

TRIZ NUM PROBLEMA DE QUALIDADE AUTOMOTIVO: ALINHAMENTO DO BOCAL DO TANQUE DE COMBUSTÍVEL

Edson Oliveira Martins, Eng.Mec. - edson26@pop.com.br

Marco Aurélio de Carvalho, Eng.Mec., Me., Dr. – marcoaurelio@utfpr.edu.br

RESUMO

A montagem da parte inferior do veículo X mostra-se rica em detalhes e, por muitas vezes, problemática. A carroceria é transportada por toda a fábrica e, num certo momento, encontra a parte inferior (eixo traseiro, tanque de combustível, escapamento), para que seja realizada a união entre estas partes. Como as duas partes estão em movimento e a acoplagem ocorre de maneira dinâmica, toda e qualquer variável que não esteja sob controle pode gerar falhas no processo. Inicialmente, fez-se um estudo sobre a metodologia TRIZ e, em paralelo, foram feitos os estudos de campo da acoplagem do veículo X, por meio de observações e coleta de dados. Finalizada esta etapa, partiu-se para o levantamento das contradições técnicas e físicas, sendo que foi obtida ao menos uma idéia para cada contradição com a utilização do método dos princípios inventivos e com o método da separação da TRIZ. Finalmente, foi realizado um estudo de viabilidade sobre cada uma das idéias geradas, particularmente com relação ao prazo de implantação. Ficou demonstrado que as soluções obtidas têm diferentes níveis de complexidade de implantação, mas, a maioria é factível.

Palavras-chave: TRIZ, Engenharia de Processo, Engenharia de Produto, Engenharia da Qualidade.

INTRODUÇÃO

Diante de um mercado altamente competitivo em que, cada vez mais, são ofertadas diferentes opções aos consumidores, que estão mais informados e exigentes, um novo automóvel compete frontalmente com outros benefícios da vida moderna, como por exemplo, eletrodomésticos, planos de saúde, viagens e cursos no exterior. Para se destacar em tal cenário são necessárias características que atraiam o consumidor ao ponto de fazê-lo comprar o veículo. Particularmente, no caso do veículo X, os diferenciais são: o preço relativamente baixo, o prazo elevado de garantia (3 anos) e o amplo espaço interno e do porta-malas.

Comercializado já há algum tempo em outros países, o veículo X vem conquistando admiradores e consumidores interessados em sua proposta de valor. Iniciada recentemente, a produção do modelo no Brasil cresce gradativamente, refletindo a alta demanda por este veículo nas concessionárias.

Anteriormente ao lançamento do veículo X, a procura por veículos da marca aumentava com o passar do tempo e investimentos em modernizações da planta se fizeram necessárias, tanto para suprir as necessidades imediatas, como as futuras. Um desses investimentos ocorreu em uma área chamada de Carrossel, que dinamiza a produção de veículos em série, particularmente nas operações do acoplamento da carroceria com os componentes inferiores (tanque de combustível, eixo traseiro, escapamento, motor, suspensão).

O presente artigo trata da TRIZ (Teoria da Solução Inventiva de Problemas) e, mais especificamente, da aplicação de duas de suas ferramentas, o Método dos Princípios Inventivos e o Método da Separação, na busca de soluções para um problema de qualidade originado na região do citado Carrossel.

TRIZ

A TRIZ é uma metodologia heurística, orientada ao ser humano e baseada em conhecimento, para a resolução de problemas inventivos (DE CARVALHO, 2007). Esta metodologia foi criada na antiga URSS, por Genrich S. Altshuller (ALTSHULLER, 1986).

Um dos conceitos centrais da TRIZ é o de contradição. Contradições são declarações que afirmam coisas aparentemente incompatíveis ou opostas. Altshuller (1986) demonstrou que, no decorrer de sua evolução, as partes dos sistemas artificiais são desenvolvidas de forma não uniforme, o que provoca o surgimento de contradições. A evolução dos sistemas artificiais pode ser descrita por meio da sucessiva resolução de contradições. Por exemplo:

- pneus são projetados de forma tal a atender aos requisitos principais e conflitantes de baixo desgaste e alta aderência ao piso;

- asas de aeronaves são configuradas de modo a resolver a oposição entre resistência mecânica e peso.

Os exemplos acima ilustram contradições técnicas, nas quais a melhoria de um parâmetro resulta na piora de outro parâmetro. O outro tipo de contradição de interesse na TRIZ é a contradição física.

Contradições físicas correspondem a níveis opostos de uma mesma característica (A e – A). Por exemplo, um mesmo elemento deve estar presente e ausente, ser grande e pequeno, ser mole e duro, fraco e forte. A primeira reação a uma contradição deste tipo costuma ser: “mas, isso é impossível!”

Paradoxalmente, quanto mais a contradição parece impossível de resolver, melhor. Isso significa que o pano de fundo está posicionado para que não sejam facilmente aceitas as (usualmente mais palatáveis) soluções de compromisso e, portanto, que está crescendo o potencial de chegar a uma solução verdadeiramente inventiva (DE CARVALHO, 2008).

O restante deste artigo enfoca as ferramentas da TRIZ para resolver contradições técnicas (o Método dos Princípios Inventivos) e físicas (o Método da Separação), bem como sua aplicação no caso da montagem do tanque do veículo X.

MÉTODO DOS PRINCÍPIOS INVENTIVOS (MPI)

O MPI foi idealizado por Altshuller (1969, apud DE CARVALHO, 1999) e é o mais difundido dos métodos da TRIZ. Os princípios inventivos são heurísticas, ou sugestões de possíveis soluções para um determinado problema. Tais princípios foram obtidos a partir de uma generalização e agrupamento de soluções repetidamente utilizadas na criação, desenvolvimento e melhorias de sistemas técnicos de diferentes áreas. Este trabalho foi realizado a partir da análise de uma grande quantidade de patentes. Os Princípios Inventivos (PIs) são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Princípios Inventivos (ALTSHULLER, 1969 apud DE CARVALHO, 1999) - continua

1. Segmentação ou fragmentação	2. Remoção ou extração
3. Qualidade localizada	4. Assimetria
5. Consolidação	6. Universalização
7. Aninhamento	8. Contrapeso
9. Compensação prévia	10. Ação prévia
11. Amortecimento prévio	12. Equipotencialidade
13. Inversão	14. Recurvação

Quadro 1: Princípios Inventivos (ALTSHULLER, 1969 apud DE CARVALHO, 1999) – continuação

15. Dinamização	16. Ação parcial ou excessiva
17. Transição para nova dimensão	18. Vibração mecânica
19. Ação periódica	20. Continuidade de ação útil
21. Aceleração	22. Transformação de prejuízo em lucro
23. Retroalimentação	24. Mediação
25. Auto-serviço	26. Cópia
27. Uso e descarte	28. Substituição de meios mecânicos
29. Construção pneumática ou hidráulica	30. Uso de filmes finos e membranas flexíveis
31. Uso de materiais porosos	32. Mudança de cor
33. Homogeneização	34. Descarte e regeneração
35. Mudança de parâmetros e propriedades	36. Mudança de fase
37. Expansão térmica	38. Uso de oxidantes fortes
39. Uso de atmosferas inertes	40. Uso de materiais compostos

A forma mais usual de utilização dos PIs é análise direta do sistema técnico e, em seguida, a proposição de soluções com o auxílio dos PIs. Outra forma é a identificação de contradições, a modelagem das mesmas em termos de parâmetros de engenharia (Quadro 2) conflitantes, o uso da matriz de contradições (MC) para identificar os PIs com maior potencial de aplicação.

Quadro 2: Parâmetros de Engenharia (ALTSHULLER, 1969 apud DE CARVALHO, 1999) - continua

1. Peso do objeto em movimento	2. Peso do objeto parado
3. Comprimento do objeto em movimento	4. Comprimento do objeto parado
5. Área do objeto em movimento	6. Área do objeto parado
7. Volume do objeto em movimento	8. Volume do objeto parado
9. Velocidade	10. Força
11. Tensão ou pressão	12. Forma
13. Estabilidade da composição	14. Resistência
15. Duração da ação do objeto em movimento	16. Duração da ação do objeto parado
17. Temperatura	18. Brilho
19. Energia gasta pelo objeto em movimento	20. Energia gasta pelo objeto parado
21. Potência	22. Perda de energia
23. Perda de substância	24. Perda de informação
25. Perda de tempo	26. Quantidade da substância
27. Confiabilidade	28. Precisão de medição

Quadro 2: Parâmetros de Engenharia (ALTSHULLER, 1969 apud DE CARVALHO, 1999) - continuação

29. Precisão de fabricação	30. Fatores externos indesejados atuando no objeto
31. Fatores indesejados causados pelo objeto	32. Manufaturabilidade
33. Conveniência de uso	34. Manutenibilidade
35. Adaptabilidade	36. Complexidade do objeto
37. Complexidade de controle	38. Nível de automação
39. Capacidade ou produtividade	

MÉTODO DA SEPARAÇÃO

O método da separação serve para a solução de contradições físicas. Contradições físicas correspondem a requisitos contraditórios referentes a um mesmo sistema. Para atender aos requisitos contraditórios numa situação deste tipo, Altshuller (1969, apud DE CARVALHO, 1999) sugere que uma separação deve ocorrer. As características contraditórias devem ser separadas no sistema. Além disso, há também a recomendação de utilização para determinados princípios inventivos para cada tipo de separação realizada, seja no espaço, no tempo, conforme a condição ou no sistema (Quadro 3).

Quadro 3: Princípios Inventivos Relacionados com os Princípios de Separação (Adaptado de MANN, 2002) - continua

Princípio de separação	Princípios inventivos sugeridos
Separação no espaço	1 – Segmentação; 2 – Remoção; 3 – Qualidade localizada; 17 – Transição para nova dimensão; 13 – Inversão; 14 – Recurvação; 7 – Aninhamento; 30 – Uso de filmes finos e membranas flexíveis; 4 – Assimetria; 24 – Mediação; 26 – Cópia.
Separação no tempo	15 – Dinamização; 10 – Ação prévia; 19 – Ação periódica; 11 – Amortecimento prévio; 16 – Ação parcial ou excessiva; 21 – Aceleração; 26 – Cópia; 18 – Vibração mecânica; 37 – Expansão térmica; 34 – Descarte e regeneração; 9 – Compensação prévia; 20 – Continuidade da ação útil.
Separação por uma condição	35 – Mudanças de parâmetros e propriedades; 32 – Mudanças de cor; 36 – Transição de fase; 31 – Uso de materiais porosos; 38 – Uso de oxidantes fortes; 39 – Uso de atmosferas inertes; 28 – Substituição de meios mecânicos; 29 – Construção pneumática ou hidráulica.

Quadro 3: Princípios Inventivos Relacionados com os Princípios de Separação (Adaptado de MANN, 2002) - continuação

Separação no sistema	Transição para um subsistema 1 – Segmentação; 25 – Auto-serviço; 40 – Uso de materiais compostos; 33 – Homogeneização; 12 – Equipotencialidade.
	Transição para um supersistema 5 – Consolidação; 6 – Universalização; 23 – Retroalimentação; 22 – Transformação de prejuízo em lucro.
	Transição para um sistema alternativo 27 – Uso e descarte
	Transição para um sistema inverso 13 – Inversão; 8 - Contrapeso

ESTUDO DE CASO

O Problema

Durante a montagem do veículo X, na acoplagem do veículo (Figura 1) com seus componentes inferiores, ocorre atrito entre a borracha de vedação do tanque de combustível e a carroceria. Desta interferência, resulta a degradação da borracha.

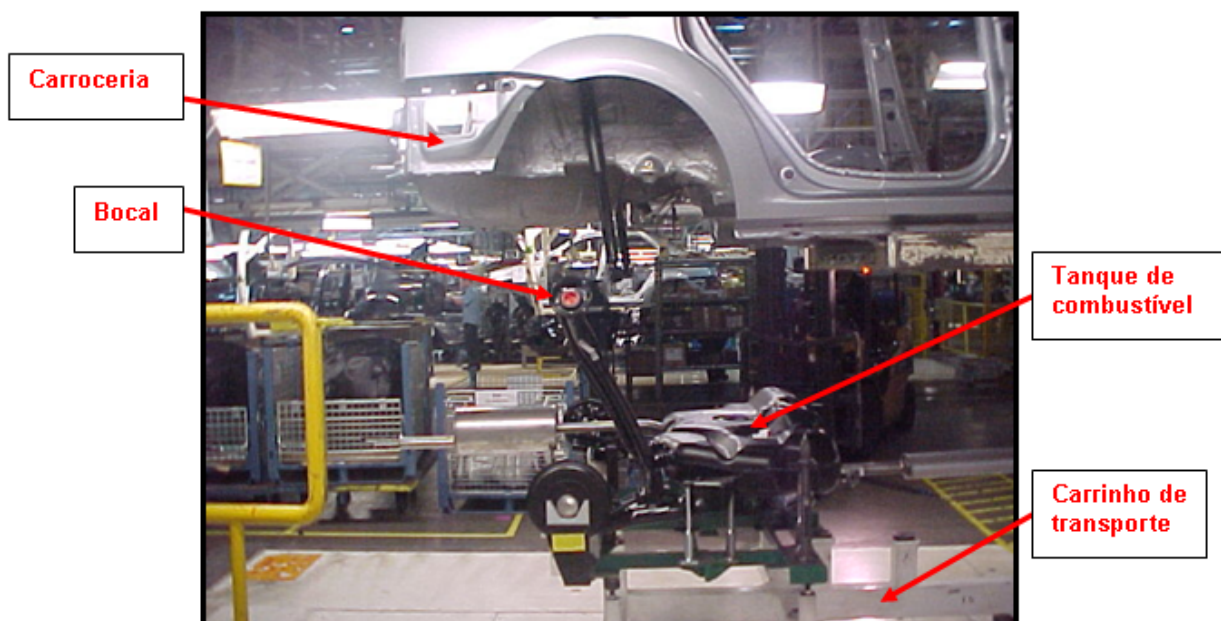


Figura 1: Momento da Acoplagem

O objetivo do estudo aqui relatado é analisar, através da metodologia TRIZ, o problema do desalinhamento do bocal, que resulta na degradação da borracha de vedação,

bem como gerar soluções conceituais e analisar a viabilidade de implantação de cada uma delas.

Análise e Ideação com Uso do MPI

Para a análise com uso do MPI, foram aplicadas as diretrizes propostas por De Carvalho & Back (2001), conforme ilustrado no Quadro 4.

Quadro 4: Análise do Sistema Técnico

Etapas
<p>Identificação (nome) do ST</p> <p>Sistema de montagem dos componentes inferiores.</p>
<p>Identificação da função ou funções principais do ST</p> <p>Realizar a montagem dos componentes inferiores com a carroceria.</p>
<p>Identificação dos principais elementos do ST e de suas funções</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carrinho de montagem: sustentação dos componentes; - Módulo: sustentar o tanque e guiar a carroceria; - Tanque: parte integrante do veículo que sofre degradação; - Carroceria: receber os componentes inferiores; - Operador: realizar apertos, posicionar o carrinho e descer a carroceria.
<p>Descrição do funcionamento do ST</p> <p>O operador deposita o módulo sobre o carrinho de montagem e, em seguida, o tanque de combustível. A carroceria se aproxima da área da acoplagem carregada por um transportador próprio e, num certo momento, o operador executa a operação de fazer com que a carroceria desça em direção ao carrinho, ao tanque e ao módulo. É neste momento que ocorre a degradação da borracha de vedação presente no bocal no tanque. A degradação ocorre com a presença de dois fatores: a descida da carroceria e o atrito entre ela e a borracha de vedação (tanque).</p>
<p>Levantamento de recursos</p> <p>Recursos de substância: ar, folhas de papel, tanque de combustível, carroceria, umidade.</p> <p>Recursos de energia: ar comprimido, energia muscular do operador, energia potencial e cinética da carroceria, energia cinética dos componentes em movimento.</p> <p>Recursos de espaço: espaço entre o bocal e a carroceria, espaço entre o tanque e a carroceria, espaço entre o pino guia e a carroceria.</p> <p>Recursos de campo: campo gravitacional.</p> <p>Recursos de tempo: tempo de descida da carroceria, tempo disponibilizado para a operação.</p> <p>Recursos de informação: sobe / desce da carroceria, movimentar o carrinho, direcionamento.</p> <p>Recursos de função: acoplar os componentes inferiores à carroceria, centralizar e guiar o tanque.</p>
<p>Identificação da característica desejada a ser melhorada ou da característica indesejada a ser reduzida, eliminada ou neutralizada no ST</p> <p>A característica indesejada a ser reduzida, eliminada ou neutralizada é o atrito entre a borracha de vedação presente no bocal do tanque de combustível e a carroceria, no momento da acoplagem.</p>
<p>Formulação do resultado final ideal (RFI)</p> <ul style="list-style-type: none"> a) O bocal não entra em contato com a carroceria e é posicionado corretamente, por si só. b) O sistema de posicionamento é eficaz e mantém o posicionamento relativo entre a carroceria e o tanque, de forma que não há degradação.

Após a análise do sistema técnico, foram formuladas as contradições (Quadro 5) e geradas idéias para solucionar o problema (Quadro 6).

Quadro 5: Formulação das Contradições Técnicas para o Problema do Atrito

Passo do MPI	Descrição
Identificação da característica indesejada a ser reduzida, eliminada ou neutralizada	Atrito entre a borracha de vedação do bocal e a carroceria.
Identificação da solução convencional para reduzir, eliminar ou neutralizar a característica indesejada	a) Evitar contato entre os dois componentes; b) Acrescentar mais um operador no posto de trabalho.
Identificação da característica prejudicada com uso da solução convencional	a) Complexidade do ST; b) Custo.
Formulação da contradição técnica	a) Para que o atrito entre a borracha do bocal e a carroceria seja reduzido, eliminado ou neutralizado através da ausência de contato, a complexidade do sistema é piorada; b) Para que o atrito entre a borracha do bocal e a carroceria seja reduzido, eliminado ou neutralizado com o uso de mais um operador, o custo do ST é piorado.

Quadro 6: Uso da MC na Solução das Contradições para o Problema do Atrito

Passo do MPI	Descrição
Reformulação da contradição técnica identificada em termos de parâmetros de engenharia contraditórios	a) 23 (Perda de substância) x 36 (Complexidade do objeto).
Uso da matriz de contradições para identificar os princípios inventivos a aplicar	a) A matriz de contradições sugere, para os parâmetros contraditórios 23 e 36, os PIs 35 (Mudança de parâmetros e propriedades), 10 (Ação prévia), 28 (Substituição de meios mecânicos) e 24 (Mediador).
Aplicação dos princípios inventivos para solucionar a contradição	Com uso do PI 24 (Mediador), foram geradas as seguintes idéias: <ul style="list-style-type: none"> - inclusão de uma guia temporária no bocal, que o guiaria até sua posição na carroceria e depois seria retirado; - inclusão de um lubrificante entre o bocal e carroceria para diminuir o atrito entre os dois e evitar a degradação. Com o uso do PI 28 (substituição de meios mecânicos), foi gerada a seguinte idéia: <ul style="list-style-type: none"> - geração de um campo magnético oposto entre o bocal e a carroceria para que tivessem um comportamento repelente entre si, desta forma evitando o contato e, portanto a degradação. Com o uso do PI 35 (mudança de parâmetros e propriedades), foi gerada a seguinte idéia: <ul style="list-style-type: none"> - mudar a densidade da borracha do bocal até um nível em que a degradação não ocorra, mas, a função de vedação seja mantida.

Análise e Ideação com Uso do Método da Separação

A contradição física foi formulada como “o atrito entre a carroceria e a borracha do bocal tem que estar presente e ausente”. Tem que estar presente, porque é necessário para que

ocorra a vedação, mas quando ocorre a montagem, o atrito tem que estar ausente, para que não haja a degradação. A seguir, é demonstrada a aplicação dos diferentes princípios de separação à contradição física identificada (Quadro 7) e dos PIs associados aos princípios de separação (Quadro 8).

Quadro 7: Uso dos Princípios de Separação para a Contradição “Atrito Presente e Ausente”

Princípio de Separação	Solução
Separação no espaço	O atrito entre o bocal e a carroceria só existe na região que contato onde a vedação é necessária.
Separação no tempo	O atrito só se faz presente depois do momento da acoplagem.
Separação conforme condição	Não aplicável.
Separação no sistema	Não aplicável.

Quadro 8: Uso dos Pis Associados aos Princípios de Separação para a Contradição “Atrito Presente e Ausente”

Princípio de Separação	PI e solução
Separação no espaço	1 (Segmentação): a borracha de vedação deve ser colocada na carroceria, ao invés de ser parte do tanque de combustível.
Separação no tempo	15 (Dinâmica): a tubulação condutora deve ser dissociada do tanque e ser montada em outro momento.

As idéias geradas encontram-se em processo de avaliação para implementação no processo de montagem.

CONCLUSÃO

Com a utilização da metodologia TRIZ, particularmente o Método dos Princípios Inventivos e o Método da Separação, foram geradas várias idéias para o problema do desalinhamento do bocal do tanque de combustível do veículo X. Várias destas idéias são não-óbvias, ou seja, não haviam sido geradas nas tentativas iniciais de resolver o problema. As idéias geradas são, na sua maioria, simples e factíveis. Com isso, demonstra-se a capacidade da TRIZ em apoiar o processo de ideação para a solução de problemas, mesmo que inicialmente estes pareçam de difícil solução.

REFERÊNCIAS

ALTSHULLER, G. S. **Para Encontrar uma Idéia**. Novosibirsk: Nauka, 1986 (em russo).

DE CARVALHO, M. A. **Modelo Prescritivo para Solução Criativa de Problemas nas Etapas Iniciais do Desenvolvimento de Produtos**. Dissertação de mestrado. UFSC. Florianópolis, 1999. 167p.

DE CARVALHO, M. A; BACK, N. **Uso dos Conceitos Fundamentais da TRIZ e do Método dos Princípios Inventivos no Desenvolvimento de Produtos**. Anais do 3º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. Florianópolis, 2001, 8p.

DE CARVALHO, M. A. **Metodologia IDEATRIZ para a Ideação de Novos Produtos**. Tese de Doutorado. UFSC, 2007.

DE CARVALHO, M. A. A **TRIZ** - Teoria da Solução Inventiva de Problemas. Disponível na internet em <http://www.decarvalho.eng.br/triz.html>. Atualizado em 2008. Acessado em 2008.

MANN, D. **Hands-on Systematic Innovation**. CREAX Press: Ieper (Bélgica), 2002.

SOBRE OS AUTORES

Edson Oliveira Martins (edson26@pop.com.br) é engenheiro mecânico e trabalha na engenharia de montagem de uma montadora de veículos.

Marco Aurélio de Carvalho (marcoaurelio@utfpr.edu.br – <http://www.decarvalho.eng.br>) é engenheiro mecânico, mestre e doutor em engenharia de produção e professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná