

ESTABELECIMENTO DOS REQUISITOS DE PROJETO DE UM EQUIPAMENTO PARA ENSAIOS DE ESCOVAÇÃO DENTÁRIA: UM PROCESSO ORIENTADO PELO MÉTODO DE DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE - QFD

Cristiano José Scheuer, cristiano_scheuer@hotmail.com¹

Leonardo Nabaes Romano, romano@smail.ufsm.br²

Gibran Portolan dos Santos, gibranps@gmail.com²

¹ Universidade Federal do Paraná, Bloco IV do Setor de Tecnologia, Centro Politécnico, Bairro Jardim das Américas Caixa postal 19011, CEP 81531-980 - Curitiba, PR

² Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica. Campus Universitário - Prédio 07 - Sala 312, Bairro Camobi, CEP 97105-900 - Santa Maria, RS

Resumo: *O desenvolvimento eficaz de produto visa a satisfação dos usuários diretos desse, de modo que se obtenha o melhor desempenho, e segurança, do conjunto operador equipamento durante a sua utilização. Para atingir esse objetivo, a adoção de ferramentas que auxiliam durante o processo de projeção faz-se necessária, uma vez que, estas orientam a equipe de desenvolvimento no tocante a tomada de decisões e estabelecem uma seqüência de tarefas a serem executadas. A não sistematização das atividades de projeto pode ocasionar resultados não satisfatórios ao final desse, demandando um período de tempo maior para a sua realização. Nesse contexto, o QFD (Desdobramento da Função Qualidade), é um método de desenvolvimento de produto, e serviços, que visa identificar os desejos e exigências dos clientes, de forma que, se obtenha a sua satisfação quanto ao produto criado, constituindo uma ferramenta que garante a qualidade do produto na sua fase de projeto. Assim, esse trabalho retrata a utilização da metodologia QFD para a determinação dos requisitos fundamentais na execução do reprojeto de um Equipamento para Ensaio de Escovação Dentária (EEED), apresentando uma análise comparativa dos requisitos de projeto obtidos sem aplicação do QFD versus os requisitos de projeto obtidos com o QFD. Para a realização do estudo foi utilizado o método de pesquisa-ação, onde buscou-se estabelecer uma forma de cooperação entre projetistas e usuários, de forma que a interação entre ambos possibilitasse a melhor resolução de problemas relacionados a aspectos do projeto do equipamento. O trabalho foi desenvolvido em três fases, onde, a primeira, refere-se ao planejamento da qualidade, ou seja, o desenvolvimento de um modelo conceitual (plano ideal) visando o levantamento das exigências dos usuários do EEED; a segunda etapa consistiu na análise da configuração do equipamento existente; a última fase trata da aplicação do método QFD, utilizando os dados obtidos através da pesquisa, para a construção da Casa da Qualidade. Após a análise, pôde-se concluir que a obtenção de um equipamento redesenhado que reúna o maior número de características desejadas pelos seus usuários, obtendo sua satisfação quanto ao produto gerado, dependerá dos métodos de projetos usados, constituindo o método QFD uma importante ferramenta para alcançar sucesso ao final do projeto.*

Palavras-chave: *QFD, desenvolvimento de produto Equipamentos para Ensaio de Escovação Dentária*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma complexidade bastante grande envolvida no desenvolvimento de produtos, face à utilização de conhecimentos multidisciplinares, limitação de tempo, custos, qualidade do produto, entre outras. Em consequência disso, é necessário que haja um bom planejamento do processo de projeto, sendo que para tanto, é necessário a adoção de ferramentas de auxílio à projeção, para a execução dos trabalhos, de forma que essas venham a facilitar a elaboração do mesmo de forma eficiente e satisfatória garantindo a qualidade do produto (Romano, 2003).

A qualidade do produto, em seu sentido amplo, pode ser traduzida como a satisfação das necessidades do cliente. A garantia dessa qualidade pode ser alcançada através de três enfoques complementares, que fazem parte do ciclo de vida do produto: garantia da qualidade pela inspeção, garantia da qualidade pelo controle do processo e garantia da qualidade durante o desenvolvimento do produto (Cheng; et al, 2007). Dessa forma, se tem atribuído cada vez maior atenção ao terceiro enfoque, pois o sucesso na gestão do sistema de desenvolvimento de produtos tem-se mostrado importante para competitividade industrial.

Dentro desse contexto, o desenvolvimento de equipamentos especiais visa à satisfação dos usuários diretos desse, de modo que se obtenha o melhor desempenho do conjunto homem equipamento durante a sua utilização. Para atingir este objetivo a adoção de uma ferramenta para desenvolvimento de produto faz-se necessária, uma vez que, sem a sistematização das ações de projeto o trabalho torna-se cansativo sem que os resultados sejam satisfatórios. O Desdobramento da Função Qualidade é um método de desenvolvimento de produtos e serviços, que busca identificar quais são os desejos e exigências dos clientes, para projetar produtos e serviços que os satisfaçam (Ohfuji et al., 1997). Esse método tem sido muito utilizado na estruturação de processos de desenvolvimento de produtos, em diferentes etapas do ciclo de desenvolvimento, como: planejamento do produto, projeto do produto e do processo, e preparação para produção.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é apresentar a aplicação do método QFD na determinação dos requisitos de projeto para elaboração do redesenho de um Equipamento para Ensaios de Escovação Dentária, de forma que sua nova configuração, venha a suprir as necessidades apontadas pelos seus usuários, uma vez que o equipamento original encontra-se obsoleto e atende, somente em parte, às exigências de funcionamento e utilização. A escolha pelo QFD no caso em discussão deu-se ao fato do mesmo, conforme explanado anteriormente, prestar-se ao desenvolvimento de projetos com qualidade, direcionando o atendimento da satisfação dos consumidores, através da tradução de suas necessidades e desejos, em objetivos para o desenvolvimento de novos produtos e/ou melhoria dos atuais, garantindo desta forma a qualidade do projeto como um todo desde a fase de idealização até as etapas de produção, utilização e alienação (Moura, 1999).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O método QFD foi formulado no Japão pelos professores Akao e Mizuno, no final da década de 60 e início dos anos 70, como método capaz de auxiliar a garantia da qualidade durante o desenvolvimento do produto. Desde então, vários elementos conceituais e metodológicos foram acrescentados ao método, resultando em um modelo amplo de QFD e num compêndio de formas alternativas de sua aplicação (Cheng et al, 2007). O salto de qualidade atingido pelos produtos japoneses, resultando da aplicação do método, observados principalmente no segmento automobilístico, despertou a atenção dos países ocidentais. Somando à isso o crescimento da participação dos produtos japoneses nesses mercados fez com que tais países passassem a adotá-lo no início da década de 80. Algumas montadoras norte americanas como General Motors, Ford e Chrysler, inicialmente adotaram o QFD na resolução de problemas de insatisfação de seus clientes em relação aos produtos. Atualmente, tais empresas utilizam o QFD para desenvolver novos produtos (Ross, 1999). No Brasil o QFD só passou a ser empregado no início dos anos 90.

Segundo Tumelero (2000), o método de Desdobramento da Função Qualidade constitui uma excelente ferramenta de abordagem para o planejamento da qualidade de produtos, uma vez que, o mesmo permite priorizar componentes, processos, parâmetros de processos e itens de infra-estrutura ou Recursos Humanos, vindo a facilitar a definição de atividades, as quais formam um plano de ação com as principais demandas do cliente.

Akao (1996) versa que a qualidade planejada representa a meta da mercadoria a ser alcançada, a qual é obtida através de expressões verbais dos clientes, não sendo possível arquitetar o produto sem antes convertê-las em linguagem técnica, a qual constitui a característica da qualidade (CQ). A estrutura de classificação das características técnicas é a tabela de desdobramento das características da qualidade e esta pertence ao mundo da tecnologia. O autor afirma ainda, que a conversão é realizada por meio da utilização de uma matriz, considerando que o “mundo dos clientes” difere do “mundo da tecnologia”. Isso quer dizer que a matriz da qualidade possui o significado de uma matriz que possibilita a conversão do “mundo dos clientes” em “mundo da tecnologia” (vide Figura 1).

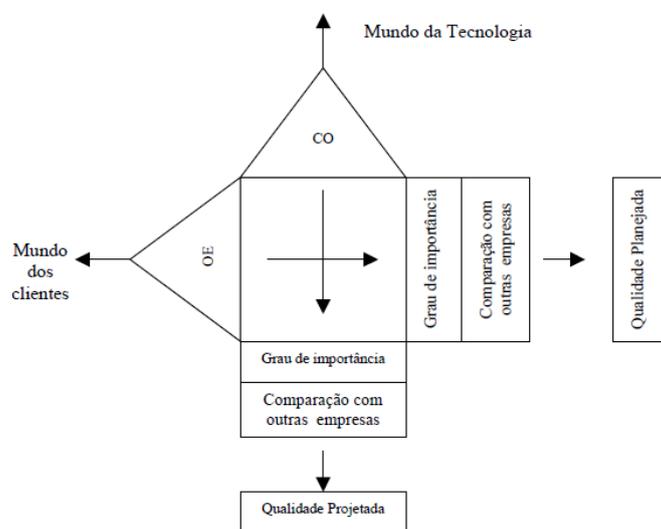


Figura 1 – Matriz da Qualidade. Fonte: Akao (2006)

Akao afirma também, que não existe uma distinção clara entre a qualidade planejada e a qualidade projetada, sendo necessária inicialmente a elaboração da tabela de desdobramento das qualidades exigidas (QE), tendo em vista que a decisão de compra é dada pelos clientes. As qualidades exigidas são convertidas então para o mundo da tecnologia, ou seja, em características da qualidade mensuráveis, que devem ser priorizadas através das correlações e conversões no interior da matriz. Posteriormente, deve-se estabelecer a qualidade projetada, a qual é representada por valores numéricos concretos, obtidos a partir da comparação com produtos concorrentes e do grau de importância.

3. METODOLOGIA

Para a aplicação do QFD, faz-se necessário o levantamento de informações sobre diferentes agentes, tais como: mercado-alvo, necessidades dos clientes e suas prioridades, análises de produtos concorrentes, grau de correlações entre requisitos, entre outros. Essas informações obtidas servirão de entrada na utilização das unidades operacionais do método – tabelas, matrizes, modelos conceituais e padrões – da Silva (2001). Entretanto, muitas vezes, esses dados não são disponíveis ou são obtidos de fontes duvidosas, e/ou merecem um tratamento mais criterioso em relação às necessidades de quem as aplica. Para obtenção e análise dessas informações, utilizou-se o método de pesquisa denominado “pesquisa-ação”, o qual consiste em estabelecer uma forma de cooperação entre projetistas e clientes do produto, de forma que ambos atuem como uma equipe, resolvendo juntos problemas de ordem social, comunicacional, organizacional ou simplesmente técnica (Thiollent, apud Nora 2003). Segundo Bryman apud Nora 2003 existem duas formas da pesquisa-ação: a primeira é a participativa onde os integrantes de uma organização têm controle sobre a definição do problema e respectivos reflexos de sua solução. A segunda é a colaborativa onde o pesquisador é pessoa externa à organização. Dessa forma, para a condução do presente estudo, adotou-se a forma de pesquisa-ação participativa, pois para esse caso, o pesquisador (desenvolvedor do produto/projetista) atua como gerente do projeto em questão.

Outrossim, o trabalho foi desenvolvido em três fases (Perotti, 2008): a primeira referente ao planejamento da qualidade, etapa em que foi desenvolvido um modelo conceitual (plano ideal) com o intento de levantar as exigências dos usuários do EEED; a segunda etapa consistiu na análise crítica da configuração do equipamento atual e, também, de equipamentos similares; a terceira fase visou a aplicação do método de Desdobramento da Função Qualidade, ou seja, construção da Casa da Qualidade a partir dos dados adquiridos. Nessa última fase, verificou-se a melhoria requerida e quais os fatores que interferem no processo. Para a estruturação da Casa da Qualidade, inicialmente foi determinada a qualidade exigida pelos clientes (O que), verificando, posteriormente, o grau de importância de cada requisito estabelecido, culminando com a avaliação da qualidade exigida pelo cliente. Da mesma forma, realizou-se o desdobramento das qualidades exigidas (O que) em requisitos técnicos (Como), determinando a relação entre “O que” e “Como”.

A partir das respostas obtidas através das entrevistas realizadas com os usuários do equipamento, foram estabelecidos os requisitos com maior grau de importância na visão do cliente, onde, para cada item o entrevistado atribuiu um grau de importância, conforme mostrado pela Tabela 1.

Tabela 1 – Grau de importância para cada item avaliado

Peso	Grau de Importância
1	Pouco importante
2	Muito importante
3	Importante
4	Indispensável

Fonte: Pesquisa de campo (2008)

Para realizar o desdobramento da função qualidade em requisitos técnicos, se definiu para cada elemento da qualidade exigida uma característica que pode ser mensurada no produto final, para avaliar o atendimento das exigências dos clientes, ao final do estudo.

4. A PESQUISA APLICADA

Uma forma de levantar informações, e efetuar a determinação do desdobramento das qualidades exigidas é a realização de uma pesquisa junto aos usuários do EEED. Conforme Tumelero (2000), um aspecto importante inserido no QFD é a postura de desenvolvimento de produtos orientada pelo mercado. É necessário, portanto, iniciar o desenvolvimento de produtos pela pesquisa das necessidades e dos desejos dos clientes, cujas informações são utilizadas no desdobramento da qualidade exigida.

Sendo assim, a obtenção da voz do cliente para se compilar as informações relevantes para a execução do trabalho foi realizada junto ao curso de graduação e pós-graduação em Odontologia, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, usuários e solicitantes do projeto de redesenho do equipamento em análise.

A caracterização dos usuários do EEED foi realizada através de dados levantados pela aplicação de um questionário. Inicialmente, foi realizada, para os entrevistados, uma explanação a cerca dos objetivos da realização da entrevista, sendo posteriormente aplicado o questionário.

4.1. Caracterização dos usuários do EEED

Como usuários do EEED podem ser apontados desde alunos de graduação envolvidos em projetos de iniciação científica, mestrandos do Programa de Pós-graduação e professores, ambos desenvolvendo estudos que demandam a utilização do equipamento para realização de testes.

É sabido que um equipamento de ensaios de escovação dentária é utilizado para reproduzir, e avaliar, os efeitos da escovação sobre os tecidos dentários. Dessa forma, é muito importante observar, na utilização do equipamento, a reprodução das condições normais de escovação, bem como o controle das variáveis envolvidas durante o processo. Dessa forma, a exigência dos usuários é por um equipamento que permita a reproduzir as condições reais de escovação, levando em consideração todos os parâmetros envolvidos no processo.

4.2. Conceção atual do EEED

Com a evolução dos conhecimentos e o desenvolvimento de novas técnicas, materiais e equipamentos, a medicina, e suas áreas derivadas, têm atuado na busca pelo entendimento, e cura, de doenças maléficas ao ser humano. A Odontologia é o ramo da ciência que se atém ao estudo das formas de manter uma boa saúde dentária, desenvolvendo meios de combater aos agentes causadores de moléstias, buscando obter uma “boa saúde oral”. Essa ânsia de busca pela “saúde bucal” tem estimulado a realização de estudos e experimentos na investigação das principais razões que levam à deterioração dental. À vista do exposto, uma das áreas que tem especial atenção dedicada é a que analisa o desgaste dentário e suas mais variadas razões.

No entanto, em alguns casos, as condições precárias de equipamentos especiais para a realização de testes que, algumas vezes, encontram-se obsoletos não atendendo de forma completa as necessidades e condições de funcionamento impostas, acabam sendo barreiras limitantes à realização de estudos. Neste contexto, a Figura 2 apresenta as condições atuais do equipamento de ensaios de escovação dentária pertencente ao PPGCO.



Figura 2 – Máquina de Escovação atual.

Assim sendo, o presente trabalho visa o melhoramento do equipamento existente, de forma que o novo conceito da máquina atenda a todas as necessidades de uso apontadas pelos seus usuários e supra as limitações que a atual apresenta, sendo que para tanto, se fará uso da metodologia QFD.

4.3. Pesquisa de satisfação

Através da aplicação de um questionário pode-se observar a opinião dos usuários do EEED a respeito do equipamento existente, considerando-se itens, principalmente, relacionados ao conforto, segurança e funcionalidade. Os entrevistados (30 pessoas ao total) foram questionados a respeito de qual seria o grau de conforto, segurança e funcionalidade (numa escala de 1 a 10) propiciados pela utilização do equipamento atual, os valores obtidos estão mostrados através da Tabela 2.

Tabela 2 – Grau de conforto, segurança e funcionalidade

Grau	Grau de conforto		Grau de segurança		Grau de funcionalidade	
	Freq. absoluta	Freq. relativa (%)	Freq. absoluta	Freq. relativa (%)	Freq. Absoluta	Freq. relativa (%)
1	1	3.33	0	0	6	20

2	3	10	3	10	5	16.66
3	4	13.33	6	20	7	23.33
4	7	23.33	5	16.66	9	30
5	9	30	13	43.33	2	6.66
6	4	13.33	1	3.33	1	3.33
7	1	3.33	2	6.66	0	0
8	1	3.33	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0

Quanto à questão, quais os itens que gostaria que melhorasse no projeto do equipamento, e qual a importância desse requisito para alcançar a plena satisfação de usuários com relação ao seu uso? Os resultados estão apresentados na Tabela 3, considerando-se (1) pouco importante, (2) importante, (3) muito importante e (4) indispensável.

Tabela 3 – Qualidade exigida e grau de satisfação

Requisitos	Grau de Importância				Freq. Relativa			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Fácil de manusear	0	1	8	21	0	3.33	26.66	70
Movimento de escovação (alternativo/elíptico)	0	7	12	11	0	23.33	40	36.66
Canais para escoamento do dentífrico	3	4	14	9	10	13.33	46.66	30
Facilidade de acoplamento das escovas	1	6	11	12	3.33	20	36.66	40
Número de corpos de prova escovados simultaneamente	0	0	7	23	0	0	23.33	76.66
Aptidão para utilização de qualquer configuração de escova	0	7	18	5	0	23.33	60	16.66
Configuração dos fixadores das amostras dentárias	2	16	7	5	6.66	53.33	23.33	16.66
Distância entre corpos de prova	5	13	10	2	16.66	43.33	33.33	6.66
Acionamento automático para injetar o dentífrico	0	3	15	12	0	10	50	40
Ser leve	4	16	7	3	13.33	53.33	23.33	10
Dimensões	8	11	9	2	26.66	36.66	30	6.66
Conforto do operador	1	3	9	17	3.33	10	30	56.66
Segurança do operador	0	2	7	21	0	6.66	23.33	70
Design	13	8	8	1	43.33	26.66	26.66	3.33

Na questão, “se estavam satisfeitos em relação aos requisitos de qualidade exigida”, considerando-se o uso da configuração atual do equipamento. Os resultados estão mostrados na Tabela 4, considerando-se (1) completamente insatisfeito, (2) insatisfeito, (3) satisfeito e (4) muito satisfeito.

Tabela 4 – Grau de satisfação da qualidade exigida do capacete de proteção utilizado atualmente

Requisitos	Grau de Importância				Freq. Relativa			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Contagem do número de ciclos de escovação	30	0	0	0	100	0	0	0
Movimento de escovação (alternativo/elíptico)	3	6	15	6	10	20	50	20
Canais para escoamento do dentífrico	30	0	0	0	100	0	0	0
Facilidade de acoplamento das escovas	12	9	9	0	40	30	30	0
Número de corpos de prova escovados simultaneamente	17	13	0	0	56.66	43.33	0	0
Aptidão para utilização de qualquer configuração de escova	9	14	7	0	30	46.66	23.33	0
Configuração dos fixadores das amostras dentárias	12	7	9	2	40	23.33	30	6.66
Distância entre corpos de prova	3	14	7	6	10	46.66	23.33	20
Acionamento automático para injetar o dentífrico	30	0	0	0	100	0	0	0
Ser leve	1	3	9	17	3.33	10	30	56.66
Dimensões	0	3	12	15	0	10	40	50
Conforto do operador	19	8	3	0	63.33	26.66	10	0
Segurança do operador	16	10	3	1	53.33	33.33	10	3.33
Design	4	8	11	7	13.33	26.66	36.66	23.33

4.4. A matriz da qualidade

A matriz da qualidade representa a sistematização da análise do EEED utilizando-se o método QFD para estabelecimento das características a serem obtidas para a nova concepção de equipamento a ser projetada. A matriz qualidade foi decomposta em cinco etapas, conforme mostrado na Tabela 5, para uma análise detalhada.

Tabela 5 – Etapas e partes constituintes da matriz qualidade

Etapa	Parte constituinte
1	Qualidade exigida
2	Qualidade planejada
3	Matriz de relação
4	Características da qualidade
5	Qualidade projetada

Fonte: Adaptado de Perotti (2008)

4.5. Qualidade exigida e grau de importância (Etapa 1)

A qualidade exigida representa a descrição do produto na linguagem do próprio cliente. Portanto, nesse item descreve-se a qualidade exigida a partir do ideal do produto para o usuário. A lista das qualidades exigidas e o seu respectivo grau de importância foram obtidos através do questionário aplicado aos usuários do EEED. Os itens sugeridos no questionário foram subdivididos em dois grandes grupos de afinidade: ergonomia e operacionalidade. Em um segundo nível esses grupos foram desdobrados, onde a ergonomia foi subdividida em: conforto e segurança pessoal; e a operacionalidade foi desmembrada em sete subgrupos, a saber: facilidade, transportabilidade, rapidez, funcionalidade, manutenibilidade, segurança do equipamento e universalidade.

- Ergonomia: com aspectos relacionados às condições de uso do equipamento, com o intento de oferecer maior conforto e segurança para seu operador;
- Operacionalidade: vinculada às características de funcionamento e manutenibilidade do equipamento.

As respostas dos trinta questionários recebidos da pesquisa realizada junto aos usuários do EEED foram estatisticamente analisadas, sendo os resultados apresentados em forma de média e desvio padrão para cada requisito. As médias foram normalizadas de 1 (menos importante) a 5 (mais importante) permitindo que os requisitos fossem classificados em sua ordem de importância conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Apresentação da classificação da importância dos requisitos operacionais

Requisitos Operacionais		Média	Desvio	Norm	Class	
Ergonomia	Conforto	Permitir facilidade de sua operação	4,34	0,2577	5	1°
		Possuir aspecto visual agradável	3,86	0,25054	4,44	15°
		Facilidade de acesso aos conjuntos fixador das amostras e conjunto fixador das escovas	3,92	0,20529	4,51	14°
	Segurança do Operador	Ter baixo nível de ruído	3,78	0,21651	4,35	16°
		Possuir carenagem para impedir o operador esteja exposto aos conjuntos conversores de movimento e transmissor de movimento	3,72	0,21988	4,28	19°
		Baixo índice de vibrações	3,76	0,21105	4,33	17°
		Aterramento para evitar choques elétricos	4,03	0,20011	4,64	13°
Operacionalidade	Facilidade	Acoplar facilmente corpos de prova	4,18	0,20583	4,81	4°
		Acoplar facilmente escovas	4,15	0,20394	4,78	5°
		Acoplar facilmente elementos de pressão sobre as amostras	4,07	0,19573	4,68	9°
	Transportabilidade	Possuir alças laterais para permitir seu fácil carregamento	3,69	0,2046	4,25	20°
		Possuir baixo peso para a facilidade de seu transporte seja para efetuar sua manutenção ou para outros laboratórios	3,74	0,2019	4,3	18°
	Funcionalidade	Baixo aquecimento das partes que compõe o equipamento	3,56	0,2193	4,1	21°
		Possuir manual com instruções de operação	4,13	0,21846	4,75	6°
		Oferecer boas condições de acionamento	4,21	0,22238	4,85	2°
		Autonomia para longos períodos de funcionamento	4,09	0,21809	4,71	7°
Rapidez	Ter configuração que permita trocar com rapidez os corpos de prova e as escovas	4,19	0,21867	4,82	3°	

Manutenção	Permitir fácil manutenção	4,08	0,21404	4,7	8°
	Possuir manual com instruções de manutenção	4,06	0,20921	4,67	10°
Segurança do Equipamento	Possuir aterramento para evitar a queima de seus componentes elétricos em consequência de picos de corrente elétrica	4,04	0,20935	4,65	12°
	Possuir carenagem que proteja as partes "sensíveis" do equipamentos contra a ação dos produtos químicos utilizados nos testes	3,75	0,20545	4,32	18°
	O equipamento deverá ser composto por peças de fácil reposição	4,05	0,20178	4,66	11°

A análise dos resultados das entrevistas realizadas com os usuários, considerando o grau de importância atribuído a cada item pelos usuários, mostra que itens relacionados ao conforto, facilidade de operar e segurança do usuário, têm grau de importância máximo, ou seja, são requisitos indispensáveis. Já os quesitos: transportabilidade, não apresentou alto grau de avaliação.

4.6. Qualidade Planejada (Etapa 2)

A qualidade planejada corresponde à análise crítica das características do EEED. Essa análise é feita pelos seus usuários considerando a utilização do equipamento, isto é, cada usuário atribuiu valores refletindo a respeito da satisfação proporcionada com a utilização da concepção atual. Os dados obtidos através da aplicação do questionário mostram que os itens que obtiveram maior grau de satisfação, do ponto de vista dos usuários, foram o peso e as dimensões, sendo que, as características com menor grau de avaliação, na opinião dos usuários, foram; contagem do número de ciclos de escovação, canais para escoamento do dentífrico, facilidade de acoplamento das escovas, número de corpos de prova escovados simultaneamente, aptidão para utilização de qualquer configuração de escova, acionamento automático para injetar o dentífrico e conforto do operador.

4.7. Relação entre a qualidade exigida e os requisitos técnicos (Etapa 3)

A matriz da relação mostra o grau de relação ou dependência entre a qualidade exigida e o requisito técnico, ou seja, determina a intensidade da responsabilidade que cada requisito técnico tem na satisfação da qualidade exigida. Para a obtenção dessa relação utilizaram-se valores e símbolos que serviram para identificar a intensidade de cada relação, conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Identificação da intensidade da relação na matriz qualidade

Relação	Valor	Símbolo
Forte	9	⊙
Moderada	3	O
Fraca	1	Δ

Fonte: Adaptado de Akao (1996)

Após identificar qual o grau de relação entre a qualidade exigida e o requisito técnico, deve-se ponderar a intensidade da relação entre os requisitos de projeto e as exigências dos clientes. Para isso, considera-se o valor da intensidade (1; 3 ou 9, respectivamente, fraca, moderada e forte) cada relação multiplica-se pelo grau de importância atribuído a cada item da qualidade desejada pelos clientes, isso resulta nos pesos individuais apresentados nas células da matriz de relação (Perotti, 2008).

4.8. Requisitos técnicos (Etapa 4)

A partir do desdobramento da qualidade exigida definiram-se os indicadores de qualidade que satisfazem as necessidades dos usuários do EEED. Nesta etapa, toda a característica da qualidade atribuída tem base em características do projeto. Esses itens servem para realizar o controle da qualidade do produto e possuem condições de execução pelo caráter mais objetivo, podendo ser medidos e avaliados (Perotti, 2008).

Iniciou-se a montagem da primeira matriz do QFD utilizando os valores normalizados como os graus de importância para cada requisito operacional. Os "O que's" foram desdobrados em 20 requisitos técnicos (Comos's). As direções de melhoria podiam ser de quatro tipos: quanto maior melhor (↑); quanto menor melhor (↓); valor alvo (⊙); ou simplesmente uma função (F). Posteriormente foram analisadas as relações existentes entre os requisitos operacionais e técnicos, conforme classificação demonstrada na Tabela 7. Do produto entre o grau de importância e valor das relações determinou-se a importância técnica absoluta e posteriormente a relativa. A partir daí os requisitos técnicos foram classificados em ordem decrescente como mostrado na Tabela 8.

Tabela 8 – Apresentação da classificação da importância dos requisitos técnicos.

Cl	Requisitos técnicos	Direção de melhoria	Grau de importância	(%)
1º	Manual de instruções de operação	F	443	9
2º	Facilidade de acesso aos conjuntos	↑	378	7
3º	Facilidade de acionamento	↑	377	7
4º	Facilidade de operação	↑	344	7
5º	Acoplar facilmente escovas	↑	333	7
6º	Acoplar facilmente pesos de pressão sobre escovas	↑	333	7
7º	Acoplar facilmente corpos de prova	↑	333	7
8º	Facilidade para troca de escovas e corpos de prova	↑	333	7
9º	Fácil manutenção	↑	300	6
10º	Possuir componentes de fácil reposição	F	300	6
11º	Baixo nível de ruído	↓	267	5
12º	Manual de instrução para manutenção	F	222	4
13º	Sistema de aterramento	F	200	4
14º	Baixo peso	↓	200	4
15º	Autonomia para longos períodos de funcionamento	↑	189	4
16º	Alças laterais	F	189	4
17º	Baixo aquecimento de seus componentes	↓	144	3
18º	Baixo índice de vibrações	↓	111	2
19º	Possuir carrenagem	F	110	2
20º	Bom aspecto visual	F	11	0

4.9. Qualidade projetada (Etapa 5)

A fase da qualidade projetada corresponde à tradução técnica da qualidade exigida, com o intuito de definir o projeto do produto. Para obtenção da qualidade projetada são necessários os requisitos técnicos, o grau de importância e o resultado da matriz das relações. O grau de importância tem como função mediar as relações definidas, baseando-se na opinião dos clientes ao citar o grau de importância de cada requisito desejado. O peso absoluto da coluna corresponde à soma dos pesos de cada célula das colunas da matriz, são observadas através da Matriz da Qualidade¹.

4.10. Avaliação dos indicadores desdobrados

Através da elaboração da matriz qualidade torna-se claro quais dos requisitos técnicos têm maior grau de responsabilidade para que se possa garantir que a qualidade exigida pelos usuários do EEED seja satisfeita. Na Tabela 8 são mostrados todos os elementos técnicos e seus respectivos pesos relativos, de acordo com o resultado da ordem de prioridade da elaboração da matriz da qualidade.

Após uma análise crítica dos resultados obtidos, pode-se observar que o requisito do projeto do produto com maior peso relativo são, além dos manuais de operação, configurações simples do equipamento que permitam fácil operação. Isso mostra que esses são os itens que detêm a maior responsabilidade para o cumprimento da qualidade exigida. A concepção de um equipamento cujos conjuntos sejam simples e de fácil operação contribui significativamente no atendimento de itens da qualidade exigida como: permitir facilidade de sua operação, acoplar facilmente corpos de prova, acoplar facilmente escovas, acoplar facilmente elementos de pressão sobre as amostras e oferecer boas condições de acionamento.

Outro item que merece destaque na avaliação dos resultados da matriz qualidade é a ergonomia do equipamento. O estudo de uma nova proposta ergonômica garante o sucesso de requisitos desejados pelos clientes tais como: conforto e segurança do operador.

5. Requisitos obtidos sem aplicação do QFD x os requisitos com o QFD

Com a aplicação do QFD pode-se verificar que o método organiza a condução do projeto, permitindo comparar inúmeras variáveis a partir de relações paritárias (Nora, 2003). Além de conduzir o desenvolvimento tendo como foco a satisfação das necessidades dos clientes, o método constitui uma importante ferramenta de auxílio a projeção.

A análise do desdobramento de requisitos de projeto, obtidos a partir dos requisitos dos clientes, com aplicação do QFD e no caso sem aplicação do método, verifica-se uma adesão maior aos fatores relacionados ao conforto e

¹ Observação: A matriz da qualidade não será apresentada nesse artigo em virtude da limitação de páginas

segurança do usuário, quando pela definição pelo método tradicional, a atenção seria focada à configuração dos sistemas mecânicos que compõe o equipamento.

6. Conclusões

Os resultados alcançados com o estudo realizado demonstram que o QFD constitui uma ferramenta eficaz para orientar a equipe de projeto no tocante ao desenvolvimento de produtos que venham a satisfazer seus usuários. Embora a pesquisa tenha sido realizada com um número limitado de usuários, pode-se concluir que a utilização da metodologia é de fundamental importância para a melhoria contínua dos projetos de produtos. Isso ressalta a importância desta pesquisa, que serve como referência para a realização de outros trabalhos.

Um aspecto importante do estudo foi a construção da matriz de qualidade, através da qual se pôde visualizar claramente as exigências dos usuários em relação ao conforto e segurança durante a utilização do EEED.

Considerando o exposto, as organizações que visam a satisfação dos seus clientes quanto aos seus produtos podem alcançar vantagens competitivas utilizando a abordagem do QFD. Essa metodologia pode ser usada para subsidiar as decisões referentes à agregação de valor ao produto buscando continuamente a melhor relação entre empresa e cliente.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Santa Maria e ao Departamento de Engenharia Mecânica e curso de Pós graduação em Odontologia, por dispor da infra-estrutura necessária para a realização do estudo.

8. REFERÊNCIAS

- Akao, Y. **Desdobramento da função qualidade nas fases de planejamento e desenvolvimento**. Fundação Christiano Ottoni, Belo Horizonte, 1996.
- Cheng, Lin Chih, *et al.* **QFD desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos**. 1ª ed. São Paulo: Blücher, 2007.
- da Silva, E.D.F.; **O QFD auxiliando no desenvolvimento de novos produtos no setor de armamentos para utilização das policias militares**. Anais do XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, Salvador, 2001.
- Moura, W. G. **Aplicação do QFD no desenvolvimento do produto e do processo**. 1º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, Belo Horizonte, 1999.
- Nora, J.A.F.; **Emprego do QFD no projeto de um reboque militar**. In: 4º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, Gramado, 2003
- Ohfuji, T.; Ono, M. e Akao, Y. **Métodos de desdobramento da qualidade**. BH: Fund. Christiano Ottoni, 1997
- Pahl, G. et al. **Projeto na Engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. São Paulo, Editora Edgard Blücher, 2005.
- Perotti, A. P. **O método desdobramento da função qualidade – qfd – no planejamento da qualidade de capacetes para ocupantes de motocicletas**, RS. 2008. 69 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Maria, 2008.
- Romano, L. N. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- Ross, H. **QFD status at General Motors in the U.S.** 5th International Symposium on Quality Function Deployment, 5, 1999, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte, 1999.
- Scheuer, C. J. **Redesenho de um Equipamento para Ensaios de Escovação Dentária**, RS. 2008. 132 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Maria, 2008.
- Tumelero, N.. **O QFD como ferramenta de priorização para o planejamento da qualidade**. In: 2º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, São Carlos, 2000.

9. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

INSTRUCTIONS FOR FORMATTING THE PROCEEDINGS PAPERS OF DEFINITION OF PROJECT REQUIREMENT OF BRUSHING TESTE EQUIPMENT: A PROCESS ORIENTED FOR QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT - QFD

Cristiano José Scheuer, cristiano_scheuer@hotmail.com¹

Leonardo Nabaes Romano, romano@smail.ufsm.br²

Gibran Portolan dos Santos, gibranps@gmail.com²

¹ Federal University of Parana, Block IV of Technology Sector, Polytechnique Center, America Garden Neighborhood, 81531-990, Curitiba, PR, Brazil

² Federal University of Santa Maria, Technology Center, Department of Mechanical Engineering, Camobi Neighborhood, 97105-900, Santa Maria, RS, Brazil

Abstract: *The effective product development meets the user satisfaction, in a way that gives the best performance and safety for operator/equipment during utilization. To achieve this goal, the adoption of tools that assist in the design process is necessary, since they guide the development team regarding the decision-making and establish a sequence of tasks to be performed. Non systematization of project activities may lead to unsatisfactory results at the end of this, requiring a longer period of time for its completion. In this context, QFD (Quality Function Deployment) is a method of product development and services, which aims to identify the desires and demands of the customers so you get your satisfaction with the product created, providing a tool which ensures the quality of the product in its design phase. Thus, this work shows the use of QFD methodology for the determination of the key requirements in implementing a redesign of Brushing Test Equipment (EEED), presenting a comparative analysis of project requirements obtained without the application of QFD versus design requirements obtained from the QFD. For the study we used the method of research-action, which sought to establish a form of cooperation between designers and users so that their interaction would enable the best resolution of problems related to aspects of equipment design. The study was conducted in three phases, where the first refers to quality planning, namely the development of a conceptual model (ideal plane) in order to survey the needs of users EEED, the second step in the analysis the configuration of existing equipment, the last stage is the application of QFD method, using data obtained through research, to build the house of quality. After the analysis, we concluded that the achievement of a redesigned equipment that brings together the largest number of features desired by its users, getting satisfied with the product generated, depend on the methods used designs, the QFD method constitutes an important tool for achieve success at the end of the project.*

Keyword: *s Quality Function Deployment; Product development; Brushing test equipment.*