# APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE ANALISE FUNCIONAL E QFD EM PROJETO DE EDIFÍCIO

Alcione C. Becker[1]; Adalberto Pandolfo[2]; Jalusa C. B. Guimarães[3]
Renata Reinehr[4]; Luciana Pandolfo[5]; Roberto de Oliveira[6]

**RESUMO**
Surgem novas ferramentas e conceitos para o desenvolvimento de produtos, cuja eficiência propicia, no contexto atual, uma melhora no uso dos recursos disponíveis. Tal eficiência pode ser alcançada com o emprego de metodologias de projeto adequadas, que vão do levantamento das necessidades dos consumidores aos processos de fabricação e/ou construção dos produtos a serem desenvolvidos. Neste sentido, este trabalho desenvolve uma metodologia que contribui para determinar parâmetros que auxiliem e proponham soluções para a problemática da elaboração de projetos de infra-estrutura e também para diminuir as incertezas quanto às verdadeiras utilizações dos produtos projetados. A pesquisa aplicou a metodologia estudada ao projeto do Centro Tecnológico de Engenharia Civil, Ambiental e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo - CETEC-UPF, e gerou um relatório final de forma a auxiliar na determinação do programa de necessidades a nível de projeto conceitual de produtos.

**Palavras-chave:** Elaboração de projetos. Metodologia de projeto de infra-estrutura. Desdobramento da Função Qualidade.

# IMPLEMENTATION OF TECHNICAL OF FUNCTIONAL ANALYSIS AND QFD IN BUILDING DESIGN

**ABSTRAC**
New tools and concepts for the development of products have arisen, whose effectiveness propitiates, in the current context, an improvement in the use of available resources. This effectiveness may be reached with de employment of adequate project methodologies, which goes from de survey on the consumers' needs to the fabrication process and/or the construction of products to be developed. With this in mind, this works develops a methodology to study and determine parameters which help and propose alternatives for the problem of infrastructure project elaboration. The investigation studied a methodology to the project of Centro Tecnológico de Engenharia Civil, Ambiental e Arquitetura at Universidade de Passo Fundo – CETEC-UPF, the composition of the final report to help the determination of the program of necessities on the level of product conceptual level.

**Key words:** Project elaboration. Planning of infrastructure projects. Product planning.

[1] UPF; MsC; acbecker@upf.br
[2] UPF; Dr; pandolfo@upf.br
[3] UPF; jalusapf@hotmail.com
[4] UPF; renatinha_b2@yahoo.com.br
[5] UPF; MsC; marcondes@upf.br
[6] UFSC; Dr; roberto.deoliveira@pq.cnpq.

## 1. INTRODUÇÃO

Durante a Segunda Gerra Mundial, Miles (apud SNOGRASS e KASI, 1986) percebeu o valor da comunicação, formulando a teoria da análise do valor (AV). Com a ajuda da comunicação adequada foram determinadas as partes ou componentes de um conjunto, definindo-se assim as funções de seus elementos.

A diferença entre EV e AV, de acordo com Basso (1999), 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, p. 58).

De acordo com o autor, 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.

É unanimidade no meio técnico que as fases iniciais do projeto têm menor custo e maior comprometimento no desempenho de produtos. 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”.

Segundo Huthwaite (1992), os investimentos em projeto ficam em torno de 5% do custo final do produto, tendo uma influência sobre 70% do custo total do mesmo. De acordo com o autor, se o projeto não estiver bem elaborado, as etapas subsequentes não serão acertadas, independente do grau de automatização ou de tecnologia utilizados. 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; MANKE, 2001).

Miron (2002) salienta que, recentemente, diversos pesquisadores têm se dedicado ao estudo do processo dos requisitos do cliente no desenvolvimento de

produtos, com o objetivo de possibilitar uma maior agregação de valor no produto final. Kamara et al. (2000) desenvolveram um modelo de processamento dos requisitos do cliente utilizando a ferramenta QFD (Quality Function Deployment-Desdobramento da Função Qualidade).

Nesse contexto verifica-se 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 empregados e 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.

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. MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento da metodologia proposta está dividido em três etapas:

### 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 projetos 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 enquete.

Para a realização da identificação e desmembramento de funções do produto foi utilizada a técnica FAST, em que, conforme Valdiero (1994) 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), o uso desta técnica além de identificar as funções também as hierarquiza.

Para a determinação de soluções na estruturação da metodologia, foi pesquisada e proposta a aplicação do método morfológico, que de acordo com Baxter (2003), estuda todas as combinações possíveis entre os elementos de um componente ou produto. 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 com o 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.

De forma mais sistematizada, o desenvolvimento metodológico, pode ser visto em sua síntese na Figura 1.

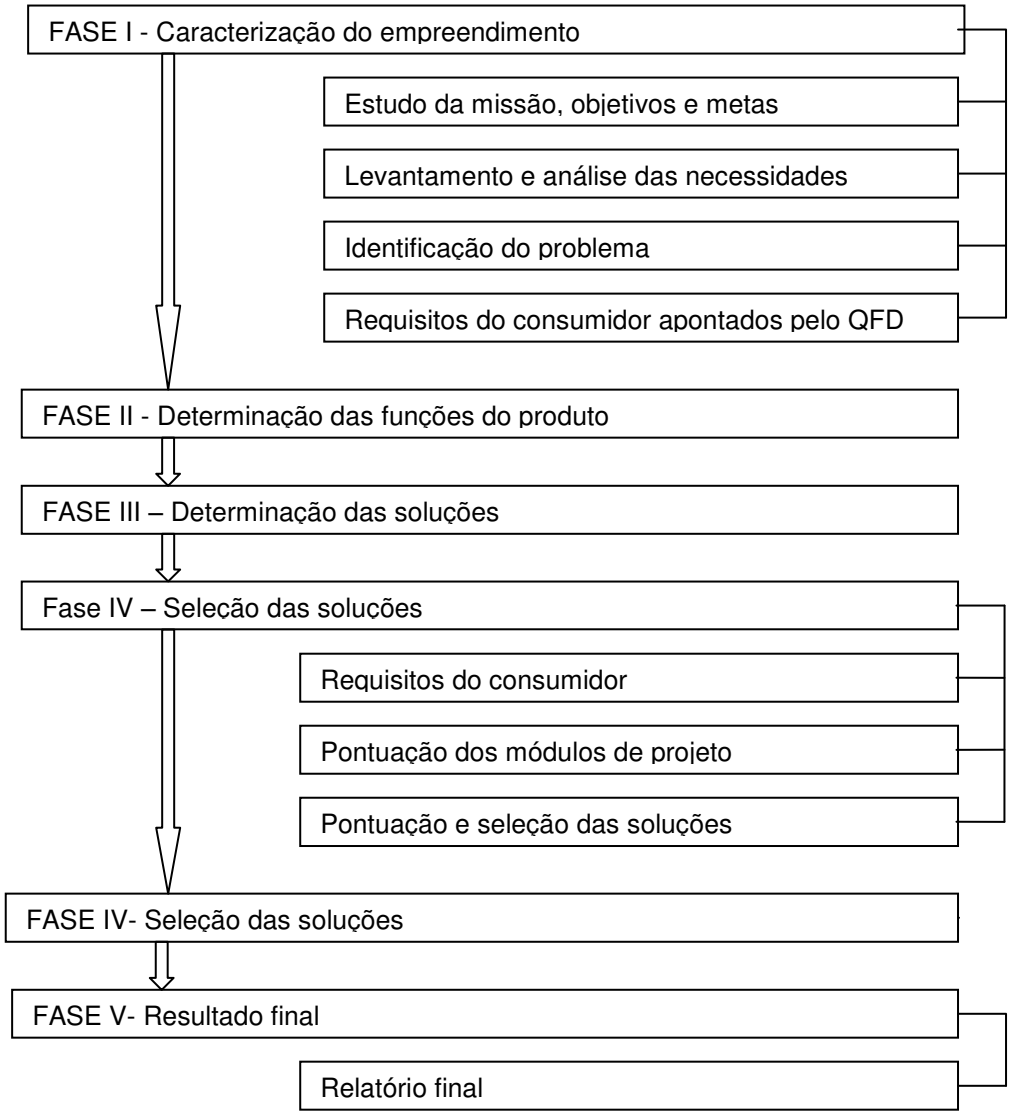



Figura 1 - Fluxograma da estrutura metodológica adotada

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação da metodologia ao empreendimento CETEC-UPF, foi divida em cinco fases:

### Fase I – Caracterização do empreendimento

Nesta etapa, procede-se ao levantamento do histórico do empreendimento através de entrevistas e questionários aplicados às partes que constituem parcela representativa dos usuários. Ferramentas de desenvolvimento de produtos como o QFD pode ser utilizado como elemento de apoio no levantamento e na quantificação das necessidades do usuário.

Com o estudo da missão, objetivos e metas do empreendimento, podem surgir novas alternativas para a elaboração do projeto, melhorando a eficiência e a satisfação do usuário quanto às funções do produto final.

O Quadro 1 apresenta os resultados relativos à caracterização do empreendimento.

| **Proprietário** | **Universidade de Passo Fundo** |
|---|---|
| **Usuários do CETEC-UPF** | Faculdade de Engenharia e Arquitetura através dos seguintes cursos:<br>- Arquitetura e Urbanismo;<br>- Engenharia Ambiental;<br>- Engenharia Civil;<br>- Programa de Pós-Graduação em Engenharia. |
| **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, Palmeira das Missões e Casca. |
| **Dados externos coletados** | Foi realizada viagem de estudos ao campus Santa Bárbara da Unimep, onde foi constatada a existência dos seguintes elementos:<br>- espaço externo para construção de modelos estruturais;<br>- área externa para aulas práticas em canteiro de obras;<br>- espaço para construção com materiais convencionais e alternativos;<br>- depósito de materiais de construção produzidos *in loco*;<br>- sala de amostras de materiais de construção;<br>- cabines de pintura;<br>- depósitos de equipamentos para topografia e materiais de construção;<br>- marcenaria;<br>- depósito de ferramentas e itens de uso geral;<br>- laboratório para ensaios de solos em laboratórios cobertos. |
| **Dados internos coletados** | Com relação aos dados internos, as principais constatações são:<br>- falta de espaço físico para os laboratórios instalados – Materiais de Construção, Geotecnia, Pavimentos e Construção Civil e Estruturas;<br>- dificuldade de acessos para pessoas e materiais;<br>- 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 $m^2$. O empreendimento tem um prédio edificado destinado a abrigar as instalações de:<br>- maquetaria;<br>- laboratório de Geotecnia;<br>- laboratório de Infra-estrutura de Transportes;<br>- laboratório de Materiais de Construção;<br>- laboratório de Construção Civil;<br>- laboratório de Sistemas Estruturais;<br>- laboratório de Topografia e Geodésia;<br>- laboratório de Gerenciamento;<br>- escritório Escola de Engenharia Civil; |

| | |
|---|---|
| | - 2 salas de aula;<br>- 4 salas de professores;<br>- instalações sanitárias e cozinha;<br>- espaço junto ao hall de entrada para os alunos. |
| **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." |

Quadro 1- Resultados relativos à caracterização do empreendimento

**Levantamento e análise das necessidades**

Para o levantamento das necessidades relacionadas ao projeto, foram utilizadas visita de observação externa feita à Unimep; observação estruturada, em nível de coleta de dados dentro da instituição,das instalações dos laboratórios existentes; pesquisa de base documental relativa ao histórico do empreendimento, determinado suas primeiras áreas físicas; pesquisa documental relacionando as áreas físicas com as necessidades surgidas para implantação dos laboratórios, instalações e equipamentos em geral.

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;
- campo experimental para ensaios externos.

**Identificação do Problema**

Após o levantamento e análise das necessidades, tem-se a montagem do Quadro Problema (Quadro 2), que mostra a identificação do problema elaborado a partir das necessidades estudadas. Este quadro apresenta a análise do ciclo de vida do empreendimento e ajuda na visualização e identificação do ambiente e dos pontos que devem ser trabalhados em nível de planejamento do produto. A identificação do problema considera três etapas fundamentais do ciclo de vida do produto, que são: produção, uso e operação e descarte.

| | **Entradas** | | **Saídas** | |
|---|---|---|---|---|
| | Desejada | Meio Ambiente | Desejada | Indesejada |
| **Produção** | - materiais padronizados<br>- modulação<br>- uso de CAD e programas de computação<br>- uso de PCP<br>- uso de Princípios da Construção Enxuta | - canteiro de obras<br>- uso NR-5<br>- mão-de-obra com treinamentos do PBQP-H | - construção de fácil execução<br>- baixo custo | - construção complexa<br>- baixa modulação<br>- fluxo difícil<br>- custo elevado |
| **Uso e Operação** | - atividades de ensino, pesquisa, extensão, prestação de serviços e processamentos de resíduos | - salas de aula<br>- laboratórios<br>- maquetaria<br>- campo experimental<br>- pista experimental | - fácil manutenção<br>- baixo custo operacional<br>- boa aparência<br>- funcionamento integrado entre os núcleos | - geração de grande volume de poluentes<br>- 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<br>- fácil desmontagem | - material poluente e de fácil reutilização |

Quadro 2 – Quadro de identificação do problema pesquisado

**Requisitos do consumidor apontados pelo QFD**

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 (OHFUJI, ONO E AKAO, 1997).

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.

Os requisitos do consumidor apontados pelo QFD e aqui enumerados têm a finalidade de indicar à equipe de projeto, na linguagem do consumidor, o que se espera do produto final. São os seguintes:

- ser seguro;
- ser confortável;
- possuir laboratórios;
- possuir salas de aula;
- propiciar testes ao tempo;
- propiciar prática de campo;
- ter campo experimental;
- ter tratamento de resíduos;
- ter secretaria;
- ter local para acervo técnico;
- facilitar a manutenção;
- facilitar a higiene;
- ter estacionamento;
- ter auditório;
- ter sala de computação para os alunos;
- ter ilha com microcomputador conectado à internet;
- ter local de estudo para os alunos;
- ter local de convivência;
- ter sala de professores;
- gerar receitas;
- favorecer o marketing da UPF;
- ter acessos adequados;
- ter arquitetura modular.

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.

**Fase II – Determinação das funções do produto**

A aplicação da técnica FAST permitiu a identificação das funções do produto. Foram identificadas as funções principais do produto: ensinar, pesquisar, praticar extensão, tratar os resíduos produzidos pelo CETEC-UPF, prestação de serviços.

A seguir são listadas as funções obtidas pela técnica FAST para o módulo ensino, apresentando os seguintes princípios de solução, com as respectivas nomenclaturas identificadas, conforme pode ser visto no Quadro 3.

| | FUNÇÕES | SOLUÇÕES |
|---|---|---|
| MODULO ENSINO | A- Prover palestras | A1 - eventos de curta duração; A2 – ciclo de palestras. |
| | B- Prover grupos de estudo | B1 – teleconferência; B2 – atividades de reforço de conteúdo. |
| | C- Prover aulas teóricas | C1 – aulas expositivas; C2 – assessoramento direto ao aluno; C3 – projeções de material didático; C4 – aulas à distância. |
| | D- Prover aulas teóricas | D1 – trabalhos do corpo discente; D2 – trabalhos do corpo docente; D2 - cartazes; D3 – divulgação de assuntos de interesse geral. |
| | $\delta$- Prover leituras | $\delta$1 – solicitação de leitura antecipada às aulas teóricas. |
| | E- Prover apresentações | E1 – demonstração de funcionamento de equipamentos; E2 - demonstração de técnicas de mão-de-obra. |
| | F- Prover aulas práticas | F1 – visitas a locais de interesse para estudos; F2 – aulas de laboratório; F3 – aulas de campo; F4 – demonstração de técnicas de execução; F5 – teste de desempenho ao tempo. |
| | G- Prover simulações | G1 – uso de modelos computacionais; G2 – uso de modelos reduzidos; G3 – uso de modelos em tamanho real. |

Quadro 3- Aplicação da Técnica FAST- módulo ensino

Após o desmembramento das funções, a avaliação comparativa para as funções de mais baixo nível foi realizada pela técnica de Mudge; 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.

Por meio desta técnica podem-se saber as funções com maior necessidade num determinado módulo ou sistema. Para o módulo de ensino, por exemplo, a função “C”, prover aulas teóricas, obteve a maior pontuação, seguida da função “F”, prover aulas práticas e, por fim, em terceiro grau de importância ficou a função prover grupos de estudo. As demais funções seguem hierarquizadas pelos valores indicados no Quadro 4.

| Funções | B | C | D | δ | E | F | G | Soma | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | B3 | C4 | D3 | A1 | A2 | F2 | G2 | 3 | 4,92 |
| | B | C3 | B2 | B2 | B2 | F3 | B2 | 11 | 18,03 |
| | | C | C3 | C3 | C3 | C2 | C2 | 20 | 32,79 |
| | | | D | D2 | E2 | F3 | G2 | 5 | 8,20 |
| | | | | δ | E1 | F2 | E1 | 0 | 0 |
| | | | | | E | F3 | F2 | 3 | 4,92 |
| | | | | | | F | F2 | 15 | 24,58 |
| | | | | | | | G | 4 | 6,56 |
| | | | | | | | total | 61 | 100,00 |

Quadro 4– Técnica de Mudge para o sistema de ensino

**Fase III – Determinação das soluções**

A síntese de concepções de soluções para o projeto advém da combinação dos princípios de solução indicados na matriz morfológica. A matriz morfológica, mostrada na Figura 2, indica os princípios de solução que podem ser adotados no projeto para as de nível mais baixo. A Figura 1 mostra a matriz morfológica para o módulo de ensino que tem um conjunto de princípios de solução levantado para cada função.

| **Módulo de ensino** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A –Prover palestras | A1 | A2 | | | |
| | B – Prover Grupos de estudo | B1 | B2 | | | |
| | C – Prover aulas teóricas | C1 | C2 | C3 | C4 | |
| | D – Prover exposições | D1 | D2 | D3 | | |
| | δ - Antecipar leituras | δ1 | | | | |
| | E – Prover Apresentações | E1 | E2 | | | |
| | F – Prover aulas práticas | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 |
| | G – Prover simulações | G1 | G2 | G3 | | |

Figura 2 - Matriz morfológica para o sistema de ensino

O sistema de extensão foi estruturado com base nos conceitos da UPF para estas atividades. O módulo de prestação de serviços contempla os principais serviços que estão sendo prestados pelo CETEC-UPF, ou que poderão vir a ser prestados, considerando-se os equipamentos e pessoal utilizado no meio acadêmico para as práticas de ensino, pesquisa e extensão.

Considerando-se o conjunto de princípios de solução obtidos a partir da montagem da matriz morfológica foram escolhidas três concepções: a concepção 01 procura manter as características de infra-estrutura e operacionais atualmente implantadas na Faculdade de Engenharia e Arquitetura da UPF; a concepção 02 considera a melhor solução do ponto de vista tecnológico e a concepção 03 dá preponderância ao fator econômico, ou seja, procura apontar a solução de menos custo.

**Fase IV – Seleção das soluções**

**Os requisitos do consumidor**

Na avaliação das concepções, os critérios adotados consideram os requisitos do consumidor pontuados no QFD. Na Figura 3 na coluna da esquerda estão listados os requisitos do consumidor levantados através de pesquisa junto aos núcleos do CETEC-UPF.

Na parte superior do QFD encontram-se enumeradas as características de Engenharia que satisfazem tecnicamente aos atributos do consumidor. Na parte do telhado encontram-se listadas as relações entre as características de engenharia.

De acordo com Ohfuji, Ono e Akao (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.

Cabe salientar que a importância das características de engenharia aparece pontuada na parte inferior da casa da qualidade.

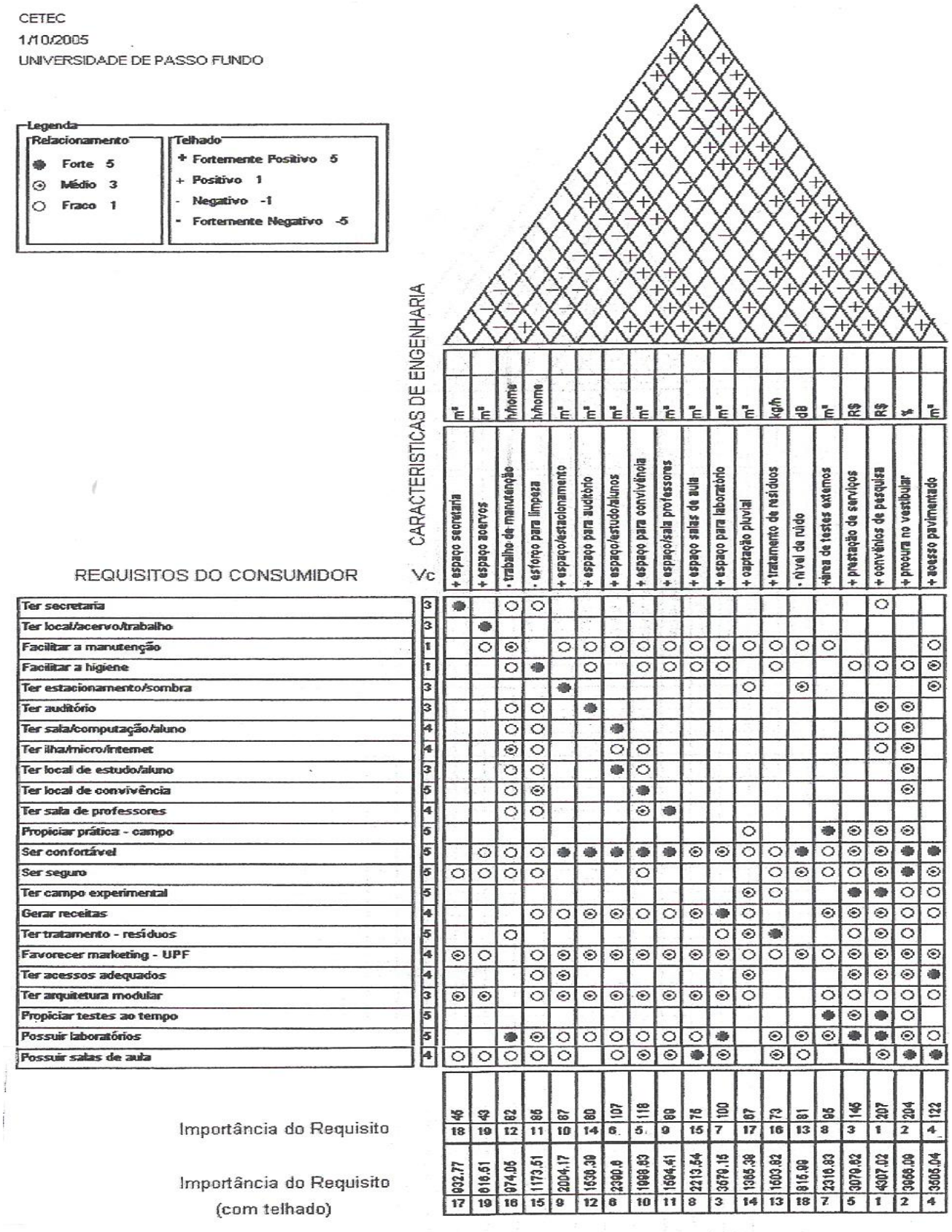



Figura 3– Aplicação do QFD ao projeto do CETEC-UPF

**Pontuação dos módulos do projeto**

Os módulos do projeto foram pontuados pelo peso dado pelo QFD às características de engenharia. Ao se verificar a participação da característica de engenharia num determinado módulo, o seu grau de importância passou a pontuar o módulo. Assim, após a pontuação dos módulos, foi calculado o peso relativo de cada módulo em relação ao somatório total dos pesos das características de engenharia obtido no QFD. O Quadro 5 mostra o resultado por módulo.

| **Características de engenharia** | **Importância do requisito** | **Peso %** | **Módulos do CETEC-UPF** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | QFD | | Ensino | Pesquisa | Extensão | Prestação serviços | Tratamento Resíduos |
| Espaço para secretaria | 932,77 | 2,34 | 932,77 | - | 932,77 | - | - |
| Espaço para acervos | 616,51 | 1,55 | 616,51 | - | - | - | - |
| Menos trabalhos de manutenção | 974,05 | 2,44 | 974,05 | 974,05 | 974,05 | 974,05 | 974,05 |
| Menos esforço de limpeza | 1173,51 | 2,94 | 1173,51 | 1173,51 | 1173,51 | 1173,51 | 1173,51 |
| Espaço para estacionamento | 2004,17 | 5,03 | 2004,17 | 2004,17 | 2004,17 | 2004,17 | - |
| Espaço para auditório | 1536,39 | 3,85 | 1536,39 | 1536,39 | 1536,39 | - | - |
| Espaço de estuda para os alunos | 2390,60 | 6,00 | 2390,60 | 2390,60 | 2390,60 | - | - |
| Espaço para convivência | 1998,63 | 5,01 | 1998,63 | 1998,63 | 1998,63 | - | - |
| Espaço com sala para professores | 1594,41 | 4,00 | 1594,41 | 1594,41 | 1594,41 | - | - |
| Espaços para salas de aula | 2213,54 | 5,55 | 2213,4 | - | 2213,4 | - | - |
| Espaço para laboratórios | 3579,15 | 8,98 | 3579,15 | 3579,15 | 3579,15 | - | - |
| Captação pluvial | 1365,38 | 3,43 | 1365,38 | 1365,38 | 1365,38 | 1365,38 | 1365,38 |
| Tratamento de resíduos | 1503,82 | 3,77 | 1503,82 | 1503,82 | 1503,82 | 1503,82 | 1503,82 |
| Menor nível de ruído | 815,99 | 2,05 | 815,99 | 815,99 | 815,99 | - | - |
| Área para testes externos | 2316,83 | 5,81 | 2316,83 | 2316,83 | 2316,83 | 2316,83 | - |
| Prestação de serviços | 3079,62 | 7,73 | - | - | - | 3079,62 | - |
| Convênios de pesquisa | 4307,02 | 10,80 | - | 4307,02 | - | - | - |
| Procura no vestibular | 3956,09 | 9,92 | 3956,09 | - | - | - | - |
| Acesso pavimentado | 3505,04 | 8,79 | 3505,04 | 3505,04 | 3505,04 | 3505,04 | 3505,04 |
| TOTAL | 39863,52 | 100 | - | | | | |
| TOTAL DOS MÓDULOS | | | 32476,88 | 29064,99 | 27904,28 | 15922,42 | 8521,80 |
| TOTAL GERAL DOS MÓDULOS | 113890,37 | | | | | | |
| PESO RELATIVO | | | 0,29 | 0,26 | 0,25 | 0,14 | 0,07 |
| SOMA DOS PESOS RELATIVOS | 1,00 | | | | | | |

Quadro 5 - Aplicação da pontuação do QFD ao projeto

**Pontuação e seleção das soluções**

Para a determinação da pontuação das funções listadas na matriz morfológica foram utilizados os seguintes elementos:

(a) a pontuação dos módulos feita com o uso do QFD;

(b) o peso relativo das funções obtidas pela aplicação da técnica de Mudge; e

(c) a avaliação da equipe técnica de projeto.

Após a quantificação do peso total dos módulos, é feita a soma da pontuação para cada concepção ou solução. Tomando-se como base o resultado obtido nas etapas anteriores, tem-se o quadro-resumo, apresentado no Quadro 6.

| Módulos | Peso relativo indicado pelo QFD | Solução 1 pontuação | Solução 2 pontuação | Solução 3 pontuação |
|---|---|---|---|---|
| Ensino | 0,28 | 2,3295 | 2,4578 | 2,2297 |
| Pesquisa | 0,26 | 2,0245 | 2,0625 | 1,9398 |
| Extensão | 0,25 | 1,9286 | 2,0714 | 1,8214 |
| Proc. Resíduos | 0,07 | 0,5342 | 0,5490 | 0,5342 |
| Prestação de Serviços | 0,14 | 0,9891 | 1,0318 | 1,0164 |

Quadro 6 - Quadro resumo

A metodologia aplicada ao estudo mostrou, dentro da solução de maior pontuação, os seguintes resultados para os módulos do projeto (Quadro 7).

| Módulos | Pontuação | Funções e pontuações |
|---|---|---|
| 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. |
| esquisa | 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. |
| Prestação de Serviços | 1,0318 | - terceirizar transporte = 0,1916; - aterrar = 0,1179; - usinar = 0,1621; - peneirar = 0, 0515; - amarroar = 0,0258. |
| Tratamento dos resíduos produzidos pelo CETEC-UPF | 0,549 | - 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 7- Resultados relativos aos módulos de projeto

A pontuação entre as concepções considerando a soma geral entre os módulos para o projeto do CETEC-UPF, em ordem decrescente, é a seguinte:

- 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.

**Fase V – Resultado Final**

Considerando os resultados obtidos na seleção da solução para os módulos, vê-se que há a possibilidade de se trabalhar com uma solução otimizada tomando-se a maior pontuação entre os módulos.

Pode-se observar que, para os módulos de ensino, pesquisa, extensão, processamento de resíduos e prestação de serviços, a melhor pontuação é a solução nº 02. Apesar de se considerar a solução nº 02 com maior pontuação há a possibilidade de se utilizar módulos de outras soluções que apresentem um resultado na pontuação dos módulos maiores que a solução que apresenta maior somatório geral. A síntese da metodologia de projeto pode ser apresentada sob forma de um relatório final, conforme pode ser visto no Quando 8.

**RELATÓRIO FINAL**

**1.0 Dados gerais do empreendimento**
1.1 Proprietário
1.2 Região de inserção

**2.0 Dados coletados**
2.1 Dados externos
2.2 Dados internos
2.3 Histórico e estado da arte do empreendimento
2.4 Levantamento e análise das necessidades
2.5 Identificação do problema (quadro de identificação do problema)

**3.0 Descrição da missão do empreendimento**

**4.0 Descrição da solução proposta**
4.1 Principais módulos ou sistemas
4.2 Funções dos módulos
4.3 Requisitos do consumidor apontados pelo QFD

Quadro 8 – Estrutura do relatório final

## 4. CONCLUSÕES

Após análise do que foi exposto, a pesquisa permite concluir que 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 se difere dos processos de concepção de produtos que levam em conta somente a análise dos produtos já construídos, auxiliando 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.

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**.**

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


BACK, N. **Metodologia de projetos de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BASSO, J. L. **Engenharia e análise do valor**: mais as abordagens da administração, contabilidade e gerenciamento do valor. São Paulo: IMAM, 1991.

BAXTER, M. **Projeto de produto**: guia prático para o design de novos produtos. 2. reimp. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

CARVALHO, M. M. C. **QFD**: desdobramento da função qualidade. Disponível em: http://www.eps.ufsc.br/teses97/marly/cap.2.htm Acesso em: 5 abr. 2005.

CSILLAG, J. M. **Análise do valor**: metodologia do valor: engenharia do valor, gerenciamento do valor, redução de custos, racionalização administrativa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

HARTLEY, J. R. **Engenharia simultânea**: um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

HUTHWAITE, B. **Concurrent Engineering user's guide**: guidelines for concurrent product development. Michigan: Institute for Competitive Design, 1992.

MIRON, L.I. **Diretrizes para o gerenciamento dos requisitos do cliente em empreendimentos da construção**. Dissertação (Pós-graduação) Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

OHFUJI, T.; ONO, M.; AKAO, Y. **Métodos de desdobramento da qualidade**. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 1997.

PEREIRA, M. W.; MANKE, A. L. **MDPA**. Uma metodologia de desenvolvimento de produto aplicado à engenharia simultânea. In: Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento de Produto, 3., 2001, Florianópolis. Anais... Florianópolis: [s.n.], 2001.

SNODGRASS, T.; KASI, M. **Function Analysis**: the stepping stones to good value. Wisconsin: University of Wisconsin System, 1986.

VALDIERO, A. C. **Desenvolvimento e construção do protótipo de um microtrator articulado: tração e preparo de sulcos**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994.