

Metodologia para elaboração de projetos com o uso da EV e QFD: aplicação ao empreendimento CETEC-UPF

Methodology for elaboration of projects with the use of EV and QFD: application to enterprise CETEC-UPF

Alcione C. Becker

Professor Mestre, Universidade de Passo Fundo
Campus I, km 171, Br 285, Bairro São José, Caixa Postal 611,
Passo Fundo, RS, Brasil, CEP 99001-970
acbecker@upf.br

Adalberto Pandolfo

Professor Dr., Universidade de Passo Fundo
Campus I, km 171, Br 285, Bairro São José, Caixa Postal 611,
Passo Fundo, RS, Brasil, CEP 99001-970
pandolfo@upf.br

Jalusa Guimarães

Bolsista Pibic-UPF, Universidade de Passo Fundo
Campus I, km 171, Br 285, Bairro São José, Caixa Postal 611,
Passo Fundo, RS, Brasil, CEP 99001-970
jabguimaraes@gmail.com

Luciana Pandolfo

Professor Mestre, Universidade de Passo Fundo
Campus I, km 171, Br 285, Bairro São José, Caixa Postal 611,
Passo Fundo, RS, Brasil, CEP 99001-970
marcondes@upf.br

Renata Reinehr

Bolsista Cnpq, Universidade de Passo Fundo
Campus I, km 171, Br 285, Bairro São José, Caixa Postal 611,
Passo Fundo, RS, Brasil, CEP 99001-970
renatinha_b2@yahoo.com.br

José W. Jiménez Rojas

Mestre em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar
Porto Alegre, RS, Brasil CEP 90035-190
engrojas@gmail.com

Marcele Salles

Arquiteta e Urbanista, Universidade de Passo Fundo
BR 285 - Km 171 - Bairro São José
Passo Fundo, RS, Brasil CEP 99001-970
marcelesalles@yahoo.com.br

Resumo

Com o objetivo de auxiliar no processo de elaboração de projetos de Engenharia Civil e Arquitetura, este

Abstract

With the objective of assisting in the process of elaboration of Civil Engineering and Architecture, this paper presents a

artigo apresenta uma pesquisa para a obtenção de técnicas usuais e de metodologias aplicadas para o desenvolvimento de produtos industriais. O artigo enfatiza a necessidade de se valorizar as fases de desenvolvimento de produtos e faz a aplicação da metodologia desenvolvida ao projeto do Centro Tecnológico de Engenharia Civil, Ambiental e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo - CETEC-UPF. Os resultados mostram que a metodologia apresentada auxilia no desenvolvimento do processo de projeto de infra-estrutura, permite a elaboração de estratégias competitivas e fornece elementos quantitativos para a adoção da concepção do produto indicada pelo público-alvo.

Palavras-chave: qualidade de projetos, projeto de infra-estrutura, metodologia.

research to find of usual techniques and methodologies applied for the development of industrial products. The paper emphasizes the need to give value for the phases of product development and applies the methodology developed for elaboration of the project of Technological Center of Civil and Environmental Engineering and Architecture of University of Passo Fundo. The results have shown that the presented methodology helps in the development of infrastructure project process, it allows the elaboration of competitive strategies and provide quantitative elements for the adoption of product conception indicated by the target-public.

Key words: projects quality, infrastructure project, methodology.

1. Introdução

Segundo Hartley (1998), grande parte do custo total do produto está comprometida já em nível de projeto conceitual e que é possível influir sobre este custo na fase de projeto, numa etapa denominada de "janela da oportunidade".

De acordo Huthwaite (1992), os investimentos em projeto ficam em torno de 5% do custo final do produto, tendo uma influencia sobre 70% do custo total do mesmo. Segundo o autor, se o projeto não estiver bem elaborado, as etapas subseqüentes não serão acertadas, independente do grau de automatização ou de tecnologia utilizado. Outro tópico a ser considerado na fase de projeto é o cuidado que se deve ter em traduzir os requisitos do cliente em requisitos do produto (Pereira e Manke, 2001).

Verifica-se que nesse contexto existe a necessidade de se desenvolverem os projetos nas diversas áreas, entre elas a de infra-estrutura, segundo uma ótica integrada de percepção das necessidades do cliente, otimização de recursos e técnicas empregadas e a possibilidade de uso da Engenharia Simultânea (ES). Assim como se observa em outros setores industriais, os projetistas necessitam de uma metodologia que, entre outros aspectos, auxilie no processo criativo e direcione os esforços empreendidos para a melhoria do produto final.

Mirom (2002) salienta que, recentemente, diversos pesquisadores têm-se dedicado ao estudo do processamento dos requisitos do cliente no desenvolvimento de produtos com o objetivo de possibilitar uma maior agregação de valor ao produto final. Kamara *et al.* (in Mirom, 2002) desenvolveram um modelo de processamento dos requisitos do cliente utilizando a ferramenta QFD (Desdobramento da Função Qualidade), integrada a uma abordagem de Engenharia Simultânea na construção civil.

Outros autores como Pandolfo (2001) e Kurek (2005), têm feito trabalhos com o intuito de identificar e quantificar os requisitos do cliente procurando dar ênfase a uma metodologia que priorize os requisitos ou atributos do usuário, reforçando, assim, a idéia de que o produto final não é apenas resultado

da inspiração do projetista, mas um resultado que surgiu com funções específicas e que, ao responder satisfatoriamente a essas funções, obtém-se o equilíbrio entre o desempenho e o custo das funções, com a conseqüente adequação do valor do produto.

Já o uso da Engenharia do Valor, consiste em um método sistemático para aumentar o valor de um produto, projeto, sistema ou serviço por meio da identificação e avaliação das funções necessárias para o fornecedor e o consumidor/usuário, permite o desenvolvimento das alternativas para maximizar a relação desempenho/custo da função.

Dessa forma, este artigo tem por objetivo fazer uma aplicação das técnicas de Engenharia do Valor (EV) e Desdobramento da Função Qualidade (QFD), já implantadas com sucesso em outras indústrias, no projeto do CETEC-UPF, o qual busca atender à demanda tecnológica da Universidade de Passo Fundo (UPF) nas áreas de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Ambiental.

2. Abordagem Geral das Metodologias de Projeto

2.1 Classificação das escolas de projeto

Yoshikawa (*in* Perez, 2003), após estudo das filosofias de projeto, estabeleceu uma classificação das escolas de projeto em: Semântica; Sintática; Historicista; Psicológica; e Filosófica.

Tomando como base o referido autor, as filosofias de projeto, dentro da metodologia de projetos de produtos, têm nas escolas Semântica e Sintática a sua principal representação.

A escola Semântica baseia-se no princípio de que qualquer máquina ou sistema técnico é um sistema que transforma grandezas de entradas em grandezas de saída do tipo informação, material e energia. De acordo com Perez (2003), as diferenças entre entrada e saída são chamadas de "funcionalidades" do produto e definem a solução inicial para o caminho do problema. A solução do projeto começa com o estabelecimento da estrutura funcional do produto, que é resolvida pela associação de um ou mais princípios físicos a cada função, ou subfunção da estrutura funcional.

A escola Sintática trata dos aspectos morfológicos do processo de projeto, ou seja, de modelos para o processo de projeto. Ainda de acordo com Perez (2003), esta filosofia encontra-se estabelecida em três princípios básicos: um conjunto de princípios gerais; uma sistemática de projeto; e um instrumento de crítica.

A seqüência lógica de projeto, na escola Sintática, inicia-se pelo conhecimento empírico do projetista em conjunto com os dados do projeto em questão. As informações obtidas são tratadas de acordo com o processo estabelecido para o projeto a ser desenvolvido. Ao final de cada fase do processo de projeto é incluído um instrumento de crítica que tem como objetivo estabelecer a continuidade, cancelamento do projeto ou realimentação de informações para a continuação. Essa avaliação fica restrita ao produto e a sua concepção, não levando em conta aspectos do processo de projeto.

Para Ogliari (*in* Perez, 2003), as duas filosofias são complementares: a escola semântica obedece a considerações referentes ao objeto de projeto; já a escola sintática considera a sistematização do processo

de projeto. Com a aplicação conjunta das duas filosofias há uma abordagem dos aspectos lógicos do processo de projeto somados aos aspectos da funcionalidade do produto.

Através do trabalho de Pahl e Beitz (*in* Perez, 2003) desenvolvido na área de metodologia de projeto, pode-se observar que o ciclo de desenvolvimento de produtos segue a sistemática: planejamento e esclarecimento da tarefa, projeto conceitual, preliminar e projeto detalhado; conforme Figura 1.

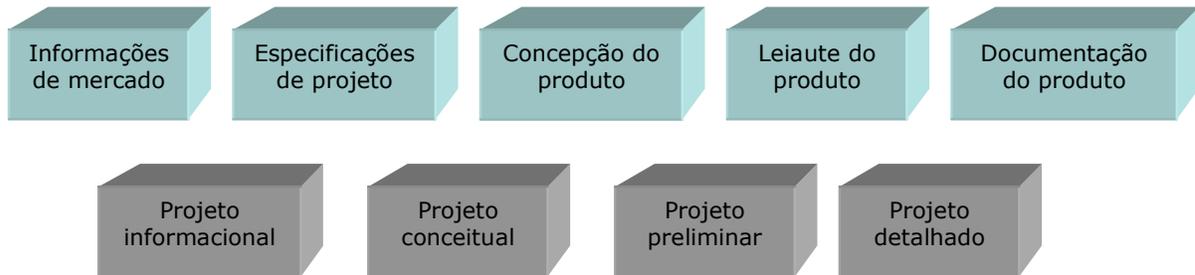


Figura 1: Modelo de consenso para o projeto de produtos proposto por Oligari (Perez, 2003).

O projeto de produto tem o seu início com as informações de mercado, que incluem os interesses ou manifestações dos clientes de projeto, ou seja, as pessoas envolvidas direta ou indiretamente com o projeto ou produto em questão. Segundo Fonseca (2000) é nessa fase que ocorre a transformação das informações genéricas e qualitativas em especificações de projeto, isto é, em requisitos quantitativos que estabelecem os principais problemas técnicos a serem resolvidos e as restrições de solução.

Na fase de projeto conceitual do produto - estabelecimento da concepção que melhor satisfaz as especificações de projeto - essa concepção qualitativa representa o produto em suas principais funcionalidades e princípios de solução, tendo como elementos representativos esquemas ou esboços da solução desenvolvida.

O projeto preliminar do produto trabalha, de maneira quantitativa, sobre a melhor concepção desenvolvida com o objetivo de configurar os itens que caracterizam o produto em sua geometria e formas.

Na fase final, ou seja, na fase de detalhamento do projeto do produto, são desenvolvidos trabalhos no sentido de documentar as soluções escolhidas e viabilizar o detalhamento do projeto preparando-o para a execução. Basicamente nesta fase chega-se ao esboço de produção. As decisões finais sobre os materiais, arranjos, formas dos componentes são tomadas nesta fase.

2.2 Técnicas para o processo de projeto

Técnicas de análise funcional: análise do valor e engenharia do valor

Durante a Segunda Guerra Mundial, Miles (*in* Snoggrass e Kasi, 1986) percebeu o valor da comunicação, formulando a teoria da análise do valor (AV), onde com a ajuda da comunicação adequada, foram determinadas as partes ou componentes de um conjunto, definindo-se assim as funções de seus elementos.

De acordo com Basso (1991), a diferença entre EV e AV está na fase de aplicação das técnicas de análise funcional. A EV aplica as técnicas de análise funcional durante a fase de concepção do produto, ou seja, a fase de projeto, ao passo que a AV aplica esta técnica durante a fase de produção do produto.

Dessa maneira, uma nova definição destaca-se: "Engenharia do valor é um esforço organizado, dirigido para analisar as funções de bens e serviços para atingir aquelas funções necessárias e características essenciais da maneira mais rentável" (Csillag, 1995).

De acordo com Csillag (1995) o termo Gerenciamento do Valor é agora usado como sinônimo de Análise do Valor ou Engenharia do Valor e está substituindo-os gradativamente. O objetivo primordial do Gerenciamento do Valor é aumentar o valor dos produtos e/ou processos em que este método é aplicado. Cabe ainda ressaltar que, para autores como Pereira Filho (1994), a AV/EV conduz a um aumento de produtividade, levando à melhoria de qualidade, maior competitividade, maior lucratividade e racionalização administrativa.

Classificação das técnicas de EV

Csillag (1995), dentro do enfoque da EV, classifica as técnicas em dois grupos: técnicas de suporte e técnicas específicas. As técnicas de suporte são regras heurísticas, ou seja, regras de bom senso, políticas ou guias que aumentam a possibilidade de sucesso, mas não garantem a solução, assim devem ser utilizadas como respostas criativas específicas.

Quanto às técnicas específicas, Csillag (1995), enumera cinco itens: técnicas de análise global, reestruturantes, de geração de idéias, de seleção e avaliação de idéias e de implementação.

As técnicas de análise global têm a finalidade de abordar situações como um todo, hierarquizando os problemas e decidindo por qual começar. Já as técnicas reestruturantes não resolvem um problema completamente, mas representam-no de uma maneira que facilita obter a solução, mostrando novas perspectivas do problema.

Segundo Baxter (2003), atualmente se pode contar com mais de uma centena de técnicas para se trabalhar a geração de idéias no campo de projeto. Têm-se como ferramentas importantes na geração de idéias: *brainstorming*, análise morfológica e as técnicas sinéticas. Igualmente as técnicas de seleção e avaliação de idéias são numerosas; algumas, como FIRE e técnica *Delphi*, têm sido criadas em situações específicas, porém com o passar do tempo têm sido utilizadas em outras atividades, diferentes daquelas de origem.

As técnicas de implementação são utilizadas após a seleção e avaliação de idéias. Na medida em que uma idéia ou projeto tem início, há resistência por parte das pessoas que temem a mudança. As técnicas de implementação, além de trabalhar esses aspectos, trabalham a parte operacional e de produção na implantação de processos.

Após a enumeração das principais técnicas utilizadas na EV, destacam-se, tendo em vista a sua larga utilização como ferramenta de análise funcional e tomando como base Valdiero (1994), as seguintes: FAST, análise morfológica e técnica de Mudge.

Segundo Valdiero (1994), FAST é uma técnica em que se parte de uma função de mais alto nível, que é a função desejada no produto, até se chegar a funções de nível mais baixo, as quais tornam possível a função de alto nível. Segundo Back (1983), esta técnica além de identificar as funções, também as hierarquiza.

De acordo com Baxter (2003), análise morfológica estuda todas as combinações possíveis entre os elementos de um componente ou produto. As regras básicas para a análise morfológica são: o problema a ser solucionado deve ser descrito com grande precisão; devem-se identificar as variáveis que caracterizam o problema e isso depende dos conhecimentos e habilidades do analista; cada variável deve ser subdividida em classes, tipos ou estágios distintos – se a variável for contínua, deve-se dividi-la em determinadas faixas ou regimes; as soluções possíveis são procuradas nas combinações entre as classes.

Já a técnica de Mudge é utilizada com o objetivo de avaliar as relações funcionais, permitindo, assim comparar cada função definida com todas as outras a fim de determinar a importância relativa entre elas. De acordo com Csillag (1995), quando essa comparação e avaliação estiverem concluídas, a soma dos pontos de cada função indicará qual a função básica e a seqüência quanto às necessidades relativas de cada uma das demais funções secundárias. Esta técnica permite saber quais funções existem devido ao projeto existente do produto, não devido à função básica.

Desdobramento da função qualidade – QFD

A partir da década de 60 surgiu a necessidade de que já na etapa de desenvolvimento de novos produtos o foco estivesse nas demandas do consumidor. Tais demandas deveriam ser incorporadas desde a fase de concepção até a fase de manufatura. Todos os elementos responsáveis pelo sucesso do produto deveriam ser integrados com um conjunto de atividades e objetivos desde o início.

Esse processo integrado, denominado de Engenharia Concorrente ou Engenharia Simultânea, tem, segundo Clausing (*in* Carvalho, 1997), duas características essenciais: (a) é um processo concorrente; e (b) é conduzido por um time multifuncional de desenvolvimento. Assim, de acordo com o autor, o QFD está associado ao conceito de Engenharia Simultânea e permite estruturar e sistematizar o trabalho dos times de projeto com o objetivo de integrar diversas fases do planejamento do produto.

O QFD é um método que permite o desdobramento e priorização dos requisitos do cliente nas características e processos de qualidade a serem implementados, garantindo alinhamento com as necessidades do cliente. O QFD orienta a organização dos recursos disponíveis, priorizando-os de acordo com a visão do cliente (Pinna e Carvalho, 2008).

Segundo Ohfuji *et al.* (1997), o QFD é uma série de atividades que engloba desde a identificação das exigências do cliente até a completa introdução e formação dessas exigências no produto.

Para os autores, as exigências dos clientes são expressas em palavras, o que é insuficiente para criar projetos, pois há a necessidade de se converter essas necessidades em dados técnicos. Cabe ao setor comercial tomar a frente para investigar essas necessidades e fornecer tais dados para a equipe de projeto. Desse modo, a equipe de projeto deverá coordenar a conversão da qualidade planejada pela equipe

comercial em qualidade projetada. Por sua vez, a conversão da qualidade projetada em requisitos técnicos é feita pela equipe de produção. Segundo os autores, no momento da introdução do QFD é mais eficaz que se atue formando uma equipe de projetos.

Segundo Carvalho (1997), o QFD trouxe uma inversão no desenvolvimento de novos produtos, pois era a engenharia que empurrava as atividades de desenvolvimento de produtos. Com o uso do QFD, o processo passou a ser desencadeado pelas necessidades do consumidor. Assim, o objetivo primordial do método é aproximar o produtor do consumidor.

De acordo com Ohfujii *et al.* (1997), o QFD, modelo completo, no sentido amplo, constitui-se de dois elementos básicos: Desdobramento da Qualidade - QD; Desdobramento da Função Qualidade no sentido restrito - QFDr.

Dentro do QD, está inserida a casa da qualidade, que segundo Carvalho (1997), é também conhecida como matriz de planejamento do produto. O objetivo da casa da qualidade é elencar os requisitos do consumidor e relacionar tais requisitos às características da qualidade do produto. É na casa da qualidade que são estabelecidas as metas para as características da qualidade do produto e as estratégias de desdobramento para as demais etapas do método.

3. Etapas para o Delineamento da Pesquisa

Etapa I: estruturação

O estudo se inicia com pesquisas bibliográficas para o embasamento teórico, abordando principalmente as técnicas de Análise Funcional, Engenharia do Valor e Desdobramento da Função Qualidade (QFD), utilizadas para o desenvolvimento de projeto de produtos industriais. Essa revisão, que teve início na primeira etapa, estendeu-se ao longo de toda a pesquisa, fornecendo subsídios para as diversas fases do seu desenvolvimento.

O trabalho foi estruturado partindo-se da identificação dos requisitos do cliente com o uso de pesquisa por enquête. Para a realização da identificação e desmembramento de funções do produto foi utilizada a técnica FAST, partindo-se da função de mais alto nível até se chegar às funções de nível mais baixo, as quais foram definidas por duas palavras: um verbo e um substantivo. Para a determinação de soluções na estruturação da metodologia, foi pesquisada e proposta a aplicação do método morfológico. Na escolha da melhor solução, optou-se pela maior pontuação, entre os atributos do consumidor indicados pela aplicação do método.

A última etapa da estruturação, o resultado final, tem como elemento de saída um relatório final com os requisitos do consumidor a serem fornecidos para as fases posteriores, que abrangem a fase de projeto preliminar e o detalhamento do projeto.

Etapa II: consolidação

Foi selecionado o projeto do CETEC-UPF para se ter como referencial um objeto com características funcionais variadas e de fácil acompanhamento, por parte do grupo de pesquisa, durante sua execução.

Ao longo da primeira fase da pesquisa foram aplicados questionários, feitas entrevistas, aplicada a técnica FAST e utilizado o QFD como objetivo de pontuar as necessidades do consumidor em relação ao produto a ser projetado.

Outro ponto a ser considerado é o fato de que um prédio do projeto do CETEC-UPF já estava em implantação na data de início desta fase da pesquisa. Tal situação permite que se possa comparar o que estava sendo feito com os requisitos solicitados pelos usuários e, com base nos dados levantados, propor alterações para a configuração das novas fases do projeto em estudo.

Etapa III: resultados

Após o levantamento dos requisitos do consumidor, desmembramento de funções, determinação das concepções e escolha da solução para o empreendimento, foi estruturado o relatório final.

A terceira etapa da pesquisa teve como escopo a tabulação dos requisitos do consumidor obtidos após a aplicação da metodologia pesquisada ao estudo de caso do CETEC-UPF e a compilação dos resultados obtidos para a solução escolhida num relatório final com o objetivo de determinar as principais características para o produto.

4. Resultados Relativos à Estruturação da Metodologia

Para um melhor entendimento do método proposto para o desenvolvimento de projetos, optou-se por dividi-lo em cinco fases. A Figura 2 apresenta a estrutura da metodologia proposta, mostrando as fases com as respectivas ações sobre o empreendimento.

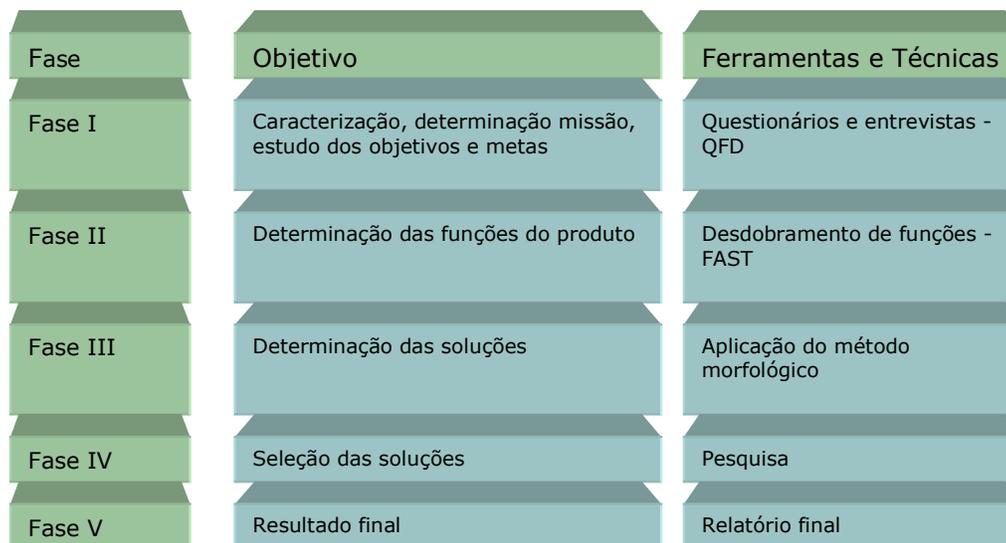


Figura 2: Fases da metodologia proposta.

Fase I – Caracterização do empreendimento, determinação dos objetivos e metas

Nesta etapa procede-se ao levantamento do histórico do empreendimento através de entrevistas e questionários aplicados às partes que constituem parcela representativa dos usuários. Para este trabalho o modelo de questionário - pesquisa tipo enquête - serve para determinar os fatores que podem ser considerados, em nível inicial, no processo de criação, planejamento e execução do projeto.

Assim, o questionário ou pesquisa inicial tem como meta abordar basicamente: (a) aspectos da necessidade do usuário - identificado pela empresa ou órgão responsável pela gestão do projeto; (b) aspectos da percepção das necessidades de outras áreas que não a do usuário e que envolvam o mesmo projeto; (c) necessidades relativas ao meio-ambiente; (d) percepção das fontes de recurso para a implantação do referido empreendimento.

Podem ser utilizadas ferramentas de desenvolvimento de produtos como o QFD, tendo-as como elementos de apoio no levantamento e na quantificação das necessidades do usuário.

Com o estudo da missão, objetivos e metas do empreendimento, através do levantamento entre as partes pesquisadas e a determinação pela equipe técnica de projeto, podem surgir novas alternativas para a elaboração do projeto, melhorando a eficiência e a satisfação do usuário quanto às funções do produto final.

Pesquisa dos atributos dos requisitos dos consumidores: Feita com o objetivo de levantar dados referentes a requisitos dos consumidores - RCs ou elementos referentes à qualidade exigida, numa primeira etapa faz o levantamento qualitativo da pesquisa. O Quadro 1 apresenta o modelo para levantamento qualitativo de dados.

Questionário:	
Durante a utilização do _____ (empreendimento), considere a situação de usuário.	
	Sexo: Idade:
Nº	Enumere no lado direito os elementos que considera importantes para o bom desempenho do empreendimento. (O que gostaria de ter?)
1	
2	
N	

Quadro 1: Modelo de formulário para levantamento qualitativo dos Requisitos dos Consumidores RCs.

Na segunda etapa procede-se ao levantamento quantitativo dos RCs no QFD. O questionário apresenta tabela com graduação de 1 a 5, conforme pode ser observado no Quadro 2.

Questionário:						
No lado esquerdo estão relacionados alguns atributos considerados básicos para a elaboração do projeto.						
Marque com um "x" a coluna de resposta, indicando a importância do atributo para a elaboração do projeto.						
Sexo: _____; Idade: _____						
Escala de importância: A = alta; M = média; B = baixa						
N °	Atributo	A	M		B	
		5	4	3	2	1
1						
2						
3						
...						
N						

Quadro 2: Modelo de formulário para levantamento qualitativo dos RCs (Ohfujii et al., 1997).

Montagem do quadro do problema: o Quadro 3 mostra a identificação do problema montado a partir das necessidades estudadas. Este quadro apresenta a análise do ciclo de vida do produto e ajuda o projetista na visualização do ambiente e dos pontos que devem ser trabalhados ao se buscar uma solução. A identificação do problema apresenta três fases: produção, uso e operação e descarte do produto.

Identificação do problema				
Entradas			Saídas	
	Desejada	Meio Ambiente	Desejada	Indesejada
Produção	- materiais - modulação - uso de CAD e programas de computação - uso de PCP - construção enxuta	- canteiro de obras; - uso NR-5 - mão-de-obra com treinamentos do PBQP-H	- construção de fácil execução - baixo custo	- construção complexa - baixa modulação - fluxo difícil - custo elevado
Uso e Operação	- atividades de uso	- principais componentes do produto projetado	- manutenção - custo - aparência - funcionamento	- geração de poluentes - consumo de água e energia
Descarte	- possibilidade de reutilização	- descarte quando ocorrer obsolescência - reforma	- reciclável; - fácil desmontagem	- materiais - poluentes

Quadro 3: Quadro de identificação do problema pesquisado (Fonte: Valdiero, 1994).

Na fase de produção são consideradas as entradas e as saídas. Nos elementos de entrada consideram-se as entradas desejadas como: materiais a serem empregados, ferramentas de projeto e princípios de construção. Para as saídas desejadas, enumeram-se as características pretendidas para o produto.

Na fase de uso e operação, busca-se identificar as entradas desejadas na utilização do produto, o meio ambiente, as saídas desejadas com os requisitos desejados e também as saídas indesejadas no uso e operação do produto.

Na fase de descarte consideram-se os elementos básicos de entrada e saída na conclusão do ciclo de vida do produto.

Fase II – Determinação das funções do empreendimento com desmembramento das funções identificadas

Na seqüência, após a determinação da missão, objetivos e metas do empreendimento, utiliza-se a técnica FAST para desmembramento das funções identificadas.

Cabe aqui ressaltar a importância de se caracterizar a função global do produto - a função que irá definir qual será a ação do empreendimento, ou seja, a função total do sistema. Após a identificação e desmembramento de funções, a determinação do valor relativo entre elas pode ser feita pela técnica de Mudge, o que possibilita ter uma idéia quantitativa do valor de cada função comparada.

Fase III – Determinação das soluções

Após o desdobramento de funções do produto, pode-se trabalhar com princípios de solução variados. A tabela de critérios de avaliação, mostrada no Quadro 4, relaciona as características de engenharia advindas da aplicação do QFD aos módulos ou partes do empreendimento a ser projetado. Para a obtenção dos pesos relativos dos módulos a pontuação do QFD é repetida naqueles em que a característica de engenharia ocorre.

Aplicação da pontuação do QFD às características de engenharia							
Características de engenharia	Importância Do requisito P_i (QFD)	Peso %	Pontuação atribuída aos módulos pelo QFD				
			A	B	C	D	E
A							
B							
C							
...							
N							
Total	$\sum p_i(QFD)$	-					
Total dos módulos			$\sum a_{i,n}$	$\sum b_{i,n}$	$\sum c_{i,n}$	$\sum d_{i,n}$	$\sum e_{i,n}$
Total geral dos módulos	$\sum a_{i,n} \dots \sum e_{i,n}$						
Pesos relativos			$\frac{\sum a_{i,n}}{\sum a_{i,n} \dots \sum e_{i,n}}$	$\frac{\sum b_{i,n}}{\sum a_{i,n} \dots \sum e_{i,n}}$	$\frac{\sum c_{i,n}}{\sum a_{i,n} \dots \sum e_{i,n}}$	$\frac{\sum d_{i,n}}{\sum a_{i,n} \dots \sum e_{i,n}}$	$\frac{\sum e_{i,n}}{\sum a_{i,n} \dots \sum e_{i,n}}$
Soma dos pesos relativos	1,00						

Quadro 4: Tabela de pontuação dos módulos com uso do QFD.

Assim, o módulo que alcançar maior somatório de pesos de características de engenharia apresentará maior peso relativo. Dessa forma, fica definida a participação relativa do módulo no empreendimento.

Para a determinação da pontuação das funções listadas na matriz morfológica foram utilizados os seguintes elementos: a pontuação dos módulos feita com o uso do QFD; o peso relativo das funções obtidas pela aplicação da técnica de Mudge; a avaliação da equipe técnica de projeto.

O Quadro 5 indica a maneira como as soluções são pontuadas dentro de cada módulo.

Módulo: função elementar	Peso relativo do módulo (QFD)	Peso relativo mudge	Solução S1		Solução S2		Solução S3	
			Nota atribuída	Nota final	Nota atribuída	Nota Final	Nota atribuída	Nota Final
1	P1	M1	A1	P1XM1 XA1	B1	P1XM1XB1	C1	P1XM1 XC1
2	P1	M2	A2	P1XM2 XA2	B2	P1XM2XB2	C2	P1XM2 XC2
3	P1	M3	A3	P1XM3 XA3	B3	P1XM3XB3	C3	P1XM3 XC3
...
N	P1	Mn	An	P1XMn xAn	Bn	P1XMnxBn	Cn	P1XMn xCn
Total		1,00						
Total do módulo				Σn. finais		Σn. Finais		Σn. finais

Quadro 5: Tabela de pontuação das soluções.

Tomando como exemplo a solução nº02 dentro do módulo - A - após a atribuição das notas pela equipe técnica de projeto para cada função, a distribuição do peso relativo do módulo pelo uso do QFD e a distribuição do peso relativo das funções pela técnica de Mudge, calcula-se a nota final para a solução dentro do módulo. Dessa maneira a solução que apresentar maior pontuação será a solução indicada.

Fase IV - Seleção da solução

Para a determinação da pontuação final das soluções, enumera-se a nota final dos módulos e determina-se a soma geral dos mesmos de tal forma que a solução com maior nota final será a mais indicada.

O Quadro 6 indica o procedimento para a obtenção do total da pontuação final para cada solução estudada para o empreendimento. O total dos módulos de cada solução é transposto para as respectivas colunas. No Quadro 6 é feito a soma nas colunas.

Total dos módulos	Solução S1: nota final	Solução S1: nota final	Solução S1: nota final
A	A1	A2	A3
B	B1	B2	B3
C	C1	C2	C3
D	D1	D2	D3
E	E1	E2	E3
Pontuação final	$\Sigma A1... E1$	$\Sigma A2... E2$	$\Sigma A3... E3$

Quadro 6: Tabela de pontuação para as soluções.

Fase V – Resultado final

De acordo com o Quadro 7, o resultado final constitui-se de relatório que contém a síntese da descrição dos elementos componentes do projeto.

<p>RELATÓRIO FINAL</p> <p>1.0 Dados gerais do empreendimento</p> <p>1.1 Proprietário</p> <p>1.2 Região de inserção</p> <p>2.0 Dados coletados</p> <p>2.1 Dados externos</p> <p>2.2 Dados internos</p> <p>2.3 Histórico e estado da arte do empreendimento</p> <p>2.4 Levantamento e análise das necessidades</p> <p>2.5 Identificação do problema (quadro de identificação do problema)</p> <p>3.0 Descrição da missão do empreendimento</p> <p>4.0 Descrição da solução proposta</p> <p>4.1 Principais módulos ou sistemas</p> <p>4.2 Funções dos módulos</p> <p>4.3 Requisitos do consumidor apontados pelo QFD.</p>

Quadro 7: Estrutura do relatório final.

5. Resultados relativos aplicação da metodologia ao CETEC-UPF

A aplicação da metodologia de elaboração de projetos ao CETEC-UPF levou à caracterização do empreendimento e à pontuação das soluções apresentadas a seguir.

5.1 Dados gerais do empreendimento

O empreendimento trata-se da Faculdade de Engenharia e Arquitetura, situada no Campus I da Universidade de Passo Fundo. Os Detalhes estão descritos seqüencialmente: (a) Proprietário: Universidade de Passo Fundo. (b) Usuários: Faculdade de Engenharia e Arquitetura através dos cursos de Arquitetura e Urbanismo; Engenharia Ambiental; Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia. (c) Região de Inserção: Na área de atuação da UPF, com forte influência nas cidades da região em que há campus da UPF (Passo Fundo; Carazinho; Sarandi; Soledade; Lagoa Vermelha; Casca).

5.2 Dados coletados

Para o maior entendimento e síntese da pesquisa os dados coletados foram subdivididos em etapas, conforme a seqüência deste item.

Dados externos

Foi realizada viagem de estudos ao Campus Santa Bárbara da Unimep onde foi constatada a existência dos seguintes elementos: espaço externo para construção de modelos estruturais; área externa para aulas práticas em canteiro de obras; espaço para construção com materiais convencionais e alternativos; depósito de materiais de construção produzidos in loco; sala de amostras de materiais de construção; cabines de pintura; depósitos de equipamentos para Topografia e Materiais de Construção; marcenaria; depósito de ferramentas e itens de uso geral e laboratório para ensaios de solos em laboratórios cobertos.

Dados internos

Com relação aos dados internos, as principais constatações são: falta de espaço físico para os laboratórios instalados – Materiais de Construção, Geotecnia, Pavimentos e Construção Civil e Estruturas; dificuldade de acessos para pessoas e materiais; dificuldades para carga e descarga dos materiais destinados a estudos e ensaios.

Histórico e estado da arte do empreendimento

A área atualmente destinada à implantação do projeto do CETEC-UPF é de 30.000 m². O empreendimento tem um prédio edificado destinado a abrigar as instalações de: maquetaria; laboratórios de Geotecnia, Infra-estrutura de transportes, Materiais de Construção, Construção Civil, Topografia e laboratório de Gerenciamento; Escritório Escola de Engenharia Civil; 03 salas de aula; 03 salas de professores; instalações sanitárias e cozinha; espaço junto ao hall de entrada para os alunos.

Levantamento e análise das necessidades

Junto aos usuários foi realizado um levantamento de necessidades, a partir deste item podem-se fazer análises e obter dados que direcionaram a pesquisa. Portanto, a pesquisa junto aos usuários aponta as seguintes características para o empreendimento:

- ser apropriado às atividades de ensino, pesquisa e extensão utilizando laboratórios;
- ser apropriado às atividades de ensino em salas de aula;
- ser capaz de atender às aulas de prática de campo;
- ter condições para desenvolvimento e teste de novas técnicas e sistemas construtivos em nível de pesquisa e extensão;
- ter condições para se ministrar cursos em nível de ensino, pesquisa e extensão;
- ter modularidade para ser construído em etapas;

- ter acessos adequados para pessoal e suprimento logístico;
- contribuir para a ação da UPF, em nível de marketing, na sua região de inserção e atuação;
- contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico da FEAR e da região de atuação da UPF;
- ter uma política de ação ambiental que seja satisfatória à preservação do meio-ambiente;
- ter capacidade de geração de receitas.

As necessidades para estrutura física apontada pelos usuários são as seguintes: laboratórios internos, salas de apoio e campo experimental para ensaios externos.

Os núcleos componentes da estrutura do empreendimento do CETEC-UPF são:

- Geotecnia;
- Infra-estrutura de Transportes;
- Hidráulica e Sistemas Hidráulicos Prediais;
- Saneamento;
- Eletrotécnica e Sistemas Elétricos Prediais;
- Construção Civil;
- Materiais de Construção;
- Gerenciamento;
- Conforto Ambiental;
- Processamento e Reciclagem de Resíduos do CETEC-UPF;
- Topografia e Geodésia;
- Pós-Graduação em Engenharia;
- Maquetaria;
- Museu de Materiais e Técnicas Construtivas.

Identificação do Problema

A identificação do problema elaborado a partir das necessidades estudadas é mostrada no quadro-resumo do Quadro 8 desta pesquisa.

Entradas			Saídas	
	Desejada	Meio Ambiente	Desejada	Indesejada
Produção	- materiais padronizados - modulação - uso de CAD e programas de computação - uso de PCP - uso de Princípios da Construção Enxuta	- canteiro de obras - uso NR-5 - mão-de-obra com treinamentos do PBQP-H	- construção de fácil execução - baixo custo	- construção complexa - baixa modulação - fluxo difícil - custo elevado
Uso e Operação	- atividades de ensino, pesquisa, extensão, prestação de serviços e processamentos de resíduos	- salas de aula - laboratórios - maquetaria - campo experimental - pista experimental	- fácil manutenção - baixo custo operacional - boa aparência - funcionamento integrado entre os núcleos	- geração de grande volume de poluentes - alto consumo de água e energia
Descarte	- possibilidade de reforma e reutilização	- descarte quando ocorrer a obsolescência das instalações e houver impossibilidade de reforma	- reciclável - fácil desmontagem	- material poluente e de fácil reutilização

Quadro 8: Quadro de identificação do problema pesquisado.

5.3 Missão do empreendimento

Incentivar o desenvolvimento tecnológico, através das práticas de ensino, pesquisa e extensão, nas áreas de Engenharia Civil, Engenharia Ambiental e Arquitetura e Urbanismo buscando a integração do CETEC com a região de atuação da UPF.

5.4 Descrição da solução proposta

A pontuação entre as soluções indicou para o projeto do CETEC-UPF, em ordem decrescente, o seguinte resultado:

- Solução nº 02 com pontuação igual a 8,1725;
- Solução nº 01 com pontuação igual a 7,8059;
- Solução nº 03 com pontuação igual a 7,5865.

Principais módulos ou sistemas do projeto

A metodologia aplicada ao estudo mostrou, dentro da solução de maior pontuação, os seguintes resultados para os módulos do projeto:

- ensino = 2,4578;

- pesquisa = 2,0625;
- extensão = 2,0714;
- prestação de serviços = 1,0318;
- tratamento dos resíduos produzidos pelo CETEC-UPF = 0,549.

Funções dos módulos

Dentro de cada módulo, para as funções da solução de maior pontuação, foram encontrados os resultados apresentados no Quadro 9.

Módulo (pontuação geral)	Função (pontuação das funções)
Ensino = 2,4578	- prover aulas teóricas = 0,76; - prover aulas práticas = 0,64 - prover grupos de estudo = 0,47; - prover exposições = 0,19 - prover simulações = 0,15; - prover palestras = 0,14 - prover apresentações = 0,10
Pesquisa = 2,0625	- desenvolver sistemas = 0,5843; - desenvolver materiais = 0,4909 - testar técnicas = 0,3975; - pesquisar bibliografia = 0,2104 - levantar dados = 0,1432; - sistematizar conhecimentos = 0,1227 - questionar conhecimentos = 0,0466; - prover debates = 0,0466 - comparar situações = 0,0204
Extensão = 2,0714	- elaborar projetos = 0,8572; - desenvolver programas = 0,6428 - organizar eventos = 0,5714
Processamento de resíduos gerados pelo CETEC-UPF = 0,549	- terceirizar transporte = 0,1916; - aterrar = 0,1179; - usar = 0,1621; - peneirar = 0,0515; - amarrar = 0,0258
Prestação de serviços = 1,0318	- comprimir = 0,2036; - pesar = 0,1391; - desgastar = 0,1391; - tracionar = 0,1382; - executar sondagens = 0,1382; - reduzir = 0,1063; - levantar topografia = 0,08; - fabricar maquetes eletrônicas = 0,0381; - deformar = 0,0364; - reproduzir = 0,0127

Quadro 9: Pontuação dos módulos.

Requisitos do consumidor apontados pelo QFD

Os requisitos do consumidor apontados pelo QFD têm a finalidade de indicar à equipe de projeto, na linguagem do consumidor, o que se espera do produto final.

Também o uso da EV de QFD dá suporte à metodologia proposta como ferramentas qualitativas e quantitativas na elaboração do conceito do produto.

Os requisitos do consumidor apontados pelo QFD são os seguintes:

- ser seguro e confortável;
- possuir laboratórios e salas de aula;
- propiciar testes ao tempo e prática de campo;

- ter campo experimental, tratamento de resíduos, secretaria, local para acervo técnico;
- facilitar a manutenção e a higiene;
- ter estacionamento, auditório, sala de computação para os alunos, ilha com microcomputador conectado à Internet, local de estudo para os alunos, local de convivência e ter sala de professores;
- gerar receitas;
- favorecer o marketing da UPF;
- ter acessos adequados e arquitetura modular.

Os requisitos do consumidor já estão incluídos dentro da metodologia proposta através da transformação em requisitos de engenharia. Assim, ao ser determinada a solução de maior pontuação, pode-se considerar que os RCs já se encontram incluídos nos procedimentos da metodologia proposta.

6. Conclusões

A consistência da metodologia proposta advém do fato de que, para sua elaboração, foram utilizadas ferramentas da Engenharia de produção e Engenharia Mecânica, muitas das quais, como a EV e o QFD, com comprovada utilização na metodologia de desenvolvimento de produtos industriais. O presente trabalho permite concluir:

- a metodologia apresentada auxilia no desenvolvimento do processo de projeto, pois permite o conhecimento dos requisitos do consumidor, estrutura as funções do produto a ser desenvolvido e pontua a combinação das melhores soluções, em nível de projeto conceitual, para o produto a ser desenvolvido;
- a metodologia proposta auxilia na elaboração de estratégias competitivas na medida em que, durante a fase de pesquisa dos atributos do consumidor, leva a um maior conhecimento das necessidades do público-alvo;
- a metodologia proposta difere dos processos de concepção de produtos que levam em conta somente a análise dos produtos já construídos;
- o enfoque deste estudo permite abordar, através de análises qualitativa e quantitativa, a elaboração de um projeto levando em consideração os requisitos levantados pela pesquisa junto ao público-alvo;
- com os resultados obtidos na aplicação da metodologia, pode-se optar pelos procedimentos de maior pontuação ou adotar uma solução com partes de outras concepções para o desenvolvimento do produto; e
- o presente processo aplicado ao estudo de caso possibilitou subsidiar o processo de desenvolvimento do projeto do CETEC-UPF.

Desse modo, com este estudo se obtém uma nova metodologia para contribuir, em nível conceitual de produto, no processo de projeto nas áreas de Engenharia Civil e Arquitetura. Assim, esta metodologia traz uma nova abordagem para auxiliar e direcionar a concepção de produtos, facilitando as etapas de detalhamento e produção deles.

Com os resultados obtidos na aplicação da metodologia é possível se obter um projeto com maior nível de satisfação tanto com relação à satisfação do usuário final quanto na racionalização de custos do empreendimento.

Referências

- BACK, N. 1983. *Metodologia de projetos de produtos industriais*. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 389 p.
- BASSO, J.L. 1991. *Engenharia e análise do valor: mais as abordagens da administração, contabilidade e gerenciamento do valor*. São Paulo, IMAM, 193 p.
- BAXTER, M. 2003. *Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos*. 2ª ed., São Paulo, Edgard Blücher, 260 p.
- CARVALHO, M.M.C. 1997. QFD: desdobramento da função qualidade. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/teses97/marly/cap.2.htm> Acesso em: 05/04/2005.
- CSILLAG, J.M. 1995. *Análise do valor: metodologia do valor: engenharia do valor, gerenciamento do valor, redução de custos, racionalização administrativa*. 4ª ed., São Paulo, Atlas, 303 p.
- FONSECA, A.J.H. 2000. *Sistematização do processo de elaboração das especificações de projetos industriais e sua implementação computacional*. Florianópolis, SC. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, 180 p.
- HARTLEY, J.R. 1998. *Engenharia simultânea: um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos*. Porto Alegre, Artes Médicas, 266 p.
- HUTHWAITE, B. 1992. *Concurrent Engineering user's guide: guidelines for concurrent product development*. Michigan, Institute for Competitive Design.
- KUREK, J. 2005. *Introdução dos princípios da filosofia de construção enxuta no processo de produção em uma construtora em Passo Fundo-RS*. Passo Fundo, RS. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia) – Universidade de Passo Fundo, 95 p.
- MIRON, L.I.G. 2002. *Diretrizes para o gerenciamento dos requisitos do cliente em empreendimentos da Construção*. Porto Alegre, RS. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 150 p.
- OHFUJI, T.; ONO, M.; AKAO, Y. 1997. *Métodos de desdobramento da qualidade*. Belo Horizonte, Ed. da UFMG, 256 p.

- PANDOLFO, A. 2001. *Metodologia para avaliação de projeto de habitação com base no valor*. Florianópolis, SC. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, 176 p.
- PEREIRA, R.R.F. 1994. *Análise do valor processo de melhoria continua*. São Paulo, Ed. Nobel, 182 p.
- PEREIRA, M.W.; MANKE, A.L. 2001. MDPA. Uma metodologia de desenvolvimento de produto aplicado à engenharia simultânea. In: III Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento de Produto, Florianópolis, 2001. *Anais...* Florianópolis, UFSC, 9 p.
- PEREZ, R.L. 2003. *Sistematização da avaliação do desempenho do processo do projeto de produto*. Florianópolis, SC. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 181 p.
- PINNA, C.C. de A; CARVALHO, M.M. de. 2008. Gestão de escopo de projetos em aplicações na Web. *Revista Produção on line*, **8**(1).
- SNODGRASS, T.; KASI, M. 1986. *Function Analysis: the stepping stones to good value*. Wisconsin, University of Wisconsin System, 305 p.
- VALDIERO, A.C. 1994. *Desenvolvimento e construção do protótipo de um microtrator articulado: tração e preparo de sulcos*. Florianópolis, SC. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 142 p.

Submissão: 08/04/2008
Aceite: 21/07/2008