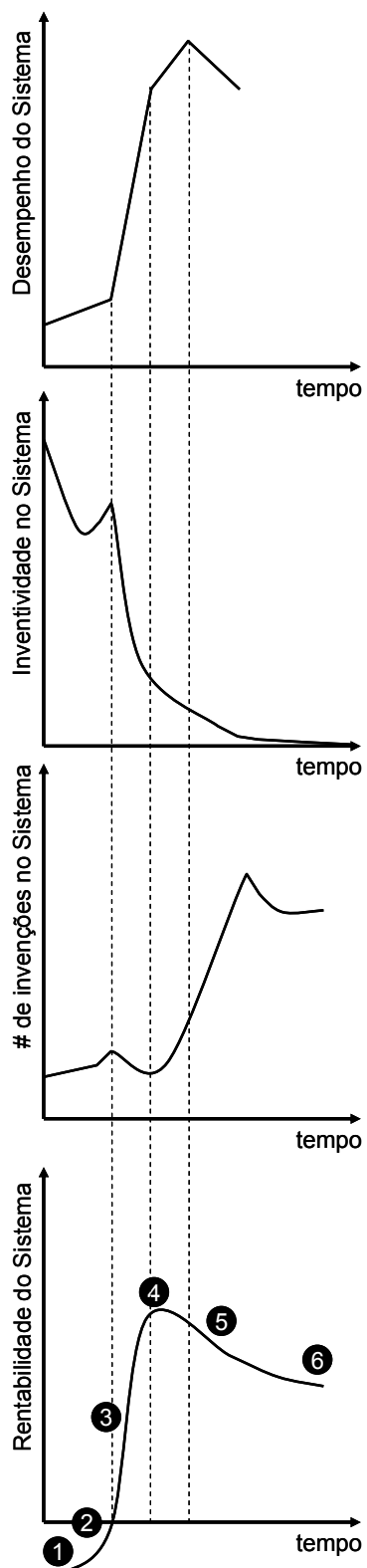


Figura 16 – Ciclo de vida de um sistema tecnológico conforme o enfoque.  
(Com base em Terninko, Zusman e Zlotin, 1998).

### **3.8 – Operadores**

Os operadores são ferramentas que auxiliam na análise preliminar de problemas. O operador DTC ajuda a vencer a Inércia Psicológica, os princípios da separação auxiliam na solução de CF e o operador de sistemas assiste na análise do problema em termos de tempo e espaço.

#### **3.8.1 - Operador DTC (Dimensão, Tempo, Custo).**

Esta é uma ferramenta poderosa para excitar a imaginação.

O Operador DTC não tem como objetivo dar uma resposta para o problema. Seu objetivo é quebrar a Inércia Psicológica que bloqueia a imaginação de modo a tornar o problema mais claro e fácil de resolver.

São seis perguntas que o inventor deve analisar:

1. O que acontecerá se a dimensão do objeto diminuir?
2. O que acontecerá se a dimensão do objeto aumentar?
3. O que acontecerá se o tempo para realizar a ação diminuir?
4. O que acontecerá se o tempo para realizar a ação aumentar?
5. O que acontecerá se o custo do sistema diminuir?
6. O que acontecerá se o custo do sistema aumentar?

Estas análises devem ser levadas ao limite, isto é, tender a zero ou ao infinito. O objetivo é identificar o conflito existente no sistema estudado para então, com o uso de uma outra ferramenta, desenvolver conceitos que solucionem o problema.

#### **3.8.2 - Princípio da Separação**

Os princípios da separação são utilizados para solucionar problemas com CF, aqueles em que são necessários estados físicos antagônicos por uma mesma função ou componente.

São quatro os princípios da separação e todos devem ser investigados para solucionar-se uma CF, pois, não se sabe qual dará os melhores resultados.

Muitas vezes não se obtém um bom resultado formulando a CT, então convém transformá-la em CF.

Como no exemplo seguinte, também um clássico na literatura da TRIZ, que apresentam Terninko, Zusman e Zlotin (1998) e também Malkin e Malkin (2003).

Para selar ampolas de vidro com medicamentos é necessário aquecer o topo das ampolas, o que pode deteriorar o medicamento.

A CT no problema é que aquecendo a ponta da ampola deteriora-se o medicamento.

O mesmo problema pode ser descrito pela CF: a ampola deve ser aquecida para selar e deve ser resfriada para conservar o medicamento.

A maneira de transformar uma CT em CF é identificar a característica que resulta contraditória, ou a característica física que define a contradição.

Os quatro princípios da separação são:

1. Separação no Espaço;
2. Separação no Tempo;
3. Transição de Fase;
4. Separação dentro do Todo e suas Partes.

#### **3.8.2.1 - Separação no Espaço**

A idéia é separar no espaço os requisitos conflitantes, ou tentar dividir o sistema em subsistemas e designar a cada subsistema uma das características opostas.

No exemplo da ampola, o calor deve ser aplicado ao topo da peça de vidro enquanto o corpo e o medicamento estão imersos em um líquido refrigerante.

#### **3.8.2.2 - Separação no Tempo**

Aqui a intenção é separar os requisitos conflitantes no tempo, de modo que cada um aconteça em instantes de tempos diferentes.

Imagine a limpeza de uma superfície complexa. Se forem jogados pequenos grãos de material sólido ao encontro da superfície, o choque das partículas com a superfície limpa a peça e suja a peça. Faz-se necessário retirar as partículas após a limpeza, o que nem sempre é possível devido à complexidade de sua superfície.

Pode-se afirmar que as partículas devem ser sólidas durante a limpeza e voláteis após o uso. Em outras palavras, no instante do choque elas devem ser sólidas e no instante seguinte evaporar.

Se para a limpeza forem usadas partículas de gelo seco, o material abrasivo será sólido no primeiro instante e evaporará deixando a peça limpa no instante seguinte.

### 3.8.2.3 - Transição de Fase

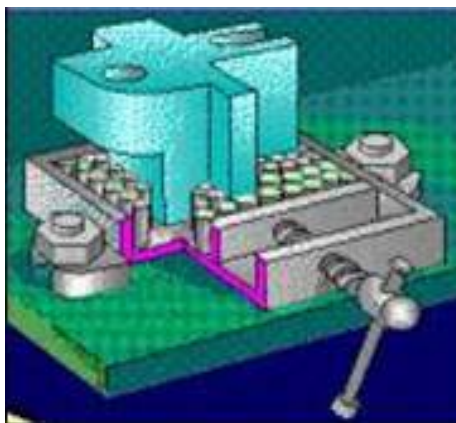
O propósito é separar os requisitos conflitantes de acordo com as condições do conflito, ou identificar um parâmetro ou condição que possa ser modificado, de forma que o sistema possa atender a um requisito em uma condição e a outro em outra. Para resolver a contradição, faz-se uso de processos especiais. Deve-se considerar a modificação do sistema ou do meio-ambiente de forma a obter o esperado.

Como no exemplo usado por Terninko, Zusman e Zlotin (1998). Sabe-se que o vinho tem substâncias benéficas para o ser humano, contudo não pode ser servido para crianças por causa do álcool. Pode-se retirar o álcool do vinho pelo aquecimento e evaporação, contudo, o calor destrói as características do vinho. Logo a fervura deve existir para evaporar o álcool e não deve existir senão estraga o vinho.

Se a fervura for obtida a baixa pressão, o vinho não terá de ser aquecido a temperaturas que o deteriore.

### 3.8.2.4 - Separação dentro do Todo e suas Partes

O intento é separar os requisitos conflitantes dentro do sistema e suas partes, isto é, tentar dividir o sistema em subsistemas e delegar a um subsistema um dos requisitos conflitantes, enquanto todo o sistema executa o outro.



**Figura 17 – Exemplo de Separação dentro do Todo e suas Partes.**

**(Com base em Terninko, Zusman e Zlotin, 1998).**

Toma-se a operação de fixar uma peça com forma complexa, com uma morsa universal. Esta é uma operação difícil. A contradição está em que a morsa

universal deve ter as superfícies de fixação planas, para aparar qualquer superfície e deve tê-la irregular para fixar a peça. Dividindo a superfície de pega em uma face plana e várias faces cilíndricas, que se adaptam à superfície a ser fixada, resolve-se esta contradição, como mostra a Figura 17.

### 3.8.3 - Operador de Sistemas

O Operador de Sistemas (OS) é um modo simples de ajudar a pensar em termos de tempo e espaço. O princípio é dividir o mundo em nove janelas, como mostra a Figura 18, por isso ele também é conhecido como operador das 9 janelas.

Dispõem-se as janelas de forma a ter-se três linhas e três colunas.

Na linha central representa-se o sistema e na coluna central representa-se o tempo presente, de tal forma que na janela central está o sistema como ele é hoje.

Na coluna da esquerda representa-se o passado do sistema e na coluna da direita projeta-se o futuro do sistema.

As colunas dão a dimensão do tempo em relação ao sistema.

Na linha superior representa-se o supersistema, ou onde está contido o sistema e na linha inferior representam-se as partes do sistema ou dos subsistemas.

Desta forma, as linhas dão a dimensão espacial para a análise do sistema.

O Operador de Sistemas é usado quando se quer:

1. definir o problema exato;
2. procurar a solução para um problema;
3. determinar a tendência de evolução de um sistema;
4. analisar e avaliar uma solução.

Para cada um destes usos deve-se utilizar de forma diferente o OS.

Assim, o passado e o futuro podem ser milissegundos ou séculos, dependendo dos objetivos. Da mesma forma, o subsistema pode ser uma máquina ou as moléculas que compõem a superfície de uma hélice de helicóptero.

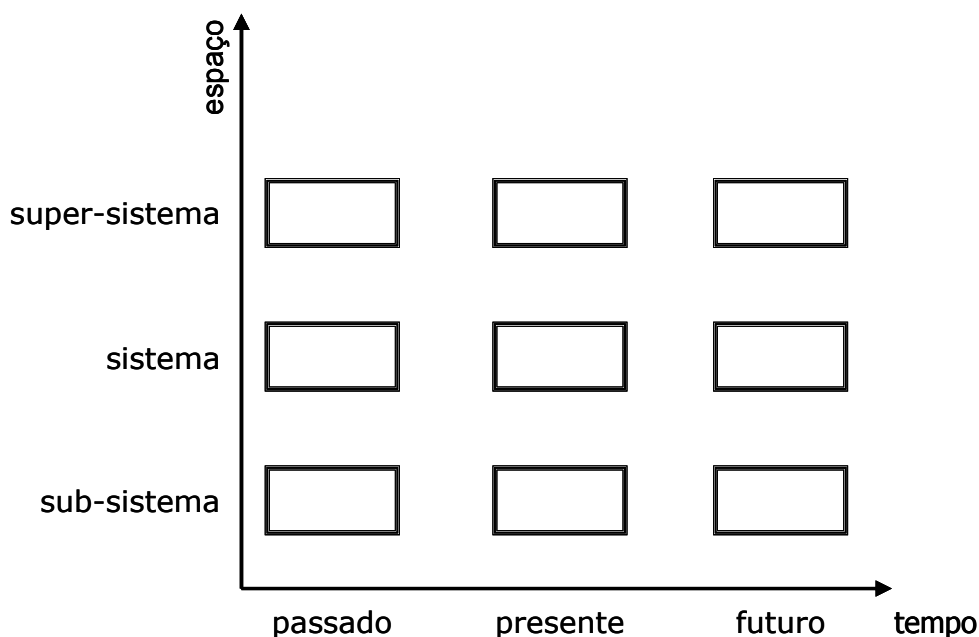


Figura 18 – As nove janelas do Operador de Sistemas.

### 3.9 - Uso de Efeitos

Os efeitos podem ser físicos, químicos e geométricos, entre outros, e são uma importante ferramenta para desenvolverem-se conceitos de soluções muito próximas da ideal.

Para a TRIZ, um efeito é definido como a resposta automática de uma substância a uma ação governada pelas leis da natureza e pelas propriedades dos materiais. Em outras palavras, um efeito transforma uma entrada em uma saída, dependendo de algumas condições como mostra a Figura 19.

Devido a natureza determinística destas leis, as respostas obtidas são reproduzíveis e consistentes. A expansão térmica de um material exposto ao calor é fato, logo, uma solução que usa este efeito será consistente.

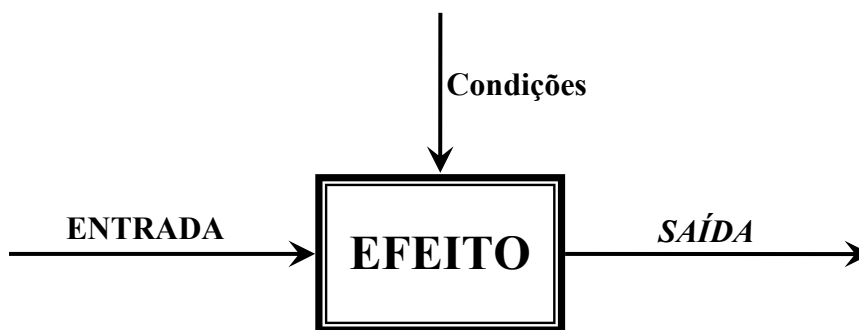


Figura 19 – Esquema da ação de um efeito.

Uma vez que existem muitos efeitos, é muito difícil encontrar um efeito adequado para solucionar um problema específico. Por isso Altshuller desenvolveu um guia para ajudar a selecionar quais efeitos resolvem um determinado problema. Este guia consiste de duas partes, uma tabela que auxilia a seleção e um livro de referência.

O uso efetivo dos efeitos para a solução de problemas passa por dois passos:

- Identificar a função técnica necessária e selecionar o efeito correspondente a partir da tabela de efeitos;
- Obter informações relativas ao efeito selecionado, inclusive como ele pode ser útil para solucionar o problema, e criar um conceito.

Existe uma grande dificuldade de se obter o guia de efeitos desenvolvido por Altshuller na literatura disponível.

Muitas referências são feitas em softwares como TechOptimizer, Innovation Workbench e TriSolver, o que sugere que para ter acesso a tal informação é necessário adquirir estes programas.

O Apêndice I traz uma lista com efeitos físicos e uma referência onde se pode encontrar maiores detalhes de cada um deles.

<b>Efeito, função ou propriedade desejada</b>	<b>Fenômeno Físico que fornece o efeito, função ou propriedade desejada</b>
4. Estabilização de temperatura	- Transição de fase, incluindo transição no ponto de Curie
6. Movimentar um objeto	- Campo magnético aplicado para influenciar um objeto ou magneto fixado ao objeto - Campo magnético aplicado para influenciar um condutor onde circula corrente - Campo elétrico aplicado para influenciar um objeto carregado eletricamente - Transferência por pressão em um líquido ou gás - Oscilação mecânica - Força centrífuga - Expansão térmica - Pressão da luz
7. Movimentar líquido ou gás	- Força capilar - Osmose - Efeito Thoms - Ondas - Efeito Bernoulli - Efeito Weissenberg
10. Separar misturas	- Separação elétrica e magnética - Campo elétrico ou magnético aplicado para alterar a pseudo-viscosidade de um líquido - Força centrífuga - Adsorção e dissorção - Difusão - Osmose - Eletro-osmose - Eletroforese
14. Esmagar (destruir) um objeto	- Descarga elétrica - Efeito eletro-hidráulico - Ressonância - Ultrassom - Cavitação - Uso do laser

**Figura 20 – Extrato do Banco de Efeitos Físicos, Químicos e Geométricos.**

**Fonte: Ideation International Inc.**



### **3.10 - Algoritmo para a Solução de Problemas Inventivos**

Encontrar a solução para um problema não é tarefa simples. Escolher qual o encaminhamento será dado para formar conceitos que o resolvam também não.

Percebendo a dificuldade que muitos inventores tinham em aplicar sua teoria, Altshuller desenvolveu o Algoritmo para a solução de Problemas Inventivos, conhecido por ARIZ.

Na realidade ele não é um algoritmo como na matemática, com seqüência rígida, é mais uma orientação para levar à melhor solução para o problema.

O ARIZ será discutido com mais profundidade no próximo capítulo.

#### ***4. A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS***

O primeiro passo para solucionar um problema é compreendê-lo.

Parece óbvia esta afirmação, contudo, a urgência em solucionar o problema numa situação real e as pressões políticas e hierárquicas para mostrar resultados rapidamente, nem sempre permitem ao solucionador pensar com tranquilidade e caminhar na trilha correta.

Para facilitar a coleta de dados e informações sobre um problema é que Terninko, Zusman e Zlotin (1998) criaram o Questionário de Circunstância Inovadora (QCI). Esta não é uma ferramenta da TRIZ Clássica, mas tem grande utilidade para delinear e definir o problema estudado e conseqüentemente determinar o RFI.

Através deste questionário, consegue-se, de forma sistemática, entender um problema e as circunstâncias que o envolvem, permitindo que, ao fazer uso das ferramentas da TRIZ (MC, Análise Su-C, ARIZ, etc), tenha-se um progresso rápido e direto no sentido de realmente solucionar o problema.

O questionário é genérico e contém perguntas que buscam verificar todas as possibilidades que existem dentro de um problema para solucioná-lo. É possível que, ao respondê-lo, algumas questões mostrem-se não aplicáveis ao problema em análise. Contudo, convém responder ao máximo as questões propostas.

Se durante o preenchimento do questionário surgir alguma idéia de como solucionar o problema, deve-se anotá-la. Não se desprezam as idéias, por mais simples que pareçam ser. Elas serão testadas ao longo do processo de solução.

Uma das funções do QCI é facilitar a geração de conceitos para a solução do problema. Por isso é possível que ao final do processo de responder ao QCI já tenham sido gerados alguns conceitos para a solução.

Entretanto, não se deve parar o processo de solução com a geração dos primeiros conceitos para a resolução do problema. Eles podem não ser a solução ideal, o desejado RFI.

É importante perseverar no caminho em direção ao RFI.

O próximo passo para a solução de um problema é escolher a ferramenta que auxiliará na geração de conceitos que o solucionem.

Como visto no capítulo anterior, a TRIZ apresenta uma série de ferramentas e fica difícil para o iniciante escolher entre uma ou outra.

Pode-se usar diretamente a MC se a CT estiver formulada, ou o princípio da separação se a CF é conhecida. É possível desenvolver um modelo Su-C e utilizar as 76SP ou modelar o problema com as PPP para então formular uma contradição e solucioná-la.

O ARIZ orienta o solucionador, passo-a-passo, nesta escolha.

Respondendo ao ARIZ observa-se a repetição de muitas das perguntas já respondidas anteriormente no QCI.

Sabe-se que um problema não é solucionado de forma linear. A solução de um problema se assemelha mais com a forma de uma espiral, passando várias vezes pelo mesmo raio, encaminhando-se para a solução.

Deste modo, é importante repassar pelas respostas para aprofundar o conhecimento do problema e gerar conceitos consistentes que levem na direção do RFI.

Na seqüência serão apresentados o QCI e um estudo sobre a evolução do ARIZ.

#### **4.1 - Questionário de Circunstância Inovadora**

O Questionário de Circunstância Inovadora é utilizado para esclarecer o problema a ser resolvido, conhecer o meio-ambiente em que ele está presente, para depois tirar vantagens de todos os recursos já disponíveis para a solução. O QCI também posiciona o sistema no plano econômico.

Através do QCI determinam-se os critérios de avaliação dos conceitos propostos para solucionar o problema.

A primeira parte do QCI destina-se a descrever o problema como ele chega para aquele que o resolverá. Nela busca-se descrever o sistema que contém o problema, identificando sua função principal e suas funções secundárias e entendendo como ele realiza estas funções. O objetivo é entender como fazer o sistema desempenhar a função principal sem custos.

Antes de formalizar as respostas, é necessário obter informações sobre o problema, conversando com quem o vive e com quem deseja vê-lo resolvido. Não se

pode esquecer que todo problema técnico é solucionado para permitir que um usuário obtenha uma função desejada e a solução deve atendê-lo em primeiro lugar.

Começa-se dando um nome para o sistema. Isto é importante também para referência futura. Depois define-se sua função principal e então faz-se uma descrição detalhada do sistema, porém, de forma estática, não observando o seu funcionamento.

O próximo passo é descrever como as partes do sistema se inter-relacionam, ou o seu devido funcionamento. Descreve-se o que se deseja deste sistema, identificando como ele é hoje e como ele deveria ser.

Como todo sistema é composto por subsistemas e faz parte de um supersistema ou está contido em um ambiente, retrata-se esta situação.

Nesta primeira parte do QCI monta-se uma descrição minuciosa do problema, o que é fundamental para solucioná-lo de modo eficiente.

A segunda parte é a avaliação dos recursos disponíveis, ou com potencial de utilização. Nesta parte busca-se identificar o que está livre para ser usado como parte da solução do problema, com o objetivo de minimizar os custos desta solução. Nela deve-se listar tudo o que pode ser usado para resolver o problema, mesmo que neste momento pareça ser insensato ou impossível utilizá-lo. Se estiver disponível, deve fazer parte da lista.

Usando estes recursos já disponíveis no sistema, certamente a solução tenderá a aumentar o valor da razão Idealidade.

O formulário, apresentado no Anexo I, traz algumas indicações do que é possível ser utilizado como recurso.

A terceira parte do QCI é uma investigação mais apurada das causas do problema e do que se almeja e não se deseja da solução. Nela se descreve exatamente o que se pretende melhorar no sistema, busca-se entender o histórico de desenvolvimento do sistema, o mecanismo que causa o aparecimento do problema e as conseqüências de não resolvê-lo.

Na terceira parte procura-se formar uma idéia da solução esperada, com a descrição do presente e passado do sistema e o que se espera dele no futuro. É uma ótima oportunidade de se utilizar o OS com suas 9 janelas.

Ao pesquisar a história de desenvolvimento do sistema, tem-se como

objetivo identificar se ao longo desta história o sistema não teve um subsistema desenvolvido mais do que outro, desequilibrando sua linha de evolução, como proposto por Altshuller quando desenvolveu a Tendência Evolutiva dos Sistemas Técnicos. Esta busca pode indicar que a solução está no desenvolvimento correto de outro subsistema e não exatamente naquele que se está focando. (Lembre-se da anedota da chave?).

E investigar problemas semelhantes resolvidos por outras áreas da indústria pode ser o diferencial para encontrar uma solução verdadeiramente criativa.

Agora, conhecendo-se com riqueza de detalhes o problema que se estuda é possível definir a amplitude da solução esperada.

Na quarta parte do QCI pretende-se delimitar a extensão do que pode ser alterado no sistema e demarcar tudo o que não pode ser alterado para que os conceitos gerados possam ser transformados em soluções realizáveis para o problema estudado. Nela é realizado o detalhamento das características da solução. De forma clara e sistemática são traçados os limites para o que é permitido e o que é restritivo para a solução do problema.

Na quinta parte define-se o que se deseja como solução do problema.

É neste ponto que se formaliza o Resultado Final Ideal (RFI) para o problema analisado, a idealidade local, como descrito no capítulo 2. Só conhecendo com grande riqueza de detalhes o problema e o ambiente em que ele está contido é que se pode determinar com precisão o RFI.

Nesta parte é importante fugir de termos técnicos e utilizar o vocabulário mais simples possível.

Espera-se, a partir desta definição, formar vários conceitos para solucionar o problema.

A sexta parte do QCI define os critérios de seleção dos conceitos que serão gerados. Esta parte do QCI traça os limites para a solução, os aspectos, minúcias e peculiaridades que mais à frente serão utilizadas para escolher entre os conceitos propostos como solução para o problema.

Levam-se em consideração as características tecnológicas e econômicas desejadas, o tempo para executar o conceito, o grau de inovação esperado, além de outros conceitos que se julgarem importantes.

Finalmente, na sétima parte, do QCI analisa-se o sistema do ponto de vista funcional procurando identificar o problema com ferramentas e objetos, e do ponto de vista econômico buscando-se situar o sistema no plano de mercado.

Nota-se que o QCI é uma preparação para a utilização das ferramentas da TRIZ.

O Questionário de Circunstância Inovadora (QCI) é mostrado no Anexo I.

#### **4.2 - ARIZ – Algoritmo para a resolução de problemas inventivos**

ARIZ é o acrônimo da frase russa que quer dizer: “Algoritmo para a Solução de Problemas do Inventor”, ou “Algoritmo para a Solução de Problemas Inventivos”. Ele é um processo estruturado e lógico que desenvolve um problema de um ponto onde ele ainda não é claro para onde ele fica simples de solucionar.

De acordo com Marconi (1999), o ARIZ tem melhor resultado quando usado para solucionar problemas complexos. Porém, para o iniciante com a TRIZ, o ARIZ serve como guia para escolher qual ferramenta utilizar, por isso pode e deve ser usado, também, com problemas mais simples.

Altshuller (2000) diz que devem ser usados os conceitos de idealidade e contradição, o primeiro para determinar a direção em que se busca a solução e o segundo para indicar o obstáculo que deve ser removido, sendo necessário definir a solução ideal e a contradição técnica ou física que está contida no problema. Muitas vezes a contradição se esconde engenhosamente dentro do problema, além do que isola-la não o resolve por si só o problema. Isolá-la e resolvê-la pode não ser simples, necessitando racionalidade e progressão passo-a-passo na direção da solução. Eis a razão do ARIZ.

É esta racionalização e progressão criteriosa que Altshuller oferece com o ARIZ. Ele se adapta a cada problema e a cada “solucionador”, pois o ARIZ leva em consideração a personalidade de quem o está utilizando. A pessoa age de acordo com seu conhecimento, experiência e habilidade criativa. O algoritmo apenas economiza tempo evitando que se percorram caminhos não produtivos.

De acordo com Zlotin e Zusmam (1999), Altshuller dizia que o ARIZ parece um tema complicado, que se desenvolveu rapidamente, por isso é importante

entender o modo sistemático em que ele evoluiu.

Inicialmente ele foi desenvolvido como um método para inventar.

O primeiro algoritmo foi publicado em 1956 com o nome de ARIZ-56. Outros se seguiram, quais sejam: ARIZ-59, ARIZ-61, ARIZ-64, ARIZ-65, ARIZ-68, ARIZ-71, ARIZ-75, ARIZ-77, ARIZ-82 (A, B e C) e ARIZ-85 (A, B e C). O ARIZ-85C foi o último algoritmo publicado sob a supervisão de G. S. Altshuller.

Shulyak (2004) escreve na introdução de sua tradução para o inglês do livro *40 Principles: TRIZ Keys to Technical Innovation* que o ARIZ é a principal ferramenta analítica da TRIZ, que fornece uma forma seqüencial para a solução de problemas complexos.

Apesar de seqüencial, a solução de problemas através do ARIZ não tem um único caminho, como mostra Royzen (1997) em artigo para o Ninth Symposium on Quality Function Deployment de Michigan.

A versão completa do ARIZ-85C, com explicações detalhadas, pode ser encontrada no website “Official G. S. Altshuller Foundation”, <http://www.altshuller.ru/world/eng/fond.asp> em russo ou traduzido para o espanhol por Zagorodnova (2004).

Marconi (1999) apresenta em artigo para o TRIZ Journal, um modo americano de aplicar o ARIZ, onde afirma que o ARIZ não é uma equação, mas um processo com vários passos, que, através de uma série de perguntas integra as várias partes da TRIZ, permitindo que se olhe para o problema com isenção, sem a pressão de soluções pré-concebidas. O ARIZ é, segundo Marconi (2004), 50% reformulação do problema. E é somente através desta reformulação que problemas complexos podem ser solucionados.

O ARIZ-85C é composto por nove passos, que podem ser divididos em três grandes grupos.

Para compreender a evolução do algoritmo e seus objetivos na análise e concepção de conceitos para solucionar problemas inventivos, verificar-se-á três de suas versões, o ARIZ-61, o ARIZ-71 e o ARIZ-85C, que se encontram respectivamente nos Anexo J, Anexo L e Anexo M.

#### 4.2.1 – Evolução do ARIZ

O exame do ARIZ-61 revela que ele é dividido em três estágios:

1. Analítico,
2. Operacional,
3. Síntese.

No primeiro estágio, define-se o problema a ser resolvido e formula-se o RFI, determina-se a CT e a razão para ela existir e situações onde ela deixa de existir.

No segundo estágio, com o auxílio das ferramentas da TRIZ, procura-se solucionar a CT.

No terceiro estágio, procura-se ampliar a solução para outros casos análogos.

Já o ARIZ-71 apresenta 6 estágios:

1. Escolha do problema,
2. Definição precisa do problema,
3. Analítico,
4. Análise preliminar dos conceitos,
5. Operacional,
6. Síntese.

Na evolução do ARIZ-61 para o ARIZ-71, mantiveram-se os estágios analítico, operacional e de síntese, sendo acrescentados três novos estágios.

Dois no início, para facilitar a compreensão e definição do problema antes de iniciar a análise propriamente dita, demonstrando a importância do bom entendimento do problema antes de começar a busca por soluções.

O estágio 4, análise preliminar dos conceitos, foi inserido para verificar se os conceitos gerados no estágio anterior levam em direção à idealidade, ou necessita-se de mais desenvolvimento.

O ARIZ-71 tem maior detalhamento nos passos mais difíceis, visando aumentar a qualidade e confiabilidade da solução.

No estágio operacional aparece pela primeira vez referência à MC e às 76SP.

Percebe-se que a evolução do algoritmo objetiva torná-lo mais flexível e preciso, procurando a geração de conceitos a cada passo.



Do ARIZ-71 para o ARIZ 85C foram acrescentados mais três estágios.

O quinto estágio da ARIZ-85C orienta a busca de soluções utilizando-se a base de dados de conhecimento como bancos de patentes e a Base de Dados de Efeitos.

O estágio analítico da ARIZ-71 foi dividido em três, propiciando uma análise mais profunda das soluções encontradas, detalhamento e maximização das soluções e por fim uma análise sob o ponto de vista dos princípios inventivos que foram utilizados, orientando a documentação da solução escolhida para futuras consultas e aplicações, formando assim um banco de dados particular.

Pode-se, então, montar um fluxograma do processo de solução orientado pelo ARIZ-85C, como mostrado na Figura 21.

Um fato importante na análise da Figura 21, é que ao final da fase de solução, o problema pode não estar resolvido, isto indica que a formulação não foi correta e um novo estudo deve ser realizado, com o objetivo de melhor definir e/ou entender o problema. Isto é comum em problemas complexos e não deve desanimar o "resolvedor". Também evidencia a forma espiralada, não linear, da solução de problemas.

Durante a fase de análise, o "resolvedor" pode utilizar várias ferramentas, desde que elas o levem ao entendimento do problema e a formulação da Contradição Técnica (CT) ou Física (CF).

Uma ferramenta bastante difundida entre os trizniks, é o Questionário de Circunstância Inovadora, que será utilizado neste trabalho.

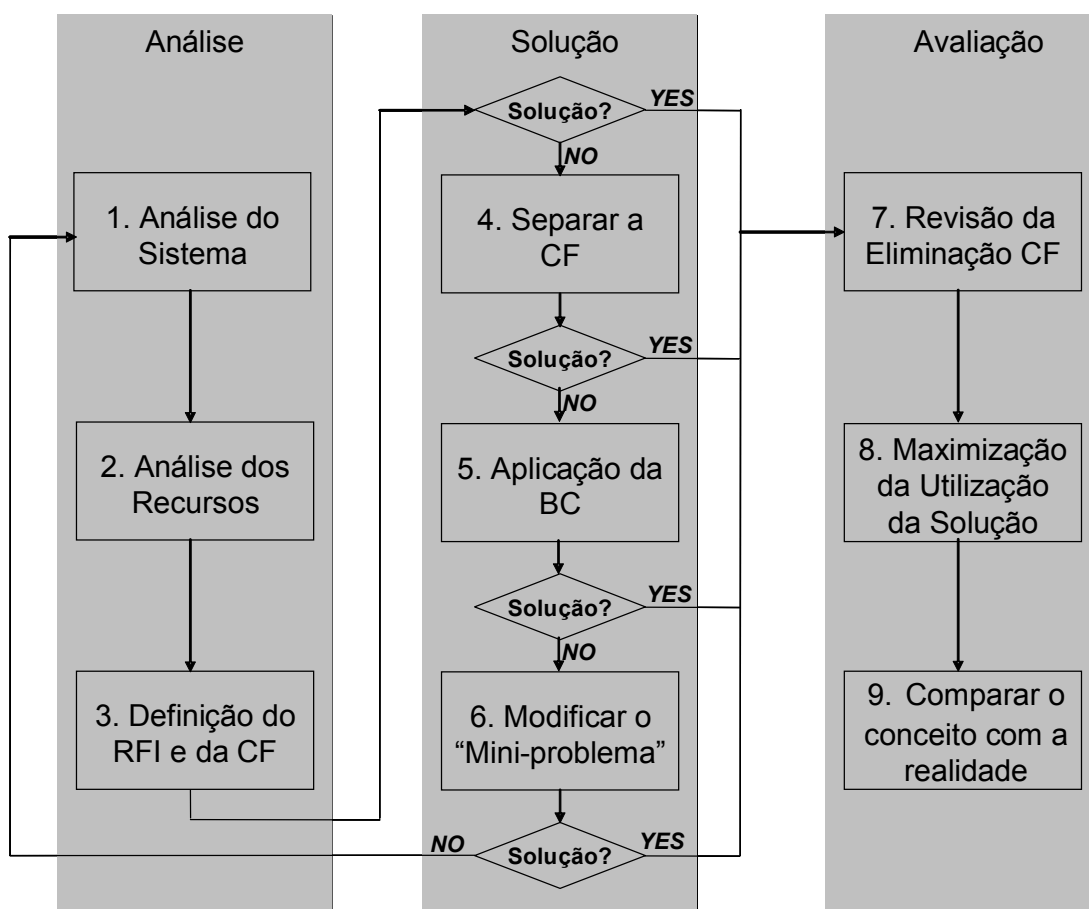
A análise das três versões do ARIZ apresentadas mostra que o algoritmo não mudou em sua essência, ele cresceu no detalhamento de suas seções, buscando facilitar, para os não familiarizados com ele, a solução de problemas com as ferramentas e conceitos da Teoria para a Resolução de Problemas do Inventor, TRIZ.

Na primeira fase procura-se entender a situação, descrever o problema e o ambiente que o envolve.

Na segunda fase o objetivo é criar conceitos para a solução do problema descrito anteriormente.

Na terceira fase avaliam-se os conceitos gerados na segunda fase e busca-se documentá-los, de modo a poder usá-los no futuro, ou mesmo transferir o

conhecimento adquirido para outras pessoas.



**Figura 21 – Fluxograma ARIZ.  
Com base em Marconi (1999).**

A transferência de conhecimento é atualmente um dos pontos mais importantes para as empresas líderes em seus ramos. Evitar que o conhecimento desenvolvido internamente perca-se com as pessoas que se aposentam ou mudem de empresa.

A TRIZ, desde o seu princípio, busca a transferência de conhecimento e a documentação, no passo 9, é muito importante para o inventor e para a empresa.

### 4.3 - O Processo Proposto de Solução de Problemas

O processo proposto de solução de problemas passa por duas etapas.

A primeira é o estudo do problema realizado com o preenchimento do Questionário de Circunstância Inovadora (QCI) e a segunda é a aplicação das ferramentas da TRIZ para resolver o problema.

Com o conhecimento adquirido sobre o problema a ser resolvido, após o preenchimento do QCI, deve-se escolher a ferramenta da TRIZ que levará a geração de soluções.

A Figura 10 apresenta uma forma de escolher o caminho para a solução proposta por de Carvalho (1999).

Marconi (1999) orienta utilizar o Algoritmo para a Solução de Problemas do Inventor (ARIZ) para a solução de problemas mais complexos. Marconi (1999) faz esta orientação porque o ARIZ conduz a solução do problema passando por todas as ferramentas, e aquela que melhor se adaptar ao problema e ao solucionador certamente será utilizada.

Para o iniciante com a metodologia, escolher qual ferramenta utilizar é difícil devido a sua inexperiência, e traz insegurança. Para que o iniciante adquira experiência com a metodologia, sem hesitar nesta ou naquela ferramenta, este ou aquele procedimento, sugere-se que mesmo para os problemas mais simples seja utilizado o ARIZ. É desta forma que o iniciante alcançará experiência com a metodologia.

Portanto, a segunda etapa na solução de problemas é a aplicação do ARIZ.

Neste estudo será usado o ARIZ85-C por entender-se que seu maior detalhamento comparado com as versões anteriores facilite sua aplicação, apesar de sua maior complexidade.

Como numa espiral indo em direção à solução, nesta segunda etapa passa-se novamente pela descrição do problema, agora de forma mais profunda, selecionam-se conflitos e identifica-se o elemento que sofre a ação - o objeto, e o elemento que executa a ação - a ferramenta, para então descrever-se o problema tendo como base estes conflitos, que são denominados mini-problemas.

Em seguida, expressam-se os conflitos de maneiras opostas. Intensificam-se

os conflitos, isto é, levam-se os conflitos para um extremo e para outro de forma a identificar qual o melhor caminho para a solução do problema. É a aplicação do operador DTC.

Ao final, escolhe-se qual a melhor expressão para o conflito, e é com ela que se vai trabalhar na seqüência.

Na segunda parte do ARIZ, relaciona-se o problema com o espaço e o tempo, determinando a Zona de Operação (ZO) e o Tempo de Operação (TO) e em seguida listam-se todos os recursos que se pode observar que são disponíveis para a solução.

A finalidade da terceira parte é formular o RFI de modo a tornar claro quais os parâmetros do sistema são contraditórios e então definir a contradição presente no sistema.

Definida a contradição, passa-se para o processo de eliminá-la, com o uso das várias ferramentas desenvolvidas por Altshuller. É este o objetivo das partes quatro e cinco do ARIZ85-C.

Quando não surgem conceitos para a solução do problema nestas partes o que se faz é retornar para a descrição inicial do problema e tentar redefinir o mini-problema, ou conflito, olhando-o de outros ângulos.

Ao redefinir a contradição, passa-se pelas partes três, quatro e cinco novamente para eliminá-la. Este processo espiralado continua até que conceitos para a solução do problema proposto sejam encontrados.

Denomina-se de processo espiralado e não circular porque a cada volta aumenta-se o entendimento do problema, encaminhando-se para a solução.

A sétima parte do ARIZ avalia a solução de acordo com os parâmetros previamente determinados, e dá consistência aos conceitos gerados.

Na oitava parte, busca-se aperfeiçoar a utilização dos conceitos, se possível aplicando a solução em outros problemas semelhantes.

E a nona parte faz a análise da solução do ponto de vista da realidade e do ponto de vista da metodologia, verificando-se onde a solução real difere do conceito proposto e se foi encontrado um novo princípio ou efeito. Por fim acrescentando, solução e princípio, a uma base de dados para referência futura, o que torna a aplicação destes mais fácil no futuro.

O processo de solução proposto pode ser descrito graficamente, na forma de um fluxograma, como o apresentado na Figura 22.

Ele é composto pelas onze fases listadas abaixo:

- ① Coleta de informações.
- ② Análise das informações coletadas.
- ③ Esclarecimentos.
- ④ Definição dos problemas.
- ⑤ Identificação dos recursos.
- ⑥ Definição das restrições e objetivos.
- ⑦ Formulação do problema
- ⑧ Formulação do RFI
- ⑨ Pesquisa de soluções
- ⑩ Análise da Solução
- ⑪ Registro da Solução

As fases ①, ② e ③ são informais, longas e geralmente acontecem fora do escritório de trabalho.

Este conjunto é denominado de pré-estudo.

As fases ④, ⑤ e ⑥ correspondem ao preenchimento do QCI. É o registro formal das três primeiras fases.

As fases ⑦, ⑧, ⑨ e ⑩ correspondem à aplicação do ARIZ85-C.

Comparado o fluxograma proposto, Figura 22, com o fluxograma da Figura 21 tem-se que as fases ①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥ e ⑦ correspondem a etapa de análise da situação inventiva, e são representadas em vermelho na Figura 22.

A fase ⑧ corresponde a etapa de solução, onde efetivamente busca-se criar conceitos para resolver o problema. Ela está representada em amarelo na Figura 21.

As fases ⑨ e ⑩ correspondem a etapa de avaliação das propostas e estão representadas em verde na Figura 22.

Pode-se verificar na Figura 22 que o processo de solução de problemas não acontece de forma linear como comentado anteriormente.

Existem pontos decisórios onde são feitas avaliações das informações obtidas e dos conceitos gerados. Havendo a necessidade de aprofundamento e esclarecimento, retoma-se o processo de uma fase anterior.

O solucionador de problemas deve ser perseverante na busca por soluções, mesmo quando a situação aparente ser insolúvel. Se a solução do problema não foi encontrada isto indica a necessidade de mais estudo e pesquisa.

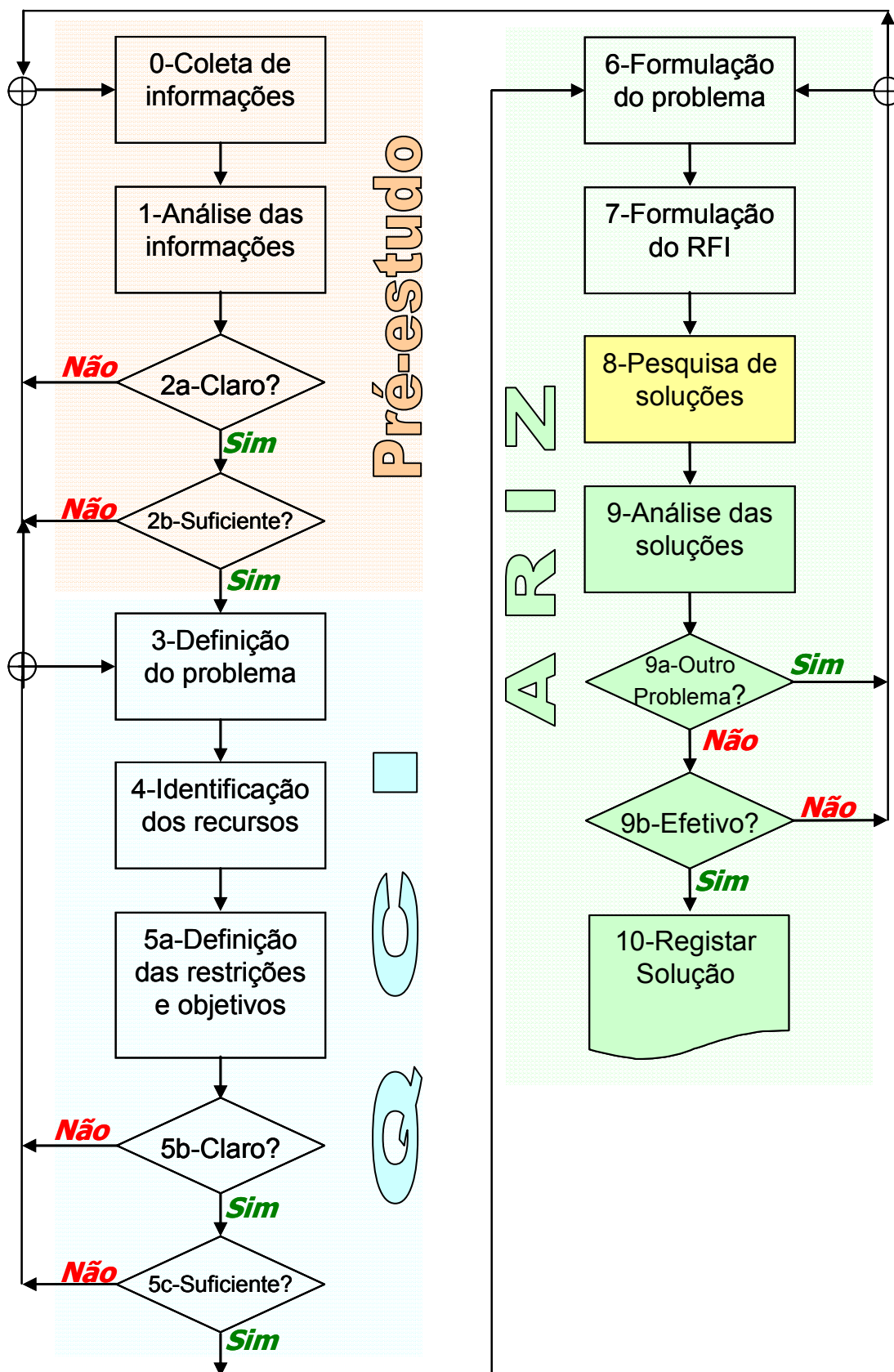


Figura 22 – Fluxograma do modelo de solução de problemas proposto.

#### 4.4 – Ferramenta de Pesquisa na MC

Uma vez formulada a contradição técnica, deve-se pesquisar na MC os PI que a resolvem.

Esta matriz tem 41 linhas e 41 colunas e, na forma impressa ocupa um papel na forma quadrada de 50 centímetros de lado. Neste tamanho os números ficam pequenos e a leitura é difícil.

A possibilidade de errar na leitura também é grande.

Sentiu-se estas dificuldades durante o desenvolvimento dos casos que serão apresentados no capítulo 5.

Para facilitar a pesquisa na MC e evitar erros de leitura foi desenvolvida uma ferramenta que será apresentada a seguir.

A matriz de Altshuller foi obtida no endereço da internet <<http://www.triz-journal.com/archives/1997/07/matrix.xls>>. Ela é apresentada em planilha Excel.

Os PE foram traduzidos para o português e os PI foram formatados para aparecerem com dois dígitos.

Criou-se, então, uma planilha denominada “Contradição”, que é utilizada para formular a CT. Nela aparecem listados os PE e, ao posicionar o apontador sobre um PE é possível verificar uma descrição sucinta deste parâmetro.

Na linha “Característica Positiva” escreve-se o número do PE que se quer melhorar e, na linha “Característica Negativa” escreve-se o número do PE que se opõe ao anterior.

Ao se pressionar a tecla “enter” aparecerá na frente do número do PE seu nome, como mostra a Figura 43 na página 124.

Então aciona-se a lupa, que está no pé da tela e, esta ação leva automaticamente para a planilha “Pesquisa”, que traz o resultado da pesquisa na MC.

Nesta planilha são apresentados os PI que solucionam a CT formulada.

Nela aparecem duas linhas com hiperlinks para a descrição dos PI, e no pé da tela uma figura com duas setas entrelaçadas, que ao ser acionada, transporta para a tela da planilha de formulação da contradição.

Nas planilhas que apresentam os PI, que são acessadas pelos hiperlinks da planilha “Pesquisa”, é apresentada uma descrição do princípio inventivo e exemplos de aplicação que têm como base o Anexo E, fundamentado em trabalho de Tate e



Domb (1997).

Estas planilhas foram desenvolvidas para permitir o acréscimo de novos exemplos, servindo como banco de dados para referências futuras.

Nelas também podem ser acionados os hiperlinks para a planilha de formulação da contradição, figura com setas entrelaçadas e, para a planilha do resultado da pesquisa, figura da lupa.

A Figura 44, na página 126, apresenta um exemplo desta planilha.

Com esta ferramenta a pesquisa dos PI que solucionam a CT formulada ficou rápida e à prova de erros.

Também a consulta aos PI ficou facilitada.

## **5. ESTUDO DE CASOS**

Serão apresentados três casos.

O primeiro caso estuda a interferência visualizada pelo sistema de simulação virtual entre a "empunhadura" da alavanca do câmbio automático e a alavanca do freio de estacionamento de um veículo automotor. O objetivo é eliminar a interferência sem aumentar o custo do produto e sem desenvolver uma nova peça.

O segundo caso estuda o rompimento de um cabo de alimentação ou cabo de informação no processo de teste ou programação de módulos eletrônicos embarcados durante a produção de um veículo automotor. O objetivo é evitar os danos causados pelo rompimento destes cabos.

O terceiro caso estuda alternativas para diminuir o impacto do aumento da produção em uma linha de montagem de veículos. Este problema é mais complexo. Foram identificadas várias interdependências entre os subsistemas e os problemas identificados foram analisados separadamente. Ao final, uniram-se as soluções encontradas para cada um dos problemas estudados, formando um conceito único para a solução.

Na exposição dos casos que se seguem serão identificadas cada uma das onze fases propostas para a solução de problema como mostrado na Figura 22. Elas estarão identificadas por números brancos dentro de círculos pretos.

## 5.1 - O Primeiro Caso

Para aumentar as opções de um determinado modelo de veículo que é fornecido com câmbio manual, decidiu-se oferecê-lo com câmbio automático. No processo de simulação virtual observou-se que a zona de manuseio da alavanca do câmbio automático se sobrepunha à zona de manuseio da alavanca do freio de estacionamento, mostrando em primeira análise que o novo opcional era incompatível com o modelo de veículo.

Na fase ❶ recebeu-se o problema do engenheiro de processo, que mostrou sua visão do fato. Em seguida procurou-se o engenheiro de produto que passou informações da análise virtual da montagem e os objetivos do projeto. Foi visitada a área de montagem do câmbio manual na linha de produção, onde conversou-se com o operador e com o engenheiro de produção para conhecer-se o processo de montagem.

Com as informações colhidas verificou-se que era possível prosseguir para o processo de solução propriamente dito. Estas foram as fase ❶ e ❷ onde investigou-se o problema e decidiu-se que as informações obtidas eram suficientes para continuar adiante, não necessitando-se de esclarecimentos adicionais.

Estas fases são informais, não existindo o registro da sua execução.

A fase ❸ corresponde ao preenchimento da primeira parte do QCI, como será visto a seguir. É na verdade a formalização das fases anteriores.

Nela nomeia-se o sistema, identifica-se a função primária de cada sistema, descreve-se o funcionamento e o inter-relacionamento dos sistemas e o meio-ambiente em que os sistemas existem.

Observando a Figura 23 que mostra as zonas de manuseio das alavancas percebe-se que a zona de manuseio da alavanca de freio de estacionamento não encontra a alavanca de câmbio e que a zona de manuseio da alavanca de câmbio tangencia a alavanca de freio de estacionamento.

Poder-se-ia dizer que como não existe interferência entre as zonas de manuseio e as alavancas, não existe o problema de interferência, ainda assim decidiu-se por continuar a estudar o problema de forma a aumentar o afastamento destas áreas.

A primeira parte do QCI pode ser vista abaixo:

## **1. Informações sobre o sistema que se deseja criar/melhorar e seu ambiente**

### **1.1 Nome do Sistema**

Sistema de Freio de Estacionamento e Alavanca de Câmbio.

### **1.2 Função primária do sistema**

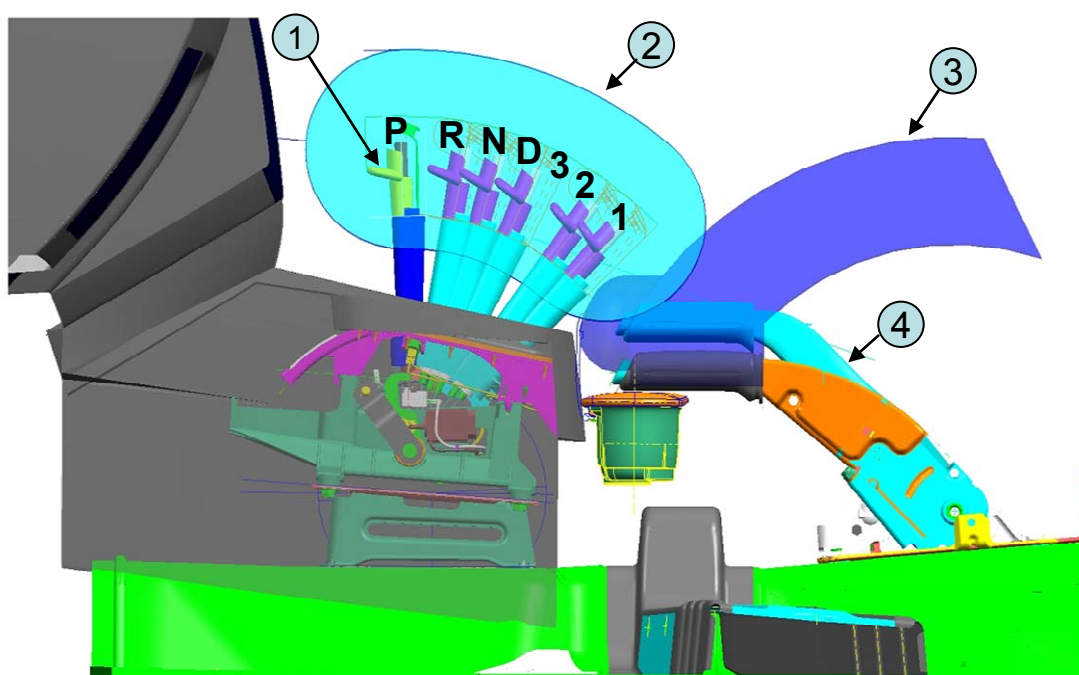
A função primária de cada sistema é: Travar Veículo e Trocar Marchas.

A função primária das alavancas é: Proporcionar atuação.

### **1.3 Estrutura atual/desejada do sistema**

A Alavanca de Câmbio serve para selecionar a direção de movimento do veículo e a relação de transferência Motor/Roda.

O Freio de Estacionamento tem a função de evitar o movimento do veículo quando ele estiver estacionado ou parado, isto é travar o veículo.



**Figura 23 – Sistema de Freio de Estacionamento e Alavanca de Câmbio.**

### 1.4 Funcionamento do sistema

A descrição que se segue tem como base o esquema da Figura 23. Com o veículo estacionado, a alavanca de câmbio (1) deve estar na posição P. É nesta posição que é dada a partida no motor. Então, com a mão direita, solta-se o freio de estacionamento (4) e, também com a mão direita, movimenta-se a alavanca de câmbio para as posições R, D, 3, 2 ou 1 como desejado para movimentar o veículo. A posição N é usada quando frear o veículo, mantendo o motor ligado, como num congestionamento. Ao descer uma serra íngreme coloca-se a alavanca de câmbio na posição 1 para fazer uso do freio motor, e, em caso de congestionamento pode-se acionar o freio de estacionamento. A posição R permite o movimento do veículo na direção à ré.

O freio de estacionamento se opõe ao movimento do veículo e é acionado movimentando-se a alavanca para cima e desacionado no sentido inverso.

É importante observar que a mão direita do motorista é que aciona as alavancas, portanto o acionamento acontece em tempos diferentes.

### 1.5 Ambiente em que está o sistema

A Alavanca de Câmbio e do Freio de Estacionamento interagem entre si, com o condutor e com o veículo. Elas são subsistemas do sistema veículo automotor.

Na fase ④ é feita a identificação dos recursos disponíveis no sistema. Ela corresponde ao item 2 do QCI que está relatado abaixo.

## 2. Recursos Disponíveis

**Substâncias:** Alavanca de Câmbio, Alavanca do Freio de Estacionamento, assoalho do veículo, liames, condutor, console, montador, suporte da alavanca de câmbio, peças que compõem os sistemas.

**Campos:** Acionamento pelo condutor, interferências mecânicas.

**Espaço:** O espaço ocupado pela mão ao acionar uma alavanca estará disponível ao acionar outra.

**Tempo:** A mão direita do condutor é que aciona as duas alavancas. O tempo utilizado para acionar uma é diferente do tempo utilizado no acionamento da outra.

**Informações:** Processo de montagem.

**Funcionais:** Restrições de Operação das alavancas.

A fase 5 é mais longa. Numa primeira parte, no item 3 do QCI, relata-se o que deseja-se do sistema melhorado; no item 4 identifica-se o que pode ser alterado e o que não é possível ser alterado; no item 5 formula-se a primeira visão de RFI; em seguida, no item 6, anota-se os critérios para a seleção dos conceitos gerados; e finalmente no item 7 faz-se a análise sob os pontos de vista funcional e econômico.

No item 7, construir um modelo funcional do sistema, optou-se por primeiro analisar os recursos do ponto de vista econômico, item 7.2, para em seguida realizar a análise funcional só daquilo que for relevante para a solução do problema.

O relatório da fase 5 está abaixo:

### 3. Informações sobre o problema.

#### 3.1 Melhoria desejada ou obstáculo a ser removido.

Eliminar interferências ao manusear as alavancas, como mostra a Figura 24.

A área ciano (2) representa a área de manuseio da alavanca de câmbio.

A área em azul escuro (3) é a de manuseio do freio de estacionamento.

A área em vermelho (5), indicada pela seta grande, é a intersecção entre estas duas, é a área de interferência que deve ser eliminada.

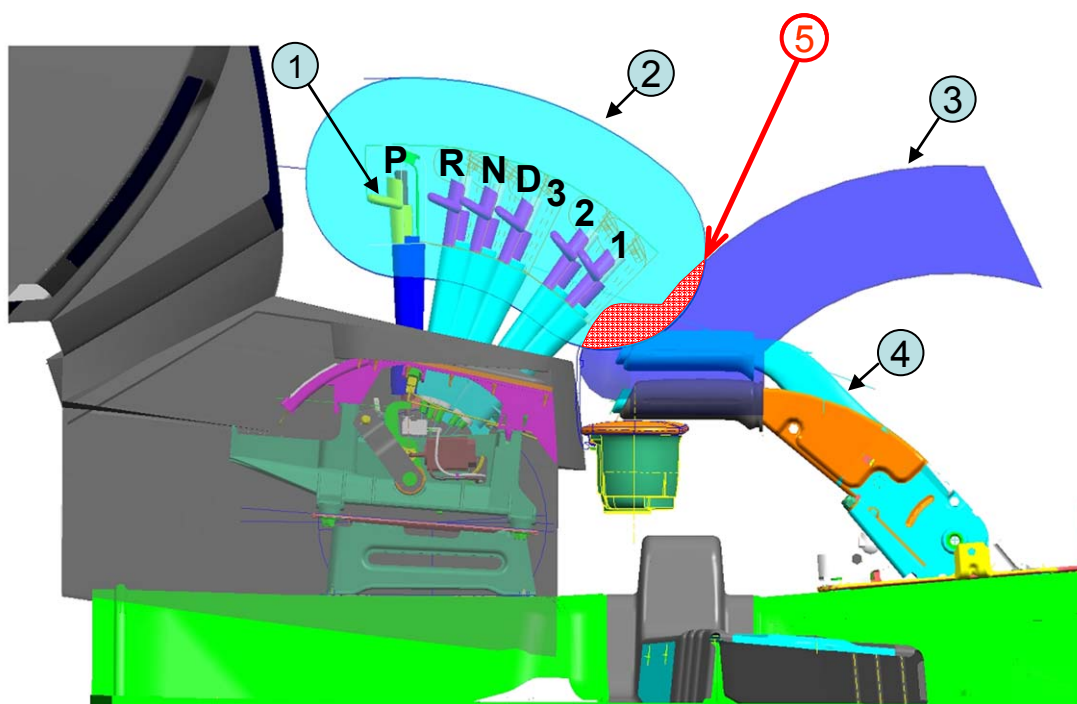


Figura 24 – Zona de interferência no manuseio das alavancas.

### **3.2 Mecanismo que causa o empecilho, se ele está claro.**

A existência da área avermelhada na Figura 24, indicada pelo número (5), mostra a interferência entre as zonas de manuseio das alavancas.

### **3.3 Conseqüências indesejadas do problema não resolvido.**

O usuário do veículo pode ferir-se ao manusear as alavancas, e isto é negativo para o usuário e para a marca.

### **3.4 Histórico do desenvolvimento do problema.**

As peças envolvidas nesta montagem são reutilizadas de outros veículos ou modelos da montadora, e deve ser assim.

Se fossem projetos novos a interferência poderia ser evitada, contudo exigiriam mais tempo e outros recursos para o desenvolvimento deste projeto.

### **3.5 Outros problemas a serem solucionados.**

Não há nada a relatar.

## **4. Alterando o Sistema**

### **4.1 Alterações permitidas ao sistema**

#### **4.1.1 É possível uma mudança radical no sistema, incluindo a criação de um novo produto e/ou tecnologia?**

Não. Esta possibilidade está completamente descartada pelos custos envolvidos com ela e o tempo necessário para um novo desenvolvimento.

#### **4.1.2 São possíveis grandes alterações dentro de limites definidos por custo, desenvolvimento, equipamento e compatibilidade com estratégias pré-definidas?**

Não. Deseja-se eliminar a zona de interferência, com nenhuma modificação nas peças ou produto e custo zero.

#### **4.1.3 São permitidas somente pequenas mudanças? As opções estão restritas pela necessidade de se manter a atual tecnologia, compromissos existentes, necessidades do cliente, etc. Seja o mais específico ao definir as restrições.**

Deseja-se eliminar a zona de interferência, com nenhuma modificação nas peças ou produto e custo zero.

**4.1.4 São permitidas somente mínimas alterações? Indique exatamente o motivo.**

Sim. São permitidas trocas de peças por outras já existentes ou alterações no processo de montagem.

**4.2 Limitação nas alterações ao Sistema**

Dentro do possível devem ser usadas as peças já existentes para evitar aumentar custos do produto final.

**5. Descreva o RFI**

Eliminação da zona de interferência de manuseio das alavancas, com processo de montagem robusto e sem custo adicional.

**6. Critério para escolha de conceitos de soluções**

Tem-se como restrição não alterar as peças do sistema, porém pode-se alterar a maneira de montá-las ou a seqüência de montagem.

**6.1 Características tecnológicas desejadas**

Mesma complexidade, ou menor. Mesmo tempo de montagem, ou menor.

**6.2 Características econômicas desejadas**

Sem aumento dos custos do produto e do processo.

**6.3 Cronograma desejado**

Implementação imediata.

**6.4 Grau de novidade esperado**

Não se aplica.

**6.5 Outros critérios**

Não se aplica.

**7. Construir modelo funcional do sistema.**

**7.2 Análise dos recursos do ponto de vista econômico.**

Do ponto de vista econômico não é permitido modificar nenhuma substância. O modo de acionamento pelo condutor deverá continuar o mesmo e a interferência mecânica é que deve ser eliminada.

O recurso de espaço já foi eliminado como possível solução em considerações anteriores, da mesma forma como o tempo.

O único recurso economicamente viável de ser utilizado mostra-se ser o processo de montagem.



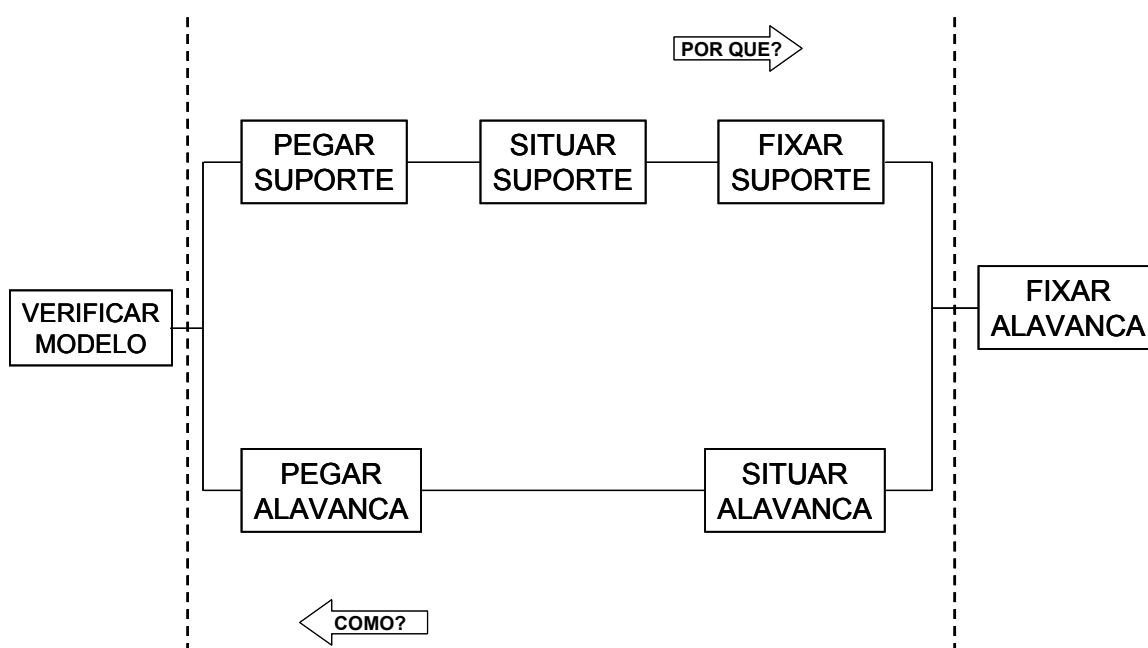
### 7.1 Análise funcional

O processo de montagem tem por função principal *montar peças* de forma ordenada e lógica, dividindo as tarefas entre os vários montadores.

Função principal: dispor peças

Funções secundárias: pegar peças, situar peças, fixar peças, decidir posição, verificar modelo.

Para o processo de montagem da alavanca de câmbio, pode-se fazer o diagrama FAST, conforme Mattos e Massarani (2004), como mostrado na Figura 25.



**Figura 25 – Diagrama FAST para o processo de montagem da alavanca de Câmbio.**

Antes de prosseguir para a próxima fase do processo de solução do problema, necessita-se definir se as informações que se tem sobre o problema estão claras e são suficientes. Neste caso decidiu-se que sim.

Partiu-se, então, para a fase ⑥, que é o uso do ARIZ-85C.

Poderia-se iniciar analisando o processo de montagem, como identificado nas fases anteriores. Contudo, decidiu-se verificar também com o algoritmo o problema desde o ponto inicial.

O passo 1.1 é um resumo do QCI, e então prossegue-se com a análise do

problema de forma a expressar o RFI com mais precisão e clareza, segundo as fórmulas propostas no algoritmo.

O relatório da parte 1 e 2 do ARIZ-85C para o problema com a sobreposição das áreas de manuseio das alavancas está a seguir:

### **Fase 1 – Formulação do problema**

#### ***Parte 1 – Análise do sistema***

**Passo 1.1** - Com o veículo estacionado a alavanca de câmbio (1) deve estar na posição P. É nesta posição que é dada a partida no motor. Então, com a mão direita, solta-se o freio de estacionamento (4) e, também com a mão direita, movimenta-se a alavanca de câmbio para as posições R, D, 3, 2 ou 1 como desejado para movimentar o veículo. A posição N é usada para frear o veículo, mantendo o motor ligado, como num congestionamento. Ao descer uma serra íngreme coloca-se a alavanca de câmbio na posição 1 para fazer uso do freio motor, e, em caso de congestionamento pode-se acionar o freio de estacionamento. A posição R permite o movimento do veículo na direção à ré.

O freio de estacionamento se opõe ao movimento do veículo e é acionado movimentando-se a alavanca para cima e desacionado no sentido inverso.

É importante observar que a mão direita do motorista é que aciona as alavancas, portanto o acionamento acontece em tempos diferentes.

Deseja-se evitar interferências ao manusear as alavancas, como delineado nas Figura 23 e Figura 24.

A área ciano (2) representa a área de manuseio da alavanca de câmbio.

A área em azul escuro (3) é a de manuseio do freio de estacionamento.

A área em vermelho (5), indicada pela seta grande, é a intersecção entre estas duas, é a área de interferência que deve ser eliminada.

**Passo 1.2** – Selecionar e anotar um par de elementos em conflito, o objeto e a ferramenta.

Objeto 1: Alavanca de câmbio.

Objeto 2: Alavanca de freio de estacionamento

Ferramenta: Mão do condutor

**Passo 1.3** – Descreva o mini-problema (MP).

Ao acionar a alavanca de freio de estacionamento a mão do condutor interfere com a alavanca de câmbio.

**Passo1.4** – Exprimir o conflito no sistema de maneiras opostas:

CNF1: Na tentativa de eliminar a interferência da mão do condutor com a alavanca de freio de estacionamento, diminui-se a ação do freio. Isto porque seria necessário diminuir o curso da alavanca para que ela subisse menos.

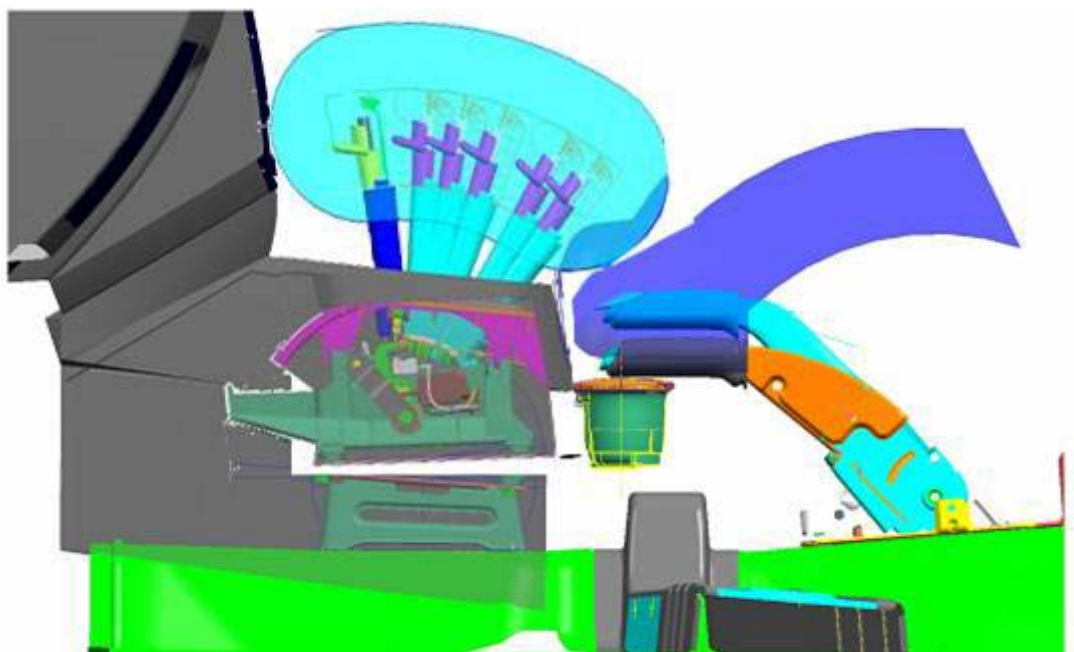
CNF2: Na tentativa de melhorar a ação do freio de estacionamento continua-se com a interferência da mão do operador com a alavanca de câmbio.

*OBS:* Poder-se-ia modificar o comprimento das alavancas, mas isto exigiria novo desenvolvimento, o que é restrição para a solução.

**Passo1.5** – Intensificar o conflito.

CNF1: Elimina-se a interferência com a eliminação da alavanca de freio de estacionamento. O freio não seria mais acionado ou seria necessário novo desenvolvimento para um acionamento alternativo, tipo botão.

CNF2: Aciona-se o freio de estacionamento e elimina-se a interferência, pois não existe mais a alavanca de câmbio naquele espaço.



**Figura 26 – Esboço do conflito intensificado.**

**Passo 1.6** – Escolheu-se CNF2, pois parece mais simples de resolver.

**Passo 1.7** – Esboce o conflito intensificado escolhido, de forma simples.

Aciona-se o freio de estacionamento e elimina-se a interferência, pois não existe mais a alavanca de câmbio naquele espaço, como indica a Figura 26.

## **Parte 2 – Análise dos Recursos**

**Passo 2.1** – Descreva a Zona de Operação (ZO):

Na Figura 24 são mostradas duas zonas em azul, uma clara (2) e outra escura (3), que representam as áreas de manuseio das alavancas. São as ZO1.

Na mesma figura, a zona em vermelho (5) é a zona de sobreposição das duas zonas de manuseio, ou ZO2 que se quer evitar.

Deve-se observar as alavancas e a mão que as aciona.

**Passo 2.2** – Descreva o Tempo de Operação (TO):

TO1 é o tempo em que a mão do condutor está acionando a alavanca de câmbio, e TO2 é o tempo em que o condutor está operando a alavanca do freio de estacionamento.

Observa-se que em TO1 a zona ciano (2) não encontra a alavanca de freio (4) e em TO2 a zona azul escuro (3) não toca na alavanca de câmbio, apesar de estarem bem próximas.

Neste ponto pode-se dizer que o problema de interferência não existe, pois a mesma mão deve operar as duas alavancas e quando ela estiver numa zona não estará na outra. É a aplicação do princípio de separação do conflito no tempo.

Contudo decidiu-se por reforçar o problema e admitir que o problema ainda exista.

**Passo 2.3** – Os recursos disponíveis, conforme o QCI, são:

**Substâncias:** Alavanca de Câmbio, Alavanca do Freio de Estacionamento, assoalho do veículo, liames, condutor, console, montador, suporte da alavanca de câmbio, peças que compõem os sistemas.

**Campos:** Acionamento pelo condutor, interferências mecânicas.

**Espaço:** O espaço ocupado pela mão ao acionar uma alavanca estará disponível ao acionar outra.

**Tempo:** A mão direita do condutor é que aciona as duas alavancas. O tempo

utilizado para acionar uma é diferente do tempo utilizado no acionamento da outra.

**Informações:** Processo de montagem.

**Funcionais:** Restrições de Operação das alavancas.

Na fase ⑦ expressa-se o RFI de acordo com fórmulas pré-estabelecidas que visam facilitar a reformulação. É o passo 3.1 do ARIZ.

Na fase ⑧, passo 3.2 até passo 6.5 do algoritmo, é onde efetivamente geram-se os conceitos que solucionam o problema.

### ***Parte 3 – Definição do RFI e formulação da CF***

***Passo 3.1*** – Formule sua visão inicial de RFI, o RFI-1, em termos de:

“O Recurso a ser definido eliminará a interferência dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto o acionamento das alavancas é realizado”.

***Passo 3.2*** – “O suporte da alavanca de câmbio eliminará a interferência dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto o acionamento das alavancas é realizado”.

***Passo 3.3*** – Formule a CF no macro-nível. Ela deve ocorrer durante o TO e dentro da ZO.

CNF1: Elimina-se a interferência com a eliminação da alavanca de freio de estacionamento. O freio não seria mais acionado ou seria necessário novo desenvolvimento para um acionamento alternativo, tipo botão ou pedal.

CNF2: Aciona-se o freio de estacionamento e elimina-se a interferência, pois a alavanca de câmbio não está mais naquele espaço.

***Passo 3.4*** – Formule a CF no nível micro.

Não há a necessidade dessa formulação.

***Passo 3.5*** – Refine o RFI. (RFI-2).

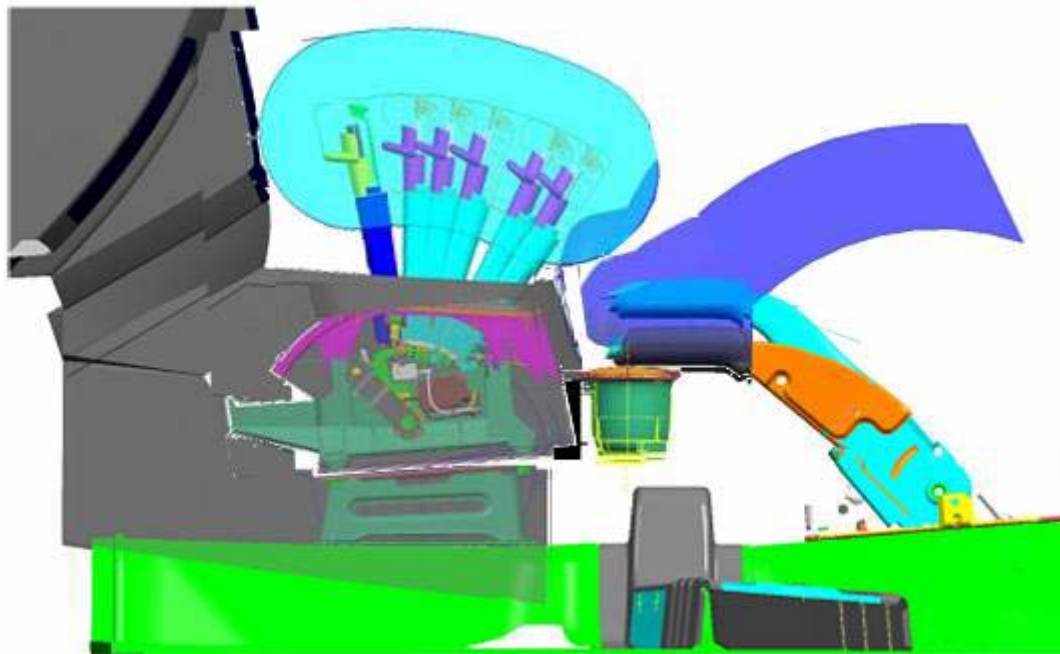
Tomando como base o nível macro.

O RFI-2 pode ser formulado como:

“Durante o TO, o suporte da alavanca de câmbio deve fornecer **por si mesmo** a eliminação da interferência e também permitir o acionamento das alavancas”.

Observando a Figura 26 nota-se que a inversão do suporte da alavanca de câmbio elimina a interferência entre as zonas de manuseio das alavancas, como

mostra a Figura 27, abaixo.



**Figura 27 – Esboço do conceito para a solução do caso 1.**

Com um conceito gerado no passo 3.5 do algoritmo pula-se para a análise da solução, que é a fase ③ do processo de solução, como documentado abaixo:

### **Fase 3 – Análise da Solução**

#### ***Parte 7 – Revisão da Solução e da Eliminação da CF***

**Passo 7.1** – Foram usados recursos existentes no sistema?

**Passo 7.2** – Avalie a solução obtida.

- A sua solução satisfaz o RFI?

Sim

- A sua solução realmente remove a CF?

Sim

- Ela pode ser implementada no mundo real?

Sim

- Surgiu algum outro problema como consequência da sua solução?

Sim. O mesmo suporte é utilizado para dois tipos de câmbio, o automático e o manual. O suporte é montado no assoalho pelo operador que deverá distinguir

quando o suporte deve ser montado de um jeito ou de outro. O operador poderá se enganar na montagem e isto causará problemas para a linha, podendo até pará-la.

É claro, neste ponto que deve-se evitar que o operador tome a decisão de como montar o suporte, logo deve-se iniciar um outro processo de solução com o ARIZ, voltando-se para a fase ⑥, pela decisão tomada na fase 9a do algoritmo, conforme fluxograma apresentado na Figura 22.

Solucionando o problema resultante com o ARIZ.

Fase ⑥:

### **Fase 1 – Formulação do novo problema**

#### ***Parte 1 – Análise do sistema***

***Passo 1.1*** – Deve-se evitar o erro do operador na montagem do suporte da alavanca de câmbio, pois o suporte é montado de um jeito para o câmbio automático e invertido para o câmbio manual.

***Passo 1.2*** – O conflito está em como montar o suporte, na posição A ou na posição oposta B? O Suporte é o objeto, o operador é a ferramenta. A decisão de como montar é o conflito a ser evitado.

***Passo 1.3*** – Descreva o mini-problema (MP).

O operador toma o suporte na mão e observa a ficha de descrição do veículo para verificar se ele receberá câmbio automático ou câmbio manual. Sabedor de qual peça o veículo receberá ele decide por montar o suporte na posição A ou B.

***Passo 1.4*** – Expressar o conflito no sistema de maneiras opostas:

CNF1: Para eliminar a tomada de decisão do operador, não se monta o suporte.

CNF2: Para montar o suporte, corre-se o risco de erro do operador.

***Passo 1.5*** – Intensificar o conflito.

CNF1: O operador não tem mais que decidir sobre a montagem.

CNF2: O operador sempre decide como montar, e erra sempre.

***Passo 1.6*** – Escolha entre CNF1 e CNF2 aquele que é melhor para a função básica do sistema a fim de tornar a solução encontrada mais próxima da idealidade.

Parece difícil uma escolha neste ponto.

CNF1 elimina a possibilidade de erro, já que o operador não tem que tomar decisão, mas como isto é possível?

CNF2 sugere instruir o operador, mas isto não eliminaria possíveis erros.

Escolhe-se CNF1 por esta idéia parecer mais complicada, ou indicar a maior contradição.

**Passo 1.7** – Esboce o conflito intensificado escolhido, de forma simples.

O operador não tem que decidir como montar o suporte, por isso sempre o monta corretamente.

### **Parte 2 - Análise dos Recursos**

**Passo 2.1** – Descreva a Zona de Operação (ZO):

A ZO é onde deverá ser executada a montagem do suporte na posição A ou B, portanto ZO1 e ZO2 são idênticas.

**Passo 2.2** – Descreva o Tempo de Operação (TO):

O TO é o instante da decisão, que não existe mais na nossa solução.

Depois do instante da decisão é um tempo de pouca importância para a solução, pois o que devia acontecer já aconteceu.

O tempo antes da decisão pode ser significativo para a solução. É neste tempo que os subconjuntos de alavancas são montados, para depois irem sobre o suporte.

**Passo 2.3** – Liste todos os recursos internos e externos ao sistema, inclusive os do meio-ambiente. Anote todas as substâncias (Su) e campos (C).

Se as peças não podem ser alteradas e o tempo anterior à montagem é que se mostra de valor, isto sugere que o problema pode ser resolvido atuando no processo de montagem, ou na seqüência de montagem.

Fase ⑦:

### **Parte 3 – Definição do RFI e formulação da CF**

**Passo 3.1** – Formule sua visão inicial de RFI, o RFI-1, em termos de:

“O Recurso eliminará a decisão do operador dentro da ZO e durante o TO sem complicar o sistema, enquanto a montagem será realizada sem erro”.

Fase ⑧:

**Passo 3.2** – Reforce, amplie ou aumente o RFI-1, formulando-o de diferentes maneiras. No lugar de Recurso use:

“O Processo de montagem eliminará a decisão do operador dentro da ZO e durante o TO sem complicar o sistema, enquanto a montagem será realizada sem



erro".

**Passo 3.3** – Formule a CF no macro-nível. Ela deve ocorrer durante o TO e dentro da ZO.

Não se aplica.

**Passo 3.4** – Formule a CF no nível micro.

Não se aplica.

**Passo 3.5** – Refine o RFI. (RFI-2).

Pode-se tomar como base o nível macro ou o nível micro da CF. O RFI-2 pode ser formulado como:

“Antes do TO, o Processo de montagem deve fornecer **por si mesmo** a eliminação da decisão do operador e também evitar a montagem errada.”

**Passo 3.6** – Não aplicada.

**Fase 2 – Eliminação da CF**

**Parte 4 – Separar a CF**

**Passo 4.1** – Está claro que o princípio a ser usado é o de separação no tempo.

O suporte deve ser montado na alavanca antes de ser montado no assoalho do veículo. Isto quer dizer que será necessário acrescentar o suporte ao conjunto alavanca de câmbio, de tal forma que cada conjunto seja montado da forma correta, e o operador tenha só que escolher qual conjunto irá no veículo, eliminando a possibilidade de erro de montagem do suporte.

Identificado o conceito que solucionará o nosso problema, segue-se para a parte 7 do ARIZ.

Fase ⑨:

**Fase 3 – Análise da Solução**

**Parte 7 – Revisão da Solução e da Eliminação da CF**

**Passo 7.1** – As substâncias e campos utilizados na solução foram listadas, anteriormente, como recursos disponíveis.

**Passo 7.2** – Avalie a solução obtida.

- A sua solução satisfaz o RFI?

Sim.

- A sua solução realmente remove a CF?

Sim.

- Ela pode ser implementada no mundo real?

Sim.

- Surgiu algum outro problema como consequência da sua solução?

Não.

### **Parte 8 – Maximização da utilização da Solução**

**Passo 8.1** – Enumere as alterações necessária no supersistema para implementar a sua solução.

O processo de montagem será simplificado porque o suporte será montado de antemão. O acesso para a montagem do suporte no assoalho do veículo não é dificultado pelas alavancas de câmbio.

**Passo 8.2** – O sistema alterado pela sua solução pode ser utilizado de uma nova maneira ou de uma maneira diferente?

Sim, a montagem prévia pode ser utilizada sempre que necessário.

**Passo 8.3** – Pode-se resolver outros problemas com a sua solução?

Sim. Este é o PI10 – Ação Prévia.

Na Fase ⑩ revisa-se tudo o que foi relatado, com olhos críticos, a fim de verificar se não houve desvios no desenvolvimento e, ao final, acrescenta-se a solução ao banco de dados.

## 5.2 - O Segundo Caso

Com o desenvolvimento da eletrônica tornou-se comum a utilização de módulos eletrônicos para desempenhar funções de controle em subsistemas de veículos automotores.

Uma mesma linha de veículos pode conter diferentes módulos que diferenciam os modelos em suas características.

Isto traz a necessidade de verificar se os módulos adequados foram montados aos veículos corretos.

Ou ainda, a diferença não é de hardware e sim do software o que faz com que a peça desenvolva esta ou aquela função, sendo portanto, indicado para evitar erros de montagem, a programação e verificação do módulo eletrônico depois dele ter sido montado no veículo, na linha de produção.

Isto exige que cabos elétricos de equipamentos que estão fixos ao longo da linha de produção sejam conectados aos veículos, que estão em movimento, puxados pelo transportador da linha.

Os cabos têm seus comprimentos dimensionados para que a operação aconteça dentro de determinado comprimento da linha. Terminada a operação o montador desconecta os cabos do veículo, contudo, em decorrência de alguma dificuldade, por vezes os cabos não são retirados do veículo dentro da distância necessária e acabam por serem tracionados rompendo-se, algumas vezes chicoteando e danificando a pintura do veículo ou ferindo o montador que está nas proximidades, além de causar perda da produção por exigir o reparo dos cabos.

Inicia-se a fase ①, coleta de informações, visitando-se algumas plantas e verificando-se os processos de programação e testes nas linhas de montagem.

Busca-se informações com operadores (as pessoas que executam os testes nos veículos nas linhas de montagem), com engenheiros de produção e de processo, para entender o que eles imaginavam que fosse um processo robusto.

Na fase ① analisou-se as informações colhidas e na fase ② decidiu-se que o material coletado era suficiente para iniciar o processo formal de solução de problema.

Na fase ③, aconteceu o preenchimento do QCI em sua primeira parte como

mostrado a seguir:

## **1. Informações sobre o sistema que se deseja criar/melhorar e seu ambiente**

### **1.1 Nome do Sistema: Sistema de Conexão Elétrica**

#### 1.2 Função primária do sistema

*Conectar veículo* a uma fonte de energia ou informação.

Durante a manufatura de um veículo automotor, muitas operações necessitam ser realizadas de forma que um cabo de energia ou de dados deva ser conectado a este, que por sua vez está atrelado a uma linha de produção em movimento, e o outro lado do cabo está conectado a um equipamento fixo ao longo da linha. O comprimento do cabo e a operação são dimensionados para que tudo ocorra dentro de um espaço determinado denominado estação. Muitas vezes acontece de algo sair diferente do planejado, o que resulta no rompimento do cabo. O que se busca é uma maneira de realizar a conexão e evitar que haja danos ao equipamento, ao veículo ou cause ferimento aos operadores.

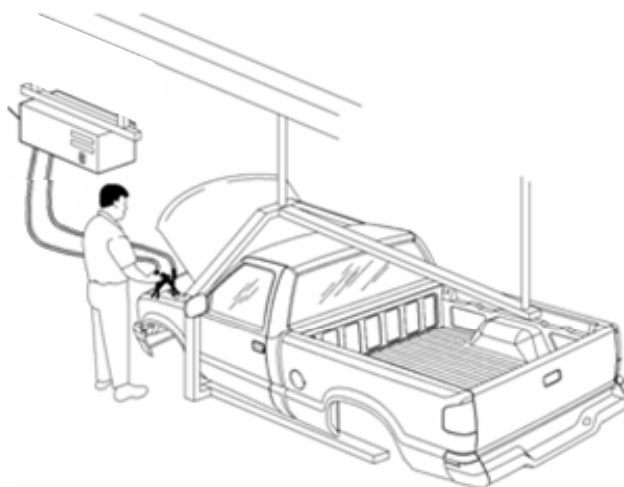
#### **1.3 Estrutura atual/desejada do sistema**

O veículo é movimentado por um transportador, aéreo ou de piso. Um teste ou programação eletrônica necessita ser executada, comandada por um equipamento que está fixado ao longo da linha de montagem. Cabos unindo o equipamento ao veículo são conectados por um operador. A operação deve acontecer dentro de determinado comprimento da linha.

A Figura 28 esboça a situação.

#### **1.4 Funcionamento do sistema**

O montador fixa os cabos ao veículo e executa operações comandadas pelo equipamento. Se o cabo for muito curto ele poderá se romper, se for muito cumprido poderá enrolar-se ao pé do operador causando acidentes ou atrasos. Ao final da operação o montador, deve desconectar os cabos. O problema acontece quando o operador deixa de desconectar o cabo. Com o movimento da linha de produção, o cabo se rompe, causando parada da produção durante a manutenção destes. O cabo pode causar danos à pintura do veículo ou ferir o montador se chicotear ao romper.



**Figura 28 – Esboço da operação de programação e testes.**

### **1.5 Ambiente em que está o sistema**

O sistema de conexão faz parte do equipamento que está na linha de montagem de veículos.

Na linha de montagem existem o transportador, o veículo sendo montado, os operadores, o equipamento de testes ou programação.

Na fase ④, identificação dos recursos disponíveis, investigou-se e relacionou-se tudo o que poderia ser utilizado para a solução deste problema, seguindo como orientação o formulário do QCI.

O relato desta fase está abaixo:

### **2. Recursos Disponíveis**

**Substâncias:** cabos, conectores, veículo, equipamento, transportador, operador.

**Campos:** força de tração no cabo.

**Espaço:** Toda a área disponível na estação de trabalho e não utilizada para a operação pode ser considerada como recurso disponível.

**Tempo:** Nada encontrado.

**Informações:** O tracionamento do cabo.

**Funcionais:** Posição relativa entre veículo e equipamento ou a posição relativa entre veículo e linha de montagem

Na fase ⑤, definição das restrições e dos objetivos, iniciou-se o item 3 do QCI relatando-se o que se deseja do sistema melhorado; no item 4 identificou-se o que é e o que não é possível ser alterado; no item 5 formulou-se a primeira visão de RFI; em seguida, no item 6, anotou-se os critérios para a seleção dos conceitos gerados; e finalmente no item 7 fez-se a análise sob os pontos de vista funcional e econômico.

Segue abaixo o relatório técnico da fase ⑤:

### **3. Informações sobre o problema.**

#### **3.1 Melhoria desejada ou obstáculo a ser removido.**

Necessita-se evitar o rompimento do cabo. Não existe limitação para a força de tração no cabo.

#### **3.2 Mecanismo que causa o empecilho, se ele está claro.**

O cabo não é desconectado, sofre tração além da suportada e rompe. Existem vários motivos para que isto ocorra, como erro na primeira tentativa de operação, demora ou esquecimento do operador. Estes problemas irão continuar acontecendo, porém o cabo não deve *ser danificado*.

#### **3.3 Conseqüências indesejadas do problema não resolvido.**

Rompimento do cabo, parada de linha de produção para a manutenção, danos à pintura do veículo, ferimentos ao operador.

#### **3.4 Histórico do desenvolvimento do problema.**

Executar os testes elétricos com o veículo já energizado (com a bateria) seria uma solução, contudo quando fossem encontrados erros, estes seriam mais difíceis de solucionar - ao menos mais trabalhosos. Programar os módulos de antemão não soluciona, pois o módulo programado pode ser montado em veículo errado. Não existe atalho ou situação de contorno para evitar o problema. É necessário resolvê-lo.

#### **3.5 Outros problemas a serem solucionados.**

A eliminação dos cabos pode ser uma solução. Usar equipamentos portáteis

que se conectam ao veículo, fornecendo energia e se comunicando com o equipamento base através de Rádio-freqüência. Surgiriam os problemas de comunicação e susceptibilidade a interferências eletromagnéticas (existem muitas máquinas de solda próximas, que geram IEM). Esta solução seria bem mais cara que a atual, com cabos se rompendo.

Pode-se usar comunicação por raio infravermelho, que pode ser interrompido em uma linha com várias pessoas se movendo e prejudicar a operação. Também seria uma solução mais cara.

Também rádio-freqüência e raio infravermelho não transferem potência. Alimentar o veículo seria outro problema a ser resolvido.

### **3.6 Existem outros sistemas com problemas semelhantes?**

Não se conhece.

## **4. Alterando o Sistema**

### **4.1 Alterações permitidas ao sistema**

**4.1.1 É possível uma mudança radical no sistema, incluindo a criação de um novo produto e/ou tecnologia?**

Sim, desde que o processo não seja onerado.

**4.1.2 São possíveis grandes alterações dentro de limites definidos por custo, desenvolvimento, equipamento e compatibilidade com estratégias pré-definidas?**

Sim, desde que o processo não seja onerado.

**4.1.3 São permitidas somente pequenas mudanças? As opções estão restritas pela necessidade de se manter a atual tecnologia, compromissos existentes, necessidades do cliente, etc. Seja o mais específico ao definir as restrições.**

Não existe limite para a extensão da alteração. O limite está no investimento necessário para realizá-la.

**4.1.4 São permitidas somente mínimas alterações? Indique exatamente o motivo.**

Não existe limite para a extensão da alteração. O limite está no investimento necessário para realizá-la.

#### **4.2 Limitação nas alterações ao Sistema**

O veículo e a rotina de programação não podem ser alterados. Tudo o mais pode ser alterado desde que não penalize os custos do processo.

#### **5. Descreva o RFI.**

O cabo deve ser rapidamente refeito quando romper.

#### **6. Critério para escolha de conceitos de soluções**

##### **6.1 Características tecnológicas desejadas**

Pouca complexidade e fácil adaptação.

##### **6.2 Características econômicas desejadas**

Custo muito próximo ou inovação que traga benefícios que se justifiquem economicamente.

##### **6.3 Cronograma desejado**

Desenvolvimento e aplicação rápida da solução.

##### **6.4 Grau de novidade esperado.**

Não se aplica.

##### **6.5 Outros critérios.**

Não se aplica.

#### **7. Construir modelo funcional do sistema.**

##### **7.1 Análise funcional**

Os cabos têm por função conectar veículo, transferir energia e transferir informação, além de proporcionar mobilidade. Estas todas são funções úteis que devem ser mantidas na solução proposta.

As funções interromper transferência, ferir operador, lesar pintura e delongar manutenção são funções indesejáveis que devem ser eliminadas.

##### **7.2 Análise dos recursos do ponto de vista econômico.**

Estudando a lista de recursos do ponto de vista econômico não é possível identificar restrições ou tendências promissoras.

Neste ponto verificou-se que tinha-se um bom entendimento do problema e diretrizes suficientes para buscar-se a solução.

Passou-se para a fase ⑥, que é a reformulação do problema através da utilização do algoritmo ARIZ 85C.



## Fase 1 – Formulação do problema

### Parte 1 – Análise do sistema

**Passo 1.1** - A função principal do sistema é conectar veículo a uma fonte de energia ou informação. Durante a manufatura de um veículo automotor muitas operações necessitam ser realizadas em que um cabo de energia ou de dados deve ser conectado ao veículo, que por sua vez está atrelado a uma linha de produção em movimento, e o outro lado do cabo está conectado a um equipamento fixo ao longo da linha. O comprimento do cabo e o tempo da operação são dimensionados para que tudo ocorra dentro de um espaço determinado denominado estação. Muitas vezes acontece de algo sair diferente do planejado o que resulta no rompimento do cabo. O que se busca é uma maneira de realizar a conexão e evitar que haja danos ao equipamento, veículo ou operadores (pessoas que realizam a operação).

### Passo 1.2 –

Objeto: é o cabo elétrico.

Ferramenta: é o veículo.

Campo: é a força que traciona e rompe o cabo.

**Passo 1.3** - O veículo traciona o cabo, rompendo-o. A Figura 29 apresenta o esquema do mini-problema.

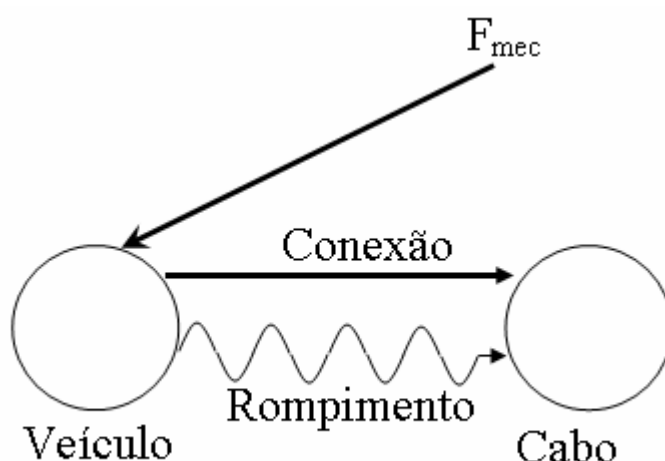


Figura 29 – Gráfico da Análise Su-C do problema.

**Passo1.4** – Expressar o conflito no sistema de maneiras opostas:

CNF1: Na tentativa de eliminar o rompimento do cabo, degrada-se a conexão, pois cabo mais resistente é mais pesado.

CNF2: Na tentativa de melhorar a conexão, aumenta-se o rompimento do cabo, pois cabos mais leves são mais fracos.

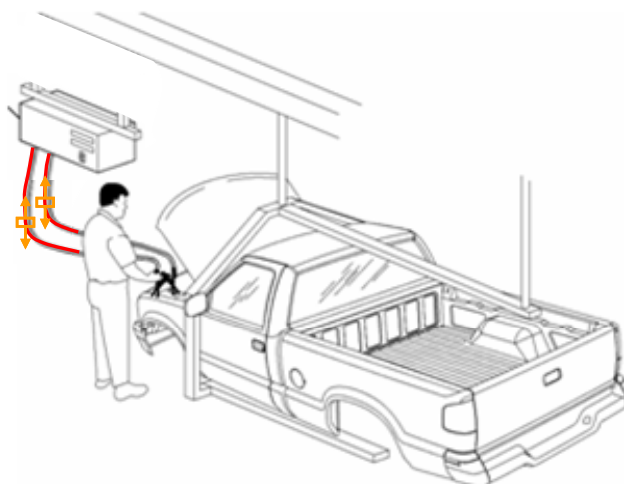
**Passo1.5** – Intensificar o conflito.

CNF1: Elimina-se o rompimento do cabo, mas não se obtém a conexão, o cabo foi eliminado, ou ficou muito comprido.

CNF2: A conexão é obtida, mas o cabo continua a se romper.

**Passo1.6** – A CNF1 mostra maior contradição entre os parâmetros, portanto é a que será escolhida

**Passo1.7** – Esboce o conflito intensificado escolhido, de forma simples.



**Figura 30** – Esboço do conflito intensificado.

## **Parte 2 - Análise dos Recursos**

**Passo 2.1** – Descreva a Zona de Operação (ZO):

ZO1: São as extremidades do cabo, onde ocorrem as conexões.

ZO2: É o meio do cabo, onde ocorre o rompimento.

A Figura 30, acima, apresenta o esboço da situação.

**Passo 2.2** – Descreva o Tempo de Operação (TO):

TO1: É o período de tempo em que o veículo passa pela estação de trabalho.

TO2: é o período de tempo após o veículo sair da estação de trabalho.

**Passo 2.3** – Liste todos os recursos internos e externos ao sistema, inclusive os do meio-ambiente. Anote todas as substâncias (Su) e campos (C).

Internos: Conectores, veículo, equipamento, transportador, força de tração no cabo, cabos.

Externos: posição relativa entre o veículo e a linha de montagem, toda a área (espaço) existente na estação é um recurso.

E seguiu-se para a fase ⑦, formulação do RFI, agora orientando-se pelas fórmulas do algoritmo.

### **Parte 3 – Definição do RFI e formulação da CF**

**Passo 3.1** – “O Recurso eliminará o rompimento do cabo dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto realiza a conexão”.

**Passo 3.2** – O próprio cabo eliminará o rompimento do cabo dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto realiza a conexão.

**Passo 3.3** – O Supersistema eliminará o rompimento do cabo dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto realiza a conexão.

**Passo 3.4** – Formule a CF no nível micro.

As partículas do cabo eliminarão o rompimento do cabo dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto realiza a conexão.

Analisando-se as afirmações acima decidiu-se por reforçar a afirmação do passo 3.1, substituindo-se recurso por cabo.

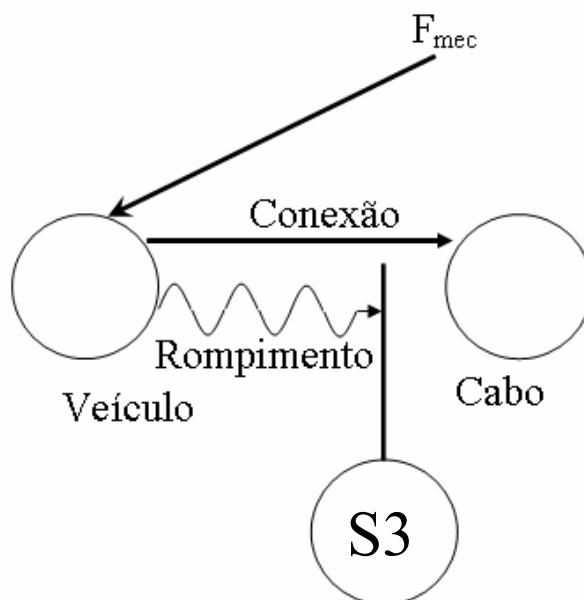
**Passo 3.5** – Refine o RFI. (RFI-2).

Durante o TO, o cabo deve eliminar **por si mesmo** o rompimento do cabo e também realizar a conexão.

Após o TO, o cabo deve eliminar **por si mesmo** o rompimento do cabo e também realizar a conexão.

**Passo 3.6** – Aplicar a Análise Su-C e as Soluções Padrões ao RFI-2.

Primeiro verificou-se o modelo do conflito no esboço da Figura 29. Sabendo-se que era desejado evitar o rompimento do cabo, foi possível esboçar o conceito de solução como mostra a Figura 31.



**Figura 31 – Aplicação da análise Su-C e 76 SP ao problema.**

Observa-se que se torna necessário a adição de um outro elemento, o S3 para evitar o rompimento do cabo e permitir que se obtenha a conexão.

Em seguida usando-se o guia de referência das 76SP, e encontrou-se na primeira categoria, o item 1.2 – Eliminar ou neutralizar efeitos indesejáveis, que orienta em sua subdivisão 1.2.1 remover o efeito indesejado, no nosso caso o rompimento, com a introdução de um terceiro elemento.

Surgiu, então, a questão: o que pode ser este terceiro elemento?

As respostas podem ser:

- Uma amarração que encurta o cabo e se solta quando tracionada.
- Uma mola que provoca o mesmo efeito.
- Um elástico, que teria o mesmo efeito da mola.

A Figura 32 mostra um esboço do conceito gerado até este ponto do processo de solução, onde o cabo seria encurtado por um elemento novo, desenhado em vermelho, que se soltaria ao ser tencionado e voltaria ao tamanho normal ao

terminar a tensão.



**Figura 32 – Esboço do conceito gerado até aqui.**

Sabendo-se da necessidade de melhor elaboração para o conceito proposto, seguiu-se para a fase ⑧, pesquisa de soluções, na tentativa de esclarecer este conceito.

O estudo inicia-se com a descrição do tempo de operação e da zona de operação, relacionadas ao conflito. Então aplica-se os princípios de separação para solucioná-lo,

## **Fase 2 – Eliminação da CF**

### ***Parte 4 – Separar a CF***

***Passo 4.1*** – Aplicar os princípios para remover CF.

**Separação no tempo.** Separa os estados físicos opostos no tempo.

O cabo conduz eletricidade durante o TO.

O cabo se rompe após o TO

**Separação no espaço.** Separa os estados físicos opostos no espaço.

O cabo conduz eletricidade dentro da ZO.

O cabo se rompe fora da ZO.

**Os dois estados físicos opostos coexistem na mesma substância?**

O cabo conduz eletricidade e é sólido-rígido durante o TO e dentro da ZO.

O cabo se rompe após o TO e fora da ZO.

***Passo 4.2*** – Conforme o Passo 3.6.

O passo seguinte é modelar o conflito com o auxílio das Pequenas Pessoas Perspicazes (PPP).

Imagina-se as PPP de mãos dadas, de forma a manterem o cabo unido durante a operação. Num caso extremo a tensão é muito forte para elas suportarem,

elas se soltam, representando o rompimento do cabo, contudo, sempre que o cabo se romper elas próprias refazem a ligação buscando umas as mãos das outras.

A Figura 33 esboça esta análise.

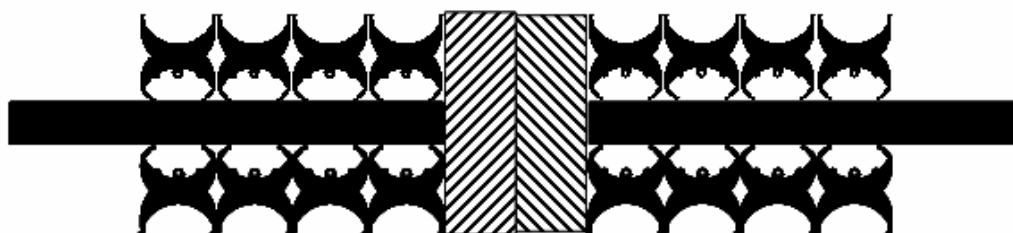
*Passo 4.3* – Aplique a técnica das Pequenas Pessoas Perspicazes (PPP).



**Figura 33** – Esboço do conflito com o auxílio das PPP.

Como conseguir que as PPP dêem as mãos novamente.

Isto sugere um conector intermediário, como mostra a Figura 34.



**Figura 34** – Conceito do conector intermediário gerado pela utilização das PPP.

*Passo 4.4* – Volte partindo do RFI-2.

Partindo do cabo já rompido, como recompor rapidamente o cabo?

Nesta análise também é sugerido o conector intermediário, visto acima, na Figura 34.

O passo seguinte é fazer uso da Base de Conhecimento. Decidiu-se partir para a aplicação dos 40 PI diretamente, pulando os itens 5.1 e 5.2 por julgar-se que seriam de pouca ajuda para a solução deste problema.

### **Parte 5 – Aplicar a Base de Conhecimento**

**Passo 5.1** – Procure por problemas semelhantes ao formulado no RFI-2 no Passo 3, e aplique as soluções ao seu problema.

**Passo 5.2** – Use o Banco de Dados de Efeitos Científicos.

**Passo 5.3** – Estude a aplicação dos 40 PI.

Analisando os 39PE verifica-se que o que se quer melhorar é a confiabilidade do cabo (PE27), e o que se opõe a isto é o comprimento do objeto em movimento (PE03), a tensão imposta ao objeto (PE11) ou o objeto afetado por fator indesejado (PE30).

A análise das três contradições foi realizada com a ferramenta de pesquisa desenvolvida durante este trabalho. O resultado desta pesquisa está na Figura 35.

Resumindo o resultado da pesquisa tem-se:

PE27 x PE03 – PI15, PI09, PI14, PI04

PE27 x PE11 – PI10, PI24, PI35, PI19

PE27 x PE30 – PI27, PI35, PI02, PI40.

Analisando os PI encontra-se como potenciais soluções:

**PI15 – Dinamização.** Divida um objeto em elementos capazes de mudar sua posição em relação aos outros.

Este PI sugeriu o uso de um conector intermediário, que se solta com segurança e pode ser facilmente re-conectado.

**PI24 – Mediador, ou intermediação.** Una um objeto temporariamente com outro que pode ser facilmente removido. Use um processo ou objeto intermediário.

Novamente pensa-se no conector intermediário.

**PI27 – Uso e descarte.** Substitua um objeto caro por um conjunto de objetos baratos, mesmo que compromissando algumas características,, como longevidade.

Pode-se pensar num pedaço final do cabo, mais frágil, que pode ser conectado (novamente o conector) e desconectado rapidamente pelo próprio

operador.

**PI04 – Assimetria.** Alterar a forma de um objeto de simétrico para assimétrico.

Uma das pontas do cabo poderia ser feita com um cabo mais fino e barato, que permitisse a substituição rápida. Novamente seria necessário um conector intermediário.

Característica Positiva:	27	<b>Confiabilidade</b>
Característica Negativa:	03	<b>Comprimento do objeto em movimento</b>
<b>15, 09, 14, 04</b>	15	<b>Dinamização</b>
	09	<b>Compensação Prévia</b>
	14	<b>Curvatura</b>
	04	<b>Assimetria</b>
Característica Positiva:	27	<b>Confiabilidade</b>
Característica Negativa:	11	<b>Tensão ou pressão</b>
<b>10, 24, 35, 19</b>	10	<b>Ação Prévia</b>
	24	<b>Intermediação</b>
	35	<b>Alterar parâmetros e Propriedades</b>
	19	<b>Ação Periódica</b>
Característica Positiva:	27	<b>Confiabilidade</b>
Característica Negativa:	30	<b>Fator indesejável que afeta o objeto</b>
<b>27, 35, 02, 40</b>	27	<b>Objetos baratos e de vida curta</b>
	35	<b>Alterar parâmetros e Propriedades</b>
	02	<b>Extração</b>
	40	<b>Materiais Compostos</b>

**Figura 35 – Resultado da pesquisa dos conflitos na MC.**

Os PI 09, 14, 10, 35, 19, 02 e 40 não estimularam a geração de idéias para a solução deste problema.



Os passos 5.4 e 5.5, Análise Su-C e uso das 76SP, já foram realizados anteriormente com boas respostas, não sendo necessário repassar por eles.

Com os conceitos gerados, segue-se para a fase ⑨, análise das soluções, que no algoritmo está contido na fase 3.

O conceito formado até o momento é o da utilização de um conector no meio do cabo de forma a separá-lo em duas partes. A parte que é conectada ao equipamento fixo continua a mesma e a parte próxima ao veículo é substituída por um cabo mais leve, que forneça boa transferência de informação e potência e seja mais barato. Na extremidade do veículo usa-se o mesmo conector atual e na conexão entre os cabos um conector que quando tracionado se solte evitando o dano ao cabo e permitindo que a conexão seja refeita prontamente pelo operador.

### **Parte 7 – Revisão da Solução e da Eliminação da CF**

**Passo 7.1** – Revise as substâncias e campos introduzidos ao sistema.

O problema foi resolvido com a adição de conectores e cabos de baixo custo.

Conectores e cabos foram listados anteriormente como recursos.

Como este acréscimo permite que a conexão seja rapidamente refeita. O conceito é de pouca complexidade e de fácil adaptação, além de exigir baixo investimento para implementação, logo julga-se a solução aplicável.

**Passo 7.2** – Avalie a solução obtida.

A sua solução satisfaz o RFI?

Sim. O RFI é: O próprio cabo eliminará o rompimento do cabo dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto realiza a conexão, e O cabo pode ser rapidamente refeito quando rompe.

A sua solução realmente remove a CF?

O cabo deve ser rígido e flexível. Sim.

Ela pode ser implementada no mundo real? Sim.

Se a solução não pode ser utilizada para resolver o problema por inteiro, ele pode solucionar parte ou ciclo do sistema? Sim.

Surgiu algum outro problema como consequência da sua solução? Não.

## **Parte 8 – Maximização da utilização da Solução**

**Passo 8.1** – Enumere as alterações necessárias no supersistema para implementar a sua solução.

Necessita-se adicionar conector intermediário e ponta de cabo menos sofisticado.

Estas alterações não são realizadas no supersistema e sim no sistema de conexão. Logo não é necessário modificar o supersistema.

Esta solução pode ser aplicada a todos os equipamentos de testes e programação que existem ao longo das linhas de montagem.

Não surgiram outros problemas.

Prossegue-se para a fase ⑩, onde todo o procedimento de solução é revisado. Ela é orientada pela parte 9 do algoritmo.

### 5.3 - O Terceiro Caso

O terceiro caso nasceu da necessidade de aumentar-se a produção de uma linha de montagem de veículos em 15%. Ela já operava havia vários anos e havia passado por várias reformulações.

A situação é a seguinte:

Existe uma linha de preparação de motores, onde aos equipamentos vindos do fornecedor de motores são acrescentadas fiação elétrica e tubulações, preparando o motor para ser montado no veículo.

Ao final da linha de preparação, o motor é transportado através da linha de transferência para uma linha intermediária, chamada de linha de casamento, e daí, junto com a suspensão traseira, segue para a linha de montagem de veículos onde são fixados à carroçaria do veículo.

A transferência é feita por talhas motorizadas que se movimentam em trilhos aéreos presos à estrutura do prédio.

Na fase ①, coletou-se informações, visitando-se a planta e conhecendo-se os procedimentos executados durante todas as operações.

Pesquisou-se informações com operadores, com engenheiros de produção e de processo para entender-se o que eles imaginavam que fosse um processo robusto.

Na fase ① analisou-se as informações colhidas e na fase ② decidiu-se se o material coletado era suficiente para iniciar o processo formal de solução deste problema.

Na fase ③, realiza-se o preenchimento do QCI em sua primeira parte como mostrado a seguir:

**1. Informação sobre o sistema que se deseja melhorar/criar e o ambiente no qual ele existe.**

**1.1 Nome do sistema:** Linha de Transferência de motores.

**1.2 Função principal do sistema:**

*Transferir Motor* da linha de preparação do motor para a linha de casamento do motor com a carroçaria. A transferência deve ser feita de forma a atender a velocidade da linha de produção.

### 1.3 Estrutura atual e/ou desejada do sistema:

Existe uma linha de preparação do motor onde a máquina vinda do fabricante recebe fiação elétrica e tubulações, ficando pronta para ser montada na carroçaria do veículo. Ao final desta linha o motor é transportado para a linha de casamento de onde ele é levado para a linha de montagem principal e é fixado na carroçaria do veículo. A linha de casamento recebe também o conjunto da suspensão traseira que é montado na carroçaria do veículo ao mesmo tempo em que o motor. A limitação do sistema está na linha de transferência. Ela é composta por um trilho onde correm três carros eletricamente motorizados. Estes carros são compostos por motor elétrico, talha e contatos. Eles estão posicionados da seguinte forma: um na subida, ao fim da linha de preparação do motor, um na descida, que alimenta a linha de casamento, e um no meio do caminho de volta entre a subida e a descida, como mostra a Figura 37. Este conceito foi desenvolvido para atender a um determinado volume de produção e deseja-se o aumento deste volume em 15%, o que demanda o aumento na velocidade da transferência, que por sua vez significa menor tempo para executar a função principal (*Transferir motor*), além de aumentar a quantidade de problemas causados pela maior taxa de utilização da linha de transferência. Estes problemas provocam paradas na transferência e conseqüente perda de produção.

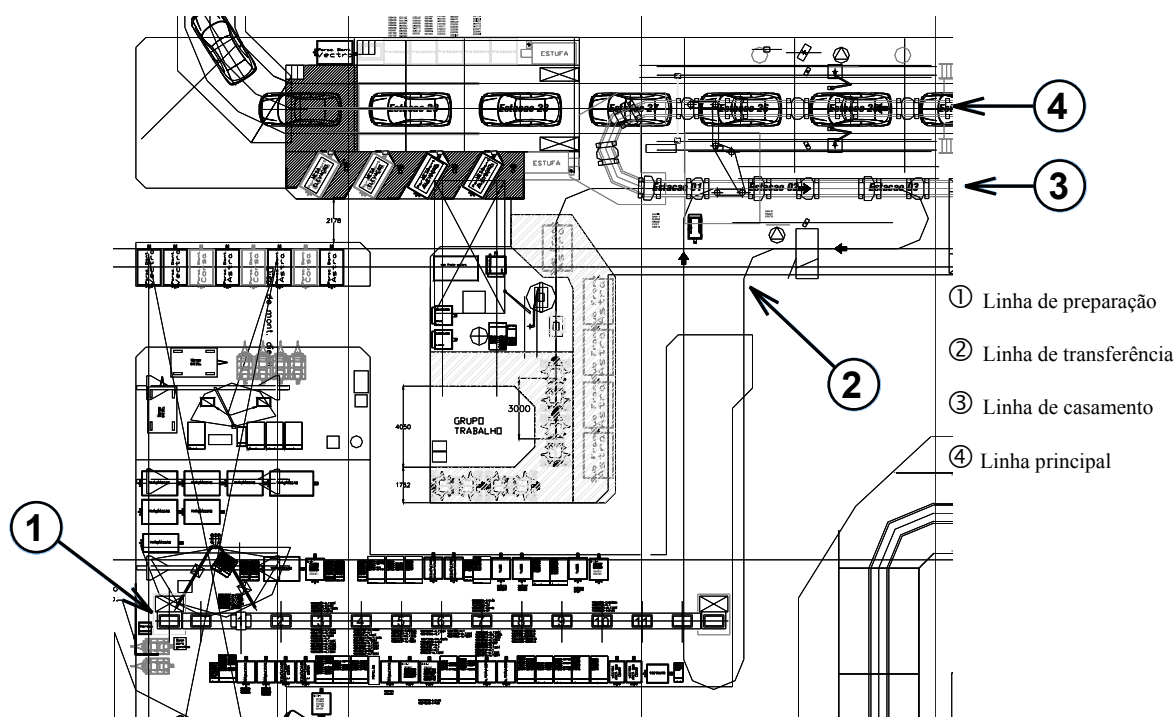
Deseja-se criar alternativas para solucionar estes problemas:

- Aumentar a velocidade da linha de transferência.
- Aumentar a confiabilidade da linha de transferência.

O leiaute da parte estudada é apresentado na Figura 36.

Nele podem ser identificadas:

- a linha de preparação de motores (1),
- a linha de transferência de motores (2),
- a linha de casamento (3), e
- a linha de montagem de veículos (4).

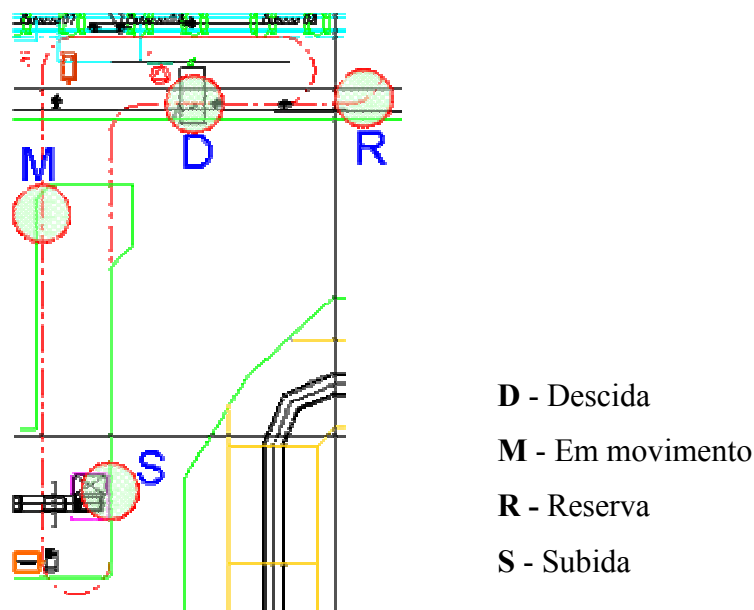


**Figura 36 – Leiaute da parte estudada.**

#### **1.4 Funcionamento do sistema:**

Os motores, vindos do fabricante, são colocados no início da linha de preparação do motor (1). Nesta linha são acrescentados aos motores cabos elétricos elétrica, tubulações, mangueiras e outros componentes. Estes motores correm pela linha de preparação em mesas movimentadas por um transportador eletricamente motorizado. Ao final da linha, uma talha com motor elétrico, ao comando de um operador, suspende o motor da mesa. A mesa, então, retorna por baixo para a posição inicial da linha de preparação. A talha é movimentada por motor elétrico em um trilho até a posição onde o motor deve descer. Este trilho é a linha de transferência de motores (2). No ponto de descida, ao comando de outro operador, o motor desce em um berço na linha de casamento (3) que o leva para o veículo no qual será montado. Através de comando do segundo operador, a talha recolhe o cabo e segue seu caminho para a posição inicial. Observe a Figura 37. Existem quatro talhas no circuito. Uma sempre está na posição de subida (S), outra sempre na posição de descida (D), uma encaminhado-se para a posição de descida (M). A quarta serve como reserva (R) para o caso de uma das outras três falhar.

A talha reserva está sempre parada.



**Figura 37 - Posição das talhas.**

### **1.5 Ambiente do sistema:**

Considerando a linha de transferência como um sistema, ela contém como subsistemas o trilho, os carros, as botoeiras de controles. Ela faz parte do supersistema linha de montagem de veículos e interage com outros sistemas, como: linha de preparação de motores, linha de casamento, linha de montagem principal, rotas de abastecimento. Os operadores determinam esta interação.

Na fase ④, identificou-se os recursos existentes, listando todos os recursos que foram reconhecidos na análise da Figura 36, como mostra o relatório abaixo:

### **2. Avaliação dos recursos existentes:**

#### **Substâncias:**

Desperdícios: Carro reserva

Elementos do sistema: Carros, sinalizadores, comandos, operadores.

#### **Campos:**

#### **Espaços:**

Espaço vazio: Piso, espaço horizontal entre as linhas.

**Tempo:**

Grade de programação da produção.

**Informação:****Funcional:**

Recurso de espaço dentro da função primária: O comprimento do trilho.

Uma vez listados os recursos identificados, passou-se para a fase ⑤: definições das restrições e objetivos onde fez-se a análise para os dois problemas, identificando-os separadamente.

**3. Informação sobre a situação do problema.****3.1 Melhoria desejada no sistema ou obstáculo a ser eliminado:**

*A. Qual é o objetivo técnico?*

*Problema 1:* Aumentar a frequência com que os motores descem para a linha de casamento.

*Problema 2:* Diminuir a susceptibilidade da linha principal a problemas que ocorram na linha de transferência e na linha de preparação de motores.

*B. Quais características do objeto claramente não podem ser modificadas no processo de solução?*

*Problema 1:* O corredor existente entre o fim da linha de preparação de motores e a entrada na linha de casamento. A posição do casamento do motor com a carroçaria.

*Problema 2:* A linha de montagem deve ser capaz de operar por até 15 minutos de parada da linha de preparação de motores e/ou da linha de transferência.

*C. Qual é o objetivo econômico da solução?*

*Problema 1:* Aumentar a confiabilidade do supersistema.

*Problema 2:* Aumentar a confiabilidade do supersistema.

*D. O que é aceito como custo, mesmo que grosseiramente?*

*Problema 1:* Transferência com processo alternativo.

*Problema 2:* Tudo o que evite perda da produção. Não se admite perder nem uma unidade.

*E. Qual a característica técnica/econômica que deve ser melhorada?*

*Problema 1:* Aumentar a frequência com que os motores descem para a linha de casamento. O investimento, se houver, deve retornar em 18 meses.

*Problema 2:* Diminuir a susceptibilidade da linha principal a problemas que ocorram na linha de transferência e na linha de preparação de motores. O investimento, se houver, deve retornar em 18 meses.

### **3.2 O mecanismo que causa o aparecimento do obstáculo (se ele estiver claro):**

*Problema 1:* Para aumentar a frequência de descida de motores para a linha de casamento, deve-se aumentar a velocidade com que o motor viaja de um ponto ao outro na linha de transferência. Existem limitações do sistema e de segurança que devem ser observadas, porém diminuindo-se a distância entre o ponto de subida e o ponto de descida, o tempo de transporte será menor. Portanto, a linha de transferência deve ser longa para unir o ponto de subida e o ponto de descida e deve ser curta para que a viagem seja rápida. Ou, a transferência deve ser rápida para atender a demanda e lenta para evitar o desgaste.

*Problema 2:* Cada motor preparado é levado diretamente para o veículo a ser montado. Isto significa que se a linha de transferência parar, a produção para. Ou, se a montagem de motores parar, a produção para. Esta dependência da linha de montagem de veículos a problemas que ocorrem nos subsistemas que a alimentam é que se está denominando de susceptibilidade.

Diminuir esta dependência é um dos objetivos.

O mecanismo que causa tal dependência é a relação direta da montagem de motores, com a produção de veículos.

### **3.3 Conseqüências indesejadas do problema não resolvido:**

*Problema 1:* Perda do volume de produção.

*Problema 2:* Perda do volume de produção.

### **3.4 Histórico do desenvolvimento do problema:**

Esta planta nasceu para uma velocidade de produção menor, que foi aumentando conforme a demanda do mercado. Se ela fosse planejada para uma produção maior, outras soluções poderiam ter sido adotadas, como linha de motores com carrinhos AGV, que levariam o motor diretamente para a posição de montagem. Hoje, para modernizar a linha de preparação de motores, faz-se necessário um



investimento muito alto, que não pode ser justificado economicamente. É necessário adaptar o que já existe para o volume de produção exigido pelo mercado, buscando alternativas que exijam baixo investimento.

### **3.5 Outros problemas a serem resolvidos:**

Para evitar paradas na linha de preparação de motores, pode-se melhorar a administração do fluxo de materiais, desenvolver processos consistentes e fáceis de realizar, manter os operadores treinados. Tudo isto já é exaustivamente executado. Problemas de desgaste dos mecanismos da linha são prevenidos com manutenções preventivas. E mesmo assim as paradas ocorrem.

### **3.6 Existem outros sistemas com problemas semelhantes?**

A planta da Toyota de Kiushu, no Japão, montou sua linha de montagem principal segmentada, de forma que entre cada segmento existe um “pulmão” com alguns veículos o que permite o funcionamento dali para frente, ou dali para trás, por algum tempo caso ocorram problemas. Este tempo é o suficiente, espera-se, para resolver a maioria dos problemas que possam acontecer num dado trecho da linha, evitando-se a perda de produção.

## **4. Mudando o sistema.**

### **4.1 Mudanças permitidas no sistema:**

**4.1.1 É possível uma mudança radical no sistema, incluindo a criação de um novo produto e/ou tecnologia?**

Não

**4.1.2 São possíveis grandes alterações dentro de limites definidos por custo, desenvolvimento, equipamento e compatibilidade com estratégias pré-definidas?**

Não

**4.1.3 São permitidas somente pequenas mudanças?**

Sim. O equipamento existente deve ser adaptado para o atual volume de produção.

**4.1.4 São permitidas somente mínimas alterações? Indique exatamente o motivo.**

Não. É possível modificar o sistema desde que isto não resulte em um investimento muito grande.

## **5. Descreva o RFI (Resultado Final Ideal)**

Um sistema que atenda aos requisitos de volume e susceptibilidade da produção.

## **6. Critério para seleção de conceitos de solução.**

### **6.1 Características tecnológicas desejadas.**

Manter as mesmas.

### **6.2 Características econômicas desejadas.**

Baixo investimento.

### **6.3 Cronograma esperado.**

Possível de ser implementada em 12 meses.

### **6.4 Grau de novidade esperado.**

Nenhum.

### **6.5 Outros critérios.**

Não se aplica.

## **7. Construir modelo funcional do sistema.**

### **7.1 Análise funcional**

As funções que devem ser mantidas pela linha de transferência são *transferir motor e atender demanda*.

Funções como *subir motor*, *descer motor*, *descer cabo*, *recolher cabo*, *retornar carro* são funções que podem ser suprimidas se as duas anteriores forem executadas de alguma outra maneira.

As funções *deteriorar sistema* e *perder produção* devem ser eliminadas ou pelo menos minimizadas.

### **7.2 Análise dos recursos do ponto de vista econômico.**

Estudando a lista de recursos do ponto de vista econômico não é possível identificar restrições ou tendências promissoras.

Como foram identificados dois problemas, decidiu-se executar as fases de ⑥ até ⑨ para o problema 1 e em seguida para o problema 2. Ao final, se analisará os conceitos gerados verificando a possibilidade de integrá-los para a formação de um conceito único para solucionar os dois problemas.

A análise do problema 1 inicia-se pela fase ⑥, formulação do problema.

## **Fase 1 – Formulação do problema 1**

### ***Parte 1 – Análise do sistema***

**Passo 1.1** - Existe uma linha de preparação de motor na qual a máquina vinda do fabricante recebe fiação elétrica e tubulações, ficando pronta para ser montada na carroçaria do veículo. Ao final desta linha, o motor é transportado para a linha de casamento de onde ele é levado para a linha de montagem principal e é fixado na carroçaria do veículo. A linha de casamento recebe também o conjunto da suspensão traseira que é montado na carroçaria do veículo ao mesmo tempo que o motor. A limitação do sistema está na linha de transferência do motor. Ela é composta por um trilho no qual correm três carros eletricamente motorizados. Estes carros estão posicionados da seguinte forma: um na subida, ao fim da linha de preparação do motor, um na descida, que alimenta a linha de casamento, e um no meio do caminho de volta entre a subida e a descida. Este conceito foi desenvolvido para atender a um determinado volume de produção e deseja-se o aumento deste volume de produção em 15%, o que implica em aumento na velocidade da transferência, o que significa menor tempo para executar a função principal (Transferir motor).

### **Passo 1.2 –**

1. A contradição apontada ao responder-se o QCI é que a linha de transferência deve ser longa para unir os dois pontos, o de subida e o de descida do motor, e deve ser curta para permitir menor tempo de transporte do motor.

Por outro lado, pode-se afirmar que:

2. a transferência deve ser rápida para atender a demanda e lenta para evitar acidentes, ou,

3. deseja-se aumentar a produtividade sem causar acidentes (fator nocivo gerado pelo objeto em movimento), ou,

4. deseja-se aumentar a velocidade de transferência sem causar acidentes.

Todas estas formas representam a contradição encontrada neste sistema.

### ***Passo 1.3*** - Descreva o mini-problema (MP).

O objetivo desta análise é aumentar a produtividade da linha de transferência de motores, logo deseja-se aumentar a quantidade de motores transportados por unidade de tempo. Sendo premissa que o comprimento da linha de

transferência continuará o mesmo, se aumenta-se a frequência de transporte dos motores, isto implica em aumentar a velocidade do transporte (mesmo espaço percorrido num menor intervalo de tempo). Não se deseja aumentar a velocidade do transporte porque isto significa aumentar a possibilidade de acidentes, que é um fator nocivo gerado pelo sistema e pode ser relacionada à confiabilidade do sistema.

Em resumo, deseja-se aumentar a produtividade da linha de transferência de motores sem aumentar a velocidade dos carros, sem diminuir a confiabilidade do sistema e sem aumentar a possibilidade de acidentes.

**Passo1.4** – Exprimir o conflito no sistema de maneiras opostas:

CNF1: Na tentativa de diminuir velocidade de transferência, diminui-se a produtividade da linha, ou, na tentativa de melhorar a confiabilidade do sistema, diminui-se a produtividade da linha, ou ainda, na tentativa de diminuir os fatores nocivos gerados pelo sistema diminui-se a produtividade da linha.

CNF2: Na tentativa de melhorar produtividade da linha, aumenta-se a velocidade de transporte, ou, na tentativa de melhorar a produtividade da linha degrada-se a confiabilidade do sistema, ou ainda, na tentativa de melhorar a produtividade da linha aumentam-se os fatores nocivos gerados pelo sistema (risco de acidentes).

**Passo1.5** – Intensificar o conflito.

CNF1: Diminuindo a velocidade de transferência para zero, não se obtém a transferência dos motores. Aumentando-se a confiabilidade para o máximo, o sistema não opera, e não há transferência dos motores. Eliminando-se os fatores nocivos gerados pelo sistema também não haverá transferência.

CNF2: Aumentando-se a produtividade, aumenta-se a velocidade de transferência, diminui-se a confiabilidade e piora-se a segurança.

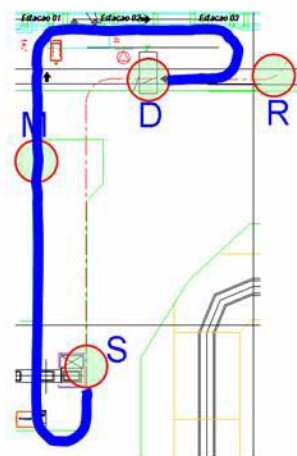
**Passo1.6** – O CNF2 é o que deve ser resolvido, pois o que se busca é aumentar a produtividade da linha de transferência de motores.

**Passo1.7** – Deseja-se aumentar a produtividade do sistema, ou o número de motores transferidos de um ponto a outro, mas sem aumentar a velocidade do objeto sendo transportado, sem degradar a confiabilidade e sem diminuir a segurança do sistema.

## **Parte 2 - Análise dos Recursos**

### **Passo 2.1** – Descreva a Zona de Operação (ZO):

O que se espera da linha de transferência é a movimentação dos motores de S para D, e ela é executada pelos carros que correm nos trilhos, conforme mostra a linha azul na Figura 38, abaixo.



- D** - Descida
- M** - Em movimento
- R** - Reserva
- S** - Subida

**Figura 38** – ZO1, onde ocorre a ação desejada.

ZO1: É o espaço no qual ocorre a transferência. Na Figura 38 está representada pela linha mais espessa, em azul.

ZO2: É o espaço no qual ocorre as ações indesejadas. Os componentes são os mesmos da ZO1.

### **Passo 2.2** – Descreva o Tempo de Operação (TO):

TO1 é o período durante o qual ocorre a transferência e TO2 é o instante em que ocorrem as ações indesejadas. TO1 e TO2 ocorrem durante a transferência, ainda que TO2 ocorra ocasionalmente, enquanto que a transferência ocorre sempre que não acontece TO2. Se TO1 é o tempo durante o qual ocorre a transferência e TO2 é o tempo em que ocorre a falha, TO2 impede TO1. Eliminando-se TO2, permite-se TO1.

**Passo 2.3** – Os recursos do sistema, inclusive os do meio-ambiente são:

#### **Substâncias:**

Desperdícios: Carro parado

Elementos do sistema: Carros, sinalizadores, comandos, operadores.

**Campos:** não foram visualizados campos que possam servir como recursos.

**Espaços:** Espaço vazio: Piso, espaço horizontal entre as linhas.

**Tempo:** Grade de programação da produção.

**Funcional:** Recurso de espaço dentro da função primária: O comprimento do trilho.

Segue-se para a fase 7, formulação do RFI, para o problema 1.

### ***Parte 3 – Definição do RFI e formulação da CF***

#### ***Passo 3.1 – Formulação de RFI-1:***

“O Recurso eliminará o aumento da velocidade dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto realiza a transferência do motor”.

“O Recurso eliminará a diminuição da confiabilidade dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto realiza a transferência do motor”.

“O Recurso eliminará os fatores nocivos gerados pelo sistema dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto realiza a transferência do motor”.

Em uma só frase:

“O Recurso eliminará o aumento da velocidade, a diminuição da confiabilidade e os fatores nocivos gerados pelo sistema dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto realiza a transferência do motor”.

***Passo 3.2*** – Reforce, amplie ou aumente o RFI-1, formulando-o de diferentes maneiras. No lugar de Recurso use:

A ferramenta

“O Carro eliminará o aumento da velocidade, a diminuição da confiabilidade e os fatores nocivos gerados pelo sistema dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto realiza a transferência do motor”.

Os objetos

“O Motor eliminará o aumento da velocidade, a diminuição da confiabilidade e os fatores nocivos gerados pelo sistema dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto realiza a transferência do motor”.

O sistema

“A Linha de Transferência eliminará o aumento da velocidade, a diminuição da confiabilidade e os fatores nocivos gerados pelo sistema dentro da ZO

durante o TO sem complicar o sistema, enquanto realiza a *transferência do motor*".

O meio-ambiente

“O *Espaço* eliminará o *aumento da velocidade*, a *diminuição da confiabilidade* e os *fatores nocivos gerados pelo sistema* dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto realiza a *transferência do motor*".

O Supersistema

“O *Sistema de Produção* eliminará o *aumento da velocidade*, a *diminuição da confiabilidade* e os *fatores nocivos gerados pelo sistema* dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto realiza a *transferência do motor*".

Na fase ③, pesquisa de soluções, fica claro a CT existente e decide-se seguir para a Parte 5, Passo 5.3 do ARIZ85-C, pulando-se os passos intermediários.

### **Parte 5 – Aplicar a Base de Conhecimento**

**Passo 5.3** – Estude a aplicação dos 40 PI.

As contradições técnicas descritas anteriormente são:

39-Produtividade x 09-Velocidade

39-Produtividade x 27-Confiabilidade

39-Produtividade x 31-Fatores nocivos gerados pelo objeto.

Consultando a MC, com o uso da ferramenta desenvolvida para este trabalho obtive-se o resultado mostrado na Figura 39. Encontrou-se os seguintes PI como indicadores de solução, apresentados na Tabela VI:

**Tabela VI – PI para solucionar o terceiro caso oriundos da MC.**

Contradição	Princípios inventivos
39 x 09	
39 x 27	01, 35, 10,38
39 x 31	35, 22, 18, 39

Observe que a contradição Produtividade x Velocidade não trouxe nenhum princípio inventivo como solução. Ao analisar-se a MC, verifica-se que esta situação acontece para várias contradições.

Característica Positiva:	<b>39</b>	<b>Produtividade</b>
Característica Negativa:	<b>09</b>	<b>Velocidade</b>
Característica Positiva:	<b>39</b>	<b>Produtividade</b>
Característica Negativa:	<b>27</b>	<b>Confiabilidade</b>
<b>01, 35, 10, 38</b>	<b>01</b>	<b>Segmentação</b>
	<b>35</b>	<b>Alterar parâmetros e Propriedades</b>
	<b>10</b>	<b>Ação Prévia</b>
	<b>38</b>	<b>Oxidantes Fortes</b>
Característica Positiva:	<b>39</b>	<b>Produtividade</b>
Característica Negativa:	<b>31</b>	<b>Fator indesejável gerado pelo objeto</b>
<b>35, 22, 18, 39</b>	<b>35</b>	<b>Alterar parâmetros e Propriedades</b>
	<b>22</b>	<b>Tirar benefício da desgraça</b>
	<b>18</b>	<b>Vibração Mecânica</b>
	<b>39</b>	<b>Atmosfera Inerte</b>

Figura 39 – Resultado da pesquisa das CT para o problema 1 do terceiro caso.



São listados sete PI dos 40 existentes, sendo que a Tabela VII mostra o número de ocorrências de cada PI.

**Tabela VII – Número de ocorrências dos PI**

<b>PI</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Descrição</b>
35	2	Transformação de Parâmetros e Propriedades
01	1	Segmentação
10	1	Ação prévia
38	1	Oxidantes fortes ou acelerar a oxidação
22	1	Tirar benefício da desgraça
18	1	Vibração Mecânica
39	1	Atmosfera Inerte

Analisando-se os PI indicados pela MC, devem-se gerar conceitos para a solução do problema estudado.

Então:

**PI35 - Transformação de Parâmetros e Propriedades**

Alterar a concentração ou densidade ou grau de flexibilidade.

Isto sugere aumentar o número de carros fazendo a transferência do motor. É uma maneira de aumentar a densidade de motores transportados na linha de transferência.

**PI01 - Segmentação**

Dividir um objeto em partes independentes, ou secciona-lo.

Entendendo como objeto o sistema de transporte, é possível aumentar o número de carros, isto estaria segmentando o sistema de transporte.

**PI10 - Ação Prévia**

Arrumar objetos de forma que eles estejam disponíveis no local e tempo corretos quando necessário.

A sugestão é trabalhar com a linha de preparação de motores avançada com relação a linha de montagem principal, ou se a linha principal está produzindo a ordem 01, a linha de motores pode estar produzindo a ordem 04. Dessa forma o carro terá maior tempo para atravessar a linha de transferência e o motor estará disponível no ponto de uso quando necessário.

Isto trás o inconveniente de haver vários motores montados esperando na linha de transferência para descer.

**PI38 - Acelerar a Oxidação**

Não aplicável.

**PI22 - Tirar benefício da desgraça**

Não aplicável.

**PI18 – Vibração Mecânica**

Não aplicável.

**PI39 – Atmosfera Inerte**

Não aplicável.

Do exposto acima, tira-se as seguintes recomendações para solucionar o problema 1:

- Aumentar o número de carros na transferência;
- Trabalhar com a linha de preparação de motores avançada no tempo em relação a linha de casamento.

Com os conceitos gerados para a solução do problema 1 segue-se para a fase ⑨, análise das soluções, que é a parte 7 do algoritmo.

Nela verifica-se que tanto os carros que transportam os motores como a grade de programação foram listados anteriormente como recursos, como é o objetivo dos conceitos gerados pelo algoritmo.

Da maneira proposta, a grade de programação e os carros que transportam os motores permitem aumentar a frequência com que os motores descem para a linha de casamento, permitem uma utilização mais branda do sistema de transferência, e por isso aumentam a confiabilidade do sistema e também permitem que o sistema trabalhe com menor velocidade dos carros, aumentando o fator segurança.

Por conseguinte, o conceito proposto satisfaz o RFI formulado, removendo ou diminuindo as contradições e, principalmente, pode ser implementado no mundo real.

Verifica-se um possível problema que deverá ser resolvido pelos técnicos que implementarão a solução:

O aumento de carros no trilho do transportador aumenta o peso que a

estrutura deve suportar.

A seguir está o relatório técnico da fase ⑨.

### ***Parte 7 – Revisão da Solução e da Eliminação da CF***

**Passo 7.1** – Nada que não houvesse sido especificado anteriormente foi utilizado. Tanto os carros como a grade de programação da produção foram relacionados como recursos na Parte 2, passo 2.3.

**Passo 7.2** – Avalie a solução obtida.

- A sua solução satisfaz o RFI?

Sim. “Os Recursos utilizados eliminam o aumento da velocidade, a diminuição da confiabilidade e os fatores nocivos gerados pelo sistema dentro da ZO, durante o TO sem complicar o sistema, enquanto realiza a transferência do motor”.

- A sua solução realmente remove a contradição?

Sim, o conceito proposto realiza a transferência de motores na frequência necessária, sem aumentar a velocidade dos carros, o que significa sem aumentar a degeneração por maior taxa de utilização, a um custo aceitável.

- Ela pode ser implementada no mundo real?

Sim. Com certeza todas as ações propostas são possíveis de serem realizadas imediatamente.

- Surgiu algum outro problema como consequência da sua solução?

Pode-se entender o aumento do número de carros como problema, pois eles aumentarão o peso nos trilhos. Será necessária a análise da estrutura para saber se isto é realmente um problema, e se pode ser resolvido facilmente.

### ***Parte 8 – Maximização da utilização da Solução***

**Passo 8.1** – O supersistema não necessita ser alterado.

**Passo 8.2** – O sistema alterado pela sua solução pode ser utilizado de uma nova maneira ou de uma maneira diferente?

Estes conceitos podem ser utilizados por linhas de produção seriada, automotivas ou não.

**Passo 8.3** – Na realidade, muitos problemas de produtividade e confiabilidade em manufatura podem ser solucionados por estes conceitos, que já são utilizados na planta da TOYOTA em Kyushu. Os conceitos gerados podem ser aplicados à linhas de produção não somente automotivas.

Neste ponto inicia-se o processo de solução para o problema 2.

Fase ⑥, formulação do problema, aplicada ao problema 2:

**Parte 1 – Análise do sistema**

**Passo 1.1** – Existe uma linha de preparação do motor na qual a máquina vinda do fabricante recebe fiação elétrica e tubulações, ficando pronta para ser montada na carroçaria do veículo. Ao final desta linha o motor é transportado para a linha de casamento onde ele é levado para a linha de montagem principal e é fixado na carroçaria do veículo. A linha de casamento recebe também o conjunto da suspensão traseira que é montado na carroçaria do veículo ao mesmo tempo em que o motor.

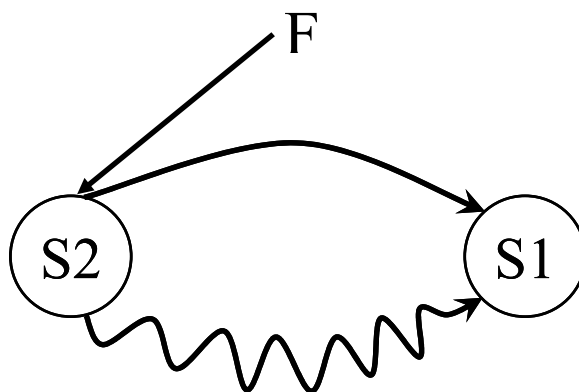
Como as linhas trabalham sincronizadas, se ocorrer um problema na linha de preparação de motores ou na linha de transferência dos motores a linha de montagem principal para, perdendo produção.

Nesta análise deseja-se diminuir esta dependência, ou suscetibilidade da linha de montagem às linhas de transferência e de preparação de motores.

**Passo 1.2** – O objeto (S1) é a linha de montagem principal que sofre ação das ferramentas (S2) que são a linha de preparação de motores ou a linha de transferência de motores, como mostra a Figura 40.

**Passo 1.3** - Descreva o mini-problema (MP).

O objetivo desta análise é diminuir a dependência da linha de montagem principal das linhas de transferência de motores e de preparação de motores. Esquemáticamente, pode-se mostrar o conflito como na Figura 40:



**Figura 40 – Esboço do conflito do problema 2 – terceiro caso.**

Neste esquema, S1 representa o objeto e S2 a ferramenta.

O objeto sofre a ação da ferramenta. A linha de produção principal depende das linhas satélites. Esta dependência se reflete na perda de tempo da linha de produção principal quando ocorrem problemas nas linhas satélites.

Os problemas que acontecem nas linhas satélites podem ser expressos como variação da integridade do sistema ou diminuição da estabilidade, que é o aumento da entropia do sistema.

**Passo1.4** – Expressar o conflito no sistema de maneiras opostas:

CNF1: Na tentativa de diminuir a entropia do sistema, aumenta-se a dependência da linha de produção com relação às linhas satélites.

CNF2: Na tentativa de diminuir a perda de tempo da linha de produção, aumenta-se a entropia do sistema (a bagunça do sistema).

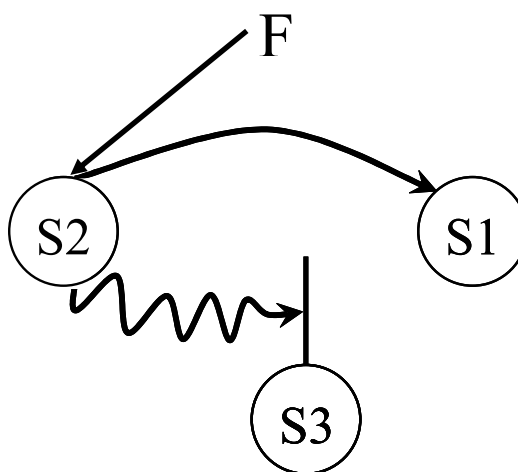
**Passo1.5** – Intensificar o conflito.

CNF1: Na tentativa de eliminar a entropia do sistema, maximiza-se a dependência da linha de produção com relação às linhas satélites.

CNF2: Na tentativa de eliminar a perda de tempo da linha de produção, aumenta-se a entropia do sistema (a bagunça do sistema).

**Passo1.6** – Como o que se busca é diminuir a perda de tempo o conflito CNF2 se mostra mais próximo da idealidade.

**Passo1.7** – O resultado esperado pode ser esquematizado como na Figura 41, abaixo:



**Figura 41 – Esboço do resultado esperado para solucionar o problema 2 do terceiro caso estudado.**

## ***Parte 2 - Análise dos Recursos***

### ***Passo 2.1*** – Descreva a Zona de Operação (ZO):

A ZO é todo o espaço que contém o sistema linha de produção.

A ZO1 é o espaço no qual acontece a ação desejada, portanto ela contém a linha de produção principal, a linha de transferência e a linha de preparação de motores.

ZO2 é o espaço no qual acontece a ação indesejada, logo ZO2 é a linha de preparação de motores, a linha de transferência e a linha de casamento.

Na realidade ZO2 está contida em ZO1.

### ***Passo 2.2*** – Descreva o Tempo de Operação (TO):

TO1 é o tempo em que ocorre a ação desejada e TO2 é o tempo em que ocorre a ação nociva. Verifica-se TO1 quando não acontece TO2. TO2 impede TO1.

***Passo 2.3*** – Os recursos existentes para solucionar este problema são os mesmos já listados para o problema 1.

#### **Substâncias:**

Desperdícios: Carro parado

Elementos do sistema: Carros, sinalizadores, comandos, operadores.

#### **Campos:**

**Espaços:** Espaço vazio: Piso, espaço horizontal entre as linhas.

**Tempo:** Grade de programação da produção.

**Funcional:** Recurso de espaço dentro da função primária: O comprimento do trilho.

No estudo do problema 2 segue-se para a fase ⑦, formulação do RFI.

## ***Parte 3 – Definição do RFI e formulação da CF***

### ***Passo 3.1*** – Formule sua visão inicial de RFI, o RFI-1, em termos de:

“O Recurso eliminará a instabilidade do sistema dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto reduz a perda de tempo”.

***Passo 3.2*** – Reforce, amplie ou aumente o RFI-1, formulando-o de diferentes maneiras. No lugar de Recurso use:

A ferramenta

“A linha de preparação de motores eliminará a instabilidade do sistema dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto reduz a perda de tempo”.

“A linha de transferência de motores eliminará a instabilidade do sistema dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto reduz a perda de tempo”.

Os objetos

“A linha de montagem principal eliminará a instabilidade do sistema dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto reduz a perda de tempo”.

O sistema

“A Linha de produção eliminará a instabilidade do sistema dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto reduz a perda de tempo”.

O meio-ambiente

“O Espaço eliminará a instabilidade do sistema dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto reduz a perda de tempo”.

Decide-se pular os **Passo 3.3**, **Passo 3.4** e **Passo 3.5** indo diretamente ao **Passo 3.6**.

**Passo 3.6** – Aplicar a Análise Su-C e as Soluções Padrões.

Os modelos representativos do problema 2 - caso 3 - estão representados nas Figuras 39 e 40.

Usando as 76SP, encontra-se na seção 1, item 1.2 – Eliminar ou neutralizar efeito nocivo ou indesejado, subitem 1.2.1 – Remover o efeito indesejado com a adição de outra substância, S3, que é um modelo semelhante ao que se criou na Figura 41.

O que pode ser S3?

- uma outra linha de transferência,
- uma segunda linha de preparação de motores,
- uma maneira alternativa de transferência, pelo piso.

Segue-se para a fase ③, pesquisa de soluções, para o problema 2.

A **Parte 4** do algoritmo não parece interessante aplicar para este problema,

por este motivo decidiu-se pular para a *Parte 5, passo 5.3*.

***Parte 5 – Aplicar a Base de Conhecimento***

***Passo 5.3*** – Estude a aplicação do 40s PI.

A contradição identificada no passo 1.2 é:

25-Perda de Tempo x 13-Estabilidade dos componentes de um sistema.

Usando a ferramenta desenvolvida para consultar a matriz de contradição, encontra-se os PI listados abaixo, como mostra a Figura 42.

Característica Positiva:	<b>25</b>	<b><i>Perda de Tempo</i></b>
Característica Negativa:	<b>13</b>	<b><i>Estabilidade da composição de um objeto</i></b>
<b>35, 03, 22, 05</b>	<b>35</b>	<b><i>Alterar parâmetros e Propriedades</i></b>
	<b>03</b>	<b><i>Qualidade Local</i></b>
	<b>22</b>	<b><i>Tirar benefício da desgraça</i></b>
	<b>05</b>	<b><i>Integração</i></b>

**Figura 42 – PI encontrados na MC no estudo do problema 2 do terceiro caso.**

PI35 - Transformação de Parâmetros e Propriedades.

PI03 – Qualidade Local.

PI22 - Tirar benefício da desgraça.

PI05 – Integração.

**PI35 - Transformação de Parâmetros e Propriedades.**

- Alterar a concentração ou densidade ou grau de flexibilidade.

Isto sugere aumentar o número de carros fazendo a transferência do motor.

É uma maneira de aumentar a densidade dos motores transportados.

- Mude o grau de flexibilidade.

Isto sugere criar rotas alternativas para a linha de transferência dos motores, como por exemplo, utilizar dois trilhos.



**PI03 - Qualidade Local.**

- Alterar a estrutura de um objeto de uniforme para não uniforme.

A idéia de rotas alternativas é sugerida por este PI, com o aumento de carros que seguem por uma ou por outra rota dependendo de uma situação.

Outro conceito sugerido é o adiantamento da preparação de motores com relação ao casamento com os veículos, dando tempo para ações corretivas quando os problemas acontecerem.

**O PI22 - Tirar benefício da desgraça.**

Parece não aplicável para a solução deste problema.

**PI05 - Integração.**

- Fazer operações próximas ou paralelas; trazê-las juntas no tempo.

Mais uma vez é sugerida a idéia de rotas alternativas em paralelo.

Do exposto acima tira-se as seguintes recomendações para solucionar este problema:

- Aumentar o número de carros na transferência;
- Criar rotas alternativas para a transferência dos motores.
- Trabalhar com a linha de preparação de motores avançada no tempo.

Compondo com as sugestões geradas pela análise Su-C tem-se:

- Aumentar o número de carros na transferência;
- Dividir a transferência dos motores em duas linhas.
- Trabalhar com a linha de preparação de motores avançada no tempo,
- Desenvolver uma maneira manual de transferência dos motores, pelo piso.

As alternativas uma outra linha de transferência e uma segunda linha de preparação de motores implicam em alto investimento, indo na direção contrária do que foi determinado no item 6 do QCI, por isso elas não foram consideradas.

Na seqüência segue-se para a fase ⑨, análise das soluções, para o problema 2. É a fase 3 do ARIZ-85C.

### ***Parte 7 – Revisão da Solução e da Eliminação da CF***

**Passo 7.1** – Nada que não houvesse sido especificado anteriormente foi utilizado. Tanto os carros como os trilhos foram relacionados como recursos na Parte 2, passo 2.3. A criação de um sistema alternativo pode parecer acréscimo, mas é a utilização do recurso de espaço listado anteriormente.

#### **Passo 7.2 – Avalie a solução obtida.**

- A sua solução satisfaz o RFI?

Sim.

“O Recurso eliminará a instabilidade do sistema dentro da ZO durante o TO sem complicar o sistema, enquanto reduz a perda de tempo”.

- A sua solução realmente remove a contradição?

Sim, não uma só, mas a união das três idéias formando um conceito forte que realmente é o que se buscava ao definir-se o RFI.

- Ela pode ser implementada no mundo real?

Sim.

Surgiu algum outro problema como consequência da sua solução?

Pode-se entender o aumento do número de carros e de trilhos como problema, pois eles aumentarão o peso na estrutura do prédio. Será necessária a análise da estrutura para saber se isto é realmente um problema, e se pode ser resolvido facilmente.

### ***Parte 8 – Maximização da utilização da Solução***

**Passo 8.1** – O supersistema não necessita ser alterado.

**Passo 8.2** – O sistema alterado pela sua solução pode ser utilizado de uma nova maneira ou de uma maneira diferente?

Estes conceitos podem ser utilizados por linhas de produção seriada, automotivas ou não.

**Passo 8.3** – Na realidade, muitos problemas de produtividade e confiabilidade em manufatura podem ser solucionados por estes conceitos, que já são utilizados na planta da TOYOTA em Kyushu. Os conceitos gerados podem ser aplicados às linhas de produção não somente automotivas.

Neste ponto é necessário unir os conceitos gerados para o problema 1 e para o problema 2.

A análise dos dois conjuntos de idéias mostra que o conjunto de soluções para o problema 1 está contido no conjunto para o problema 2.

Desta forma, a solução final para o terceiro caso está descrita nestas últimas quatro idéias:

- avançar no tempo a produção da linha de preparação de motores com relação à linha de montagem principal;
- aumentar o número de carros na transferência dos motores. Isto pode ser feito de imediato, com baixíssimo investimento.
- dividir a linha de transferência, entre a subida e a descida dos motores em duas, de forma a ter dois caminhos para a transferência. Isto já exige um investimento maior.
- desenvolver um meio manual e alternativo para efetuar o transporte dos motores de modo a diminuir o impacto de problemas na transferência. Esta alternativa também pode custar algum investimento considerável.

Deve-se agora realizar a fase ⑨, análise da solução para o problema como um todo.

Os quatro pontos apresentados fazem uso de recursos listados anteriormente.

O conjunto de soluções satisfazem o RFI projetado no início, e com eles a contradição é eliminada.

O conjunto de soluções pode ser implementado no mundo real e o problema estrutural é apenas de dimensionamento, não trazendo dificuldade para sua solução.

Segue-se para a fase ⑩, registro da solução, e acrescentar estes pontos ao banco de dados particular.

#### **5.4 - Inferências a partir dos Casos Estudados**

Sabe-se que é necessário conhecer bem um problema para solucioná-lo. Nos três casos apresentados nota-se que o QCI conduz a coleta de informações de forma a aumentar o conhecimento sobre o problema, encaminha a definição do que se espera por solução, e assim, orienta a pesquisa por soluções, identificando os pontos importantes que definem o problema e a solução.

É relevante observar que, ao responder ao QCI, deve-se buscar informações com o pessoal técnico que vive o problema, contudo, ao expressá-lo em palavras, deve-se fazê-lo de forma isenta, sem utilizar termos técnicos.

Ao preencher o QCI deve-se fazê-lo com calma, refletindo nas respostas, para que elas sejam consistentes e levem a uma boa solução. Esta orientação foi seguida nos três casos acima e mostrou-se de grande valia para o processo de solução.

Assim, pode-se concluir que o QCI é uma excelente ferramenta para colher subsídios para a solução de problemas.

Ficou evidente que o QCI é a formalização da pesquisa realizada no pré-estudo, por isso as deliberações em 2a e 2b são repetidas em 5b e 5c.

Poder-se-ia argumentar, então, que o bloco pré-estudo pode ser suprimido do fluxograma de solução de problemas (Figura 22), uma vez que de certa forma ele está contido no QCI.

Contra este argumento tem-se que é muito importante a pesquisa prévia para o entendimento e definição de objetivos quanto ao problema que deve ser solucionado e que este pré-estudo deve ser feito no campo, longe da mesa de trabalho, por isso decidiu-se mantê-lo no fluxograma. Outro ponto é que no passo 2 decide-se o prosseguimento para o QCI e, no passo 5, para o ARIZ.

O QCI é uma preparação para a aplicação do ARIZ.

O outro passo do processo de solução é seguir as orientações do ARIZ85-C.

Durante a formulação do problema percebe-se que o passo 1.1 é uma repetição do que havia sido escrito no QCI, contudo não se deve omitir simplesmente este passo, e tomá-lo como uma oportunidade para confirmar o conhecimento adquirido sobre o problema, evitando com esta revisão o mau entendimento da

situação. Pode-se pensar em integrar o QCI com o ARIZ, substituindo o passo 1.1 do algoritmo pelo questionário. Isto não será realizado neste trabalho ficando como sugestão para trabalhos futuros.

Durante a formulação do problema e do RFI foi importante ter à mão uma lista com os 39 PE. Isto facilitou a formulação das contradições nos três casos.

Como resultado desta observação, acrescentou-se na ferramenta desenvolvida para a pesquisa na MC, uma planilha com descrição de cada um dos PE, que são ativadas com o passar do apontador sobre o PE, como pode ser visto no exemplo da Figura 43, abaixo.

PE	Descrição	PE	Descrição
01	Peso do objeto em movimento.	21	Potência (poder).
02	Peso do objeto estático.	22	Perda de Energia.
03	Comprimento do objeto em movimento.	23	Perda de Substância.
04	Comprimento do objeto estático.	24	Perda de Informação.
05	Área do objeto em movimento.	25	Perda de tempo.
06	Área do Objeto estático.	26	Qualidade da substância ou matéria.
07	Volume do objeto em movimento.	27	Confiabilidade.
08	Volume do objeto estático.	28	Precisão da medida.
09	Velocidade.	29	Precisão da manufatura.
10	Força.	30	Dano externo ao objeto.
11	Tensão ou pressão.	31	Fatores nocivos gerados pelo objeto.
12	Forma.	32	Facilidade de manufatura.
13	Estabilidade dos componentes de um objeto.	33	Facilidade de Operação: Simplicidade.
14	Resistência.	34	Facilidade de manutenção.
15	Duração da ação por um objeto em movimento.	35	Adaptabilidade ou versatilidade.
16	Duração da ação por um objeto estático.	36	Complexidade do dispositivo.
17	Temperatura.	37	Dificuldade de detecção e medição.
18	Intensidade de iluminação.	38	Amplitude da automação.
19	Uso da energia por objeto em movimento.	39	Produtividade.
20	Uso da energia por objeto estático.		
Característica Positiva:			
Característica Negativa:			

Completa ou parcial, permanente ou temporária, perda de dados ou acesso a dados em ou por um sistema. Frequentemente inclui dados sensíveis como aroma, textura, etc.

**Figura 43 – Tela de formulação da contradição para pesquisa na MC.**

Como sugerido no capítulo 2, a solução de problemas não ocorre de forma linear. O primeiro caso iniciou com o estudo de um problema de interferência que foi transformado em um problema de processo de montagem. No terceiro caso o problema inicial foi dividido em dois, que foram estudados separadamente, e na seqüência uniu-se as soluções para formar um único conceito.

Observou-se que o algoritmo deve ser seguido com cautela. Ele não é uma regra rígida. Deve-se acompanhá-lo pelas três fases, porém na segunda fase há vários caminhos a seguir para a elaboração de conceitos.

Nos três casos, a seqüência do algoritmo não foi seguida rigidamente, havendo-se omitido alguns passos.

No primeiro caso foram formuladas CF solucionadas com os princípios da separação. No segundo caso utilizou-se da análise Su-C, modelagem PPP e da MC, o mesmo acontecendo no terceiro caso.

Notou-se que a experiência profissional e a capacidade de abstração são muito importantes na análise do problema e elaboração de conceitos para a solução.

Os três casos apresentados foram desenvolvidos por uma única pessoa e os conceitos gerados são parte do conhecimento desta pessoa. Muitos do PI sugeridos não levaram a conceitos para a solução dos casos porque não estimularam sua imaginação.

Sugere-se que a geração de conceitos deva ser realizada por um grupo técnico heterogêneo, num processo como o de *brainstorming*.

Este processo de *brainstorming*, partindo dos PI ou das SP indicadas para o problema, seria potencializado, pois estaria orientado pela idealidade e não seriam gerados conceitos que desviassem deste caminho.

Outra observação importante é que os conceitos gerados foram empregados na solução dos problemas propostos. Isto é indício de que a Metodologia TRIZ tem valor e deve ser considerada como ferramenta para a solução de problemas.

Nos três casos houve dificuldade na aplicação do algoritmo. Esta dificuldade foi diminuindo com o andamento dos casos, o que insinua que a experiência com a metodologia é determinante na concepção de conceitos.

Especificamente, o terceiro caso mostrou que um problema pode ser dividido em alguns mini-problemas que devem ser analisados separadamente. Ao final, devem-se unir os conceitos gerados para cada mini-problema e testá-los contra as regras de avaliação definidas para chegar-se à solução final do problema.

O segundo e o terceiro casos mostraram que as várias ferramentas levam a conceitos semelhantes para a solução do problema. Conclui-se que existe consistência na teoria desenvolvida por Altshuller, e que existe equivalência entre elas. A geração de conceitos independe da ferramenta utilizada. Ainda, o uso desta ou daquela ferramenta só depende da abordagem adotada para solucionar o problema.

Outra observação importante é a realização da fase ⑩, registro da solução, proposta no fluxograma da Figura 22 e parte integrante do algoritmo ARIZ-85C.

Uma vez encontrada a solução do problema, não basta implementá-la.

Um conhecimento foi adquirido pelo solucionador e este conhecimento deve ser transferido para seus pares.

A melhor maneira de transferir e perenizar este conhecimento é registrá-lo de forma clara para que outras pessoas possam entendê-lo ou o próprio solucionador possa referenciar-se a ele no futuro.



A criação deste banco de dados está em linha com a idéia de criar-se uma cultura própria da empresa, e já que soluções são repetidas em grandes intervalos de tempo, nada melhor do que o registro destas soluções para uso futuro.

Com este intuito foram criadas, na ferramenta desenvolvida para a pesquisa na MC, planilhas com a descrição de cada PI e com exemplos de aplicação, onde podem ser acrescentados novos exemplos.

Quando esta ferramenta for utilizada por um único indivíduo, a inclusão é simples. Porém, quando a ferramenta for de uso comum, sugere-se que a adição seja feita após a análise de um grupo e que apenas algumas pessoas possam adicionar os exemplos de aplicação ao banco de dados.

Esta é uma forma de preservar o banco de dados e evitar erros de análise na aplicação dos PI.

Um exemplo do banco de dados de registro de aplicação do PI pode ser visto na Figura 44.

PI10		10. Ação Prévia:	
		A	B
1	10. Ação Prévia:		
2	Realizar, antes que seja necessário, a alteração necessária em um objeto (total ou parcialmente).		
3	o Papel de parede já adesivado;		
4	o Papel de recados já adesivado (post-it);		
5	o Esterilizar todo o instrumental necessário para o atendimento dentário, em sacos selados, antes do paciente entrar no consultório.		
6	Pré-arrumar objetos de forma que eles estejam disponíveis no local e tempo corretos quando necessário.		
7	o Sequenciamento de peças em uma linha de montagem automotiva;		
8	o Operação Kanban em fábricas que operam no Just-in-time;		
9	o Células flexíveis de manufatura		
10	o Montagem prévia de conjuntos ao invés de montar peças na linha de montagem.		
11			

**Figura 44 – Exemplo da planilha de registro de aplicação para PI.**

Uma dificuldade na utilização da TRIZ é o poder de abstração.

Traduzir o problema em contradição, formular esta contradição com o uso

de PE e através da solução genérica apontada (PI ou SP) transformá-la na solução específica do problema analisado não é ação simples nem fácil.

Este é um dos pontos contra a sua aplicação. É necessário muita dedicação e muito tempo para tornar-se um especialista na TRIZ.

Como ponto a favor, espera-se que este tempo e dedicação resulte em soluções inovadoras e cada vez mais rápidas para atender às necessidades de uma empresa.

Para suportar esta afirmação, têm-se os três casos apresentados neste trabalho, nos quais os conceitos gerados solucionam as contradições formuladas e observou-se o progresso da agilidade na aplicação das ferramentas conforme os casos evoluíam.



## 6. TREINAMENTO

*Desistir não é uma opção, e desistir antes de tentar está completamente fora de questão.*

*Michael Schumacher*

Um dos objetivos deste trabalho é propor uma maneira de divulgar a TRIZ dentro de uma empresa.

A riqueza desta teoria, as possibilidades de analisar um mesmo problema utilizando várias ferramentas e então unir as soluções para formar um conceito final mais robusto assusta aquele que está iniciando seu aprendizado.

Ainda, num mundo onde a lerdeza é desprezada, e resposta rápida é requisito primordial, esperar uma década para formar um especialista em uma metodologia é uma situação não desejada..

O aprendizado desta metodologia é difícil, exigindo dedicação do treinando.

Os resultados podem ser demorados se o aprendizado for mal conduzido.

A meta é desenvolver um time com capacidade de solucionar problemas dentro da companhia e continuar o treinamento e aperfeiçoamento do grupo conforme as necessidades forem surgindo.

Este treinamento deve ter como foco a aplicação da metodologia em casos como:

- Planejamento estratégico de tecnologia,
- Desenvolvimento de produto,
- Superar barreiras criadas por patentes,
- Criar barreiras através de patentes,
- Melhoria na qualidade dos produtos,
- Melhoria na confiabilidade dos produtos,
- Redução do custo de manufatura,
- Redução do custo de garantia, e
- Aprimoramento dos processos produtivos.

Identifica-se quatro fases no treinamento da TRIZ.

A primeira é a do descobrimento, que é concluída quando são apresentados aos treinandos os princípios básicos da metodologia e é ensinada a maneira de utilizá-los.

A segunda é a fase em que se procura aplicar os conhecimentos adquiridos, mas necessita-se de orientação e supervisão na aplicação da metodologia.

A terceira é a fase em que já se adquiriu o domínio da metodologia e foi desenvolvida a habilidade de aplicá-la com desenvoltura e fluência pelo conhecimento profundo e extenso da teoria e também desenvolveu-se a capacidade para propagar o conhecimento adquirido.

Na quarta fase desenvolve-se a capacidade e habilidade para aprimorar a metodologia, suas ferramentas e as formas de ensino.

Estudos feitos pelo psicólogo William Glasser, apud Silva (2005), indicam que as pessoas aprendem e absorvem conhecimentos pelos seguintes meios:

- 10% do que lêem,
- 20% do que escutam,
- 30% do que vêem,
- 50% do que vêem e escutam,
- 70% do que compartilham com outros,
- 80% do que usam na prática, e
- 95% do que ensinam.

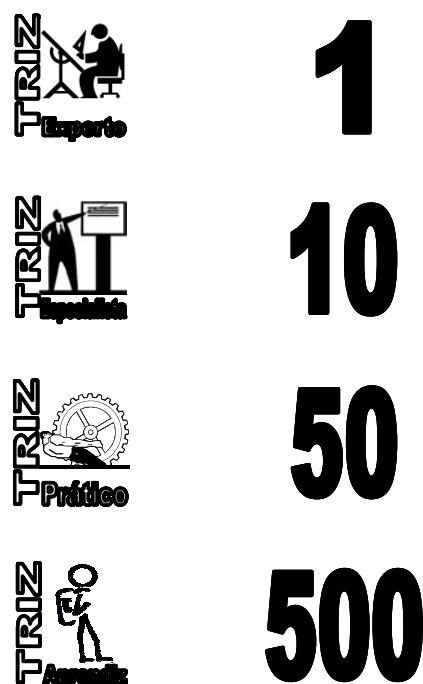
O treinamento, portanto, deve possibilitar ao treinando não apenas ler, ver e escutar, mas também interagir com outras pessoas além de aplicar os conceitos aprendidos em sua realidade, no dia a dia e culminar com a condução de treinamento para novas turmas.

Consonante com a orientação de Glasser, apud Silva (2005), com a experiência de alguns instrutores da metodologia TRIZ e, de acordo com o exposto por Dumb (2004) é que se propõe dividir o treinamento em quatro estágios e, harmônico com as fases de aprendizado identificados acima, nomeou-se cada uma delas como TRIZ-Aprendiz, TRIZ-Prático, TRIZ-Especialista e TRIZ-Experto, e sugere-se a proporção de pessoas de 1:10:50:500 para a pirâmide profissional, como mostra a Figura 45.

Também foram montados currículos, apresentados na seqüência, para

definir os objetivos de cada fase do treinamento.

A finalidade de nomear os estágios de treinamento e dos currículos propostos é facilitar a disseminação da TRIZ em uma empresa de forma a obter benefícios rápidos com a teoria, incentivando os treinandos a aperfeiçoarem-se e justificando para a diretoria da empresa os recursos investidos.



**Figura 45 – Pirâmide profissional da TRIZ dentro de uma empresa.**

Para ser promovido nesta escala é necessário demonstrar o conhecimento da teoria e realizar exercícios práticos, com casos reais do dia a dia da empresa.

A prática com casos reais tem o objetivo de estimular o treinando e buscar resultados imediatos para a empresa.

A teoria é apresentada ao grupo, em sala de aula, em períodos de 4 horas, uma vez por semana, com exercícios para serem realizados extra-classe nos intervalos entre aulas.

Ao final de cada ciclo, passa-se por um teste teórico para verificação dos conceitos absorvidos pelo grupo.

Num período determinado após o final do treinamento, um grupo de três ou quatro treinandos deve apresentar, documentado, um caso resolvido em que foi

aplicada a metodologia.

Estes grupos devem ser assistidos por Expertos e Especialistas.

Estes casos devem ser analisados e aprovados por Expertos, para então serem apresentados em um seminário aberto a quem queira participar dentro da empresa, com obrigação de participação dos treinandos.

Ao final deste seminário os treinandos recebem seu certificado.

Os seminários abertos têm o objetivo de gerar curiosidade sobre a metodologia e estimular o interesse em aprendê-la.

A formalidade da graduação dos trizniks dentro da empresa tem o objetivo de promover o interesse no crescimento do treinando.

Com o resultado da aplicação da metodologia a casos reais dentro da empresa busca-se comprovar seu valor e importância para a geração de vantagens competitivas e, conseqüentemente, dar força aos profissionais da metodologia para continuarem aplicando-a e aperfeiçoando-se.

### 6.1 - Aprendiz



Figura 46 – Ícone TRIZ-Aprendiz.

#### Características:

Os TRIZ-Aprendizes são os profissionais que darão suporte aos TRIZ práticos atuando como membros de times de trabalho em projetos e solucionando pequenos problemas.

Serão treinados, em grupos de 20 a 30 participantes, nos fundamentos da TRIZ, para juntos com os TRIZ-Práticos atacar um determinado problema com o objetivo de obter resultados tangíveis já durante o aprendizado e desenvolver a curiosidade e a vontade de conhecer mais profundamente esta metodologia.

**Objetivo:**

Através de treinamento compreensivo e prático dos métodos mais efetivos da TRIZ:

- Desenvolver as habilidades análise crítica;
- Desenvolver o entendimento das vantagens em aplicar a metodologia TRIZ;
- Identificar problemas inventivos;
- Romper seus paradigmas;
- Vencer a inércia psicológica e abrir-se para a criatividade, a inovação e o potencial de desenvolvimento de novas tecnologias através da compreensão e utilização da metodologia TRIZ;
- Desenvolver a capacidade de aplicar algumas das técnicas da TRIZ para resolver seus problemas técnicos;
- Familiarizar os treinandos com a metodologia TRIZ;
- Participar como membro de time em projetos maiores;
- Como identificar e formular problemas complexos;
- Como desenvolver conceitos inovadores como soluções de seus problemas;
- Como substituir soluções de compromisso por inovações que atendam requisitos em conflito;
- Como utilizar ao máximo os recursos disponíveis;
- Como determinar de modo objetivo a melhor direção na evolução de seus produtos ou processos;
- Como desenvolver rapidamente conceitos precisos para a próxima geração de produtos e processos.

**Duração:**

40 horas de treinamento.

24 horas para projeto.

**Turmas:**

Classes com 10 a 20 alunos.

**Certificação:**

Para receber o certificado de TRIZ-Aprendiz é necessário:

- Participar do treinamento;
- Ser aprovado em prova escrita que testa o entendimento dos princípios e métodos ensinados;
- Desenvolver e documentar um projeto utilizando a metodologia sob a supervisão de um TRIZ-Prático ou um TRIZ-Especialista.

**Programa:**

***1. Histórico e conceituação:***

- Histórico da TRIZ e o papel de Altshuller;
- O que é a TRIZ;
- O que não é a TRIZ;
- O que é problema inventivo;
- Inércia Psicológica seus malefícios e benefícios;
- O que é Analogia;
- Idealidade:
  - Conceito de idealidade;
  - Conceito de idealidade local;
  - Conceito de sistema ideal;
  - RFI;
- Evolução dos sistemas técnicos;
- Contradições;
  - Removê-las ao invés de aceitar compromissos;
- Princípio Inventivos;
- Parâmetros de engenharia;
- Recursos;
  - O que são;
  - Como encontrá-los;
  - Como modificá-los;
  - Como usá-los para resolver problemas;
- Contradição técnica e soluções;
- Contradição Física e princípios de separação;
- RFI;
- Ferramentas e teoria básicas da TRIZ:

- PE, PI, MC;
- Análise SU-C e modelamento;
- 76SP;
- Introdução à ARIZ;
- QCI.

## **2. *Uso do QCI para:***

- Documentar o estado atual do problema (inclusive: estrutura e funcionamento do sistema, o ambiente em que o sistema existe; mecanismo do problema; histórico do problema);
- Examinar as múltiplas abordagens para solucionar o problema;
- Formular a visão ideal de solução ou o RFI;
- Identificar as contradições associadas com o problema;
- Identificar os recursos associados com o sistema;
- Definir as restrições e limitações para efetuar modificações ao sistema;
- Definir os critérios para escolha de soluções.

## **3. *Formular direções para a inovação***

- Usar o formulador de problemas para criar modelos causa-efeito do problema;
- Gerar um grande número de oportunidades de mudança para o sistema;
- Buscar e selecionar direções apropriadas.

## **4. *Gerar idéias***

- Para cada direção selecionada, usando as ferramentas apresentadas.

## **5. *Desenvolver conceitos***

- Combinar idéias em conceitos;
- Aplicar as Tendências Evolutivas para aprimorar os conceitos.

## **6. *Avaliar os resultados***

- Comparar os conceitos com os critérios selecionados;
- Identificar e solucionar problemas secundários;
- Revelar e prevenir falhas potenciais que podem surgir durante a implementação.

## 6.2 - Prático



Figura 47 – Ícone TRIZ-Prático.

### Características:

Profissionais que conduzirão projetos maiores facilitarão a atuação dos TRIZ-Aprendizes e auxiliarão os TRIZ-Especialistas em projetos complexos.

### Objetivo:

- Desenvolver o entendimento de conceitos e ferramentas avançadas da TRIZ e obter a base necessária para melhorar continuamente suas habilidades com a teoria.
- Desenvolver habilidades para uso efetivo dos conceitos e ferramentas para a análise e geração de soluções no desenvolvimento de produtos e processos
- Desenvolver habilidades para analisar efetivamente casos complexos relacionados com a evolução de tecnologia, produtos e processos.
- Desenvolver as habilidades e conhecimentos necessários para solucionar problemas complexos usando TRIZ. Durante o treinamento os treinandos escolherão e resolverão um problema real de seu dia-a-dia.
- Após o treinamento, o participante deverá terminar o seu projeto e para tanto contará com a orientação de um TRIZ-Especialistas.

### Duração:

80 horas de aulas e 50 horas de projeto.



**Turmas:**

Classes com 10 a 15 alunos.

**Certificação:**

- Possuir o certificado de aprendiz;
- Participar do treinamento de prático;
- Completar com sucesso três projetos com o uso da TRIZ;
- Demonstrar proficiência através de estudo de casos e prova escrita.

**Programa:**

- Aprofundamento:
  - PE, PI, MC;
  - 76SP;
  - Efeitos Físicos, Químicos e Geométricos;
  - ARIZ;
- Aplicação dos efeitos e Banco de dados de Efeitos;
- Evolução dos Sistemas Tecnológicos;
- Desenvolver a habilidade para solucionar problemas de complexidade média com a aplicação da TRIZ e ARIZ.

### 6.3 - Especialista



**Figura 48 – Ícone TRIZ-Especialista.**

**Características:**

Profissionais que coordenam e fornecem ajuda para a solução de problemas complexos.

**Objetivo:**

- Desenvolver o conhecimento de habilidades necessárias para ensinar a metodologia e o uso das ferramentas;
- Aplicar o ARIZ com Engenharia do Valor, 6Sigma e outras metodologias;
- Trabalhar com problemas reais do dia-a-dia e suas soluções (2 projetos);
- Desenvolver um projeto, com acompanhamento de um TRIZ-Experto;

**Duração:**

80 horas de aulas em classe.

12 semanas para concluir projeto.

**Turmas:**

Classes com 5 a 10 alunos.

**Certificação:**

- Possuir o certificado de Prático;
- Participar do treinamento de Especialista;
- Concluir projeto para especialista;
- Treinar um grupo de aprendizes;
- Atuar como facilitador em pelo menos três Projetos que utilizem TRIZ.

**Programa:**

- Revisão dos conceitos e métodos da TRIZ através de workshops e estudos de casos;
- Estudo de outras ferramentas para a identificação e solução de problemas.

## 6.4 - Experto



Figura 49 – Ícone TRIZ-Experto.

### Características:

Profissionais que coordenam a disseminação da TRIZ dentro da organização e treinam os demais.

### Objetivo:

- Desenvolver a aplicação da TRIZ na companhia;
- Utilizar a TRIZ para a solução de problemas na companhia;
- Habilidade para utilizar a TRIZ e ARIZ para a solução de problemas complexos;
- Ensinar e disseminar os conceitos da metodologia e desenvolver novas ferramentas;
- Promover a integração da TRIZ com outras ferramentas de identificação e solução de problemas.

### Certificação:

- Possuir o certificado de especialista;
- Participar de dois workshops de mentores;
- Treinar um grupo de práticos;
- Treinar um grupo de especialistas;
- Escrever e divulgar três artigos sobre a metodologia em revistas técnicas e/ou simpósios.

## 7. CONCLUSÕES

Os casos apresentados neste trabalho mostram que o processo de solução de problemas não acontece de forma linear, e sim num sentido espiralado, onde cada volta significa um aprofundamento do conhecimento da situação que necessita ser resolvida e, portanto, uma aproximação dos conceitos que a solucionarão.

Uma dificuldade encontrada na solução destes casos foi o isolamento pessoal. Isto é, imagina-se que o método apresentaria resultados melhores e teria desenvolvimento mais rápido quando aplicado por um grupo de pessoas e não por uma só pessoa, como nos casos citados, onde somente o autor trabalhou.

Sentiu-se que a interpretação dos PI e das Soluções Padrão ficaria mais fácil quando feita por um grupo, gerando uma maior quantidade de conceitos para solucionar o problema.

Fica aqui uma leve indicação de que, na interpretação dos PI apontados como solução, caberia a aplicação do método *brainstorming*, de uma forma mais produtiva, pois ele estaria orientado pelos PI e pelo RFI determinado, gerando uma quantidade menor de conceitos do que num processo de *brainstorming* tradicional, porém, estes conceitos estariam direcionados ao RFI, como foi comentado no capítulo 2 e apresentado na Figura 06, exigindo menor trabalho para seleção.

Confirmando o que foi apresentado no segundo capítulo, os estudos de caso mostram que a metodologia se adapta a quem a aplica, pois a experiência com a matéria em questão e com a própria metodologia são determinantes na qualidade das soluções desenvolvidas.

Aplicar a metodologia não foi fácil no primeiro caso, todavia, ficou mais fácil no segundo e no terceiro casos, conforme foi-se adquirindo conhecimento, experiência e confiança com a TRIZ.

Esta observação confirma que a experiência com a TRIZ é muito importante para utilizá-la.

Pode-se, então, inferir que, na Indústria Automotiva, esta metodologia deve ser aplicada por um grupo composto de especialistas na área do problema e por trizniks, especialistas na aplicação da TRIZ para a resolução de problemas.

A Indústria Automotiva já possui os especialistas nas áreas específicas, resta

preparar um grupo de especialistas na TRIZ.

Verifica-se que a motivação de Altshuller foi desenvolver uma metodologia que ajudasse aos inventores a resolverem seus problemas de forma rápida e efetiva e que esta solução pudesse ser reproduzida com facilidade. A TRIZ foi a resposta de Altshuller para seu intento e uma resposta positiva.

Observou-se que é importante a correta definição do problema a ser resolvido e que para isto o uso do QCI traz bons resultados. Apesar dele não fazer parte da TRIZ Clássica, é uma ferramenta que não deve ser desconsiderada.

O conhecimento da TRIZ traz como vantagem o desenvolvimento e aprimoramento dos conhecimentos técnicos e da criatividade, induzindo seus praticantes ao desenvolvimento do conhecimento pessoal pela pesquisa e entendimento dos vários princípios.

Os conceitos e ferramentas básicas da TRIZ são de fácil compreensão. Já a fluência no uso de todas as ferramentas exige muito mais tempo e prática, sendo este um pontos desfavorável da metodologia.

Não obstante, esta barreira pode ser vencida com a organização do treinamento, de modo que, já de início, trabalha-se com problemas do dia-a-dia do treinando, e assim obtendo resultados e benefícios imediatos.

Isto tende a desenvolver a curiosidade e a vontade de se aprofundar no conhecimento da teoria, agilizando o aprendizado.

Pode-se afirmar que:

- Sendo a TRIZ baseada no conhecimento desenvolvido pela humanidade, ela nunca estará totalmente desenvolvida, visto que o conhecimento cresce continuamente.
- A teoria de Altshuller apóia-se numa pesquisa estatística que pode ser reproduzida e pode apresentar resultados que variam conforme a amostra utilizada.

Estes dois fatos levam a crer que é necessária a criação de um mecanismo de aprimoramento contínuo da teoria com base nos bancos de patentes mundiais.

Sugere-se que este mecanismo deva ser criado dentro das universidades, com suporte das empresas, e desenvolvido por graduandos sob supervisão de mestres e doutores.

Isto permitira o contínuo aprimoramento da metodologia, o aperfeiçoamento de suas ferramentas e a disseminação da TRIZ entre os graduandos, formando profissionais criativos desde a graduação.

Outra dificuldade está na literatura sobre a metodologia, que em sua maioria está redigida em russo. Uma pequena parte está traduzida para o inglês e para o espanhol.

Acredita-se que atualmente o profissional que quiser desenvolver-se no conhecimento da TRIZ deverá passar pelo aprendizado da língua russa para ter acesso a uma literatura mais completa.

Considerando-se a aplicação da TRIZ no Brasil, pode-se listar como pontos fracos da metodologia criada por Altshuller:

- Pouca literatura acessível em português ou inglês;
- Longo tempo necessário para o seu aprendizado;
- Necessidade de desenvolvimento contínuo.

Como pontos fortes destacam-se:

- Apóia o desenvolvimento da criatividade;
- Ampara o desenvolvimento técnico-profissional;
- Auxilia a divulgação de práticas criativas;
- Os conceitos e ferramentas mais simples podem render resultados imediatos, já durante o aprendizado;
- Ajuda a transpor as barreiras psicológicas;
- Assiste na correta definição do problema a ser resolvido.

Deve-se ressaltar ainda que há indícios de que a aplicação da TRIZ potencializa o resultado obtido por outras ferramentas de solução de problemas como *brainstorming* e que através da metodologia pode-se gerar divisas com o registro de patentes.

As evidências apresentadas demonstram que há benefícios no estudo da TRIZ Clássica e no seu contínuo desenvolvimento.

Sugere-se para trabalhos futuros:

- *Aplicação da metodologia em outros casos;*

Visto que a abrangência deste trabalho foi pequena, as conclusões obtidas só poderão ser confirmadas com um maior número de casos estudados.

- *Aplicação dos PET no desenvolvimento de novos produtos e processos;*

Durante a pesquisa para realizar este trabalho encontrou-se referências aos PET aplicados ao desenvolvimento de novos produtos e processos, contudo este trabalho não mostrou sua efetividade.

- *Estudo comparativo da TRIZ com outras metodologias de auxílio à criatividade;*

Existem outras metodologias de apoio à criatividade, como mencionado no capítulo 2. Posicioná-las com relação à TRIZ pode ser interessante para a indústria e para a universidade.

- *Estudo de utilização da TRIZ junto a outras ferramentas como QFD, FMEA, brainstorming, etc;*

Da mesma forma, estudar a união de outras ferramentas com a metodologia desenvolvida por Altshuller pode trazer benefícios para a indústria e para a universidade.

- *Pesquisa sobre os Efeitos Físicos, Químicos e Geométricos e suas aplicações;*

Durante a pesquisa para realizar este trabalho encontrou-se várias referências ao Banco de Dados de Efeitos desenvolvido por Altshuller, porém tal banco não foi encontrado. Também sua aplicação não foi estudada e testada, o que justifica esta pesquisa.

- *Estudo sobre a formação de profissionais da TRIZ.*

O treinamento da metodologia deve aguçar a curiosidade dos treinandos, levando-os ao enriquecimento técnico-cultural. Desenvolver instrumentos que facilitem este aprimoramento é importante para a divulgação da metodologia.

Nome do arquivo: 01\_Eduardo\_Demarque\_TRIZ\_20050922  
Pasta: C:\Documents and Settings\Eduardo Demarque\Meus  
documentos\edu\TRIZ\Impressao  
Modelo: C:\Documents and Settings\Eduardo Demarque\Dados de  
aplicativos\Microsoft\Modelos\Normal.dot  
Título: EDUARDO DEMARQUE  
Assunto:  
Autor: xz4c52  
Palavras-chave:  
Comentários:  
Data de criação: 4/11/2005 19:16:00  
Número de alterações:2  
Última gravação: 4/11/2005 19:16:00  
Salvo por: Eduardo Demarque  
Tempo total de edição: 24 Minutos  
Última impressão: 4/11/2005 21:43:00  
Como a última impressão  
Número de páginas: 159  
Número de palavras: 36.074 (aprox.)  
Número de caracteres: 194.804 (aprox.)