

USO COMBINADO DA TRIZ E DA PROTOTIPAGEM PRECOCE NA CONCEPÇÃO DE UMA COBERTURA REMOVÍVEL PARA QUADRAS DE TÊNIS

Maryelen Hissae Miyoshi (mhissaem@hotmail.com) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marco Aurélio de Carvalho (marcoaurelio@utfpr.edu.br) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Resumo

Em regiões chuvosas, a prática do tênis de campo é prejudicada, especialmente quando feita em quadras de saibro. Quadras encharcadas não podem ser usadas para o lazer, para o treinamento de atletas amadores e profissionais e não geram lucro por meio de sua locação. No presente artigo, um modelo que integra a TRIZ à Abordagem Sistemática de Planejamento e Projeto é utilizado para a formulação da situação problemática descrita como e subsequente geração de soluções. Para apoiar o processo, é associado ao modelo o uso da Estratégia da Prototipagem Precoce. O trabalho descreve a análise realizada, os resultados obtidos e discute a eficácia dos métodos aplicados no alcance do objetivo.

Palavras-chave: TRIZ; Abordagem Sistemática de Planejamento e Projeto; Prototipagem Precoce; Cobertura para Quadra de Tênis; Projeto Conceitual.

Área: Métodos e técnicas para GDP e Criatividade.

1. INTRODUÇÃO

O tênis é um esporte praticado em uma superfície plana, geralmente de grama, saibro, ou cimento. No Brasil, a quadra mais comum e de preferência dos jogadores é a de saibro, por ser mais macia e confortável. Porém, quadras de saibro requerem muita manutenção, em comparação com as de cimento ou outro tipo de piso duro.

Em cidades onde chove muito, a utilização da quadra de saibro é prejudicada, como mostrado na Figura 1, sendo necessário esperar um longo tempo até que ela esteja em condições de uso. Curitiba é uma dessas cidades.

Segundo um levantamento do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), de dezembro de 2010 a novembro de 2011, foi registrada ocorrência de chuva em 183 dias em Curitiba, ou seja, choveu em aproximadamente metade dos dias do ano. Isto é um fato grave para os profissionais e academias de tênis, porque há a necessidade de reposição de aulas, o faturamento com o aluguel de quadras é diminuído e podem aparecer danos (erosão das

quadras), entre outros problemas. Destaca-se, ainda, que o tempo ocioso total das quadras é a soma do tempo chuvoso com o tempo de secagem. A secagem pode demorar um dia inteiro, dependendo de fatores como umidade atmosférica, grau de insolação e qualidade do sistema de drenagem da quadra.

Figura 1. Quadras de saibro encharcadas pela chuva



Fonte: Knevitz (2012)

Uma solução óbvia para evitar o encharcamento é a construção de quadras cobertas. Neste caso, o grande limitante é o custo elevado. A construção de uma quadra não coberta custa, em valores de junho de 2013, cerca de R\$ 13.000,00 e a de uma quadra coberta, cerca de R\$ 20.000,00. Muitas academias arrendam o terreno onde funcionam e não tem interesse em investir tais valores. Estima-se que apenas 10% das quadras de clubes e academias de tênis de Curitiba e região sejam cobertas.

Para que o uso das quadras não cobertas não seja tão dependente das condições climáticas, os autores consideraram duas grandes alternativas de desenvolvimento:

- a) um dispositivo para secar quadras;
- b) uma cobertura desmontável, que impeça o contato da chuva com a superfície da quadra.

O presente trabalho aborda a alternativa b. Com a utilização de uma cobertura desmontável, ataca-se a raiz do problema. Não seria necessário esperar a secagem, bastando simplesmente remover a cobertura após a chuva e utilizar imediatamente a quadra.

Uma das primeiras atividades do projeto foi pesquisar as tentativas anteriores de resolver o mesmo problema, ou problemas similares. Identificou-se que, no mercado brasileiro atual, não existem opções de coberturas deste tipo. O que alguns donos de quadras fazem, para ajudar na manutenção da quadra e evitar o contato com a chuva, é improvisar uma cobertura de lona, simplesmente disposta sobre a quadra. A falta de soluções disponíveis no mercado motivou os autores a aprofundar a investigação. Um levantamento mais detalhado das tentativas anteriores de resolver o problema (ou problemas similares) fez parte da pesquisa e é descrito na seção de resultados.

2. MÉTODOS

Logo de início, percebeu-se que o problema demandava soluções criativas. Deste modo, foi feita a opção por adotar o modelo proposto por De Carvalho (1999), com algumas adaptações. O referido modelo procurou concretizar e expandir a sugestão de Malmquist *et al.* (1996), integrando o uso da TRIZ e também de outros métodos para a solução criativa de problemas com a Abordagem Sistemática de Planejamento e Projeto, proposta por Pahl & Beitz (1996).

Além do modelo citado, esta pesquisa aplicou também a estratégia defendida por Kelley & Littman (2010), que preconiza o uso da prototipagem desde as etapas iniciais do desenvolvimento de produtos, aqui denominada Prototipagem Precoce.

2.1. Modelo de Integração da TRIZ com a ASPP

O modelo proposto por De Carvalho (1999) foi adaptado, optando-se pela utilização apenas das etapas que dizem respeito à TRIZ e omitindo aquelas relativas ao método SIT, como pode ser observado na **Error! Reference source not found.** Nota-se, na figura, o “salto” da etapa 12 para a 16. As etapas de 13 a 15 corresponderiam ao método SIT.

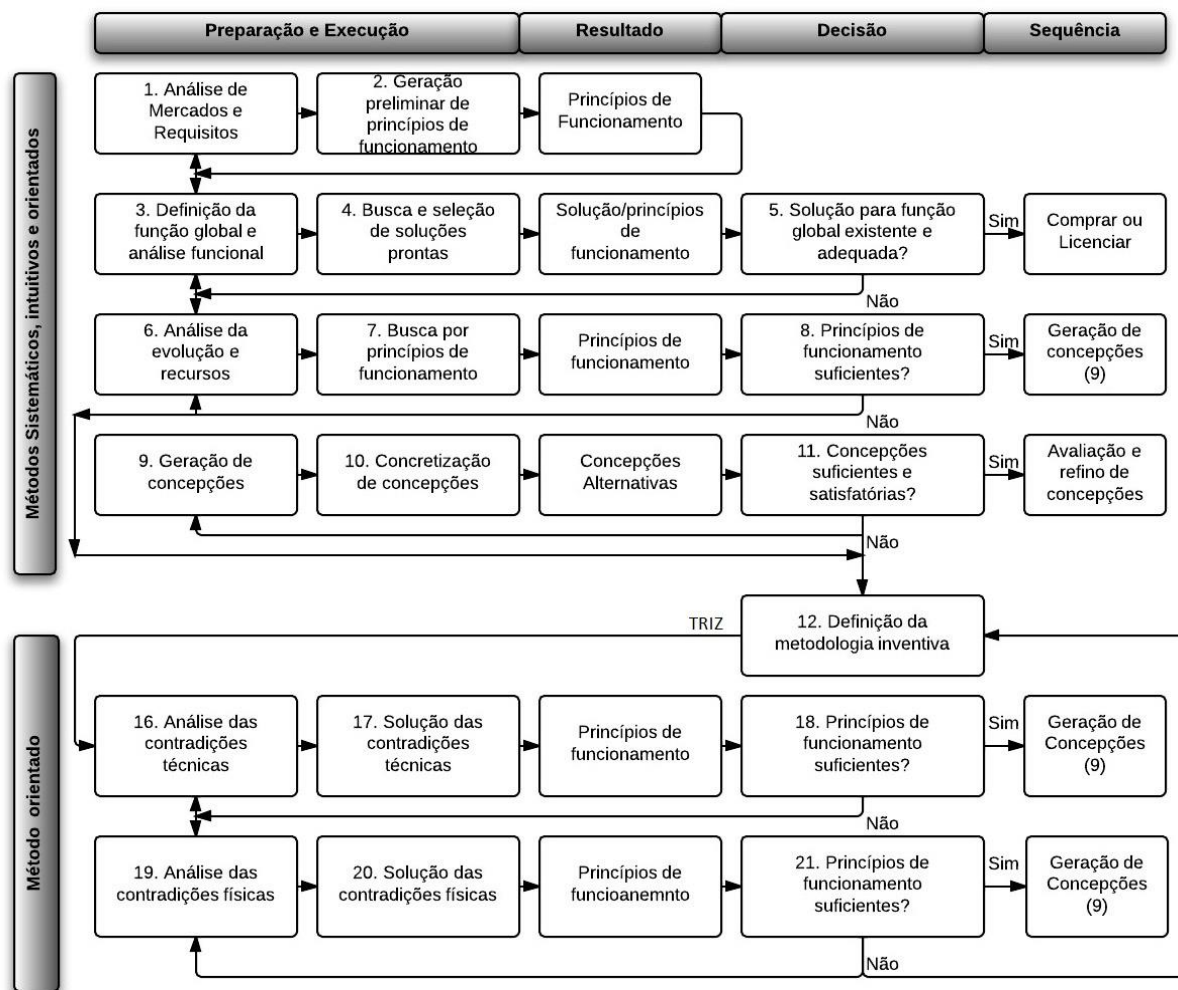
A primeira etapa do modelo proposto é uma análise de mercados e requisitos. Nesta etapa foi desenvolvido um questionário, aplicado por meio da internet, para o levantamento das necessidades gerais e específicas dos clientes e a formulação dos requisitos de projeto. Utilizou-se, também, a matriz Levantamento das Necessidades Gerais e Específicas (DE CARVALHO, 1999) para definir o problema e levantar as necessidades dos clientes. Após a identificação das necessidades e com o auxílio de listas genéricas de requisitos, a casa da qualidade (HAUSER & CLAUSING, 1988) foi construída com os requisitos de projetos obtidos. Visando a aplicação da TRIZ, foi preenchida a matriz de relacionamentos entre requisitos de projeto, para a identificação de conflitos entre requisitos.

Na etapa 2, através de métodos intuitivos e da documentação de ideias surgidas durante o levantamento de necessidades dos clientes e requisitos de projeto, foram gerados alguns princípios de funcionamento.

Para a definição da função global e análise funcional, na etapa 3, foi utilizada a matriz multitela, que contribuiu para ampliar a visão do problema e de seu contexto. Na etapa 4, soluções existentes que realizam a função global foram levantadas através de uma pesquisa na internet e em bancos de patentes e organizadas em uma matriz morfológica, na qual as subfunções e soluções encontradas para cada subfunção foram listadas. Foram pesquisados diversos tipos de coberturas que pudessem ser adaptadas para quadras de tênis. Várias soluções foram encontradas, sendo que as mais promissoras estão

identificadas no Quadro 1.

Figura 2 - Modelo para utilização dos MSCP utilizado no trabalho



Fonte: adaptado de De Carvalho (1999)

Uma vez que identificou-se espaço para a criação de uma solução melhor, o desenvolvimento prosseguiu. Na etapa 6, foi realizada uma análise mais profunda do sistema técnico e de suas adjacências com a criação da Matriz de Gerações. A partir dela, formulou-se o RFI-A (Resultado Final Ideal A). Nesta mesma etapa, realizou-se a identificação e estimativa do nível de dificuldade dos problemas e o levantamento de recursos do sistema e do ambiente com a Matriz para o Levantamento de Recursos.

A busca por princípios de funcionamento da etapa 7 foi realizada a partir do levantamento de recursos do sistema e do ambiente, onde foram identificados alguns princípios de funcionamento e possíveis soluções.

Observou-se que os princípios de funcionamentos gerados até a etapa 8 não foram suficientes para geração de soluções com qualidade atingindo o RFI e que atendessem às necessidades dos clientes. Decidiu-se, então, na etapa 12, dar continuidade à geração de

ideias com o auxílio da TRIZ, na etapa 16.

Quadro 1 – Melhores soluções existentes encontradas

Solução	Análise
Cobertura de piscina com braços articulados (SCHÜTZ, 1979)	Solução adequada para piscinas de porte relativamente pequeno, mas, inviável para uso em quadra de tênis, devido às dimensões muito grandes que as vigas em balanço precisariam ter. Além disso, não protege as laterais da quadra, ou seja, em situações de chuva com vento, a quadra seria molhada.
Cobertura de piscina desmontável (KERBY, 1981)	Esta solução certamente seria eficaz para a cobertura total de uma quadra de tênis. O problema neste caso é a montagem da estrutura de apoio, com vários suportes.
Aparelho para proteger temporariamente campos de atletismo e piscinas (VILLAIN & RAULIN, 1982)	Esta solução traz um mecanismo eficaz de armazenagem e desdobramento de um tecido impermeável para cobertura. A desvantagem é que o tecido fica simplesmente apoiado sobre a quadra. A água pode acumular-se e penetrar por debaixo do mesmo, molhando a quadra.
Sistema de proteção para quadra de tênis (SWAIN, 2007)	Swain propõe um sistema de cobertura eficaz e um bom mecanismo de desdobramento da cobertura. Neste caso, o problema é que, quando fora de uso, o sistema ocupa um grande espaço ao lado da quadra, o que torna seu uso inviável em academias, com várias quadras lado a lado.

Fonte: os autores

Na etapa 16, foi realizada a análise das contradições técnicas e o RFI-A foi reformulado, chegando-se a um RFI-B mais específico para cada subproblema e identificando os requisitos contraditórios mais relevantes.

Na etapa 17, para a geração de soluções e identificação de princípios inventivos, foram identificados vários parâmetros de engenharia contraditórios, com o intuito de obter uma variedade de soluções a partir da matriz de contradições.

Analisando os princípios de funcionamentos obtidos até a etapa 17, a decisão da etapa 18 foi a de dar continuidade ao modelo com a análise das contradições físicas (etapa 19), já que os princípios de funcionamento encontrados ainda não haviam sido suficientes para se retornar à etapa 9 e gerar concepções que efetivamente resolvessem o problema. Na etapa 19, formulou-se um novo resultado final ideal, denominado de RFI-C e identificaram-se as contradições físicas correspondentes a cada um dos problemas identificados. Foram elaborados, ainda, modelo su-campo de cada um dos problemas.

Para a solução das contradições físicas, na etapa 20 utilizou-se as soluções padrão para modelos su-campo e o método da separação. A partir dos princípios de funcionamento gerados na etapa 20 decidiu-se então, na etapa 21, que os princípios encontrados eram suficientes. Retornou-se então, à etapa 9 para a geração de concepções. Nesta etapa, foram selecionados os melhores princípios de funcionamento e a matriz morfológica da etapa 4 foi refeita para a geração e avaliação das concepções (etapas 10 e 11).

2.2. Prototipagem Precoce

Além do modelo descrito acima, nesta pesquisa também foi utilizada a Estratégia da Prototipagem Precoce, defendida por Kelley & Littman (2010). Uma maquete de uma quadra de saibro não coberta foi construída e, sobre esta maquete, protótipos das soluções mais promissoras geradas foram montados.

Com isto, procurou-se tornar os processos de formulação de problemas, de geração de alternativas e também de avaliação mais próximos da realidade do que ocorreria com o simples trabalho com lápis e papel ou com o computador.

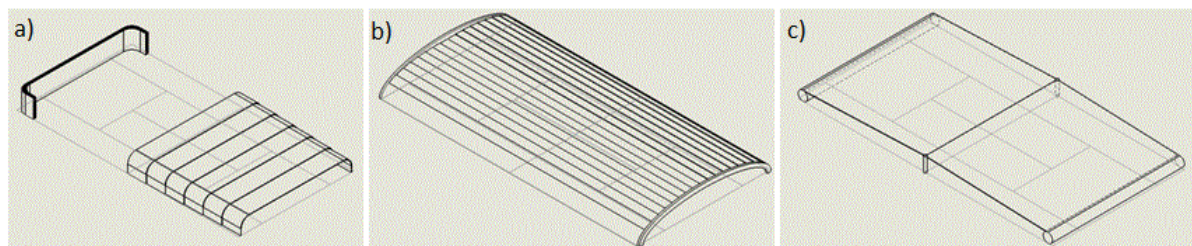
3. RESULTADOS

3.1. Concepções geradas pelo método proposto

Após aplicar o modelo proposto no desenvolvimento da cobertura para quadra de saibro, três concepções foram geradas na etapa 9.

A concepção 1 é apresentada na Figura a. Esta concepção assemelha-se às coberturas de piscina telescópicas encontradas no mercado, sendo acionada por motor. Para que a cobertura, quando desmontada, não ocupe muito espaço no fundo da quadra, ela pode ser armazenada na vertical, funcionando dessa maneira como uma barreira para que as bolas de tênis não caiam fora da quadra. O formato da cobertura faz com que a água da chuva escoe naturalmente sem a necessidade de rodos ou outros dispositivos para a secagem da mesma antes da desmontagem.

Figura 3 – a) Concepção 1; b) Concepção 2; c) Concepção 3



Fonte: Miyoshi (2013)

Na Figura 3b é apresentada a concepção 2. O diferencial desta segunda concepção em relação à primeira é o seu armazenamento, que é nas laterais da quadra, não tomando assim espaço no fundo da quadra, o que tende a atrapalhar muito o jogo de tênis. A cobertura da concepção 2 também seria telescópica retrátil e motorizada, para facilitar a montagem e desmontagem. Essa cobertura possui um formato parabólico, que facilita o escoamento da água da chuva, direcionando-a para as canaletas que existem nas laterais das quadras.

A concepção 3 (Figura 3c) consiste em duas lonas plásticas que são enroladas automaticamente quando não estão em uso, sendo necessária uma pessoa para puxá-las e cobrir a quadra. Os dispositivos onde as lonas são armazenadas ficam nos fundos da quadra. Para sua montagem, uma pessoa deve puxar uma lona de cada lado até o meio da quadra e fixá-la em dois postes que estarão previamente instalados nas laterais da quadra. Esses postes poderiam ter uma altura um pouco maior que a rede de tênis, para que não seja necessária a sua desmontagem.

3.2. Concepções geradas a partir da prototipagem

Após a geração das três concepções com o uso do modelo de De Carvalho (1999), realizou-se uma análise de cada uma, para escolher a que possuía maior viabilidade de produção.

A concepção 1 atende a requisitos como fácil montagem e desmontagem e não acumularia água da chuva. Porém, sua produção teria um alto custo, ocuparia espaço significativo no fundo da quadra e prenderia bolas, o que atrapalharia muito o treino ou jogo. A concepção 2 também atende a vários requisitos, mas demanda uma estrutura complexa, o que dificultaria sua produção e elevaria o custo.

A decisão recaiu sobre a concepção 3, por apresentar um princípio de funcionamento mais simples e também atender aos principais requisitos, sendo rápida a sua montagem e desmontagem e não acumular água da chuva.

A Figura 6 apresenta o protótipo da concepção 3. Observa-se que, devido às dimensões da quadra, a altura dos postes onde é fixada a lona não é suficiente para que a lona fique estendida e ocorra o escoamento da água da chuva. O que ocorre é que a lona fica praticamente toda apoiada no piso da quadra. Com o protótipo, também foi possível perceber que esta solução não protegeria as laterais da quadra da entrada de chuva e que, provavelmente, seriam necessárias pelo menos duas pessoas para a montagem e desmontagem da cobertura, devido ao tamanho e peso.

Figura 6 - Protótipo da concepção 3



Fonte: Miyoshi (2013)

Para tentar solucionar os problemas identificados na concepção 3, foram identificadas as contradições técnicas e aplicada a matriz de contradições para encontrar princípios

inventivos que ajudassem na solução desses problemas. As contradições técnicas identificadas e os princípios inventivos encontrados estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Contradições técnicas identificadas na concepção 3 e princípios inventivos

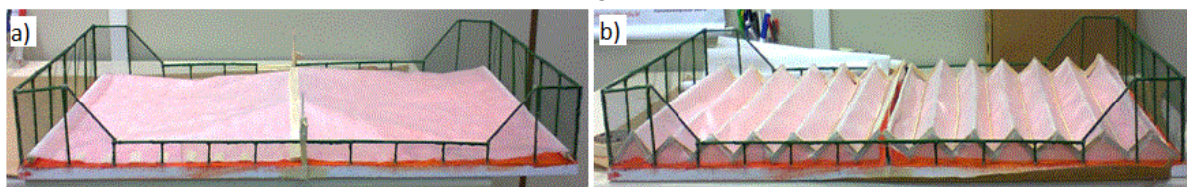
Parâmetros de engenharia contraditórios		Princípios inventivos
Parâmetro a ser melhorado	Parâmetro degradado	
nº 43 - Automação	nº 1 - Peso do objeto em movimento	nº 1 - Segmentação
		nº 13 - Inversão
		nº 12 - Equipotencialidade
		nº 26 - Cópia
		nº 21 - Aceleração
		nº 10 - Ação prévia
nº 9 - Forma	nº 46 - Complexidade de Controle	nº 28 - Substituição de meios mecânicos
		nº 37 - Expansão Térmica
		nº 24 - Mediação
		nº 7 - Aninhamento
		nº 25 - Auto-serviço
		nº 31 - Material Poroso
		nº 2 - Remoção ou Extração
		nº 23 - Retroalimentação

Fonte: Miyoshi (2013)

A partir dos princípios inventivos encontrados foram desenvolvidas as concepções 4 e 5, apresentadas nas Figuras 7a e 7b, respectivamente.

Na concepção 4 (Figura 7a), o princípio de funcionamento da cobertura é semelhante ao da concepção 3. Porém, os postes utilizados são mais altos do que os postes da rede e não são eles que suspendem a lona para que ela fique inclinada e escoe a água, mas sim um cabo fixado ao poste e preso à lona. Após montar esta concepção na maquete percebeu-se que a lona deveria ficar devidamente tensionada, pois mesmo ela estando inclinada ocorreria o acúmulo de água da chuva sobre a cobertura e seria necessário mais de duas pessoas para montar e desmontar a cobertura. Sendo assim, concluiu-se que a concepção 4 também não satisfazia aos requisitos mais importantes.

Figura 7 – a) Protótipo concepção 4; b) Protótipo concepção 5



Fonte: Miyoshi (2013)

A concepção 5 (Figura 7b) possui um princípio de funcionamento diferente. A partir dos princípios inventivos nº1 - Segmentação e nº 7 – Aninhamento, pensou-se em uma cobertura seccionada sanfonada retrátil, podendo ser motorizada ou não. Apesar de esta concepção atender aos requisitos de fácil montagem e desmontagem e do escoamento da

água da chuva, ela apresenta uma estrutura complexa, que seria de difícil produção. Outro problema encontrado foi o armazenamento desta cobertura, pois ela ocuparia um grande espaço no fundo da quadra, atrapalhando o uso da mesma.

Para solucionar os problemas apresentados pela concepção 5, foram utilizados novamente os princípios inventivos. Desta vez, em vez de utilizar a matriz de contradições, optou-se por selecionar parâmetros de engenharia a serem melhorados e as sugestões de Mann (2010) para os princípios inventivos que devem ser considerados quando se deseja melhorá-los. Os princípios inventivos encontrados são apresentados no Quadro 3.

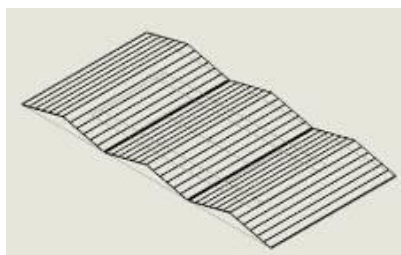
Quadro 3 - Princípios inventivos indicados por Mann (2010) que devem ser considerados para o parâmetro a ser melhorado

Parâmetros de engenharia a serem melhorados	Princípios inventivos
nº 32 - Adaptabilidade	nº 15 - Dinamização
	nº 28 - Substituição de meios mecânicos
	nº 29 - Construção pneumática ou hidráulica
	nº 35 - Mudança de parâmetros e propriedades
nº 41 - Manufaturabilidade	nº 1 - Segmentação ou fragmentação
	nº 5 - Consolidação
	nº 10 - Ação prévia

Fonte: Miyoshi (2013)

A partir do princípio nº 5 – Consolidação, desenvolveu-se a concepção 6, apresentada na Figura 9. O seu princípio de funcionamento consiste em uma lona onde são costuradas barras para conferir rigidez à lona. Ela é então esticada sobre a quadra através de guias, formando uma cobertura com partes mais altas para facilitar o escoamento da água. Essas guias devem ser fixas na quadra e possuem uma lona nas laterais que evita a entrada de chuva. Para esta concepção, não foi construído um protótipo.

Figura 9 - Concepção 6



Fonte: Miyoshi (2013)

Outras soluções foram também geradas, as quais não foram incluídas neste artigo por estarem sendo detalhadas, para possível patenteamento.

4. CONCLUSÕES

O objetivo estabelecido, de criar uma solução para cobrir temporariamente quadras de

saibro, foi alcançado. Na verdade, não apenas uma, mas, múltiplas soluções foram geradas, sendo que algumas atendem melhor que outras aos requisitos estabelecidos.

O modelo utilizado apresentou-se bastante eficaz em guiar o processo de desenvolvimento, estimulando a geração de soluções genuinamente criativas.

Descobriu-se que a estratégia da prototipagem precoce pode complementar de modo muito efetivo o modelo prescritivo adotado. Por um lado, prototipar envolve habilidades manuais, além daquelas ligadas ao raciocínio lógico e à imaginação. Por outro lado, o protótipo possibilita melhor visualização das restrições, possibilidades e da eficácia das soluções propostas. Com a maquete, foi possível verificar que certos requisitos haviam sido desconsiderados. Foram encontrados vários problemas relacionados com as grandes dimensões da quadra de saibro, como: armazenamento da cobertura desmontada, número de pessoas envolvidas no processo, peso da cobertura, entre outros.

Ao tentar aplicar a metodologia TRIZ novamente nos problemas identificados através da prototipagem, utilizando a análise das contradições técnicas e dos princípios inventivos, percebeu-se certa dificuldade na utilização do método ao se trabalhar com uma cadeia de problemas.

Nem todas as concepções geradas atenderam aos requisitos propostos, mas podem ser melhor estudadas e aperfeiçoadas em trabalhos futuros. Uma dessas alternativas seria a concepção 5, que atende aos requisitos principais, porém ocupa muito espaço ao ser armazenada. Em pesquisas futuras, pode-se tentar encontrar uma solução para esse problema.

A partir do desenvolvimento deste trabalho percebeu-se que é muito importante, durante a fase inicial de desenvolvimento do produto, pensar na aplicabilidade da concepção, ou seja, se ela realmente será capaz de atender aos requisitos propostos. Apenas com o papel e o computador, muitas vezes não se consegue encontrar uma solução ou até mesmo identificar claramente o problema real, o que leva a perder muito tempo na etapa inicial de desenvolvimento do produto. O uso da Prototipagem Precoce foi uma maneira eficaz de reduzir essa barreira e aproximar a teoria da realidade.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), ao Centro de Inovação Tecnológica da UTFPR (CITEC), ao Laboratório SOMA Inovação Sistemática, à Fundação de Apoio à Educação, Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (FUNTEF-PR) e ao Programa de Pós-

Graduação em Engenharia Mecânica de Materiais (PPGEM) pelo apoio financeiro e logístico a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

DE CARVALHO, M. A. **Modelo Prescritivo para a Solução Criativa de Problemas nas Etapas Iniciais do Desenvolvimento de Produtos**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: PPGE/UFSC, 1999.

HAUSER, R. J.; CLAUSING, D. The House of Quality. **Harvard Business Review**, May-June, p. 63-73, 1988.

KELLEY, T.; LITTMAN, J. **A Arte da Inovação**: Lições de criatividade da IDEO, a maior empresa norte-americana de design; tradução Maria Claudia Lopes. São Paulo: Editora Futura, 2001.

KERBY, F. A. **Collapsible Pool Cover Assembly**. Patente dos EUA US 4257132, 1981.

KNEVITZ, A. **Chuva Atrasa Aberto do Rio Grande do Sul**. Jornal Correio do Povo, Porto Alegre, out. 2012. Seção Área de Saque. Disponível em: <http://www.correiodopovo.com.br/blogs/areadesaque/?p=4119>. Acesso em: 10 out. 2012.

LINDE, H. & HILL, B. **Erfolgreiche Erfinden**: Widerspruchsorientierte Innovationsstrategie für Entwickler und Konstrukteure. Darmstadt: Hoppenstedt, 1993.

MALMQUIST, J., AXELSSON, R., JOHANSSON, M. A Comparative Analysis of the Theory of Inventive Problem Solving and the Systematic Approach of Pahl and Beitz. **Proceedings of ASME Design Engineering Technical Conference**, Irvine, 1996.

MANN, D. L. **Matrix 2010**: Re-updating the TRIZ Contradiction Matrix. Bath: Lazarus Press, 2010.

MIYOSHI, M. H. **Desenvolvimento de Cobertura para Quadra de Saibro**. Relatório de Estágio. Curitiba: UTFPR/CITEC (Laboratório SOMA), 2013.

PAHL, G., BEITZ, W. **Engineering Design**: A Systematic Approach. London: Springer, 1996.

SCHUTZ, J. **Pool Cover**. Patente de Invenção dos EUA US4163295, 1979.

SWAIN, T. **Tennis Court Protection System**. Patente de Invenção dos EUA US7195572, 2007.

VILLAIN, C., RAULIN, J. **Apparatus for temporarily protecting athletic fields and swimming pools**. Patente de Invenção Europeia EP0056539, 1982.