

Porque a *TRIZ* é uma poderosa ferramenta para a inovação?

A *TRIZ* é uma importante ferramenta a ser utilizada em projetos *DMADV* do *Design for Lean Six Sigma* e também em projetos *DMAIC* do *Lean Six Sigma*.

[Cristina Werkema]

O que é *TRIZ*?

T *RIZ* é a sigla russa para *Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch* e significa Teoria da Solução Inventiva de Problemas

(*Theory of Inventive Problem Solving*, em inglês). A *TRIZ* é uma criação de Genrich S. Altshuller (1926-1998), um pensador de origem judaico-russa, que começou a desenvolvê-la no final da década de 1940.

Altshuller estudou patentes de diferentes áreas, com o objetivo de buscar alternativas mais eficazes aos métodos intuitivos de solução criativa de problemas, até então utilizados. Com base nesses estudos, Altshuller buscava definir os processos envolvidos na obtenção das soluções criativas contidas nas patentes. A análise das patentes permitiu a descoberta, de alguns padrões, a partir dos quais foram definidos os princípios e leis que constituem a *TRIZ*. Devido à ausência de intercâmbio da ex-URSS com os países ocidentais, somente no final da década de 1980 foi iniciada a difusão da *TRIZ* no ocidente. Nos últimos anos, a expansão do uso da *TRIZ* vem ocorrendo em

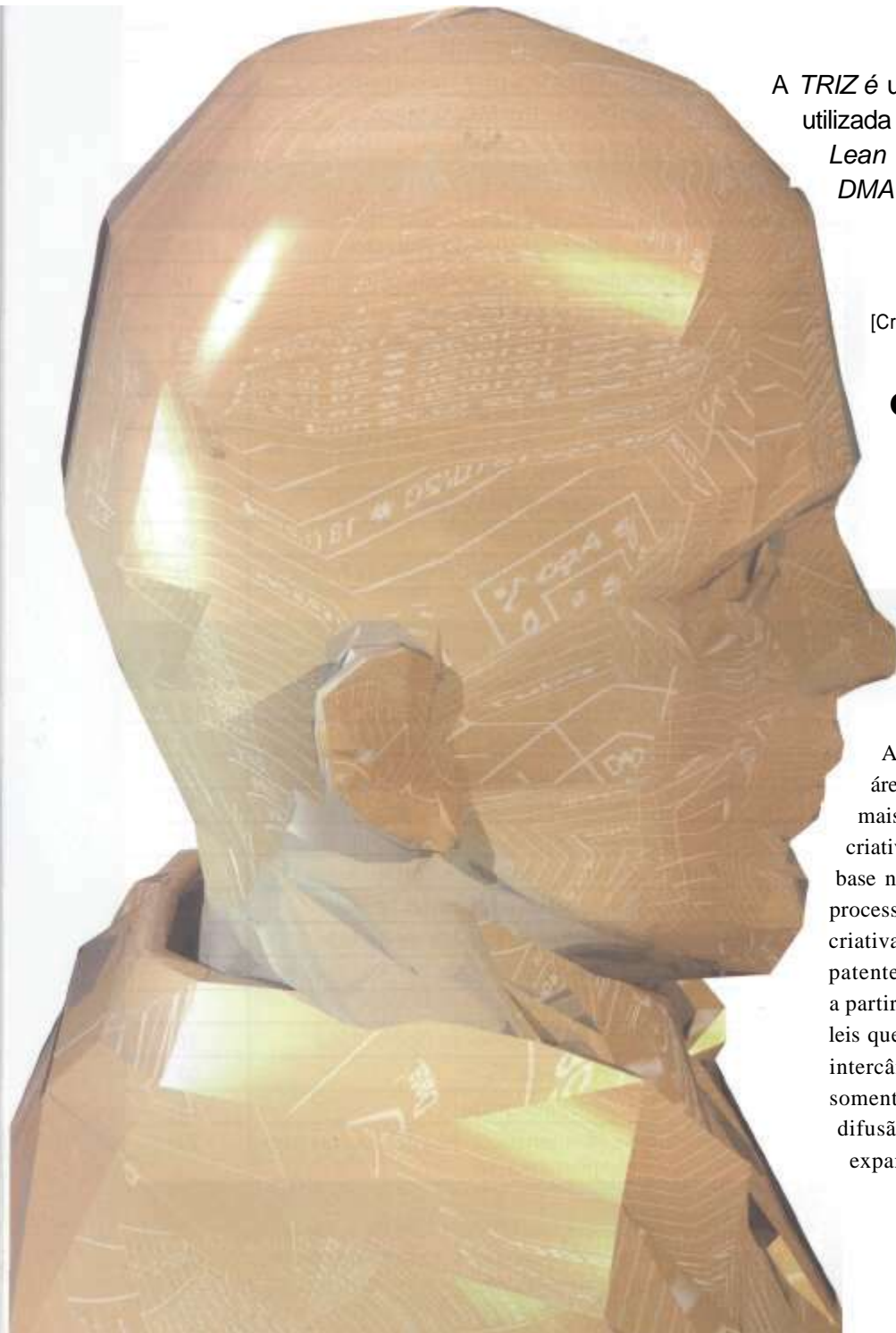


Figura 1 – Método de solução de problemas da TRIZ¹.



outros campos fora do domínio das áreas técnicas (engenharia), tais como administração, economia, arquitetura, publicidade e serviços de modo geral. É consenso dos especialistas que a TRIZ ainda está em sua fase inicial de desenvolvimento - no entanto, ela já vem demonstrando seu inquestionável poder como uma ferramenta estruturada para fomentar a inovação.

A TRIZ é uma importante ferramenta a ser utilizada em projetos DMADV do *Design for Lean Six Sigma* e também em projetos DMAIC do *Lean Six Sigma*. A figura 1¹ é uma representação esquemática da forma de solução de problemas da TRIZ.

Um relato dos ganhos que podem ser obtidos por meio da utilização da TRIZ é apresentado na matéria de capa da edição de julho/agosto de 2007 da *iSixSigma Magazine*², que aborda a combinação entre inovação e Seis Sigma na *The Dow Chemical Co*. Nessa matéria, o *Master Black Belt e TRIZ expert Tom Kling* oferece provas empíricas da eficácia da TRIZ como um método para fomentar a criatividade. "Com um grupo de dez pessoas

em uma sessão de *Brainstorming*, freqüentemente encerramos com algo entre 200 e 500 soluções, mas cerca de apenas 3% a 5% dessas idéias serão úteis. As restantes serão abandonadas rapidamente durante a fase de avaliação. Com a análise e o pensamento estruturado que estão presentes nos métodos da TRIZ, descobrimos que um grupo similar de pessoas produzirá de 75 a 100 idéias, mas pelo menos a metade ou dois terços delas serão viáveis. Portanto, ocorre um número mais elevado de idéias de solução exequíveis quando são empregados os métodos da TRIZ. Outra medida do valor da TRIZ para a Dow é o número de patentes

Anúncio

Figura 2 - Conceitos básicos da TRIZ³.

Conceito	Descrição
Idealidade	A idealidade de um sistema técnico (ST) é a razão entre o número de funções desejadas e o número de funções não desejadas executadas pelo sistema. O próprio ST é entendido, na TRIZ, como um "preço" pago pela execução de funções desejadas por seus usuários. O usuário e a sociedade "pagam" o custo financeiro do ST, seu desenvolvimento, sua utilização e manutenção, sua produção e descarte. Quanto mais próximo do ideal, ou seja, quanto mais evoluído o ST, menor é esse "preço". A partir do conceito de idealidade, é definido o RFI (Resultado Final Ideal), como sendo uma solução à qual se pretende chegar na solução do problema, que seja mais próxima do ideal que a solução atual.
Contradição	Contradições são requisitos conflitantes com relação a um mesmo sistema. Por exemplo, a haste de um ferro de solda utilizado na montagem de componentes elétricos e eletrônicos deve ser longa, para não queimar a mão do soldador e deve ser curta, para facilitar o controle da operação. Uma solução extremista seria fazer a haste muito longa, o que evitaria queimaduras, mas, prejudicaria a precisão do controle. Outra solução extremista seria fazer a haste curta, o que provocaria ferimentos no soldador ou introduziria a necessidade de uso de equipamentos de proteção. Uma solução que procura contornar a contradição seria fazer a haste não muito curta, nem muito longa, isto é, um meio termo. A busca de solução da contradição consiste em não procurar evitá-la, mas, resolvê-la criativamente. Como um exemplo de solução que resolve a contradição, a haste poderia ter forma similar à de uma ferradura. Assim, o cabo seria suficientemente longo, para adequada transmissão de calor e seria suficientemente curto, para um controle adequado.
Recursos	Os recursos de um sistema podem ser definidos como quaisquer elementos do sistema ou das cercanias que ainda não foram utilizados para a execução de funções úteis no sistema. Há casos em que a simples identificação de recursos não aproveitados em um sistema leva a soluções inventivas. Existem diferentes classes de recursos: internos; externos; naturais; sistêmicos; funcionais; espaciais; temporais; de campo; de substância; de informação. Um exemplo do uso de recursos do sistema é o turbocompressor utilizado em motores de combustão interna, que transforma parte da energia dos gases de combustão em sobrepressão do ar alimentado. Neste caso, o recurso utilizado corresponde à energia. Outro exemplo é o aproveitamento de resíduos liberados num processo como insumo para um outro processo, numa utilização de recursos de substância.

geradas em trabalhos de design. Tipicamente, a Dow gera uma ou duas idéias patenteáveis em um projeto. Usando a TRIZ, somos capazes de definir uma ampla gama de alternativas e gerar de seis a

oito patentes em um projeto dessa natureza. Algumas dessas patentes são rapidamente transformadas em realidade, enquanto outras podem funcionar como um mecanismo para bloquear os

competidores - a organização pode descrever todas as invenções possíveis relacionadas a uma tecnologia e obter essas patentes antes que outras empresas sequer pensem na possibilidade."

Figura 3 – Princípios inventivos.

Princípios inventivos

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

Quais são os conceitos básicos da TRIZ?

Os conceitos básicos da TRIZ são apresentados na figura 2³.

Em que consiste o Método dos Princípios Inventivos (MPI)?

O Método dos Princípios Inventivos (MPI) é o mais difundido dos métodos da TRIZ. Os princípios inventivos (PIs) são heurísticas, ou sugestões de possíveis soluções para um determinado problema. Tais princípios foram obtidos a partir da generalização e agrupamento de soluções

repetidamente utilizadas na criação, desenvolvimento e melhoria de sistemas técnicos de diferentes áreas. Esse trabalho foi feito a partir da análise de uma grande quantidade de patentes. Os PIs são apresentados na figura 3. A forma mais comum de utilização dos princípios inventivos é o uso direto, que consiste na simples análise de cada um dos PIs e posterior tentativa de aplicá-los para a melhoria do sistema.

Como usar os quarenta princípios inventivos?

Na figura 4, elaborada com base nos textos de Genrich Altshuller⁴, *40 Principles Extended Edition: TRIZ Keys to Technical Innovation*, pp. 24-103 e de John Terninko, Alla Zusman e Boris Zlotin⁵, *Systematic Innovation: An Introduction to TRIZ*, pp. 165-176, é apresentada uma descrição dos quarenta princípios inventivos, juntamente com exemplos de sua utilização.

Figura 4 - Descrição dos quarenta princípios inventivos.

Princípio inventivo	Descrição	Exemplos
1 - Segmentação ou Fragmentação (Segmentation)	<ul style="list-style-type: none"> Dividir um objeto em partes independentes, tal como subdividir um espaço em espaços menores. Segmentar um objeto, inclusive para facilitar a montagem e a desmontagem. Aumentar o grau de segmentação (ou fragmentação) de um objeto. 	<ul style="list-style-type: none"> Projetar móveis modulares, que podem ser montados pelo consumidor. Dividir livros em capítulos, com o objetivo de aprimorar o entendimento e aceitação pelo leitor. Construir postes de sinais de trânsito temporários usando partes conectadas por meio de articulações flexíveis, para facilitar o transporte e a instalação.
1 - Remoção ou Extração (Extraction, TakingOut)	<ul style="list-style-type: none"> Remover ou separar a parte ou propriedade indesejada ou desnecessária do objeto. Extrair apenas a parte desejada ou necessária do objeto. 	<ul style="list-style-type: none"> Remover o motor de um aparelho e instalá-lo em um lugar apropriado, de modo a minimizar o ruído. Extrair ouro de um tipo de minério, por meio de um processo químico que diferencia as características dos dois materiais. Criar áreas para fumantes em restaurantes.
3 - Qualidade Localizada (Local Quality)	<ul style="list-style-type: none"> Alterar a estrutura de um objeto ou o ambiente externo de homogêneo para heterogêneo. Atribuir diferentes funções para cada parte de um objeto. Empregar cada parte de um objeto na melhor condição para sua operação. 	<ul style="list-style-type: none"> Corrugar uma superfície para aumentar o atrito. Construir um filtro para poeira de modo que a membrana externa possua poros maiores, para uma filtração preliminar, e a interna apresente poros menores, para a coleta de particulados mais finos. Usar o gradiente de temperatura em um forno para afetar o modo de preparo de alimentos assados.
4 - Assimetria (Asymmetry)	<ul style="list-style-type: none"> Alterar a forma de um objeto de simétrica para assimétrica. Aumentar o grau de assimetria de um objeto. 	<ul style="list-style-type: none"> Corrugar uma superfície para aumentar o atrito. Construir um filtro para poeira de modo que a membrana externa possua poros maiores, para uma filtração preliminar, e a interna apresente poros menores, para a coleta de particulados mais finos. Usar o gradiente de temperatura em um forno para afetar o modo de preparo de alimentos assados.
5 - Consolidação (Consolidation, Merging, Combining, Integration)	<ul style="list-style-type: none"> Usar objetos idênticos ou similares para executar operações em paralelo. Executar operações em paralelo. 	<ul style="list-style-type: none"> Combinar vários formatos de tecnologia em um único equipamento eletrônico, como um DVD player que também toca CDs e MPB. Operar microcomputadores em rede.
6 - Universalização (Universality)	<ul style="list-style-type: none"> Atribuir múltiplas funções a um objeto, eliminando a necessidade de outros objetos. 	<ul style="list-style-type: none"> Sofá-cama. Alça de mala que possa ser usada como ferro de passar roupas.
7 - Aninhamento (Nesting, Nested Doll)	<ul style="list-style-type: none"> Pôr um objeto dentro de outro e colocar esses dois objetos dentro de um terceiro, e assim por diante. Passar um objeto através de uma cavidade em outro objeto. 	<ul style="list-style-type: none"> Conjunto de xícaras para dosagem. Mesas e cadeiras que podem ser empilhadas. Embalagens de batatas fritas contendo um sachê com molho em seu interior. Antena telescópica.

Princípio Inventivo	Descrição	Exemplos
8 - Contrapeso (<i>Antiweight, Counterweight, Counterbalance</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Compensar o peso de um objeto por meio da união com outro objeto que forneça sustentação. • Compensar o peso de um objeto por meio da interação com o ambiente (uso de forças aerodinâmicas, hidrodinâmicas, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Guindaste usado para elevar e mover objetos pesados. • Aerofólio do carro de corrida. • Barco com hidrofólios.
9 - Compensação Prévia (<i>Prior Counteraction, PreliminaryAntiaction</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Contrabalançar ou compensar previamente uma ação que será executada. • Tensionar previamente e de modo contrário um objeto que será tensionado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coluna de concreto reforçada. • Impermeabilização de estofados e tapetes. • Uso de proteções, de modo geral. • Eixo de uma turbina composto por vários tubos torcidos na direção oposta à rotação do eixo.
10-Ação Prévia (<i>PriorAction, PreliminaryAction</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar uma ação previamente (completa ou parcialmente). • Arranjar objetos previamente de modo que eles atuem da forma mais conveniente e/ou mais rápida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentos pré-cozidos. • Organizar previamente ferramentas e moldes necessários para o setup de uma máquina.
11-Amortecimento Prévio (<i>Cushion in Advance, Beforehand Cushioning</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Compensar a baixa confiabilidade de um objeto com medidas de precaução preparadas com antecedência. 	<ul style="list-style-type: none"> • Placas magnéticas colocadas nos objetos vendidos em lojas para evitar furtos. • Etiquetas especiais usadas na identificação de frascos que contêm substâncias venenosas. • Airbags em automóveis.
12 - Equipotencialidade (<i>Equipotentiality</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Modificar as condições de trabalho para evitar levantamento e/ou abaixamento de um objeto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Carregamento de um container em um caminhão.
13-Inversão 3 (<i>Inversion, The Other WayAround</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Inverter a ação usada normalmente para resolver o problema. • Fixar partes móveis e tornar móveis partes fixas. • Virar um objeto de "cabeça para baixo". 	<ul style="list-style-type: none"> • Resfriar o eixo em lugar de aquecer o tubo na montagem por interferência. • Girar a ferramenta e fixar a peça. • Inverter a posição do motor na montagem, para facilitar a fixação com parafuso. • Limpar peças por abrasão por meio da vibração das peças e não do abrasivo.
14-Recurvação (<i>Spheroidality, Curvature</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Substituir partes retilíneas por partes curvas, superfícies planas por esféricas e formas cúbicas por redondas. • Usar rolamentos, esferas ou espirais. • Substituir movimentos lineares por rotatórios e utilizar a força centrífuga. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mouse para microcomputador. • Porta-CD.
15-Dinamização (<i>Dynamicity, Dynamics</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Fazer com que possam ser otimizadas durante a operação as características de um objeto, ambiente, ou processo. • Dividir um objeto em partes com movimento relativo. • Tornar um objeto móvel ou permutável. 	<ul style="list-style-type: none"> • Espelhos e luminárias ajustáveis. • Veículos com suspensão independente nas quatro rodas.
16-Ação Parcial ou Excessiva Partial (<i>Excessive Action</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Executar um pouco menos ou um pouco mais quando é difícil conseguir 100% de um determinado efeito. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pintura de peças cilíndricas por imersão na tinta e posterior rotação para remoção do excesso.
17 - Transição para Nova Dimensão (<i>Moving to a New Dimension, Another Dimension, Transition into a New Dimension</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Mudar de linear para planar, de planar para tridimensional. • Utilizar arranjos em prateleiras ou, camadas. • Inclinar ou virar o objeto para o lado. • Utilizar o outro lado do objeto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caminhão betoneira. • Placas de circuito impresso com componentes dos dois lados.

Princípio inventivo	Descrição	Exemplos
18-Vibração Mecânica (<i>Mechanical Vibration</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Produzir a vibração de um objeto. • Aumentar a frequência da vibração de um objeto. • Utilizar a frequência de ressonância do objeto. • Substituir vibradores mecânicos por piezoeletricos. • Combinar vibrações ultra-sônicas e eletromagnéticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bateria vibratória de telefone celular. • Usar vibração para separar objetos. • Ferramentas de corte ultra-sônicas.
19-Ação Periódica (<i>Periodic Action</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Substituir ações contínuas por ações periódicas. • Mudar a frequência da ação periódica. • Usar pausas entre os pulsos para executar ações adicionais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Parafusador de impacto. • Lâmpadas de advertência.
20-Continuidade da Ação Útil (<i>Continuity of Useful Action</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Fazer com que todas as partes de um objeto trabalhem a plena carga, todo o tempo. • Eliminar tempos mortos e pausas durante o uso do objeto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar ligar e desligar o microcomputador, para aumentar a vida útil do disco rígido. • Operar uma linha de produção como um fluxo contínuo, para reduzir estoques e <i>lead time</i>.
21 - Aceleração (<i>Rushing Through, Skipping, Hurrying</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Executar as operações perigosas, nocivas ou destrutivas de um processo em alta velocidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Broca odontológica de alta velocidade. • Corte em alta velocidade de tubos de plástico para evitar deformações.
22 - Transformação de Prejuízo em Lucro (<i>Convert Harm into Benefit, Blessing in Disguise, Turn Lemons into Lemonade</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar fatores prejudiciais do objeto ou ambiente para obter resultados úteis. • Remover o fator prejudicial pela combinação com outro fator prejudicial. • Amplificar o fator prejudicial até que ele deixe de ser prejudicial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aproveitamento dos resíduos de um processo. • Radioterapia.
23 - Retroalimentação (<i>Feedback</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Introduzir retroalimentação para melhorar uma ação ou processo. • Se a retroalimentação já estiver presente, alterar sua magnitude ou influência. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bóia na caixa d'água. • Componentes eletrônicos que detectam uma instabilidade no sistema e geram um sinal para compensar a instabilidade.
24 - Mediação (<i>Mediator, Intermediary</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar um objeto ou processo intermediário para executar uma ação. • Misturar temporariamente um objeto (que possa ser facilmente removido) com outro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte de materiais abrasivos em suspensões líquidas.
25 - Auto-serviço (<i>Self-serve</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Fazer com que um objeto ajude a si mesmo por meio da execução de funções suplementares e/ou de reparo. • Utilizar rejeitos de energia ou materiais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos que executam auto-verificações periodicamente. • Casca da salsicha.
26 - Cópia (<i>Copying</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Substituir objetos de difícil obtenção, frágeis, caros e/ou difíceis de usar por cópias simples e baratas. • Substituir um objeto ou processo por cópias óticas. • Utilizar cópias infravermelhas ou ultravioletas do objeto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação da altura de um objeto alto por meio da medição de sua sombra. • Simulação de um produto ou processo.
27 - Uso e Descarte (<i>Disposable, Cheap Short-living</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Substituir um objeto caro por vários objetos baratos, comprometendo outras propriedades (durabilidade, por exemplo). 	<ul style="list-style-type: none"> • Copos descartáveis. • Fraldas descartáveis.

Princípio Inventivo	Descrição	Exemplos
28-Substituição de Meios Mecânicos (Replacement of Mechanical System, Mechanics Substitution)	<ul style="list-style-type: none"> • Substituir um sistema mecânico por um sistema ótico, acústico, térmico, ou olfativo. • Utilizar campos elétricos, magnéticos ou eletromagnéticos para interagir com o objeto. • Mudar campos de estáticos para móveis, de aleatórios para estruturados. • Utilizar campos em conjunto com partículas ativadas pelos campos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Substituição de sistemas mecânicos de cálculo por sistemas eletrônicos. • Mecanismos para separação de lixo residencial para reciclagem.
29 - Construção Pneumática ou Hidráulica (Pneumatic or Hydraulic Construction, Pneumatics or Hydraulia)	<ul style="list-style-type: none"> • Substituir partes sólidas de um objeto por líquidos ou gases. 	<ul style="list-style-type: none"> • Embalagens com bolhas de plástico. • Airbag de um automóvel.
10-Ação Prévia (Prior Action, Preliminary Action)	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar uma ação previamente (completa ou parcialmente). • Arranjar objetos previamente de modo que eles atuem da forma mais conveniente e/ou mais rápida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentos pré-cozidos. • Organizar previamente ferramentas e moldes necessários para o setup de uma máquina:
30-Uso de Filmes Finos e Membranas Flexíveis (Flexible Membranes and Thin Films, Flexible Shells and Thin Films)	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar filmes finos ou membranas flexíveis no lugar de estruturas tridimensionais. • Isolar o objeto do ambiente externo utilizando filmes finos ou membranas flexíveis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Filmes para isolamento térmico ou visual. • Caixa para ovos.
31 - Uso de Materiais Porosos (Porous Materials)	<ul style="list-style-type: none"> • Tornar o objeto poroso ou adicionar elementos porosos. • Se o objeto já é poroso, introduzir substâncias ou funções úteis nos poros desse objeto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mancais obtidos por sinterização e impregnados com óleo. • Uso de carvão ativo para adsorção de vapores.
32 - Mudança de Cor (Changing the Color, Color Changes)	<ul style="list-style-type: none"> • Modificar a cor do objeto ou do ambiente. • Mudar a transparência do objeto ou do ambiente. • Usar aditivos coloridos para observar objetos ou processos de difícil visualização. • Usar aditivos luminescentes para observar objetos ou processos de difícil visualização. 	<ul style="list-style-type: none"> • Curativo transparente. • Uso de contraste em tomografias.
33 - Homogeneização (Homogeneity)	<ul style="list-style-type: none"> • Fazer objetos que interagem entre si do mesmo material ou de materiais com propriedades idênticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reservatório construído com mesmo material do seu conteúdo, para evitar contaminação.
34 - Descarte e Regeneração (Rejecting and Regenerating Parts, Discarding and Recovering)	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar ou modificar partes de um objeto que já tenham cumprido sua função. • Regenerar partes consumíveis de um objeto durante a operação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ejeção do cartucho após o tiro.

35 - Mudança de Parâmetros e Propriedades (Transformation of Properties, Parameter Changes)

- Mudar o estado de agregação, a concentração, a consistência, o grau de flexibilidade ou a temperatura do objeto.

- Congelar alimentos para facilitar o transporte e a armazenagem.
- Mudar a embalagem de um produto de vidro para plástico flexível, para facilitar a retirada da embalagem.

36 - Mudança de Fase (Phase Transition)

- Utilizar fenômenos relacionados à mudança de fase (liberação ou absorção de calor, mudança de volume, etc.).

- Armazenagem de ácidos no estado sólido, devido ao menor poder corrosivo.

37-Expansão Térmica (Thermal Expansion)

- Usar a expansão ou contração térmica dos materiais.
- Associar materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica.

- Tira bimetálica usada como termostato.
- Montagem de um eixo e um mancal por interferência.

38-Usode

Oxidantes Fortes (Strong Oxidants, Accelerated Oxidation, Enriched Atmosphere)

- Usar a expansão ou contração térmica dos materiais.
- Associar materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica.

- Maçarico para solda oxiacetilênica.
- Aceleração de reações químicas pela utilização de ozônio.

39 - Uso de Atmosferas Inertes (Inert Environment, Inert Atmosphere)

- Substituir o ambiente normal por um ambiente inerte.
- Adicionar a um objeto partes neutras ou aditivos inertes.

- Usar espuma para isolar o fogo de uma fonte de oxigênio.
- Para evitar que o algodão pegue fogo quando armazenado, o mesmo é tratado com um gás inerte no transporte até o depósito.

40-Uso de Materiais Compostos (Composite Materials)

- Substituir materiais homogêneos por materiais compostos.

- Pneus de automóveis.
- Asas de aviões militares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A figura 1 foi extraída de BARRY, Katie; DOMB, Ellen; SLOCUM, Michael S. *TRIZ: The Science of Creativity. iSixSigma Magazine*, Bainbridge Island, v.3, n.4, p.42, July/August 2007.
2. REYNARD, Sue. *Dow Pairs Six Sigma and Innovation. iSixSigma Magazine*, Bainbridge Island, v.3, n.4, p.23, July/August 2007.
3. Os conceitos básicos da TRIZ apresentados na figura 2 foram elaborados com base no artigo *Uso dos Conceitos Fundamentais da TRIZ e do Método dos Princípios Inventivos no Desenvolvimento de Produtos*, de autoria de Marco Aurélio de Carvalho e Nelson Back, publicado no 30. Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto (Florianópolis, SC - 25 a 27 de setembro de 2001).

4. ALTSHULLER, Genrich. *40 Principles Extended Edition: TRIZ Keys to Technical Innovation*. Worcester: Technical Innovation Center, 2005.137 p.

5. TERNINKO, John, ZUSMAN, Alla, ZLOTIN, Boris. *Systematic Innovation: An Introduction to TRIZ*. Boca Raton: St. Lucie Press, 1998. 208p.

Cristina Werkema é diretora do Grupo Werkema e autora das obras **Criando a Cultura Seis Sigma**, **Design for Six Sigma: Ferramentas Básicas Usadas nas Etapas D e M do DMADV**, **Lean Seis Sigma: Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**, **Avaliação de Sistemas de Medição e Perguntas e Respostas sobre o Lean Seis Sigma** (publicações da Série Seis Sigma), além de oito livros sobre estatística aplicada à gestão empresarial, área na qual atua há mais de quinze anos. (31) 3241-3090; cristina@werkemaconsultores.com.br.