



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

VALOR AGREGADO AO PRODUTO SOB A PERSPECTIVA DO CLIENTE: DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE E DIAGRAMA FAST

Joyce de Andrade Ruiz (1); Ana Mitsuko Jacomit (2); Ariovaldo Denis Granja (3); Flavio Augusto Picchi (4)

(1) joycear00@yahoo.com.br, Departamento de Arquitetura e Construção – DAC, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, SP, Brasil

(2) anamjacomit@gmail.com, Departamento de Arquitetura e Construção – DAC, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, SP, Brasil

(3) adgranja@fec.unicamp.br, Departamento de Arquitetura e Construção – DAC, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, SP, Brasil

(4) fpicchi@fec.unicamp.br, Departamento de Arquitetura e Construção – DAC, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, SP, Brasil

RESUMO

A engenharia de valor é uma técnica direcionada a reduzir custos desnecessários e, ao mesmo tempo, garantir a qualidade e o desempenho do produto, de modo que ele atenda às expectativas dos clientes. O diagrama FAST (*function analysis system technique*) é uma de suas ferramentas. Seu objetivo é permitir à equipe de um empreendimento, normalmente constituída por diferentes formações e habilidades técnicas, que se comunique e resolva de maneira efetiva aspectos que requerem considerações multidisciplinares. O Desdobramento da Função da Qualidade, mais conhecido como QFD (*quality function deployment*), é uma técnica que objetiva aumentar o atendimento às expectativas dos clientes, entretanto, visando ao aprimoramento da qualidade do produto. Este trabalho estuda a integração das ferramentas FAST e QFD para aumentar o valor agregado do produto sob a perspectiva do cliente, via aumento de sua qualidade. O método de pesquisa inicia o estudo com uma análise da literatura sobre QFD e FAST e, posteriormente, testa-se a validação das ferramentas analisadas na proteção passiva de uma estrutura metálica que faz parte da reforma de um edifício comercial. Como resultado pode-se destacar que o diagrama FAST permitiu a visualização dos atributos técnicos a serem priorizados para atender às expectativas dos clientes, e os fatores que influenciariam a escolha. Já o diagrama HOQ (*house of quality*), ferramenta integrante do QFD, possibilitou a determinação dos elementos do processo produtivo que deveriam receber maior atenção a fim de se garantir o atendimento das necessidades do cliente. Os resultados provenientes das preparações de ambos os diagramas são influenciados pela capacidade da equipe envolvida no estudo de traduzir os requisitos dos clientes em características técnicas necessárias às suas elaborações. O artigo contribui para o fomento de discussões sobre a introdução de ferramentas de análise sistemática nas fases iniciais de desenvolvimento de um empreendimento, visando ao aumento do valor agregado do produto sob a perspectiva do cliente.

Palavras-chave: quality function deployment, QFD, function analysis system technique, FAST, engenharia de valor, valor

1. INTRODUÇÃO

Os conceitos mais amplos da qualidade incluem o atendimento às necessidades dos clientes e sua satisfação como uma diretriz básica (PICCHI, 1993). Com isso, o conceito da qualidade se mistura ao conceito de valor para o usuário, que pode ser expresso como uma relação entre os benefícios percebidos e o preço pago (COOPER; SLAGMULDER, 1997) (Figura 1). Com isso, a aplicação de técnicas como a Engenharia de Valor (EV), mais especificamente da *Function Analysis System Technique* (FAST) ou diagrama FAST, pode ser realizada de maneira complementar à aplicação do *Quality Function Deployment* (QFD).

Embora a EV e o QFD tenham o objetivo comum de satisfazer o cliente ou proporcionar o maior número de benefícios que sejam percebidos por ele, eles atingem este objetivo de maneira diferente. Numa aplicação de EV o processo produtivo é analisado tecnicamente visando à eliminação de custos desnecessários e/ou o aprimoramento do desempenho do produto. Já numa aplicação de QFD, o que se busca é assegurar que os elementos do processo que representem maior valor para o cliente sejam controlados, para assim assegurar a qualidade do produto final.

De acordo com a Figura 1, sob a perspectiva do produtor, o valor agregado ao produto é uma relação entre a funcionalidade e o custo. Desta forma, a engenharia de valor irá buscar tanto o aumento da funcionalidade sem alteração do custo, quanto a redução do custo sem alteração da funcionalidade do produto (COOPER; SLAGMULDER, 1997; DELL'ISOLA, 1997). Neste caso, o aumento do valor agregado ao produto sob a perspectiva do produtor só se transformará em valor para o cliente, se a redução no custo do produto se refletir em redução de seu preço e o aumento da funcionalidade for interpretada pelo cliente como aumento nos benefícios (Figura 1).

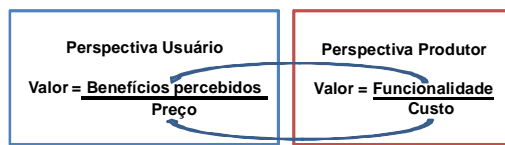


Figura 1 – Valor para o usuário x Valor para o produtor (baseado em Cooper e Slagmulder (1997))

Mas, como determinar quais são as funções que realmente agregam valor ao produto de acordo com o cliente, ou seja, como determinar as funções primárias? O Diagrama FAST pode ajudar a responder a esta questão. O diagrama FAST auxilia na visualização do problema de forma holística, facilitando a identificação das funções primárias e secundárias de um produto através do questionamento do objetivo das principais etapas do processo produtivo analisado. Desta forma, elaborando-se o diagrama FAST e discutindo-se os seus elementos com o cliente, é possível reavaliar as premissas iniciais a respeito da funcionalidade do produto em análise.

Mas, como garantir que o produto realmente está atendendo às necessidades do cliente ao longo de seu processo produtivo? Este é um dos principais objetivos do QFD. Como mostrado na Figura 2, o QFD visa traduzir a percepção do cliente sobre o produto (objetivos da qualidade ou WHATs) em características técnicas (elementos da qualidade ou HOWs).

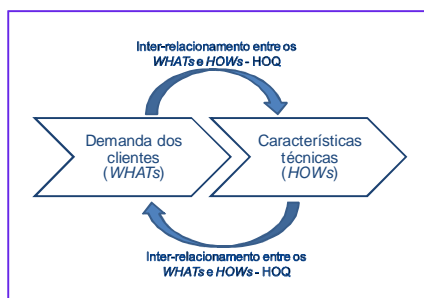


Figura 2 – O conceito básico da metodologia QFD (baseado em Akao (1990))

Assim, garantindo-se a qualidade dos elementos do processo ou dos itens de controle garante-se a qualidade do processo. Os itens de controle são determinados a partir das características técnicas que receberem maior peso no diagrama HOQ (*house of quality*), ou seja, aquelas que mais influenciam no

atendimento das necessidades dos clientes. Deve-se, então, elaborar um procedimento de controle da qualidade para cada um destes itens de controle. A partir do exame dos processos produtivos diretamente relacionados a estes itens, com a identificação de falhas e de suas causas potenciais é desejável então a aplicação de outras ferramentas da engenharia de valor visando ao aprimoramento do processo, como análises de função e *workshops* multidisciplinares (Figura 3).

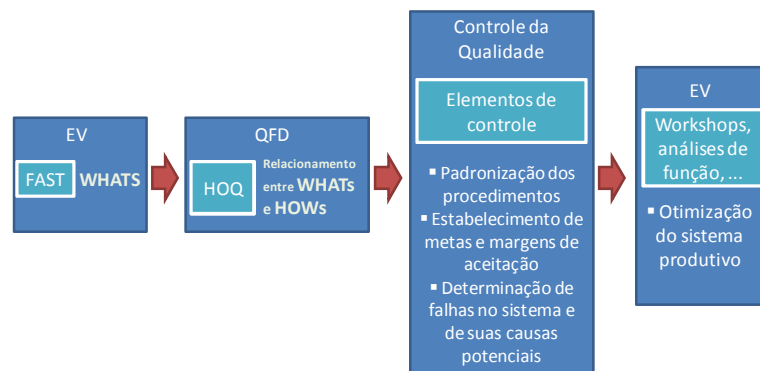


Figura 3 – Ciclo completo visando ao aumento do valor agregado ao produto, a partir da identificação das necessidades dos clientes até o aprimoramento dos processos produtivos

Na próxima seção serão introduzidos o objetivo do estudo e a estratégia de pesquisa adotada, seguida de um breve histórico sobre o QFD e seus princípios básicos. Posteriormente, a metodologia FAST será apresentada e discutida no contexto da Engenharia de Valor, complementando o estudo da literatura. Em seguida, o exemplo prático de aplicação proposto é então introduzido, seguido da apresentação dos resultados obtidos através dos diagramas FAST e HOQ, discussões e considerações finais.

2. OBJETIVO E ESTRATÉGIA DE PESQUISA ADOTADA

O objetivo deste trabalho é estudar a aplicação de técnicas que auxiliem no aumento do valor agregado ao produto e de sua qualidade sob a perspectiva do cliente no contexto da construção civil. O objetivo específico é estudar como os diagramas FAST e HOQ podem contribuir na escolha entre alternativas para a resolução de um problema proposto. O diagrama FAST tem o objetivo de representar esquematicamente o problema em questão, facilitando a visualização dos *WHATs* ou requisitos do cliente. O HOQ associa os *WHATs* aos *HOWs*, que representam os atributos técnicos que o produto deve ter para atender aos requisitos dos clientes.

A estratégia de pesquisa adotada neste estudo é constituída de duas partes principais. A primeira de revisão da literatura sobre a Engenharia de Valor, com foco no diagrama *Function Analysis System Technique* (FAST) e sobre o *Quality Function Deployment* (QFD) ou Desdobramento da Função Qualidade, com foco no diagrama HOQ. A segunda parte consiste na elaboração de um exemplo de aplicação do diagrama FAST e do diagrama HOQ. Para elaboração deste exemplo, escolheu-se um caso bastante simplificado e que facilitasse as análises tanto das metodologias aqui apresentadas quanto do exemplo em questão.

Neste estudo serão elaborados os diagramas FAST e HOQ para a proteção passiva de uma estrutura metálica que integra a reforma de um edifício comercial. Como fonte de dados para a elaboração do diagrama FAST utilizaram-se entrevistas não estruturadas com o cliente final antes da definição da alternativa para a proteção passiva da estrutura. No desenvolvimento do diagrama HOQ, a participação do cliente é fundamental, especialmente para a determinação dos pesos de cada *WHAT*. No exemplo apresentado neste artigo, apesar do cliente final não ter atribuído os pesos a cada *WHAT*, ele apresentou os itens de maior prioridade para ele. Tanto a apresentação do objeto de estudo quanto a percepção de valor do cliente foram obtidos numa reunião na qual foi apresentado e discutido o elemento “proteção passiva”.

3. DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE – QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)

3.1 Breve Histórico e Principais definições

O “*hinshitsu kino tenkai*” ou o “desdobramento da função qualidade”, como é conhecido o “*Quality Function Deployment*” (QFD) aqui no Brasil, começou a ser desenvolvido no Japão, no final dos anos 1960, por Yoji Akao¹ e por Shigeru Mizuno (AKAO, 1997). O título do primeiro livro escrito sobre QFD – “*Quality Function Deployment: An Approach to Total Quality Control*” – vem confirmar a forte relação entre o QFD e o “*Total Quality Control*” (TQC) (AKAO, 1997). Desta forma, o QFD foi concebido para incorporar parâmetros de qualidade ao processo de desenvolvimento e projeto de novos produtos, especialmente da indústria automobilística (AKAO, 1997).

Em 1972 o termo “*hinshitsu tenkai*” ou “*quality deployment*” (QD) ou ainda “desdobramento da qualidade” foi utilizado pela primeira vez para descrever um método para determinar, antes do início da produção, os pontos mais importantes para garantir a qualidade ao longo do processo produtivo² (AKAO, 1997). Este método foi aperfeiçoado por Shigeru Mizuno e por Yasushi Furukawa, de modo a sistematizar a verdadeira qualidade para atender às necessidades dos clientes. Assim, o QD é definido como uma metodologia para converter as demandas dos clientes em termos de funções e em características técnicas ou da qualidade, que devem ser respeitadas na elaboração do projeto (*design quality* – DA) (AKAO, 1997).

A combinação desta metodologia com a Engenharia de Valor (EV) facilitou a identificação das funções de um produto e originou o conceito estreito do QFD (*narrowly defined* QFD), dito como “um desdobramento passo-a-passo das funções ou operações que compreendem a qualidade de forma objetiva e não subjetiva” (MIZUNO; AKAO, 1978 *apud* AKAO, 1997). Ele ajuda a projetar o novo produto com base na decomposição sistemática dos relacionamentos entre as demandas do cliente e as características do produto, começando pela qualidade de cada elemento funcional e evoluindo para a qualidade dos processos, a fim de garantir a qualidade do produto final (AKAO, 1990).

Para se iniciar a aplicação do QFD, é preciso captar as percepções de valor dos clientes sobre o produto ou as características desejáveis que ele deve ter para atender às expectativas. Posteriormente deve-se analisar sistematicamente estes dados e, para isso, a metodologia QFD introduz o diagrama conhecido como Casa da Qualidade (*House of Quality* – HOQ). Este ajuda a mapear ou converter os dados brutos, fornecidos pelos clientes, em atributos técnicos ou de engenharia que possam ser adicionados ao projeto do produto, como mostrado na Figura 4 A (CHIN *et al.*, 2009; CARIAGA; EL-DIRABY; OSMAN, 2007). A Figura 4 B apresenta uma forma muito utilizada do diagrama HOQ, em que os requisitos priorizados do cliente e técnicos aparecem respectivamente à direita e abaixo do diagrama HOQ.

¹ Akao foi um dos poucos a receber o prestigioso Prêmio Deming para indivíduos. Ele é autor de muitos artigos científicos e livros sobre QFD. Atualmente, ele é presidente do “*International Council for QFD*” e conselheiro sênior do “*QFD Institute*”.

² Apesar de muitos acreditarem que o QFD tenha sido desenvolvido pela Toyota, o QFD começou a ser desenvolvido 10 anos antes das primeiras implementações pelo Grupo Toyota.

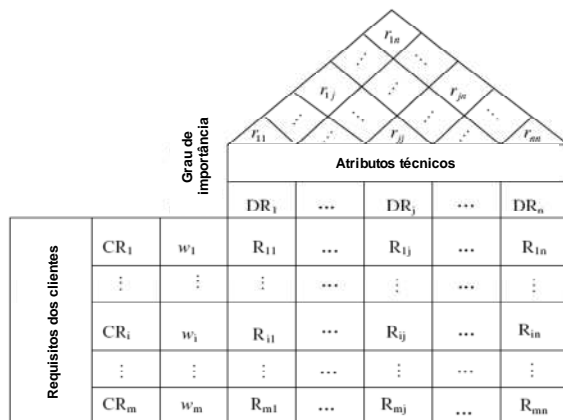


Figura 4 A

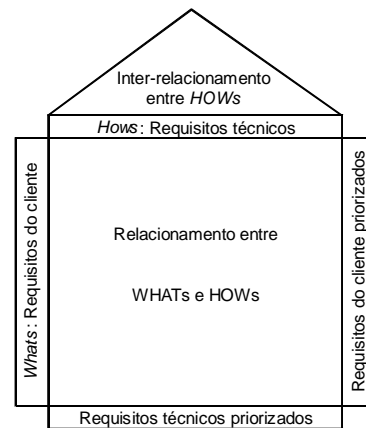


Figura 4 B

Figura 4 A e B – Diagrama da Qualidade (*Quality chart*) ou Casa da Qualidade (*House of Quality* – HOQ) (Extraído de Chin *et al.* (2009)) e HOQ no seu formato original (CARIAGA; EL-DIRABY; OSMAN, 2007)

3.2 Aplicações na Indústria da Construção

O QFD tem sido aplicado com sucesso em muitos setores em muitas áreas, como a construção civil, mas a maior parte destas aplicações ainda se concentra na manufatura (CARIAGA; EL-DIRABY; OSMAN, 2007). Fora do Japão, as aplicações no contexto da construção vêm crescendo, mas ainda são poucas e têm se concentrado em ambientes acadêmicos. De acordo com uma pesquisa conduzida no Reino Unido com 72 respondentes do setor da construção, apenas 18% deles já tinham ouvido falar sobre QFD (DELGADO-HERNANDEZ; BAMPTON; ASPINWALL, 2007). Estas aplicações podem ser classificadas como: aplicações antes da fase de projeto, aplicações durante a fase de projeto e aplicações após a fase de projeto (DIKMEN; BIRGONUL; KIZILTAS, 2005).

Aplicações de QFD antes da fase de projeto são muito raras na construção, embora sejam aquelas que podem trazer mais benefícios para a empresa a aplicar a metodologia. Como exemplo pode-se citar o estudo realizado por Arditi e Lee (2003 *apud* DIKMEN; BIRGONUL; KIZILTAS, 2005) para seleção de empresas para desenvolvimento de projeto e execução do empreendimento. A maioria das aplicações na literatura se refere a aplicações de QFD durante a fase de projeto. Um dos primeiros a aplicar QFD na construção no desenvolvimento do projeto foi Mallon e Mulligan (1993 *apud* DIKMEN; BIRGONUL; KIZILTAS, 2005). Outros exemplos de aplicação durante a fase de projeto podem ser representados por Huovila *et al.* (1997 *apud* DIKMEN; BIRGONUL; KIZILTAS, 2005) e por Cariaga, El-Diraby e Osman (2007), que aplicaram o QFD de forma integrada ao FAST na elaboração do projeto de um laboratório para a Universidade de Toronto. No Brasil, foi encontrado um caso de aplicação do QFD no aperfeiçoamento de um projeto de apartamentos para a classe média com resultados positivos (GARGIONE, 1999; LIMA, 2007).

Dikmen, Birgonul e Kiziltas (2005) apontam as seguintes barreiras para a implementação do QFD no contexto da construção civil: (i) a não consideração de fatores como orçamento e cronograma; (ii) a subjetividade na elaboração do diagrama HOQ; (iii) a terceirização do projeto e da execução do empreendimento, afetando a formação de times multidisciplinares; (iv) a complexidade e dimensão da matriz gerado pela HOQ, gerando um número exagerado de possibilidades de análise e desentendimentos se não for automatizada; (v) elaboração da equipe multidisciplinar para trabalhar com o QFD.

4. FUNCTION ANALYSIS SYSTEM TECHNIQUE (FAST) DIAGRAM

4.1 Breve Histórico e Principais Definições

O diagrama *FAST* foi concebido em 1965 por Charles Bytheway com o objetivo de introduzir o pensamento lógico e estabelecer uma relação de dependência na Análise de Função, esquematicamente com uma forma de visualização facilitada (ABREU, 1996; CSILLAG, 1995). A Análise de Função é caracterizada como o coração da Engenharia de Valor (DELL'ISOLA, 1997; COOPER, 1995). Ela consiste em detalhar o produto estudado, verificar os tipos de função, classificá-las, associar seus

custos até o nível, detalhamento, que se deseja atingir, a partir do critério adotado (SPAULDING; BRIDGE; SKITMORE, 2004).

Dentro da classificação proposta por Csillag (1995), o *FAST* se constitui numa técnica caracterizada como reestruturante, que não tem o objetivo de resolver o problema, mas sim de representá-lo esquematicamente de maneira a facilitar o encontro da solução, podendo proporcionar, inclusive, novas perspectivas do problema. O *FAST* é uma forma simplificada de se “desenhar” as funções em questão, obtidas a partir da Análise de Função, e essa característica é que auxilia a solução do problema (RUIZ, GRANJA, 2008). Ele apresenta visualmente todas as funções orientadas ao objeto de estudo, ou seja, esquematiza o escopo deste objeto, de uma maneira organizada, facilitando a compreensão de suas relações e importâncias relativas.

Segundo Abreu (1996) para se compreender a metodologia de elaboração do diagrama *FAST* é necessário submeter o objeto estudado às por ele chamadas de “As seis perguntas do planejamento”, quais sejam, O quê?, Como?, Quando?, Por quê?, Quem? e Quanto? Já Csillag (1995) propõe que se respondam a nove (09) perguntas provocativas sobre o produto e seus processos, cujas respostas norteiam a elaboração do *FAST* (Quadro 1).

Quadro 1 – As nove perguntas provocativas propostas por Csillag (1995)

Lógica para determinar nível mais alto (objeto de estudo)
1. Qual o assunto ou problema a ser discutido?
2. Qual o propósito?
3. Qual a função mais relevante relacionada a causa do que se está estudando?
Lógica para determinar o caminho crítico
4. Qual a necessidade do que se está estudando?
5. Como a função é desempenhada, ou, qual é a proposta de desempenho?
6. O método selecionado é capaz de gerar as funções de suporte identificadas?
Lógica para determinar a função básica
7. Todas as funções presentes seriam necessárias se não existisse a função principal?
8. A dependência entre as funções relacionadas estão aparentes?
9. O que ou quem realmente concretizará a função principal?

Como é próprio da filosofia da EV, forma-se um grupo multidisciplinar com representantes de diferentes áreas que se reúnem com o objetivo de discutir o produto em questão, desenvolvendo o raciocínio lógico (ABREU, 1996). O foco é obter informações detalhadas sob os vários pontos de vista e perspectivas dos envolvidos na discussão, o que estimula o desenvolvimento do pensamento criativo. No entanto, há de se ter cuidado com essa fase criativa, de intenso *brainstorming* entre os participantes das reuniões interdisciplinares. Em consenso com o princípio do estudo de Xiaoming, Xueqing e Simaan (2009) essa fase gera um grande número de idéias e por isso há de se ter uma preocupação especial com a condução, objetividade e foco no resultado dessas reuniões.

Quanto ao nível de detalhamento pretendido para o diagrama, este depende da forma de apresentação do escopo ao público envolvido, e do grau de entendimento que este possui. Ressalta-se que o *FAST* é uma ferramenta útil para ajudar a visualização do objeto estudado por pessoas de diferentes áreas e níveis de conhecimento e envolvimento no processo (DELL'ISOLA, 1997).

5. EXEMPLO PRÁTICO DE APLICAÇÃO DOS DIAGRAMAS FAST E HOQ NA CONSTRUÇÃO

Como já mencionado anteriormente, neste estudo serão elaborados os diagramas *FAST* e *HOQ* para a proteção passiva de estrutura metálica que integra a reforma de um edifício comercial. Após estudo das características do componente analisado e do entendimento dos sistemas dos produtos disponíveis, é utilizado o diagrama *FAST*. Nesta pesquisa, aplicou-se o diagrama *FAST* com o objetivo de ajudar na visualização dos fatores que podem influenciar na escolha da tecnologia para atender a necessidade de proteção passiva da estrutura estudada. As alternativas de proteção passiva eram: *Grout*, Pintura Intumescente, Bloco de concreto autoclavado, *Drywall* - Chapa Resistente ao Fogo RF (rosa) e Manta Fibro-Cerâmica.

O Diagrama FAST, apresentado na Figura 5, reproduz o resultado da reunião multidisciplinar feita com a presença do Cliente, Corpo Técnico de Engenharia e Arquitetura e outros profissionais participantes, representantes da empresa fiscalizadora e da empresa gerenciadora que também atuam no empreendimento, além da construtora e do cliente. Com a elaboração do diagrama FAST foi possível a visualização dos elementos que compõem o problema analisado, facilitando a sua análise.

Para isso, nessa reunião multidisciplinar, foram apresentadas, pelo corpo técnico da construtora, as principais características do elemento proteção passiva, como sua finalidade, os requisitos necessários para aprovação no corpo de bombeiros, verba original estimada para este serviço, prazo disponível, estrutura existente e algumas soluções já conhecidas. Durante a discussão foram recolhidas as observações, comentários e reações dos clientes, bem como a sugestão de mais uma solução que não estava dentre as iniciais indicadas como possibilidade, que foi a de Argamassa Projetada. A reunião aconteceu como uma entrevista não estruturada em que o cliente mostrou especial interesse nos itens i) Estética Arquitetônica (para estruturas metálicas que fiquem aparentes ou expostas); ii) Sistema aprovado pelo Corpo de bombeiros; iii) Qualidade dos serviços prestados e materiais utilizados; iv) Permanência dentro da verba original estimada para “Solução Passiva”; v) Não atrasar o Cronograma da Obra.

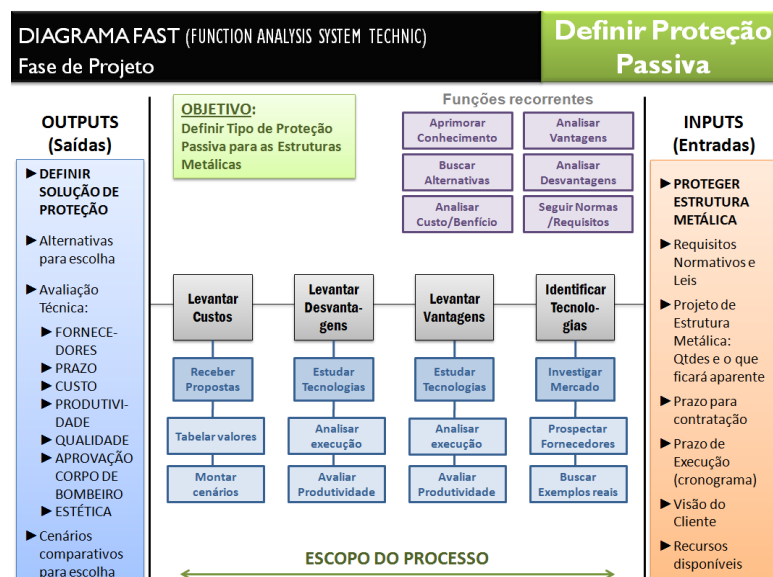


Figura 5 – Diagrama FAST aplicado com o intuito de ajudar no processo de escolha entre as diversas alternativas para a proteção passiva da estrutura

O objetivo da aplicação do diagrama HOQ era determinar que requisitos técnicos deveriam ser priorizados para garantir que a proteção passiva atendesse às expectativas do cliente. Para sua formulação tomou-se como ponto de partida os requisitos do cliente determinados a partir de dados coletados e do diagrama FAST. Para a determinação da qualidade exigida, o primeiro passo é a determinação do grau de influência (de 1 a 5) de cada *WHAT*. Em seguida foi realizado o planejamento da qualidade, com a definição da qualidade planejada, taxa de aperfeiçoamento (qualidade planejada/qualidade) e o quanto este item deve ser priorizado na hora da compra (pesos de 1 a 1,5). Com isso, chega-se ao peso absoluto do item, através da relação: Qualidade do produto avaliado x Taxa de aperfeiçoamento x Atrativo para a compra e ao peso relativo em porcentagem do total do peso absoluto.

A Tabela 1 ilustra o diagrama HOQ para o exemplo da solução de proteção com *Grout*. Nela são utilizados os *WHATs*, ou requisitos do cliente, e os pesos relativos como dados de entrada. Estes dados são então relacionados aos requisitos técnicos do produto (*HOWs*). Os encontros das linhas com as colunas representam o encontro dos *WHATs* com os *HOWs*, (matriz $R = (R_{ij})_{m \times n}$ da Figura 4 A) e recebem valores de acordo com a seguinte graduação: a) 5, quando houver um forte relacionamento; b) 3, para um relacionamento moderado; c) 1, para um relacionamento fraco; d) 0, quando não houver relacionamento.

Tabela 1 – HOQ para a Alternativa de Proteção Passiva com *Grout*

1º Grau	2º Grau	3º Grau	1º Grau	Proteger Estrutura metálica contra o fogo					
			2º Grau	Proteção com Grout					
			3º Grau	Contratação do Sistema	Execução de Laudo técnico p/ Sistema	Logística no Canteiro	Preparação estrutura	Execução da Solução	Acabamento Final
Proteger Estrutura metálica contra o fogo	Aquisição	Fornecedores	10,6%	5	3	3	3	5	5
		Prazo	16,0%	3	3	5	1	5	3
		Custo	16,0%	5	5	1	3	5	3
	Execução	Produtividade	12,8%	1	1	5	5	5	5
		Qualidade	16,0%	3	1	3	5	5	5
	Resultados	Aprovação Bombeiro	16,0%	1	5	3	3	3	1
		Estética	12,8%	3	1	3	5	5	5
	Resultados Finais do cruzamento dos Requisitos dos clientes x Características técnicas			2,96	2,81	3,26	3,51	4,68	3,72

O telhado do diagrama HOQ (Figuras 4A e 4B) ou o inter-relacionamento entre *HOWs* não será estudado neste artigo, por não interferir no resultado deste estudo em particular. O resultado final do diagrama HOQ (última linha da Tabela 1) pode atingir até o valor máximo de 5,0 para cada item das colunas. Um valor próximo de 5 representa um alto grau de relacionamento entre as necessidades do cliente e as características técnicas e *vice-versa*. Foram analisadas também as opções para proteção passiva: Argamassa Projetada, Pintura Itumescente, Bloco de concreto autoclavado, *Drywall* - Chapa RF (rosa) e Manta Fibro-Cerâmica. Os resultados do diagrama HOQ para cada uma destas alternativas são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resumos dos Resultados obtidos das HOQ's para as Alternativas de Proteção

Sistemas Alternativos de Proteção Passiva para Estrutura Metálica	Contratação do Sistema	Execução de Laudo técnico p/ Sistema	Logística no Canteiro	Preparação estrutura	Execução da Solução	Acabamento Final
Grout	2,96	2,81	3,26	3,51	4,68	3,72
Argamassa Projetada	2,96	2,49	3,26	3,57	4,43	3,47
Pintura Itumescente	3,53	1,24	2,78	3,35	4,68	3,72
Bloco de concreto autoclavado	3,53	1,09	2,78	2,46	4,36	3,47
Dry wall - Chapa RF (rosa)	3,53	1,09	2,52	2,20	4,36	3,21
Manta Fibro-Cerâmica	3,28	1,24	2,52	1,95	4,11	2,89

Vale ressaltar que as diferenças entre as alternativas (*Grout*, *Drywall*, Argamassa Projetada, *etc.*) decorreram das diferenças de atribuição de pesos aos respectivos relacionamentos entre cada *WHAT* e *HOW*, como ilustrado na Tabela 1 para a opção com *Grout*. Ou seja, os valores dos pesos relativos do *WHATs* são os mesmos, entretanto os valores atribuídos aos relacionamentos entre os *WHATs* e *HOWs* variam de acordo com a alternativa estudada, devido às interdependências específicas de cada solução.

A partir da análise dos resultados é possível determinar os itens que podem ser considerados como itens de controle da qualidade, ou seja, aqueles itens que mais têm peso no atendimento das necessidades dos clientes. O resultado para todas as alternativas apontou um maior relacionamento entre as exigências dos clientes e o item técnico “execução da solução”. Esse resultado, o mais próximo do valor 5,0, se dá devido ao seu maior grau de relacionamento entre os 07 *WHATs* (atribuição de valor do cliente) com este *HOW*, “execução da solução”.

Este estudo foi conduzido de maneira a auxiliar na escolha entre as alternativas de tecnologias para atender a necessidade de proteger uma estrutura metálica contra o fogo. Após a definição da alternativa, poder-se-ia estabelecer itens de controle para garantir a qualidade da execução da solução adotada, no sentido de atender às exigências dos clientes. Para isso, os elementos críticos do processo de execução deveriam ser determinados, assim como metas, margens de aceitação e mecanismos de verificação do sistema (coleta de amostras e inspeções) e sua frequência.

No caso, por exemplo, da opção por *Grout*, seria desejável ainda que fossem instituídos pontos de controle da qualidade na execução do acabamento final, pois também mostrou um valor alto de relacionamento. Já na aquisição das três últimas opções, Bloco de Concreto Autoclavado, *Drywall* e Manta Fibro-Cerâmica, dever-se-ia dar ênfase para o processo de contratação do sistema além do controle específico de execução da solução.

6. DISCUSSÕES

Inicialmente, buscava-se a aplicação dos diagramas FAST e HOQ com o intuito de ajudar na escolha entre alternativas para a proteção passiva de uma estrutura metálica. No decorrer dos estudos, percebeu-se que a ferramenta FAST auxiliou na visualização dos fatores que influenciariam a opção por uma ou outra alternativa e na determinação dos requisitos dos clientes (*WHATs*). A elaboração do diagrama HOQ ajudou a visualizar os pontos que deveriam ser controlados a fim de se garantir a qualidade da alternativa adotada.

A aplicação de técnicas de análise de funções como o FAST e o QFD demandam um tempo adicional no processo de desenvolvimento de produto. Na manufatura, este custo adicional pode ser justificado pela produção em larga escala em contraposição ao caso da construção civil, onde o produto é exclusivo e, muitas vezes, o tempo destinado ao seu desenvolvimento se funde ao tempo destinado ao projeto. Entretanto, a maior parte dos custos de um empreendimento está comprometida nas suas fases iniciais de desenvolvimento, até a fase de projeto executivo (COOPER; SLAGMULDER, 1997; CSILLAG, 1995; ROBERT; GRANJA, 2006). Desta forma, a aplicação de técnicas de análise de funções como o FAST e o QFD, que atuam exatamente nas fases iniciais de desenvolvimento do produto, pode surtir efeito no custo e no resultado do empreendimento.

Sendo assim, o aumento do lucro e conseqüente redução no custo total do empreendimento justificariam o custo adicional para a aplicação destas técnicas. Outro fator importante foi constatado por Dikmen, Birgonul e Kizilyas (2005). A satisfação dos clientes, obtida com uma aplicação de QFD, pode ser traduzida em aumento de vendas em curto prazo e, em longo prazo, pode resultar em melhora da reputação da empresa, criando uma vantagem competitiva sobre os concorrentes. Estes autores também constataram que o conhecimento obtido com uma aplicação de QFD pode ser aproveitado no desenvolvimento de empreendimentos futuros.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho discutiu a aplicação de duas técnicas para análise de funções de um produto o QFD e o FAST no contexto da construção civil, visando ao aumento do valor entregue ao cliente. Foi apresentado exemplo prático e simplificado de aplicação dos diagramas FAST e HOQ na proteção passiva de uma estrutura metálica. A elaboração do diagrama FAST possibilitou a macro-análise do problema em questão, facilitando a visualização dos *WHATs*. Os *WHATs* e a ponderação atribuída a eles pelo cliente foram utilizados como dados de entrada para o diagrama HOQ, assim como os requisitos técnicos (*HOWs*). Através da matriz de relacionamento entre *WHATs* e *HOWs* foi possível determinar os elementos de controle da qualidade.

Apesar de resultar em ações concretas, como a determinação dos itens que devem ser controlados para se garantir a qualidade, o diagrama HOQ é fundamentado em atribuições subjetivas da equipe técnica com relação ao relacionamento entre os *WHATs* e *HOWs*, ponto este já levantado como preocupante por Dikmen, Birgonul, Kiziltas, 2005. Desta forma, a qualidade do resultado do diagrama é influenciada pela capacidade em traduzir os valores dos clientes para as características técnicas, pelo próprio conhecimento técnico, experiência e diversidade da equipe que elabora o diagrama. O mesmo vale para o diagrama FAST, já que a qualidade de seus resultados também depende do grau de conhecimento e envolvimento dos participantes multidisciplinares.

Como sugestão para trabalhos futuros pode-se pensar no aprofundamento da utilização da Análise de Função, a principal ferramenta da Engenharia de Valor (DELL'ISOLA, 1997; COOPER, 1995). Com isso, será possível obter um maior nível de detalhamento e identificar quais componentes e quais processos pertencentes à solução podem ser trabalhados, agora com foco na redução de custo.

8. REFERÊNCIAS

ABREU, ROMEU C. L.; Análise de Valor – Um caminho criativo para a otimização dos custos e do uso dos recursos. Qualitymark. Rio de Janeiro, 1996.

AKAO, Y. QFD: Past, Present, and Future. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON QFD, 9., 1997, Linköping, Suécia. **Anais eletrônicos...** Linköping: QFDI, 1997. Disponível em: <http://www.qfdi.org/QFD_History.pdf>. Acesso em: 10 maio 2009.

AKAO, Y. **Quality Function Deployment (QFD) – Integrating customer requirements into product design**, Portland, Oregon, USA: Productivity Press, 1990, 392 p.

ARDITI, D.; LEE, D. Assessing the corporate service quality performance of design-build contractors using quality function deployment. **Construction Management and Economics**, v. 21, 2003, p. 175–85. *Apud* DIKMEN, I; BIRGONUL, M. T.; KIZILTAS, S. Strategic use of quality function deployment (QFD) in the construction industry. **Building and Environment**, v. 40, n. 2, 2005, p. 245–255.

CARIAGA, I; EL-DIRABY, T; OSMAN, H. Integrating Value Analysis and Quality Function Deployment for Evaluating Design Alternatives. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v. 133, n. 10, 2007. Disponível em: <http://www.qfdi.org/QFD_History.pdf>. Acesso em: 10 maio 2009.

CHIN, K-S; WANG, Y-M; YANG, J-B; POON, K. K. G. An evidential reasoning based approach for quality function deployment under uncertainty. **Expert Systems with Applications**, Elsevier, v. 36, n. 3, 2009. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/eswa>>. Acesso em: 10 maio 2009.

COOPER, R.; SLAGMULDER, R. **Target costing and value engineering**, Portland: Productivity Press, 1997, 379 p.

CSILLAG, J.M. *Análise do Valor*. 4ª Edição ampliada e atualizada com novas tendências gerenciais. Atlas. São Paulo - SP, 1995.

DELGADO-HERNANDEZ, D. J.; BAMPTON, K. E.; ASPINWALL, E. Quality function deployment in construction. **Construction Management and Economics**, v. 25, n. 6, 2007, p. 597–609.

DELL'ISOLA, A.P.E.; *Value Engineering: Practical Applications for Design, Construction, Maintenance & Operations*. RS Means. Kingstone MA, 1997.

DIKMEN, I; BIRGONUL, M. T.; KIZILTAS, S. Strategic use of quality function deployment (QFD) in the construction industry. **Building and Environment**, v. 40, n. 2, 2005, p. 245–255.

GARGIONE, L.A. Using Quality Function Deployment (QFD) in the Design Phase of an Apartment Construction Project." Em Tommelein, Iris D. (editor), *Anais do 7th. Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-7)*, July 26-28, 1999. Berkeley, CA, U.S.A., pp. 357-368.

HUOVILA, P.; LAKKA, A.; LAURIKKA, P.; VAINIO, M. Involvement of customer requirements in building design. In: *Annual Conference on Lean Construction*, 1997, Rotterdam: Balkema., p. 403–16. *Apud* DIKMEN, I; BIRGONUL, M. T.; KIZILTAS, S. Strategic use of quality function deployment (QFD) in the construction industry. **Building and Environment**, v. 40, n. 2, 2005, p. 245–255.

LIMA, L.P. *Proposta de uma Sistemática para processamento de requisitos do cliente de empreendimentos habitacionais de interesse social*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Dezembro de 2007.

MALLON, J. C.; MULLIGAN, D. E. Quality function deployment—a system for meeting customers' needs. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 119, n. 3, 1993, p. 516–31. *Apud* DIKMEN, I; BIRGONUL, M. T.; KIZILTAS, S. Strategic use of quality function deployment (QFD) in the construction industry. **Building and Environment**, v. 40, n. 2, 2005, p. 245–255.

MIZUMO, S.; AKAO, Y. **Quality Function Deployment: A Company Wide Quality Approach**, JUSE Press (in Japanese), 1978. *Apud* AKAO, Y. QFD: Past, Present, and Future. In: *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON QFD*, 9., 1997, Linköping, Suécia. **Anais eletrônicos...** Linköping: QFDI, 1997. Disponível em: <http://www.qfdi.org/QFD_History.pdf>. Acesso em: 10 maio 2009.

PICCHI, F. A. . **Sistemas da Qualidade – uso em empresas de construção de edifícios**. São Paulo: POLI-USP, 1993. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993.

ROBERT, G. R.; GRANJA A.D., A Engenharia de Valor na Concepção de Unidades Comerciais de Varejo. XI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC 2006, de 23 a 25/ago, Florianópolis - SC.

RUIZ, J. A.; GRANJA A.D., Engenharia de Valor na Construção Civil – Estudo das Técnicas de Análise de Função e Diagrama FAST. VI Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção – SIBRAGEC. Outubro/2009 João Pessoa – PB.

SPAULDING, W.M.; BRIDGE, A.; SKITMORE, M.; The use of function analysis as basis of value, management in the Australian construction industry. Construction Management and Economics. Australia, 01/09/2005.

XIAOMING MAO; XUEQING ZHANG; SIMAAN M. ABOU RIZK. Enhancing Value Engineering Process by Incorporating Inventive Problem-Solving Techniques. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE. Maio 2009.