

CONSIDERAÇÕES SOBRE TRIZ E SUA APLICAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

Andrey Ricardo Pimentel
Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná
CPGEI - Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Elétrica e Informática Industrial
e-mail:andreyrp@hotmail.com

Resumo:

Neste artigo é feito um resumo sobre as principais características da TRIZ, uma descrição da metodologia, dos seus principais conceito e ferramentas. Além disso, é feita uma análise sobre a aplicação da TRIZ no desenvolvimento de *software*.

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho é feita uma descrição da metodologia de solução de problemas TRIZ, considerações sobre sua aplicação no desenvolvimento de *software*. A TRIZ é uma metodologia de solução de problemas, usada por várias empresas, principalmente na área de engenharia, especialmente mecânica. A TRIZ possui ferramentas para auxiliar no processo de projeto de produtos, possibilitando a correção de problemas e a adoção de soluções que não pertenciam ao leque das soluções usadas na área em questão. Devido à sua aplicação na área de engenharia mecânica, seus conceitos foram inicialmente concebidos para materiais como parafusos de aço, plástico e madeira, e campos de energia como calor, eletricidade e gravidade. Estes conceitos necessitam ser adaptados e/ou estendidos para possibilitar a aplicação da TRIZ no desenvolvimento de *software*.

2 AS ORIGENS DA TRIZ

Métodos para solução de problemas têm sido objeto de estudo desde a antiguidade. Nos tempos modernos, o estudo da solução de problemas se voltou para a psicologia, onde

usualmente são sugeridos métodos como *Brainstorming* e tentativa e erro. Estes métodos freqüentemente levam a um número de soluções muito grande de tal forma que os problemas são resolvidos com base na experiência dos inventores, sem a criação de soluções realmente novas.

Em meados do séc XX, o engenheiro russo Altshuller começou a pesquisar métodos para a solução de problemas. Altshuller, que era um especialista em patentes da marinha soviética na época, começou a analisar mais de 200.000 patentes procurando por problemas inventivos e como estes foram solucionados. Altshuller definiu um problema inventivo como sendo um problema que não tem solução conhecida e pode conter requisitos contraditórios. Destes apenas 40.000 possuíam soluções inventivas, sendo que os outros continham apenas melhoramentos no mesmo sentido (MAZUR, 1995).

Os problemas inventivos são problemas cuja solução freqüentemente leva ao aparecimento de outro problema, como por exemplo, ao se aumentar a resistência de uma placa de metal, causa-se o aumento do seu peso (MAZUR, 1995).

Para Altshuller, uma teoria de solução de problemas deveria ser:

- Um procedimento sistemático e passo a passo;
- Um guia através do universo das soluções conhecidas, para a solução ideal;
- Repetível, confiável e independente de ferramentas psicológicas;
- Permitir o acesso à base de conhecimento das soluções inventivas;
- Permitir adicionar à base de conhecimento das soluções inventivas;
- Ser familiar aos inventores, seguindo o processo normal de criação. **Ver** Figura 1

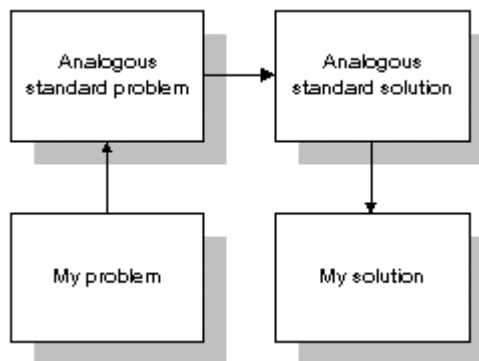


FIGURA 1: PROCESSO NORMAL PARA A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Altshuller dividiu as soluções de problema em 5 (cinco) categorias (MAZUR, 1995):

- Problemas rotineiros de projeto solucionados por métodos bem conhecidos pela pessoa (especialidade). 32% dos problemas se enquadram nesta categoria;

- Pequenas melhorias em um sistema existente, solucionados por métodos bem conhecidos na empresa. 45% dos problemas se enquadram nesta categoria;
- Melhorias fundamentais em um sistema existente, solucionados por métodos conhecidos fora da empresa. Contradições resolvidas. 18% dos problemas se enquadram nesta categoria;
- Uma nova geração, que usa um novo princípio para. Solução encontrada na ciência. 4% dos problemas se enquadram nesta categoria;
- Uma rara descoberta científica ou invenção pioneira. 1% dos problemas se enquadram nesta categoria.

Com este trabalho de análise e categorização das soluções, Altshuller formulou uma teoria de projeto para produtos e invenções que visa ajudar aos projetistas a encontrar soluções que não seriam consideradas usando-se as técnicas convencionais de projeto.

3 PRINCÍPIOS BÁSICOS DA TRIZ

A TRIZ é definida como sendo uma metodologia sistemática, orientada ao ser humano, baseada em conhecimento para a solução de problemas inventivos. A TRIZ é dita baseada em conhecimento, pois o conhecimento sobre heurísticas genéricas de soluções de problemas foi extraído de um número de patentes em diversas áreas da engenharia. É dita sistemática, pois as heurísticas e procedimentos foram estruturados para a aplicação efetiva. Ela é orientada ao ser humano, pois é baseada em funções úteis e prejudiciais. Estas funções são identificadas através da análise do problema em si e de circunstâncias sócio econômicas (SAVRANSKI, 2000).

A TRIZ é baseada em alguns princípios básicos como: técnica, contradição, evolução, recursos e idealidade. Segundo SAVRANSKI (2000), estes conceitos são a pedra fundamental da TRIZ. Segundo RANTANEN (2000), é impossível usar a TRIZ com efetividade sem a compreensão profunda de seus conceitos.

3.1 TÉCNICA

O estudo sistemático das técnicas e suas funções são a base e o fundamento para a TRIZ. A definição de técnica depende das definições de sistema técnico (TS) e processo tecnológico (TP). Qualquer objeto artificial, independente da sua natureza ou grau de complexidade pode ser considerado um sistema técnico. Qualquer ação artificial ou consequência

de procedimentos para realizar uma atividade assistida por um sistema técnico pode ser considerada um processo tecnológico (SAVRANSKI, 2000).

O desenvolvimento de TS e o desenvolvimento de TP são muito similares e eles tem propriedades em comum. Esta semelhança permite a possibilidade de agrupar os TS e os TP em um conjunto, chamado técnica (SAVRANSKI, 2000). Uma técnica pode ser definida como uma abstração que representa este conjunto. Assim pode-se tratar de todos os TS e os TP relacionados como uma entidade única, possibilitando uma visão geral do todo.

Uma técnica possui, segundo SAVRANSKI (2000):

- Entradas e saídas. Representam os relacionamentos entre o ambiente e a técnica em questão. As entradas e saídas podem ser compostas de substâncias, campos (de energia, por ex.) e informação.
- Subsistemas. Uma técnica pode ter subsistemas relacionados pelo tempo (processos tecnológicos) e subsistemas relacionados pelo espaço (sistemas técnicos). Estes subsistemas são sistemas e podem possuir seus próprios subsistemas. Nesta hierarquia pode-se ter técnicas (TS e TP) fazendo parte de um sistema.
- Ligações. Conectam elementos individuais e operações formando subsistemas e então, a técnica. Podem ser considerados como entradas ou saídas.
- Processos tecnológicos e sistemas técnicos.

Uma técnica sempre fará parte de um supersistema maior que é o ambiente onde ela será usada e sempre fará parte da natureza, interagindo com seus componentes, como atmosfera, água, solo, entre outros.

3.2 CONTRADIÇÕES

Contradições ocorrem quando a melhoria em um parâmetro ou característica de uma técnica afeta negativamente outros parâmetros ou características da técnica (SAVRANSKI, 2000). Segundo ALTSHULLER e SHAPIRO (1956), existem três tipos de contradições:

- Administrativas. Quando existe a necessidade de que algo execute uma ação ou receba um resultado, mas não se sabe como fazer para que isto ocorra;
- Técnicas. Quando uma ação é simultaneamente útil em um subsistema e prejudicial em outro subsistema ou causa funções úteis (UF) em um subsistema e funções prejudiciais (HF) em outro subsistema;
- Físicas. Quando é necessário que um subsistema possua uma propriedade A e ao mesmo tempo uma propriedade não-A ou anti-A.

Segundo SAVRANSKI (2000), uma contradição técnica representa um conflito entre dois subsistemas. Podem ocorrer quando:

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

Segundo SAVRANSKI (2000), uma contradição física pode ocorrer quando intensificar uma função útil em um subsistema intensifica uma função prejudicial no mesmo subsistema ou quando reduzir uma função prejudicial em um subsistema reduz uma função útil no mesmo subsistema.

A formulação correta das contradições formam a base para o início de uma solução inventiva. Segundo ALTSHULLER (1986), uma situação inventiva é inerente em um grupo de contradições técnicas e/ou físicas de uma técnica. Normalmente, a formulação bem sucedida de uma contradição física mostra o núcleo do problema (ALTSHULLER, 1986).

3.3 IDEALIDADE

O princípio da idealidade é usado para que se possa ter um parâmetro de comparação para as soluções encontradas, que é a solução ideal. A idealidade para a triz consiste em: uma máquina ideal, um método ideal, um processo ideal, uma substancia ideal e uma técnica ideal. Basicamente, a obtenção dos efeitos desejados, sem massa, volume, gasto de tempo e espaço, gasto de energia, necessidade de manutenção ou custo.

Nesse sentido, uma técnica ideal representa o resultado máximo, que, infelizmente, não pode ser atingido, mas que serve como parâmetro para se saber o quanto a solução adotada é boa. Para medir a idealidade de uma técnica podemos usar a seguinte equação, onde UF representam as funções úteis e HF representam as funções prejudiciais (SAVRANSKI, 2000).

$$idealidade = \frac{\sum UF}{\sum HF}$$

Nesta medida de idealidade podemos considerar, também custos e efeitos indesejáveis. Neste caso teremos a seguinte equação (SAVRANSKI, 2000):

$$idealidade = \frac{\sum Beneficios}{\sum Despesas + \sum EfeitosIndesejáveis}$$

3.4 RECURSOS DE CAMPO-SUBSTÂNCIA

Os recursos de campo e substância fazem parte da técnica e podem ser usados por ela para executar suas funções. Os recursos podem ser classificados como: recursos naturais ou de ambiente, de tempo, espaciais, de sistema, de substancia, de campo/energia e de informação (SAVRANSKI, 2000).

A TRIZ utiliza algumas definições importantes, como a definição de substância e a de campo. Substância pode ser qualquer coisa com massa maior que zero e que ocupa um espaço maior que zero, por exemplo, copo, carro, motor, pedaços de plástico, TV. São objetos de qualquer nível de complexidade, desde itens simples até sistemas complexos.

Campo consiste de portadoras de energia, não importando sua origem e massa, por exemplo, campos de radiação, cheiro, calor. Um campo pode ser considerado como uma ação ou a intenção de realizá-la, como por exemplo, uma modificação da substância.

Na análise de quais recursos serão usados, deve-se tentar responder a algumas questões: Como escolher os recursos? Qual a seqüência? Como usar os recursos? Para responder a essas questões pode-se estimar os recursos em termos de disponibilidade, custo, efeitos colaterais, entre outros (SAVRANSKI, 2000).

3.5 EVOLUÇÃO DA TÉCNICA

A maioria dos sistemas técnicos muda durante o tempo. Esta mudança pode ser feita pelo desenvolvimento gradual ou através de saltos ou revoluções. O desenvolvimento é feito quando novas exigências ou novos parâmetros são necessários. Essa mudança da técnica, no longo prazo, é chamada de evolução da técnica.

A evolução da técnica pode seguir alguns caminhos. Cada um destes caminhos não pertence exclusivamente a um campo da engenharia, mas pode ser estendido a outros sistemas. Estes caminhos se repetem freqüentemente, o que indica a existência de regras de evolução dos sistemas. Estas regras, também chamadas de padrões de evolução da técnica serão discutidas na seção 5.6.

4 DESCRIÇÃO DA TRIZ

A TRIZ é uma metodologia para a solução dos problemas. Esta metodologia vem sendo estudada e seu processo sendo aperfeiçoado. Este processo segue basicamente as seguintes etapas (MAZUR, 1995):

- Identificação do Problema;
- Formulação o problema;
- Procura por problemas bem resolvidos previamente;
- Identificação da solução análoga e adaptá-la para a solução desejada.

A identificação do problema consiste em descrever o sistema que está sendo desenvolvido, e suas características. TERNINKO, ZUSMAN e ZLOTIN (1998) desenvolveram um questionário para identificar o sistema de engenharia que está sendo desenvolvido, seu ambiente operacional, requisitos de recursos, funções úteis primárias, efeitos prejudiciais e resultado ideal. É o chamado questionário de situações inovadoras (MAZUR, 1995).

A formulação do problema consiste basicamente em descrever o problema em termos de contradições físicas e/ou técnicas. Entre outros pontos, verificar se a melhoria em uma característica pode piorar uma outra característica, resultando em outros problemas (MAZUR, 1995).

A procura por problemas bem resolvidos previamente consiste na identificação dos parâmetros de engenharia envolvidos nas contradições descritas anteriormente. Altshuller identificou 39 parâmetros de engenharia que são características técnicas que podem causar conflitos. Ache os parâmetros que estão em contradição. Primeiro ache o parâmetro que precisa ser mudado e então ache o princípio que é o resultado do efeito indesejado. Descreva a contradição técnica padrão (MAZUR, 1995).

Encontrar a solução análoga e adaptá-la para a solução desejada consiste em usar os parâmetros de engenharia descritos anteriormente para encontrar os princípios inventivos ou soluções padrão para ajudar na solução dos problemas. Altshuller, também identificou 40 princípios inventivos. São princípios que podem ajudar o projetista na solução das contradições encontradas (MAZUR, 1995).

5 AS PRINCIPAIS FERRAMENTAS DA TRIZ

5.1 O MÉTODO DOS PRINCÍPIOS INVENTIVOS

Segundo CARVALHO e BLACK (2001), os princípios inventivos são heurísticas, ou sugestões, de possíveis soluções para um determinado problema. Estes princípios surgiram a partir da generalização de soluções usadas em diferentes áreas. Os princípios inventivos são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1: OS 40 PRINCÍPIOS INVENTIVOS

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

Segundo SAVRANSKI (2000), os princípios inventivos, tal como foram apresentados, não representavam um sistema. A numeração dada apenas indicava a ordem em que eles foram acrescentados à TRIZ. Estes princípios foram, então, classificados pelos seus atributos funcionais em:

1. Princípios que relacionam todo-parte de um sistema técnico;
 - 1.1. Hierarquia de subsistemas;
 - 1.2. Características qualitativas de subsistemas.
 - 1.3. Relações espaciais entre subsistemas;
 - 1.4. Fenômenos ou materiais especiais;
2. Relações entre campos de subsistemas de um sistema técnico;

- 2.1. A direção da interação;
- 2.2. A taxa e ritmo característicos das interações;
- 2.3. Características qualitativas das interações;
- 2.4. Formas de realizar as interações;
- 3. Relações de informação em um sistema;
 - 3.1. Tipos de comunicação;
 - 3.2. Formas de realizar comunicação.

Os princípios inventivos podem ser aplicados na solução de problemas, basicamente de duas formas: diretamente e através da matriz de contradições. A aplicação direta dos princípios inventivos é baseada na experiência do projetista ou inventor. O uso direto consiste na escolha de um princípio que pode ser apropriado e a verificação do efeito desta aplicação. Caso o efeito não seja o desejado, tenta-se outro princípio. O uso através da matriz de contradições será visto na seção seguinte.

5.2 A MATRIZ DE CONTRADIÇÕES

A matriz de contradições é uma ferramenta desenvolvida por ALTSHULLER (1999) para facilitar a identificação dos princípios inventivos que podem ser aplicados na solução de um problema.

Para usar a matriz de contradições, é necessária a identificação de uma contradição física. Essa contradição precisa ser formulada em termos dos parâmetros de engenharia. Os parâmetros de engenharia são as grandezas das características envolvidas nos problemas, por exemplo: Peso do objeto em movimento, velocidade, confiabilidade, entre outros. A contradição é descrita como a grandeza que é melhorada e a grandeza que piora em decorrência desta melhora.

A matriz de contradições possui no eixo X, os parâmetros de engenharia a serem melhorados, e no eixo Y, os parâmetros que pioram devido ao efeito colateral. A matriz de contradições é usada, então, para encontrar princípios inventivos para tentar resolver a contradição. A aplicação da matriz é feita da seguinte forma: procura-se no eixo Y, o parâmetro a ser melhorado, procura-se no eixo X o parâmetro que piora devido à contradição, e na célula que corresponde ao cruzamento, são encontrados princípios inventivos que podem ser aplicados na solução da contradição.

Por exemplo, no problema de empilhar latas de bebidas, tem-se a seguinte contradição: ao reduzir a espessura da parede da lata, a capacidade da lata de suportar peso (empilhamento) é diminuída. Esta contradição é expressa com as seguintes grandezas: o parâmetro a ser

melhorado é o tamanho do objeto parado (espessura) e a grandeza que piora é a tensão ou pressão (capacidade de suportar peso). Aplicando-se a matriz são obtidos os seguintes princípios inventivos: segmentação, esferoidicidade e mudança de parâmetros e propriedades do objeto. No mercado são vendidas latas de alumínio, com paredes finas e com uma curvatura na parte superior da parede. Essa curvatura foi introduzida para aumentar a capacidade de empilhamento e é uma clara aplicação do princípio inventivo esferoidicidade (MAZUR, 1995).

5.3 A ANÁLISE CAMPO-SUBSTÂNCIA

A análise Campo-Substância é uma das ferramentas da TRIZ original. Seu objetivo é modelar problemas relacionados com sistemas tecnológicos existentes. Como todos os sistemas são criados para executar algumas funções podemos modelar um sistema através de suas substâncias e das forças (campos) que atuam sobre elas. A função desejada é a saída de uma substância existente (S1), causada por um outro objeto (S2) com a ajuda de alguma forma de energia ou campo (F).

A análise Campo-Substância permite que sejam focalizadas áreas de interesse (subsistemas) dentro do sistema. Ela pode ser aplicada, tanto para sistemas complexos como para partes de um sistema. A análise Campo-Substância permite a identificação de falhas ou deficiências nos processos do sistema.

Para definir um sistema técnico funcional são necessários, duas substâncias e um campo. Segundo REA (2002) existem quatro modelos básicos: sistema completo e efetivo; sistema incompleto (necessita ser completado por outro sistema); sistema completo e ineficaz (requer melhoria para criar o efeito desejado); sistema completo e prejudicial (requer a eliminação do efeito negativo).

Para fazer a análise campo substância deve-se identificar os elementos, construir o modelo e analisar o modelo com relação à completeza e efetividade. Se algum elemento estiver faltando, deve-se tentar identifica-lo. Para solucionar esses problemas podem ser usadas as 76 soluções padrão e, a seguir, construir um conceito para suportar a solução encontrada.

5.4 AS 76 SOLUÇÕES PADRÃO

As 76 soluções padrão são soluções genéricas que podem ser usadas como modelo para solucionar o problema relacionado. Elas contêm a descrição concisa para a situação genérica e a descrição das restrições. As soluções padrão são usadas em conjunto com a análise campo-substância. Um algoritmo é aplicado para identificar a solução mais adequada a partir da análise campo-substância do subsistema.

As soluções padrão são agrupadas em 5 categorias:

TABELA 2: CATEGORIAS DAS SOLUÇÕES PADRÃO

Melhoria do sistema com pouca ou nenhuma mudança	13 soluções padrão
Melhoria do sistema através de mudanças	23 soluções padrão
Transições do sistema	6 soluções padrão
Deteção e medidas	17 soluções padrão
Estratégias para simplificar e melhorar	17 soluções padrão
Total:	76 soluções padrão

5.5 O ALGORITMO ARIZ

ARIZ ou algoritmo para solução inventiva de problemas descreve a seqüência de passos para resolver problemas inventivos. É um procedimento sistemático para encontrar soluções sem contradições aparentes. Dependendo da natureza do sistema, o número de passos pode variar de cinco até sessenta. Através do ARIZ podem ser identificadas contradições e soluções inventivas que não seriam identificadas normalmente. O ARIZ vem evoluindo da sua versão original até hoje, mas basicamente segue os mesmos passos (MAZUR, 1995). São eles:

- Formular o problema;
- Transformar o problema em modelo;
- Analisar o modelo;
- Resolver as contradições físicas;
- Formular a solução ideal.

5.6 LEIS DE EVOLUÇÃO DE SISTEMAS

Quando Altshuller estudou as patentes, ele determinou oito padrões de evolução de sistemas técnicos (MAZUR, 1995). São eles:

- A tecnologia segue um ciclo de nascimento, crescimento, maturidade e declínio;
- Idealidade crescente;
- Desenvolvimento desigual de subsistemas, resultando em contradições;
- Dinamismo e controlabilidade crescentes; complexidade crescente, seguida por simplicidade através de integração;
- Integrando e separando partes;

- Transição de macrosistemas para microsistemas usando campos de energia para melhor performance e controle;
- Reduzindo o envolvimento humano e aumentando a automação.

Segundo MAZUR (1995), analisando a tecnologia corrente e o nível de contradições nos produtos, a TRIZ pode ser usada para ver o progresso evolucionário e criar o futuro. Em outras palavras, quando você conhece o padrão evolucionário de uma tecnologia você pode prever os próximos passos da evolução dela e tomar decisões estratégicas no desenvolvimento.

6 A UTILIZAÇÃO DA TRIZ NO PROJETO DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS

O uso da TRIZ no desenvolvimento de *software* é uma área recente de estudo. A TRIZ foi inicialmente formulada baseada em projetos de engenharia mecânica. Devido a esse fato, os princípios inventivos e os parâmetros de engenharia são voltados para objetos reais, como parafusos, chapas de aço, energia elétrica e calor. Segundo RAWLINSON (2001), os princípios básicos da metodologia TRIZ, técnica, contradições, idealidade, recursos e evolução podem ser aplicados para o desenvolvimento de *software*. Nesse artigo, o autor, indica uma forma para a aplicação dos conceitos da TRIZ no desenvolvimento de *software*. A TRIZ é usada para esclarecer as seguintes questões (RAWLINSON, 2001):

- Quais as funcionalidades desejadas?
- Quais os recursos que estão disponíveis ou podem ser disponibilizados?
- Existem maneiras de diminuir a complexidade do sistema?
- Existem contradições (geralmente velocidade e disponibilidade)?
- Está acontecendo, ou está perto de acontecer, uma mudança na complexidade?

Além disto, RAWLINSON (2001) propõe algumas analogias para conceitos da TRIZ como recursos e parâmetros. São considerados como recursos os componentes do sistema (*software* e *hardware*), e com isso, pode-se fazer um modelo da estrutura da funcionalidade do *software*. Também é proposta, neste mesmo artigo (RAWLINSON, 2001), a adaptação do significado de alguns parâmetros de engenharia utilizados pela TRIZ, para os sistemas de *software*, como: tamanho, que representa o tamanho dos pacotes de dados, a forma, que representa a forma de um objeto em um mundo real ou virtual, posição, que representa a informação sobre a posição de um objeto em um mundo virtual ou real, tempo, que representa

quando e quais as condições para que alterações sobre os dados aconteçam e conectividade, que representa o gerenciamento da característica da interconectividade dos dados.

REA (2001a) (2001b) apresentou analogias para os 40 princípios inventivos no contexto de *software*. Por exemplo, o princípio inventivo segmentação. A primeira ação dividir um objeto em partes independentes tem sua analogia para *software* em dividir um sistema em componentes autônomos. Para a segunda ação deste princípio, criar um objeto modular, sua analogia para *software* é separar funções similares e propriedades em elementos de programas autocontidos (módulos).

Em outro artigo, REA (2002) propõe a extensão dos conceitos da análise campo-substância para poderem ser usados em problemas de *software*. Como substância, ele entende, também, qualquer tipo de objeto ou dado de um sistema. Como campo, qualquer tipo de ação sobre um objeto ou dado (procedimento, função ou método). Neste mesmo artigo, é proposta a utilização de *MetaPatterns* (WISSE, 2001), para a modelagem contextual dos objetos, em função do tempo e do contexto onde está sendo utilizado, visando aprimorar a análise campo-substância.

Uma das ferramentas da TRIZ mais interessantes para o desenvolvimento de software, é a análise campo-substância. Ela pode ser aplicada no desenvolvimento de software, para a identificação de falhas, erros ou mesmo da falta de componentes e/ou processos no sistema.

7 A TRIZ EM CONJUNTO COM OUTRAS METODOLOGIAS DE PROJETO

A TRIZ pode ser usada em conjunto com outras metodologias de projeto de engenharia, como a teoria de projeto axiomático (SUH, 1990) e a de TAGUCHI (1993). Segundo HU, YANG e TAGUCHI (2000), a análise campo-substância pode ser usada para identificação das saídas dos subsistemas e sua eficiência.

A TRIZ pode ser uma ferramenta muito útil para a identificação e solução de problemas, mesmo sendo usada em conjunto com outras metodologias de projeto. Em uma metodologia de projeto como a axiomática, existem meios para se verificar se um modelo é um bom modelo, em comparação com outros modelos, para aquele problema. Com a TRIZ é possível encontrar soluções que não seriam identificadas por outras metodologias. Estas soluções inovadoras, não fazem parte das soluções usadas pelos especialistas da área, e podem trazer vantagens sobre as soluções tradicionais.

8 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi feita uma descrição da metodologia de solução de problemas TRIZ e, também, a avaliação da sua aplicação no desenvolvimento de *software*. Devido à sua aplicação na área de engenharia mecânica, seus conceitos estão voltados para materiais como partes de aço, plástico e madeira, e campos de energia como calor e eletricidade. Estes conceitos necessitam ser adaptados e/ou estendidos para possibilitar a aplicação da TRIZ no desenvolvimento de *software*.

A princípio pode parecer que a aplicação da TRIZ no desenvolvimento de *software* é limitada, no que diz respeito a metodologias de desenvolvimento. A TRIZ foi desenvolvida inicialmente para problemas de engenharia. Com a sua evolução ela começou a ser aplicada em outras áreas. Como metodologia completa de desenvolvimento, a TRIZ não provê ferramentas e meios para muitas das etapas, como a especificação dos componentes, ou a identificação dos componentes, entre outros. Mas se a TRIZ for considerada como uma metodologia para a solução de problemas e aplicada como uma ferramenta de solução de problemas inventivos, ela seria muito útil para resolver, de forma inventiva, contradições encontradas em modelos e até codificação. Contradições, que hoje em dia são resolvidas através de *patterns*.

9 REFERÊNCIAS

ALTSHULLER, G. S. *Innovation Algoritm*. Worcester: Technical Innovation Center, 1999. 1a. ed. russa, 1969.

ALTSHULLER, G. S. *To Find an Idea*. Novosibirsk, Russia: Nauka, 1986. (em russo).

ALTSHULLER, G. S.; SHAPIRO, R. B. *About Psychology of Inventiveness*. Problems of Psychology, v. 6, n. 37, 1956.

CARVALHO, M. A.; BLACK, N. Uso de conceitos fundamentais da TRIZ e do método dos princípios inventivos no desenvolvimento de produtos. *In: 3o. Congresso Brasileiro de gestão de Desenvolvimento de produto*. Florianópolis, SC: 2001.

HU, M.; YANG, K. e TAGUCHI, S.. Enhancing Robust Design with the Aid of TRIZ and Axiomatic Design. *The TRIZ journal*. outubro, 2000.

MAZUR, G. Theory of Inventive Problem Solving. 1995. *Na internet em <http://www.mazur.net/triz/>*.

RANTANEN, K. A personal view on Savranskys book. *The TRIZ journal*, 2000.

- RAWLINSON, G. TRIZ and software. *In: TRIZCON2001, The Altshuller Institute Conference.* 2001.
- REA, K. C. TRIZ and software 40 principle analogies, part 1. *The TRIZ journal*, setembro, 2001.
- REA, K. C. TRIZ and software 40 principle analogies, part 2. *The TRIZ journal*, novembro, 2001.
- REA, K. C. Applying TRIZ to software problems. creatively bridging academia and practice in computing. *In: TRIZCON2002, The Altshuller Institute Conference.* 2002.
- SAVRANSKI, S. D. *Engineering of Creativity.* Boca Raton, Flórida, EUA: CRC Press, 2000.
- SUH, N. P.. *The Principles of Design.* Oxford University Press, 1990.
- TAGUCHI, G.. *Taguchi on Robust Technology Development: Bringing Quality Engineering Upstream,* ASME Press, New York. 1993,
- TERNINKO, J.; ZUSMAN, A.; ZLOTIN, B. *Systematic Innovation: An Introduction to TRIZ.* Boca Raton, Flrida, EUA: CRC Press - St. Lucie Press, 1998.
- WISSE, P. *MetaPattern.* Addison Wesley, 2001.