

A UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO NO PROCESSO DE PROJETO

THE USE OF DECISION MAKING TOOLS TO SUPPORT DESIGN PROCESS

 10.4237/gtp.v1i1.116

Juliana C. Schlachter SAMPAIO

Arquiteta, Mestre, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará.

|julianaschlachter@yahoo.com.br|

Mariana Monteiro Xavier de LIMA

Arquiteta e Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará.

|marimxl@yahoo.com.br|

José de Paula Barros NETO

Professor Doutor, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará.

|jpbarros@ufc.br|

RESUMO

Proposta: Este estudo faz parte de uma pesquisa que visa a propor diretrizes que auxiliem os projetistas na geração de valor para os usuários de empreendimentos habitacionais a partir de resultados de avaliações de satisfação.

Metodologia de pesquisa/Abordagens: A etapa desta pesquisa aqui apresentada refere-se à análise de ferramentas de apoio à tomada de decisão e tem como objetivo verificar a viabilidade de uso destas durante as fases iniciais do processo de projeto. Baseados numa primeira análise da literatura, os autores definiram quatro ferramentas (o Desdobramento da Função Qualidade, o Processo de Análise Hierárquica, a Teoria de Solução Inventiva de Problemas e o Projeto Axiomático) a serem estudadas. Em seguida, foi realizado um levantamento bibliográfico em anais de eventos e periódicos nacionais e internacionais. Os aspectos positivos e negativos de utilização de cada ferramenta foram compilados para, finalmente, serem analisados segundo a ótica do projeto arquitetônico.

Resultados: Concluiu-se que as ferramentas apresentam aspectos positivos que as tornam compatíveis com o processo de projeto arquitetônico, porém estas necessitam de adaptações para que sejam utilizadas nas próximas etapas da pesquisa. Além disto, os aspectos negativos devem ser considerados a fim de que os problemas já encontrados sejam minimizados.

Contribuições/ Originalidade: Além de apresentar uma abordagem pouco explorada na literatura – a análise de ferramentas de apoio à tomada de decisão –, esta pesquisa contribui para a retroalimentação dos dados oriundos de avaliações de satisfação de uma maneira sistematizada.

Palavras-chave: ferramentas, processo de projeto, geração de valor.

ABSTRACT

Proposal: This study is part of a research that aims to offer guidelines to assist designers in the generation of value to users of housing buildings from the results of satisfaction evaluation. The research's stages presented here refers to the analysis of tools that support decision making and aims

to verify the viability of using each one of them during the initial stages of the project. Based on an initial review of the literature, the authors defined four tools (Quality Function Deployment, Analytical Hierarchical Process, Theory of Inventive Problem Solving and Axiomatic Design) to be studied. Then, was a bibliography gathering in proceedings and journals. The positive and negative aspects of using each tool were compiled to finally be analyzed according to the point of view of the architectural design. It was concluded that tools present positive aspects that make them compatible with the process of architectural design, but these need adaptations to be used in the next stages of research. Also, the negative aspects should be considered to minimize the tools' problems already found. In addition to a little explored approach in literature – the analysis of tools to support decision making –, this research contributes to the feedback of data from assessments of satisfaction in a systematic way.

Key-words: tools, design process, value generation.

1. INTRODUÇÃO

Em busca da análise da satisfação dos usuários com as moradias, uma série de pesquisas vem sendo realizada (e.g., JOBIM, 1997; LEITE, 2005; LIMA, 2007; MIRON, 2002). Entre estas, destacam-se aquelas na área de avaliação pós-ocupação e do gerenciamento dos requisitos do cliente.

Percebe-se, porém, que uma grande quantidade de dados oriundos das avaliações de satisfação não é utilizada na retroalimentação do processo de projeto. Kowaltowski e Moreira (2008) destacam a importância da incorporação destas informações em projetos futuros e enfatizam a importante contribuição dada pelos moradores. Corroborando com eles, Ornstein (2008) aponta a necessidade de pesquisas que contribuam com a retroalimentação da etapa pré-projeto e do programa de necessidades a partir de avaliações pós-ocupação.

Através deste ciclo, os projetistas tornam-se capazes de gerar mais valor para o cliente final, uma vez que desenvolverão produtos condizentes com as necessidades dos usuários, e, assim, garantirão a sua maior satisfação, já que este é o principal objetivo daqueles envolvidos na atividade projetual. Koskela (1992), neste sentido, aponta o aumento do valor do produto através da consideração das necessidades do cliente como um dos princípios da nova filosofia de produção aplicada para a construção¹, também conhecida como *lean construction*.

¹ Além deste, os demais princípios apresentados por Koskela (1992) são a redução da parcela de atividades que não agregam valor ao produto, a redução da variabilidade, a redução do tempo de ciclo, a simplificação pela redução do número de passos ou partes, o aumento da flexibilidade de saída, o aumento da transparência do processo, o controle focado no processo global, a introdução de melhoria contínua no processo, a manutenção de um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões e o *benchmarking*.

Por sua vez, o processo de projeto, baseado nestes mesmos princípios, é denominado *lean design*. Senthilkumar *et al.* (2009) discorrem acerca da influência que a fase de projeto tem sobre a qualidade final do empreendimento, uma vez que as decisões tomadas nesta fase (projeto) repercutem na construção e, portanto, na obra finalizada. Neste sentido, os autores destacam que conceitos da nova filosofia de produção, como a eliminação de desperdícios e de atividades que não agregam valor, estão relacionados tanto com a fase de construção quanto de projeto, já que os desperdícios referem-se tanto a superprodução e espera (no caso da construção), quanto a tempo demandado e retrabalho (no caso do projeto).

Malard (2009), no entanto, aponta para o fato da aplicação dos conceitos do *lean manufacturing*, do qual se originaram a *lean construction* e o *lean design*, limitar-se às últimas etapas do processo de projeto, momento em que as questões relativas à qualidade arquitetônica já deverão ter sido asseguradas.

De acordo com este contexto, esta pesquisa vislumbra como problema de pesquisa a carência de ferramentas que apóiem a retroalimentação dos dados, obtidos junto a avaliações de satisfação com moradores de condomínios já consolidados, no processo de projeto, o que suscita a seguinte questão:

- como melhorar a geração de valor no processo de projeto da construção habitacional a partir da retroalimentação de dados oriundos de pesquisas de satisfação com o usuário final?

O objetivo geral da pesquisa, portanto, é propor diretrizes que auxiliem os projetistas na geração de valor para os usuários de empreendimentos habitacionais a partir de resultados de avaliações de satisfação.

O estudo aqui apresentado limita-se, no entanto, à primeira etapa desta pesquisa, a qual se refere à análise de ferramentas de apoio à tomada de decisão e tem como objetivo verificar a viabilidade de uso de cada uma delas durante as fases iniciais do processo de projeto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste item, são apresentadas quatro ferramentas de apoio à tomada de decisão existentes na literatura. Duas delas se baseiam em matrizes, o Desdobramento da Função Qualidade e o Processo de Análise Hierárquica, e as outras duas, a Teoria da Solução Inventiva de Problemas e o Projeto Axiomático, relacionam-se com o processo criativo.

2.1. DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE

O Desdobramento da Função Qualidade (QFD) é uma ferramenta de projeto originária da fábrica de navios da Mitsubishi em Kobe que, a partir da década de 70, passou a ser utilizada por outros industriais japoneses (HAUSER e CLAUSING, 1988).

De acordo com Eureka e Ryan (1992), a metodologia utilizada no QFD compõe-se por quatro matrizes (planejamento do produto, desdobramento de componentes, planejamento do processo e planejamento da produção) que desdobram as necessidades do cliente e os requisitos técnicos a elas relacionados (FIGURA 1).

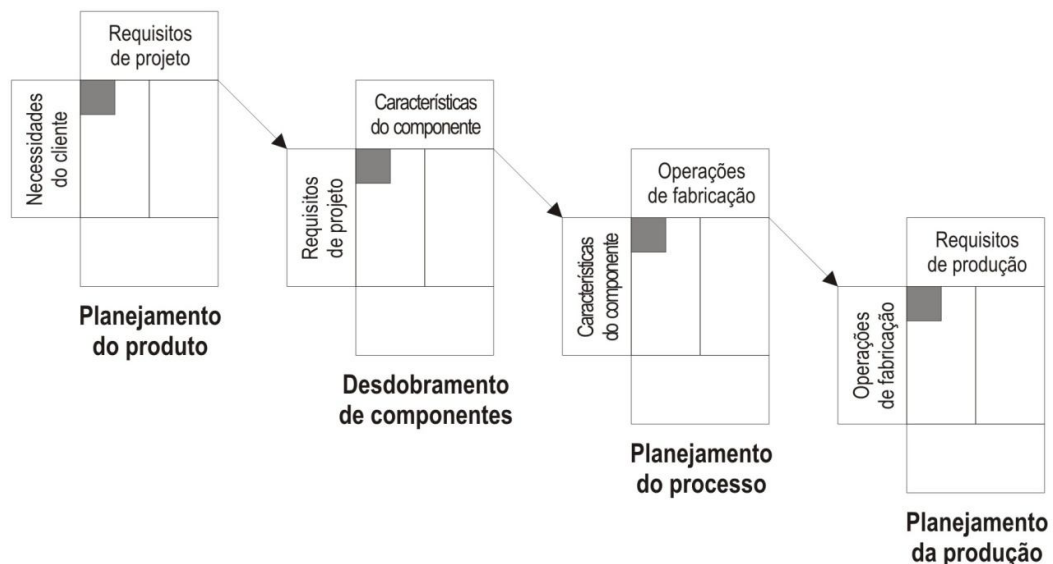


Figura 1. Matrizes utilizadas na ferramenta QFD.
Fonte: Adaptado de Eureka e Ryan (1992).

A primeira destas matrizes também é conhecida como Casa da Qualidade (FIGURA 2) e corresponde à relação entre as necessidades do cliente (o que) e os requisitos de projeto (como); segundo Hauser e Clausing (1988), o “como” desta

matriz passa a ser utilizado como o “o que” da próxima matriz, e assim sucessivamente até que as quatro matrizes estejam completadas, como pode ser visto na FIGURA 1.

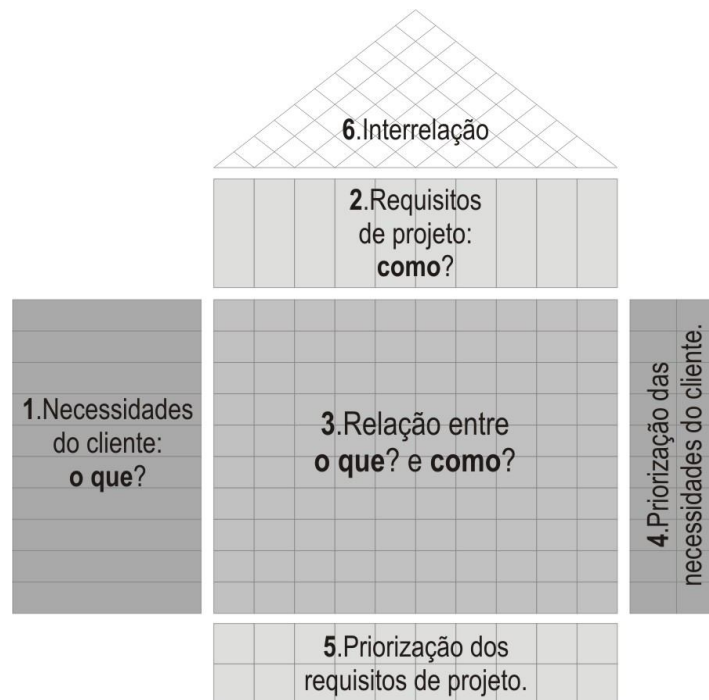


Figura 2. Casa da Qualidade.
Fonte: Adaptado de Cariaga et al. (2007) e Kamara et al. (1999).

Segundo Kamara *et al.* (1999), o QFD é uma ferramenta que, entre outras maneiras de ser utilizado, auxilia na terceira etapa do processamento dos requisitos do cliente, qual seja, a tradução dos requisitos em atributos de projeto. Antes desta etapa, porém, os requisitos devem ser definidos, através de questionários ou entrevistas estruturadas, e analisados, através da priorização, estruturação e determinação dos pesos de cada requisito (FIGURA 3). Nesta terceira etapa, os resultados da análise são inseridos, pela equipe de projeto, nos quadrantes necessidades do cliente (o que) e requisitos de projeto (como) da Casa da Qualidade.

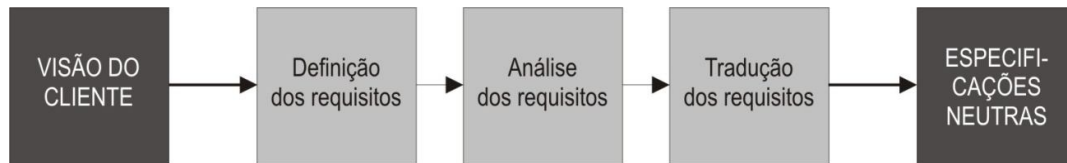


Figura 3. Processamento dos requisitos do cliente.
Fonte: Adaptado de Kamara et al. (1999).

Após o preenchimento dos quadrantes 1 e 2, o próximo passo da construção da Casa da Qualidade é relacionar as necessidades do cliente (o que) com os requisitos de projeto (como) através de números (ou símbolos) que representem a interferência que cada um dos requisitos tem sobre cada uma das necessidades (KAMARA *et al.*, 1999). Através deste cruzamento, torna-se possível, para os projetistas, verificar as interferências positivas e negativas resultantes, e, conseqüentemente, tomar decisões de uma maneira mais consciente.

A aplicação da ferramenta, contudo, não se limita ao que foi aqui apresentado, o que compõe apenas uma explicação simplificada do uso da Casa da Qualidade. Aconselha-se, portanto, a leitura de Eureka e Ryan (1992) para um entendimento mais aprofundado sobre o QFD.

2.2. PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA

Conhecido como AHP (da sigla, em inglês, de *Analytical Hierarchy Process*), a ferramenta Processo de Análise Hierárquica foi desenvolvida pelo matemático Thomas Saaty na década de 70 para auxiliar no processo de tomada de decisões subjetivas e nas suas justificativas (GASS, 1985). Cruz Júnior e Carvalho (2003) afirmam que o AHP pode ser utilizado em situações de definição de prioridade, avaliação de custos e benefícios, determinação de requisitos, entre outras.

Segundo Gass (1985), o AHP utiliza um modelo de comparação quantitativa que auxilia a verificar a relação entre opções qualitativas e define a importância de cada alternativa. O autor afirma que a escala utilizada (de 1-9, sendo os números pares utilizados apenas quando há uma espécie de compromisso entre dois números consecutivos) baseia-se em estudos psicológicos.

Para a utilização da ferramenta, o problema deve ser formulado como uma árvore de decisão, com cada nível hierárquico envolvendo alguns atributos (CARVALHO

e SPOSTO, 2007). Na FIGURA 4, Gass (1985) apresenta um exemplo de decisão por disciplinas optativas de uma grade curricular de um curso superior, DO1, DO2 e DO3; neste caso, o objetivo almejado foi a boa formação, e os atributos comparados são (1) melhorar a nota geral, (2) promover a carreira e (3) ampliar o conhecimento.

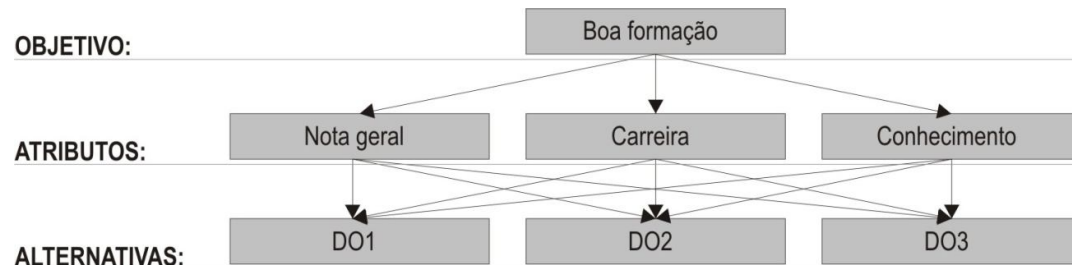


Figura 4. Exemplo de árvore de decisão.
Fonte: Adaptado de Gass (1985).

Os atributos de cada nível são, primeiramente, comparados entre si (QUADRO 1). Os valores que representam a importância (1-9) são atribuídos pelo responsável pela análise, já os valores de π , P e p (conforme pode ser visto nos QUADROS 1, 2 e 3) são definidos a partir de fórmulas geométricas específicas. Em seguida, realiza-se uma comparação entre as alternativas em função de cada atributo, conforme exemplificado no QUADRO 2. As alternativas e os atributos são, por último comparados (QUADRO 3), para que, finalmente, o problema seja solucionado de acordo com a melhor opção encontrada para a boa formação (GASS, 1985).

Comparação dos atributos em relação ao objetivo de obter uma boa formação	Nota geral	Carreira	Conhecimento	π	P	p
Nota geral	1	1/5	1/2	0,1	0,464	0,11
Carreira	5	1	7	35	3,271	0,74
Conhecimento	2	1/7	1	0,286	0,659	0,15
					4,394	

Quadro 1. Comparação entre os atributos.
Fonte: Adaptado de Gass (1985).

Nota geral	DO1	DO2	DO3	π	P	p
DO1	1	3	5	15,000	2,466	0,650
DO2	1/3	1	2	0,667	0,874	0,230
DO3	1/5	1/2	1	0,100	0,464	0,120
					3,804	

Quadro 2. Comparação entre as alternativas em função da nota geral.
Fonte: Adaptado de Gass (1985).

		ATRIBUTOS			p
		Nota geral	Carreira	Conhecimento	
Prioridades do nível 2		0,11	0,74	0,15	
ALTERNATIVAS	DO1	0,65	0,36	0,27	0,38
	DO2	0,23	0,59	0,10	0,48
	DO3	0,12	0,05	0,63	0,14

Quadro 3. Comparação geral entre atributos e alternativas.
Fonte: Adaptado de Gass (1985).

De acordo com a exemplificação de Gass (1985), a disciplina optativa mais adequada para o aluno é a DO2, já que o valor final foi 0,48, sendo a DO3 descartada das opções em função do baixo valor atingido (0,14). Em relação à DO1, esta resultou num valor aproximado da DO2 (0,38), sendo, portanto, passível de ser escolhida (Quadro 3). Explicações mais detalhadas sobre este exemplo podem ser encontradas em Gass (1985).

2.3. TEORIA DA SOLUÇÃO INVENTIVA DE PROBLEMAS

Conhecida na literatura como TRIZ, a Teoria da Solução Inventiva de Problemas foi criada na ex-União Soviética, por volta da década de 50, por Altshuller a partir do estudo de patentes de diferentes áreas, conforme apresentam Carvalho e Back (2001). Os autores relatam que Altshuller realizou diversas análises sobre os

processos envolvidos na obtenção das soluções criativas contidas nas patentes, encontrando certas regularidades, e, assim, definindo princípios, leis e esta teoria. Restringindo-se, inicialmente, ao campo do desenho industrial, atualmente, a TRIZ passou a ser utilizada em outros campos do conhecimento, como administração, comércio, pedagogia e arquitetura (KIATAKE, 2004).

De acordo com Yang e Zhang (2000), a TRIZ é uma metodologia para auxiliar os projetistas e inventores no processo de concepção de produtos, evitando o método convencional baseados no *know-how* e na “tentativa e erro” e resolvendo os problemas de uma maneira criativa.

Segundo Kiatake (2004), a TRIZ é estruturada em diversas partes, sendo classicamente composta por leis baseadas nos principais conceitos da teoria e por métodos para a formulação e para a solução de problemas. A metodologia se baseia na utilização de 40 princípios inventivos (QUADRO 4), estes podem ser utilizados diretamente ou a partir do uso de uma matriz das contradições, conforme pode ser observado na FIGURA 5 (CARVALHO e BACK, 2001).

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
15. Dinamização	16. Ação parcial ou excessiva
17. Transição para nova dimensão	18. Vibração mecânica
19. Ação periódica	20. Continuidade da 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 em 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

Quadro 4. Princípios inventivos.
Fonte: Altshuller apud Carvalho e Back (2001).

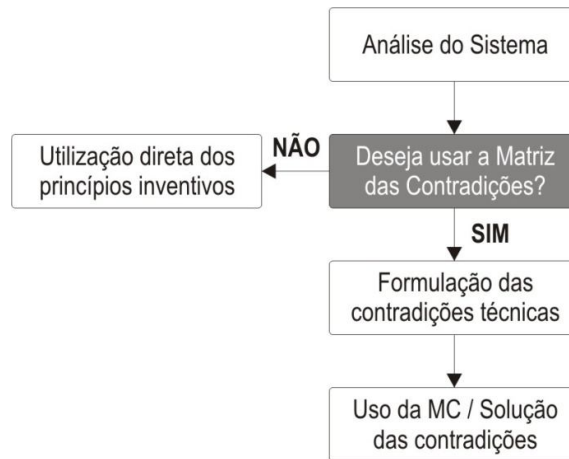


Figura 5. Fluxograma para uso dos conceitos da TRIZ.
Fonte: Adaptado de Carvalho e Back (2001).

2.4. PROJETO AXIOMÁTICO

Desenvolvido pelo Professor Nam Suh, do *Massachusetts Institute of Technology*, aproximadamente na década de 80, a Teoria do Projeto Axiomático buscava auxiliar os projetistas de Engenharia Mecânica a identificar os problemas, existentes no processo de projeto, que geravam soluções inferiores (MONICE e PETRECHE, 2004). Suh (1998) afirma, no entanto, que esta teoria pode ser utilizada em qualquer outro tipo de projeto.

Segundo Sozo (2002), a abordagem axiomática dos projetos inicia-se a partir da premissa de que existem princípios generalizáveis definidores do processo de projeto; neste sentido, o objetivo da metodologia é ampliar a experiência dos projetistas fornecendo linhas gerais de princípios a fim de que eles possam usar plenamente a sua criatividade (MONICE e PETRECHE, 2004).

Os projetistas devem considerar quatro princípios na abordagem axiomática: os domínios, as hierarquias, o “zigzague” e os axiomas. Os domínios totalizam quatro – o do usuário, o funcional, o físico e o de processo, conforme pode ser visto na FIGURA 6, e respondem às questões:

- o que meu cliente e os usuários do edifício desejam obter? (domínio do usuário);

- o que o profissional deseja obter como resultante do projeto? (domínio funcional);
- como eu posso obtê-los? (domínio físico).

Respondendo a estas três questões, o quarto domínio, o de processo, é formado (MONICE e PETRECHE, 2004).

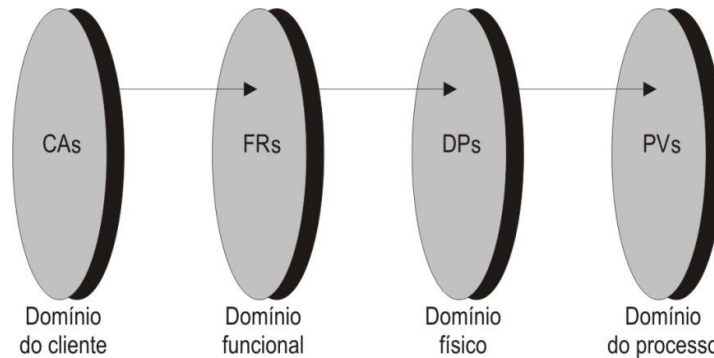


Figura 6. Domínios do Projeto Axiomático.
Fonte: Adaptado de Suh (1998).

Os domínios, conseqüentemente, possuem uma relação hierárquica entre o que se pretende alcançar e como este o que pode ser alcançado. Já o “ziguezague”, mostrado na FIGURA 7, representa a análise desta relação (SUH, 1998; MONICE e PETRECHE, 2004).

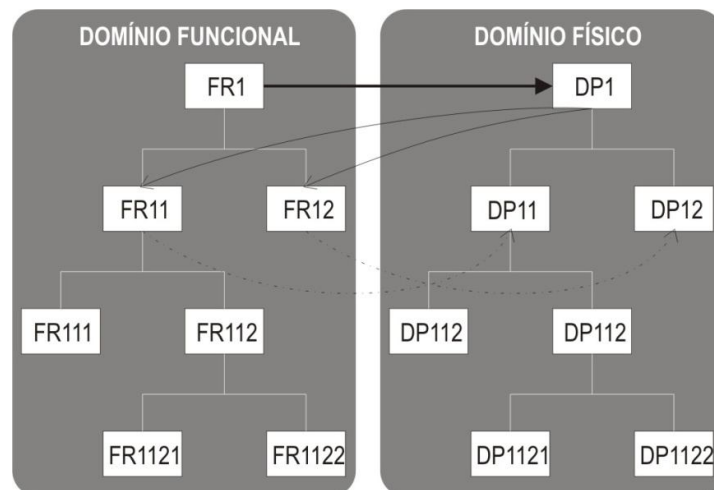


Figura 7. “Ziguezague” entre os domínios.
Fonte: Adaptado de Monice e Petreche (2004).

Finalmente, os axiomas são verdades evidentes para as quais não há exemplos contrários ou exceções (SUH, 1998). O projeto axiomático, segundo Suh (1998), baseia-se em dois axiomas:

- Axioma da Independência: os requisitos funcionais devem ser, sempre, independentes entre si;
- Axioma da Informação: entre os projetos que satisfazem o axioma da independência, aquele que possui o menor número de informações é considerado a melhor solução.

3. METODOLOGIA

Conforme relatado, este estudo representa a primeira etapa metodológica de uma pesquisa e refere-se à análise de ferramentas de apoio à tomada de decisão. Esta etapa possui um caráter exploratório, pois, de acordo com Gil (1988, p. 41), “estas pesquisas têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito”.

Com base na classificação de Gil (1988) quanto aos procedimentos técnicos utilizados, este estudo insere-se no grupo cujas fontes são fornecidas através de documentos; portanto, trata-se de uma pesquisa bibliográfica, “desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos” (GIL, 1988, p.44).

Neste estudo, os autores percorreram cinco passos (FIGURA 8) a fim de que o objetivo seja atingido. Baseados numa análise geral da literatura, os autores definiram quatro ferramentas a serem estudadas (QFD, AHP, TRIZ e Projeto Axiomático). Estas foram escolhidas, aleatoriamente, a partir da leitura sobre metodologia do projeto arquitetônico.



Figura 8. Etapas metodológicas
Fonte: dados primários.

Em seguida, foi realizado um levantamento bibliográfico, em anais de eventos e periódicos, além do banco de dados de dissertações de algumas universidades brasileiras e em livros, conforme sugerido por Gil (1988). O terceiro passo foi a compilação dos aspectos positivos e negativos de utilização de cada ferramenta através da identificação destes no referencial bibliográfico. Finalmente, a análise destas segundo a ótica do projeto arquitetônico, bem como a viabilidade de uso, foi verificada.

4. RESULTADOS

A partir da escolha das ferramentas a serem estudadas, foi realizado o levantamento bibliográfico; buscou-se um equilíbrio entre a quantidade de publicações das ferramentas. Assim, para cada uma delas, foram encontradas aproximadamente dez referências (QUADRO 5).

	QFD	AHP	TRIZ	PA
Periódicos	6	4	4	1
Anais	1	4	4	4
Dissertações e teses	1	1	2	4
Livros	1	1	-	-
TOTAL	9	10	10	9

Quadro 5. Levantamento bibliográfico.
Fonte: dados primários.

Gil (1988, p. 44) destaca que “os livros constituem as fontes bibliográficas por excelência”. Embora não tenham sido encontrados livros sobre cada ferramenta, verifica-se que foram coletados artigos cujos objetivos eram apresentar o escopo da ferramenta. Quanto à TRIZ, Carvalho e Back (2001, p.1), em artigo publicado em congresso, definem que “um objetivo adicional deste trabalho é ser um guia para os interessados em utilizar os conceitos fundamentais da TRIZ e o MPI”². Já o artigo relacionado ao Projeto Axiomático tem como autor o próprio professor que desenvolveu a teoria (SUH, 1988).

² A sigla MPI refere-se ao Método dos Princípios Inventivos. De acordo com Carvalho e Back (2001), este é o método mais utilizado na TRIZ, que faz uso de heurísticas ou sugestões de possíveis soluções para um determinado problema – os princípios inventivos.

4.1. ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DAS FERRAMENTAS

O material bibliográfico levantado engloba tanto o campo de conhecimento da construção civil quanto o de outras engenharias e da manufatura. Portanto, os aspectos a seguir apresentados (QUADROS 6 e 7) referem-se a uma abordagem mais ampla do que a da arquitetura.

Em relação ao QFD, Cariaga *et al.* (2007) classificam os aspectos positivos da ferramenta como tangíveis e intangíveis. No primeiro grupo, inserem-se fatores como a redução do tempo de desenvolvimento do projeto, a eliminação das alterações tardias e a alocação mais eficaz dos recursos necessários para o desenvolvimento do produto; no segundo, estão o aumento da satisfação do cliente, a melhor comunicação através da formação de equipes multidisciplinares e a transferência de conhecimento por meio da construção de uma base de dados (CARIAGA *et al.*, 2001; CARNEVALLI *et al.*, 2004). Dikmen *et al.* (2005) complementam com a coleta e a identificação precisas das necessidades e das expectativas do cliente, o que auxilia o entendimento mais aprofundado sobre os requisitos do produto (KAMARA *et al.*, 1999).

Embora apresente os benefícios acima, o QFD também possui aspectos negativos. Entre os destacados por Dikmen *et al.* (2005) estão as limitações globais, como o caráter qualitativo e subjetivo da ferramenta e o desconhecimento acerca da mesma por parte das empresas, e as limitações específicas, como a aplicação do processo e a dificuldade de formação de equipes multidisciplinares. Carnevalli *et al.* (2004) apontam, como outras limitações, o longo tempo consumido e a dificuldade em trabalhar com matrizes muito grandes.

A segunda ferramenta, o AHP, tem como aspectos positivos a possibilidade de incorporar fatores qualitativos e quantitativos no processo de tomada de decisões (CRUZ JUNIOR e CARVALHO, 2003), a capacidade de tornar este processo de seleção, ordenamento e julgamento transparente (CARVALHO e SPOSTO, 2007), e a versatilidade de emprego em diferentes situações (GASS, S., 1985). Mota *et al.* (2009) ainda destacam o envolvimento de uma equipe multidisciplinar (e a melhor comunicação), a realização de uma análise mais completa do problema e a consideração de vários critérios simultaneamente.

Como aspectos negativos, repetem-se algumas limitações encontradas para o QFD, como a falta de conhecimento da ferramenta por parte das empresas e a dificuldade de formação de equipes multidisciplinares (CARVALHO e SPOSTO, 2007). O número de critérios e alternativas, que pode tornar-se excessivo, (GASS, 1985) e o rápido crescimento da quantidade de comparações pareadas (CRUZ JUNIOR e CARVALHO, 2003) são outras limitações do AHP.

Quanto à TRIZ, o principal aspecto positivo apresentado é a possibilidade de resolver os problemas de projeto de uma maneira criativa, em vez do processo ocorrer através de tentativas e erros (YANG e ZHANG, 2000). Carvalho e Back (2001) também destacam a transparência de requisitos conflitantes e a verificação dos recursos passíveis de serem utilizados, tanto em reformas quanto em novos projetos, como outros benefícios da teoria. No entanto, estes mesmos autores classificam, como aspectos negativos, a necessidade de revisão dos princípios inventivos em função de soluções eletrônicas, em vez de mecânicas, e o caráter antigo dos conceitos fundamentais da TRIZ.

Assim como ocorre com a TRIZ, o Projeto Axiomático (PA) também tem como principais aspectos positivos, apontados por Yang e Zhang (2000), a eliminação das tentativas e erros do processo de projeto e a realização deste processo de forma criativa. Monice e Petreche (2004) complementam esta relação listando, como benefícios desta teoria, a abordagem mais facilitada da questão do projeto, a possibilidade de reutilização das informações de um projeto em outros similares e o auxílio na verificação das relações (além das implicações) das decisões de projeto. Por último, o Projeto Axiomático colabora para o entendimento dos problemas de projeto (YANG e ZHANG, 2000) e elucida os pontos críticos no momento em que ocorre um conflito entre as partes do sistema (MONICE e PETRECHE, 2002). Finalmente, como aspectos negativos, há a falta de conhecimento da teoria e a necessidade de adaptações conceituais para outros campos de conhecimento, conforme apontado por Monice e Petreche (2002).

ASPECTOS POSITIVOS			
QFD	AHP	TRIZ	PA
Redução do tempo de desenvolvimento	Incorporação de fatores qualitativos e quantitativos na tomada de decisão	Eliminação das tentativas e erros do processo de projeto tradicional	Eliminação das tentativas e erros do processo de projeto tradicional
Eliminação das alterações tardias de projeto	Transparência do processo de seleção, ordenamento e julgamento	Resolução dos problemas de projeto de maneira criativa	Resolução dos problemas de projeto de maneira criativa
Alocação mais eficaz dos recursos	Versatilidade	Transparência de requisitos conflitantes	Abordagem mais fácil da questão do projeto
Aumento da satisfação do cliente	Formação de equipes multidisciplinares	Verificação dos recursos passíveis de serem utilizados	Transferência de conhecimento
Melhor comunicação	Melhor comunicação		Verificação das relações e implicações das decisões de projeto
Formação de equipes multidisciplinares	Análise mais completa do problema		Compreensão dos problemas de projeto
Transferência de conhecimento	Consideração simultânea de vários critérios		Elucidação dos pontos críticos no momento em que os conflitos aparecem
Formação de base de dados			
Coleta e identificação precisas das necessidades do cliente			
Entendimento mais aprofundado sobre os requisitos do produto			

Quadro 6. Aspectos positivos das ferramentas.
Fonte: dados primários.

ASPECTOS NEGATIVOS			
QFD	AHP	TRIZ	PA
Caráter qualitativo e subjetivo da ferramenta	Desconhecimento acerca da mesma por parte das empresas	Necessidade de revisão dos princípios inventivos	Desconhecimento acerca da mesma por parte das empresas
Desconhecimento acerca da mesma por parte das empresas	Dificuldade de formação de equipas multidisciplinares	Caráter antigos dos conceitos fundamentais	Necessidade de adaptações conceituais para outros campos do conhecimento
Aplicação do processo em si	Possibilidade de excesso do número de critérios e alternativas		
Dificuldade de formação de equipas multidisciplinares	Rapidez do crescimento do número de comparações pareadas		
Longo tempo consumido com a aplicação da ferramenta			
Dificuldade de trabalhar com matrizes muito grandes			

Quadro 7. Aspectos negativos das ferramentas.
Fonte: dados primários.

4.2. ANÁLISE DE VIABILIDADE DE USO

A partir da análise de cada ferramenta, conclui-se que todas elas são passíveis de serem utilizadas no processo de projeto da construção civil. O QFD e o Projeto Axiomático auxiliam no desdobramento das necessidades do cliente em requisitos de projeto e gerenciam os *trade offs* que possam ocorrer neste processo. O AHP, por outro lado, determina a priorização entre os requisitos. Por último, a TRIZ aponta para possibilidades de soluções de projeto.

O próprio levantamento bibliográfico já havia indicado esta suposição, uma vez que, na consulta relativa ao banco de dados de dissertações e teses das universidades brasileiras, constatou-se a existência de pesquisas referentes a cada uma das ferramentas – QFD (LIMA, 2007), AHP (GONDIM, 2007), TRIZ (KIATAKE, 2004) e Projeto Axiomático (MONICE, 2003). Com exceção da dissertação de Gondim (2007), que se aplica aos materiais da construção civil, as demais se referem a projetos arquitetônicos.

Alguns aspectos positivos encontrados têm relação com os princípios de Koskela (1992), o que vai ao encontro à geração de valor. O principal deles é o aumento da consideração das necessidades do cliente, conforme pode ser observado como o objetivo principal das ferramentas. Além deste, a redução da parcela de atividades que não agregam valor, a redução da variabilidade, a redução do tempo de ciclo, o aumento da transparência do processo e o controle no processo global também podem ser alcançados, conforme pode ser visualizado no QUADRO 8, o qual relaciona os aspectos positivos de cada ferramenta com os princípios de Koskela (1992).

Em relação aos aspectos negativos, estes se restringem, praticamente, à falta de conhecimento das ferramentas, à complexidade de utilização de algumas delas, bem como a dimensão que as matrizes relacionadas a elas podem alcançar e à dificuldade de formar equipes multidisciplinares. Almeja-se, no entanto, que, numa próxima etapa da pesquisa, seja apresentado como as ferramentas devem ser utilizadas, de forma a minimizar estas dificuldades de uso e propor diretrizes

(baseadas nas ferramentas) a serem consideradas nas etapas iniciais do processo de projeto.

Princípios Relacionados	QFD	AHP	TRIZ	PA
	Aspectos Positivos	Aspectos Positivos	Aspectos Positivos	Aspectos Positivos
Redução da parcela de atividades que não agregam valor	Eliminação das alterações tardias de projeto Alocação mais eficaz dos recursos		Eliminação das tentativas e erros do processo de projeto tradicional	Eliminação das tentativas e erros do processo de projeto tradicional Abordagem mais fácil da questão do projeto Elucidação dos pontos críticos no momento em que os conflitos aparecem
Aumento da consideração das necessidades do cliente	Aumento da satisfação do cliente Coleta e identificação precisas das necessidades do cliente			
Redução da variabilidade	Eliminação das alterações tardias de projeto		Eliminação das tentativas e erros do processo de projeto tradicional	Eliminação das tentativas e erros do processo de projeto tradicional Elucidação dos pontos críticos no momento em que os conflitos aparecem
Redução do tempo de ciclo	Redução do tempo de desenvolvimento Eliminação das alterações tardias de projeto Formação de base de dados		Eliminação das tentativas e erros do processo de projeto tradicional	Eliminação das tentativas e erros do processo de projeto tradicional Abordagem mais fácil da questão do projeto Elucidação dos pontos críticos no momento em que os conflitos aparecem
Aumento da transparência do processo	Melhor comunicação Formação de equipes multidisciplinares Transferência de conhecimento Entendimento mais aprofundado sobre os requisitos do produto	Transparência do processo de seleção, ordenamento e julgamento Formação de equipes multidisciplinares Melhor comunicação	Transparência de requisitos conflitantes	Transferência de conhecimento Compreensão dos problemas de projeto Elucidação dos pontos críticos no momento em que os conflitos aparecem
Controle no processo global	Alocação mais eficaz dos recursos Formação de base de dados Entendimento mais aprofundado sobre os requisitos do produto	Incorporação de fatores qualitativos e quantitativos na tomada de decisão Análise mais completa do problema Consideração simultânea de vários critérios	Verificação dos recursos passíveis de serem utilizados	Verificação das relações e implicações das decisões de projeto Compreensão dos problemas de projeto Elucidação dos pontos críticos no momento em que os conflitos aparecem

Quadro 8. Relação entre os aspectos positivos das ferramentas analisadas e os princípios de Koskela.

Fonte: dados primários.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inserida numa abordagem mais ampla, a primeira etapa da pesquisa apresentada neste artigo buscou analisar ferramentas de apoio à tomada de decisão que pudessem auxiliar a atividade dos projetistas da construção civil nas fases iniciais do processo de projeto. Assim, foram escolhidas quatro ferramentas (QFD, AHP, TRIZ e Projeto Axiomático) para serem analisadas.

Através de um levantamento bibliográfico, foram identificados, além das funções de cada ferramenta, os aspectos positivos e negativos de utilização destas. Desta forma, tornou-se possível a verificação da viabilidade de uso das ferramentas no contexto da retroalimentação de dados no projeto arquitetônico, uma vez que estas possibilitam o processamento das necessidades dos clientes, o desdobramento destas em requisitos de projeto e o gerenciamento de *trade offs*. Ou seja, os projetos são aperfeiçoados e contribuem para a entrega de valor para o usuário final.

No entanto, algumas limitações de uso das ferramentas foram verificadas, nas quais se inclui a necessidade de adaptação das ferramentas para o contexto do projeto arquitetônico. Esta, portanto, será objeto de estudo da próxima etapa desta pesquisa.

Vislumbra-se, a princípio, que as ferramentas possam ser utilizadas na primeira etapa do processo de projeto, qual seja, a concepção do produto, seguindo as seguintes diretrizes de uso:

- ✓ Após uma avaliação de satisfação (realizada em condomínios habitacionais com padrões similares ao novo edifício planejado), as necessidades dos clientes podem ser definidas.
- ✓ As necessidades dos clientes são, em seguida, desdobradas em primárias, secundárias e terciárias através de um diagrama de afinidades³.

³ De acordo com Cruz Junior e Carvalho (2003), o diagrama de afinidades agrupa as informações verbais em classes homogêneas com base nas suas afinidades e tem como objetivo facilitar a obtenção de novas informações a partir daquelas disponíveis, especialmente se forem desconexas e não quantificáveis.

- ✓ As necessidades insatisfatórias são priorizadas com o auxílio da ferramenta Processo de Análise Hierárquico.
- ✓ Baseados nesta priorização, as necessidades dos clientes são transformadas em parâmetros/requisitos de projeto através de conceitos do Projeto Axiomático e da Teoria da Solução Inventiva de Problemas.
- ✓ As interferências, positivas e negativas, entre as necessidades do cliente e os parâmetros/requisitos de projeto são avaliadas por meio da Casa da Qualidade, da ferramenta Desdobramento da Função Qualidade.
- ✓ Finalmente, os dados gerados são consolidados em um documento único acerca do projeto do empreendimento em questão, podendo, este, ser consultado durante todo o processo e em novos projetos de padrão semelhante.

Faz-se importante relatar que a utilização destas diretrizes vem sendo verificada pelos pesquisadores, e contemplam, portanto, uma possibilidade de agregar valor ao processo de projeto.

Percebe-se, assim, que o estudo ora apresentado aponta para uma possibilidade de suprimento das questões apontadas anteriormente por Kowaltowski e Moreira (2008), Ornstein (2008) e Malard (2009), como a necessidade de pesquisas que contribuam com a retroalimentação de dados no processo de projeto, nos dois primeiros casos, e a tentativa de utilização de princípios do *lean manufacturing* nas primeiras etapas do processo projetual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARIAGA, I.; EL-DIRABY, T.; OSMAN, H.. Integrating Value Analysis and Quality Function Deployment for Evaluating Design Alternatives. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 133, n. 10, p. 761-770, oct. 2007.

CARNEVALLI, J. A.; SASSI, A. C.; MIGUEL, P. A. C. Aplicação do QFD no desenvolvimento de produtos: levantamento sobre seu uso e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestão e Produção**, v. 11, n. 1, p. 33-49, jan./abr. 2004.

CARVALHO, M. A.; BACK, N. Uso dos conceitos fundamentais da triz e do método dos princípios inventivos no desenvolvimento de produtos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 3., 2001, Florianópolis. **Anais...**

CARVALHO, M. T. M.; SPOSTO, R. M. Aplicação da ferramenta processo de análise hierárquica – AHP para determinação de critérios essenciais para projetos sustentáveis de habitações de interesse social – HIS na cidade de Goiânia – GO. In: ENCONTRO NACIONAL e ELECS, 4., 2., 2007, Campo Grande. **Anais...**

CRUZ JUNIOR, A. T.; CARVALHO, M. M. Obtenção da voz do consumidor: estudo de caso em um Hotel Ecológico. **Produção**, v. 13, n. 3, p. 88-100, 2003.

DIKMEN, I.; BIRGONUL, M. T.; KIZILTAS, S. Strategic use of quality function deployment (QFD) in the construction industry. **Building and Environment**, n. 40, p. 245-255, 2005.

EUREKA, W. E.; RYAN, N. E. **QFD: Perspectivas gerenciais do desdobramento da função qualidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992. 105p.

GASS, S. The Analytic Hierarchy Process. In: _____ **Decision making, models and algorithms** – a first course. New York: Wiley Interscience, 1985. Cap. 24, p. 355-367.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Ed. Atlas, 1988.

GONDIM, I. A. **Modelo de apoio à decisão para seleção de tecnologias de revestimento de fachadas**. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

HAUSER, J. R.; CLAUSING, D. The house of quality. **Harvard Business Review**, p. 63-73, mai./jun. 1988.

JOBIM, M. S. S. **Método de avaliação do nível de satisfação dos clientes de imóveis residenciais**. 1997. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

KAMARA, J. M.; ANUMBA, C. J.; EVBUOMWAN, N. F. O. Client requirements processing in construction: a new approach using QFD. **Journal of Architectural Engineering**, p. 8-15, mar. 1999.

KIATAKE, M. **Modelo de suporte ao projeto criativo em arquitetura: uma aplicação da TRIZ – Teoria da Solução Inventiva de Problemas**. 2004. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

KOSKELA, L. **Application of the new Production Philosophy to Construction**. Stanford University, CIFE Technical Report # 72, 1992.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; MOREIRA, D. C. O programa de necessidades e a importância da APO no processo de projeto. In: ENTAC, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2008. 1 CD ROM.

LEITE, F. L. **Contribuições para o gerenciamento de requisitos do cliente em empreendimentos do programa de arrendamento residencial**. 2005. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LIMA, L. P. **Proposta de uma sistemática para o processamento de requisitos do cliente de empreendimentos habitacionais de interesse social**. 2007. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

MALARD, M. L. A lógica da invenção arquitetônica e a inversão ilógica do processo de projeto: alguns problemas na elaboração de um “projeto enxuto”. In: SBQP, 1., 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos: ANTAC, 2009. 1 PEN DRIVE.

MIRON, L. **Proposta de diretrizes para o gerenciamento dos requisitos do cliente em empreendimentos da construção**. 2002. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

MONICE, S.; J. R. D., PETRECHE. Projeto axiomático de arquitetura: estudo para implantação em sistemas CAD. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**. BT/PCC, São Paulo, n. 369, p. 1-20, 2004.

MONICE, S. **Projeto axiomático de arquitetura**: estudo para implantação em sistemas CAD. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MOTA, C. M. M.; ALMEIDA, A. T.; ALENCAR, L. H. A multiple criteria decision model for assigning priorities to activities in Project management. **International Journal of Project Management**, v. 27, p. 175-181, 2009.

ORNSTEIN, S. W. APO e a gestão da qualidade no processo de projeto. In: ENTAC, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2008. 1 CD ROM.

SENTHILKUMAR, V.; VARGHESE, K.; SHIVAJI, C. Y.. Achieving lean design using design interface management tool. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 17., 2009, Tóquio. **Proceedings...**, p. 533-542.

SOZO, V. **Utilização da abordagem axiomática no processo de tomada de decisões pertinentes ao projeto conceitual de produtos**. 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

SUH, N. P. Axiomatic design theory for systems. **Research in Engineering Design**, p. 189-209, 1998.

YANG, K.; ZHANG, H. A comparison of triz and axiomatic design. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AXIOMATIC DESIGN, 1., 2000, Cambridge. **Proceedings...**, p. 235-242.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Brasil.