

Gestão de Parâmetros Críticos no Desenvolvimento de Produtos Utilizando Desdobramento da Função Qualidade

Cecilia Biguelini^a (ceciliabiguelini@gmail.com); Samuel Bonato^a (svbonato@gmail.com); Marcia Echeveste^a (echeveste@producao.ufrgs.br); Cristine Werlang^a (criswerlang@hotmail.com)^a

Depto de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – RS - BRASIL

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar um modelo conceitual baseado no QFD (Desdobramento da Função Qualidade) adaptado como ferramenta de suporte para a gestão de parâmetros críticos. Para exemplificar o modelo proposto foi utilizada uma aplicação no desenvolvimento de uma bicicleta com objetivo de enfatizar os parâmetros críticos do processo de desenvolvimento do produto. Utilizou-se a matriz da qualidade, a matriz do produto, a matriz do processo, a matriz dos parâmetros do processo para verificar os parâmetros críticos e incluiu-se uma matriz de ações para associar práticas da qualidade aos parâmetros críticos identificados. Como resultado, observou-se que no desenvolvimento de um produto, o QFD quando aplicado no projeto pode identificar os parâmetros críticos, por meio de priorizações e com a possibilidade de rastrear o efeito de determinado parâmetro no atendimento às características demandadas pelo cliente.

Palavras-chave: Desenvolvimento de produto; Gestão de parâmetros críticos; QFD

1. Introdução

O controle da qualidade tem sido utilizado em diversas organizações para auxiliar na busca de uma melhor qualidade dos produtos, serviços e processos já existentes. Entretanto, para que o conceito de Controle da Qualidade Total (TQC) seja totalmente operacionalizado é necessário introduzir o controle da qualidade no processo desde uma etapa de Planejamento da Qualidade, envolvendo o desenvolvimento tanto de produtos e serviços como da organização de forma geral. Apenas deste modo a empresa poderá conquistar um patamar de Garantia de Qualidade de todos os seus produtos e serviços.

A garantia da qualidade é obtida através do planejamento da qualidade e do controle da qualidade conduzido por todos os integrantes envolvidos na aquisição, uso e distribuição do produto. O desenvolvimento da qualidade oferecida por uma organização deve refletir os interesses e necessidades do cliente. Entretanto, há uma dificuldade em traduzir para o planejamento dos serviços os desejos dos clientes tais como: alimento gostoso, ambiente agradável, serviço cortês, etc. Os desejos latentes dos clientes são mapeados para que haja um alinhamento com os requisitos estratégicos e objetivos da empresa.

A gestão dos requisitos parte da estratégia da empresa até o conceito do produto e, quando detalhado, os requisitos desdobram-se em parâmetros, assim, aqueles que têm impacto significativo nos requisitos do produto são denominados de parâmetros críticos (Faccio, 2010). Verifica-se que em relação à gestão de requisitos e gestão de parâmetros críticos há uma sobreposição de fases, porém com ênfases diferentes. A gestão de requisitos enfatiza o traslado, seleção e priorização dos requisitos dos clientes em requisitos do produto, e a gestão de parâmetros críticos enfatiza as características dos componentes e subsistemas que impactam significativamente nos requisitos do produto (Faccio, 2010). Enquanto que a gestão dos parâmetros críticos é estudada pela engenharia de qualidade durante as fases finais da elaboração do projeto de um produto, como a fase de planejamento da produção do PDP.

A metodologia QFD possui a característica de captar estas necessidades, expectativas e desejos do cliente e traduzi-las para todos os processos da organização, de forma a garantir a qualidade requerida pelo cliente em cada etapa do processo. O QFD é tratado por alguns especialistas como uma das ferramentas da qualidade, no entanto esta visão é um tanto restrita. O QFD além de trazer uma considerável melhoria da qualidade quando devidamente implementado, é acima de tudo uma ferramenta de planejamento.

O objetivo deste artigo é utilizar o modelo conceitual proposto por Ribeiro *et al* (2001) como ferramenta para identificar os parâmetros críticos gerados pela ferramenta de planejamento da qualidade QFD. O trabalho realiza uma aplicação hipotética do desenvolvimento de uma bicicleta para o público adulto como exemplo para a aplicação das matrizes do QFD, sendo elas a matriz da qualidade, matriz do produto, matriz do processo, matriz dos parâmetros do processo e a matriz de ações.

Na seção 2 será apresentada uma breve revisão de literatura sobre função de desdobramento de qualidade (QFD), aplicações desta na área da qualidade e sobre gestão de parâmetros críticos. Na seção 3 serão apresentadas a metodologia e o modelo conceitual. Na seção 4 será apresentado um estudo aplicado no modelo conceitual proposto. Para concluir o trabalho, na seção 5 serão apresentadas as conclusões sobre o estudo desenvolvido neste artigo.

2. Revisão de Literatura

O *Quality Function Deployment* (QFD) surgiu no Japão no final da década de 60, sendo desenvolvido pelos professores Akao e Mizuno, tendo a idéia inicial de revelar quais os pontos críticos para a garantia da qualidade. A partir de 1986, o QFD se popularizou nos Estados Unidos, sendo utilizado com características diferentes das idéias originalmente propostas (AKAO e MAZUR, 2003; CHENG e MELO FILHO, 2007).

Segundo Govers (1996) e Tumelero (2000), o QFD é uma ferramenta que tem por objetivo transformar as necessidades dos clientes nos requisitos técnicos apropriados para o desenvolvimento de produtos. Esta ferramenta também pode ser considerada como sendo um guia para ser utilizado ao longo das fases de concepção, criação e produção de novos produtos. Após, realiza-se a conversão dos requisitos dos clientes em requisitos dos produtos, desta forma o produto atenderá as demandas iniciais dos clientes, os quais são vistos de forma mais ampla, como *stakeholders*.

Os requisitos dos produtos são definidos e combinados com uma solução em forma de produto/serviço a ser oferecido geram-se os parâmetros críticos, que devem ser gerenciados para que o produto em desenvolvimento realmente atenda às especificações propostas (ROZENFELD *et al*, 2006). A gestão de requisitos (RM, do inglês *Requirements Management*) é importante para que o produto atinja o sucesso atendendo às demandas dos *stakeholders*. Uma forma de avaliar o atendimento é por meio das especificações-meta dos requisitos relacionados com a identificação dos parâmetros críticos, trazendo à empresa uma vantagem sobre os fenômenos físicos, mecânicos ou químicos que regem o funcionamento do produto.

Já Marsilac *et al*. (1994), afirma que o QFD “é uma ferramenta que visa otimizar o aproveitamento do potencial de uma empresa para criar e manter clientes satisfeitos através da maximização do valor total do produto para eles. A matriz do QFD provê informações sobre o que é importante para o cliente e quais as características do serviço/produto que podem ser monitoradas com menor nível de dificuldade para prover o maior efeito na satisfação do cliente”.

O modelo simplificado mais utilizado no QFD é composto por quatro matrizes: (i) a matriz da qualidade; (ii) matriz do produto; (iii) matriz de processos e (iv) matriz de recursos. Dessa forma, de acordo com Govers (1996), o uso do QFD fornece o suporte para as equipes de desenvolvimento de produtos, já que essas quatro matrizes relacionam a demanda do consumidor com as especificações de engenharia, possibilitando o projeto das partes do produto e a definição das especificações das variáveis dos processos de produção, bem como a alocação inicial de recursos operacionais (RIBEIRO ET AL, 2001).

O QFD é definido como o desdobramento em detalhes das funções profissionais ou dos trabalhos que formam a qualidade, seguindo a “lógica de objetivos e meios”. CHENG et al. (1995) afirmaram que o QFD busca desdobrar a qualidade, utilizando a lógica da causa e efeito, de forma sistematizada. O desdobramento parte da voz do cliente externo, passando por características de qualidade do produto até chegar a um determinado valor de um parâmetro de controle do Padrão Técnico de Processo PTP.

O QFD tem como base as demandas e percepção da qualidade não apenas de clientes externos, mas também para o cliente interno (a próxima pessoa dentro da organização que recebe um produto ou serviço). Os clientes internos são todos aqueles que vão agregar algum valor ao trabalho das pessoas que fizeram o trabalho anterior. Desta forma, o QFD ajuda a determinar quem são os clientes internos e consideram quais são os requisitos dos mesmos. Entende-se como clientes internos a produção, engenharia, qualidade, assistência técnica que estão em posição de fornecer requisitos baseados em normas, requisitos de manufatura e dados de assistência técnica.

Para a equipe de projeto que toma decisões, o QFD ajuda a identificar o que é importante, através do estabelecimento de um sistema lógico que substitui o esquema de decisão baseado apenas no conhecimento de cada profissional, compartilhando esse conhecimento com a equipe, tornando desta forma o conhecimento tácito em explícito. Assim, a metodologia QFD permite apresentar em conjunto, dados provenientes de muitas fontes, como por exemplo: expectativas específicas dos clientes, levantamentos genéricos com os clientes, análise de competitividade no mercado, conhecimento de engenharia, normas e regulamentos, capacidade de fabricação, metas estratégicas, considerações sobre custos, recursos da empresa, etc.

A *gestão de parâmetros críticos* é utilizada para identificar os requisitos do produto e do cliente para definir os requisitos dos principais sistemas, subsistemas e componentes (SSC's) e seus parâmetros críticos (ROZENFELD *et al.*, 2006). Segundo Young (2003), o principal desafio para os desenvolvedores de produto é a gestão dos requisitos de um produto/serviço e, como transformar os requisitos do produto/serviço em parâmetros, identificando aqueles que impactam fortemente nos requisitos críticos denominados como parâmetros críticos. Entende-se por requisito do produto uma característica de qualidade do produto que mensure e avalie o atendimento a um requisito do cliente.

De acordo com Creveling et al. (2003) a gestão de requisitos é apresentada em um contexto de *Design for Six Sigma* (DFSS) para verificar as relações das variáveis críticas para o processo: *Critical Parameters Management* (CPM). O CPM concentra esforços nas características críticas do produto que, quando controladas e ajustadas, poderão garantir melhorias no produto final e compreende as seguintes atividades: identificação das necessidades críticas do mercado; exigências técnicas críticas; respostas funcionais críticas; parâmetros funcionais críticos; especificações críticas para a função.

O objetivo do CPM é fazer a gestão dos parâmetros mais relevantes para os clientes, e o relacionamento entre produtos, subsistemas, componentes, materiais e parâmetros do processo que foram originados do planejamento de produtos e possuem as demandas dos consumidores. O CPM é uma ferramenta necessária para fazer o acompanhamento de um bom trabalho de QFD (FICALORA e COHEN, 2009).

Em função da gestão de requisitos e parâmetros críticos há uma sobreposição, porém com ênfases diferentes. A gestão de requisitos enfatiza a identificação, o desdobramento, a seleção, a negociação e priorização dos requisitos dos clientes em requisitos do produto, enquanto que a gestão de parâmetros críticos enfatiza as características dos componentes e subsistemas que impactam significativamente nos requisitos do produto.

A gestão de parâmetros críticos é um método de suporte ao PDP. A captura sistemática do conhecimento proveniente do desempenho do produto adiciona um valor ao programa de desenvolvimento do produto e grande peso no valor para a companhia, pois fornece a possibilidade de recusar, compartilhar e distribuir este conhecimento do desempenho do produto por toda a organização (JUDD, 2005).

As propostas de gestão de requisitos e parâmetros críticos são citadas em diferentes áreas e, dependendo da área os autores abordam diferentes atividades e ferramentas.

3. Metodologia

Inicialmente foi realizada uma busca na literatura sobre as ferramentas da qualidade, entre elas, a função de desdobramento da qualidade (QFD) e sobre gestão de parâmetros críticos. O modelo conceitual proposto neste trabalho restringiu-se a quatro matrizes utilizando como base o modelo proposto por Ribeiro et al (2001) e a inclusão da matriz de ações proposta pelos autores deste trabalho. O Modelo resultante contempla: a matriz da qualidade, matriz do produto, matriz do processo, matriz dos parâmetros do processo e matriz de ações, conforme é apresentado na figura 1.

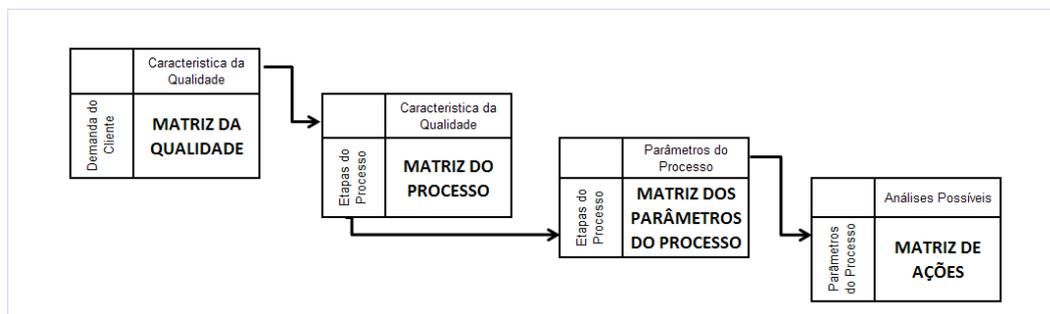


Figura 1: Metodologia proposta por Ribeiro *et al* (2001)

Para a aplicação do modelo conceitual proposto por Ribeiro *et al* (2001), foram utilizados dados hipotéticos da uma fábrica de produtos voltados para o entretenimento do público infanto-juvenil. Esta empresa tinha o interesse de construir uma nova bicicleta para o público adulto, que oferecesse segurança e conforto para o usuário, no entanto, não tinha experiência neste ramo. Esta aplicação foi realizada para verificar os parâmetros críticos, bem como a importância deste no desenvolvimento deste novo produto.

Primeiramente foi realizada uma pesquisa qualitativa para verificar quais as características que os usuários mais levavam em consideração no momento da compra, nos quesitos conforto, segurança e especificações técnicas. Com base nos resultados dos questionários qualitativos e das respostas do mesmo foi gerado um questionário quantitativo. Neste, os objetivos foram de verificar a importância de cada requisito do cliente em relação a cada item e a cada grande item (conforto, segurança e especificações técnicas).

Com os resultados dos questionários aplicados levantados pela empresa, foram geradas as matrizes do modelo conceitual de QFD proposto por Ribeiro e colaboradores. Na figura 2 são apresentadas quais as relações entre matrizes estudadas e características levantadas pela empresa.

MATRIZ	INFORMAÇÃO DAS LINHAS	INFORMAÇÃO DAS COLUNAS
QUALIDADE	REQUISITOS DO CLIENTE ou DEMANDA DO CLIENTE	REQUISITOS DO PRODUTO ou CARACTERISTICA DA QUALIDADE
PRODUTO	PARTES DO PRODUTO	CARACTERISTICA DA QUALIDADE
PROCESSO	ETAPAS DO PROCESSO	CARACTERISTICA DA QUALIDADE
PARAMETROS DO PROCESSO	ETAPAS DO PROCESSO	PARAMETROS DO PROCESSO
DIRECIONAMENTO DE AÇÕES	PARAMETROS DO PROCESSO	ANALISES POSSIVEIS

Figura 2: Matrizes apresentadas no trabalho

Para cada matriz proposta, foram gerados gráficos de priorização para verificar os resultados considerados críticos para a qualidade de cada matriz. Estes parâmetros são úteis no desenvolvimento do produto, refletindo posteriormente na satisfação do cliente e conseqüentemente aos objetivos da própria empresa. As etapas de desenvolvimento serão apresentadas concomitantemente ao desenvolvimento do exemplo.

4. Aplicação do modelo conceitual de Parâmetros Críticos no caso de uma Bicicleta

Nesta seção serão apresentados os levantamentos dos requisitos do cliente, a classificação dos requisitos, hierarquização dos requisitos, geração e hierarquização dos requisitos do produto (matriz da qualidade), matriz do produto, plano macro do processo (matriz do processo e matriz dos parâmetros do processo) e matriz de ações. A explicação de cada matriz será realizada conjuntamente ao estudo de caso.

Para o **levantamento dos requisitos** do cliente foi realizada uma pesquisa de mercado. A pesquisa de mercado tem por objetivo identificar as principais qualidades demandadas pelo cliente, ou seja, qualidade que ele considera muito importante e que o produto deverá conter para atender às suas necessidades. Para este estudo, fez-se a pesquisa entrevistando os colegas participantes da aula.

A pesquisa de mercado foi realizada em duas etapas distintas. A primeira foi uma pesquisa qualitativa, na qual foram feitas questões abertas para não haver indução nas respostas. Depois se elaborou um questionário quantitativo (fechado). A partir das respostas do questionário qualitativo obteve-se a árvore da qualidade demandada que direcionou as questões do questionário fechado conforme apresentado posteriormente na tabela 1. Os questionários qualitativos e quantitativos estão nos apêndices A e B, respectivamente. Com os resultados da pesquisa qualitativa foram gerados os requisitos dos clientes que foram traduzidos em itens de qualidade demandada.

Para **determinar a priorização dos Itens de qualidade demandada**, selecionou-se aleatoriamente alunos de engenharia para o levantamento de requisitos e posterior priorização dos mesmos. No total foram entrevistados aproximadamente 25 alunos apenas para ilustrar o método, sem a pretensão de generalizar os resultados no desenvolvimento real do produto em questão.

Os requisitos foram agrupados conforme é apresentado na Tabela 1 formando níveis primário, secundários (construtos) e primários. Para a priorização dos requisitos, cada item da qualidade demandada (nível terciário) foi avaliado por meio de uma escala de importância, na qual 1 representa que aquele item de qualidade demanda é considerado menos importante a 10 para as considerados mais importantes. Por sua vez, os constructos (nível secundário) (Conforto, Segurança e Especificações Técnicas) foram classificados como sendo 1 mais importante e 3 menos importante.

Os itens, ponderados de acordo com a percepção do cliente recebem ajustes incorporando a visão estratégica e a análise competitiva. Desta forma, os itens de qualidade demandada foram avaliados por meio de duas escalas (Figura 3): valiação competitiva (M_i) e avaliação estratégica (E_i). Para a avaliação competitiva, compara-se o produto a ser lançado em relação à concorrência, ou seja, escolhe-se um *benchmarking* comercial como referência. A Figura 2 apresenta a escala de ponderação para os itens de qualidade demandada proposta por Ribeiro et al (2001).

Avaliação Competitiva (M_i)		Avaliação Estratégica (E_i)	
Escala	Descrição	Escala	Descrição
2,0	Muito abaixo da concorrência	2,0	Alta importância estratégica
1,5	Abaixo da concorrência	1,5	Importante
1,0	Similar a concorrência	1,0	Moderado
0,5	Muito acima da concorrência	0,5	Baixa importância

Fonte: Ribeiro et al (2001)

Figura 3: Escala de ponderação para os itens de qualidade demandada

Após determinada a atribuição dos pesos para as qualidades demandadas, e ainda fazendo-se as avaliações competitivas e estratégicas, pode-se calcular o índice de importância corrigido a partir da seguinte equação:

$$ID_i^* = ID_i \times \sqrt{E_i} \times \sqrt{M_i} \quad \text{Eq.(1)}$$

Onde:

ID_i^* = índice de importância corrigido da qualidade demandada;

ID_i = índice de importância da qualidade demandada;

E_i = avaliação estratégica dos itens de qualidade demandada;

M_i = avaliação competitiva dos itens de qualidade demandada (*benchmarking*).

Os valores para os índices resultantes da equação 1 para as qualidades demandadas estão nas colunas esquerdas da tabela 1.

Tabela 1: Atribuições dos pesos e das Avaliações competitivas e estratégica

Demanda da Qualidade		IDI	Ei	Mi	IDI*
Conforto	Banco confortável	8,37	1,00	1,00	8,37
	Boa posição ao dirigir	8,30	1,50	1,50	12,45
	Conforto ao dirigir	8,10	1,50	1,00	9,92
	Manopla com boa qualidade	5,53	0,50	1,00	3,91
	Manter o usuário limpo	4,52	0,50	1,50	3,91
	Possuir reservatório de água	3,78	0,50	0,50	1,89
Segurança	Antiderrapante nos pedais	4,38	1,00	1,00	4,38
	Freio eficiente	6,03	2,00	0,50	6,03
	Não possuir partes com arestas cortantes expostas	5,56	1,00	1,00	5,56
	Dispositivo de segurança do ciclista	3,01	0,50	1,50	2,61
	Permitir fácil percepção (sonora) do ciclista	3,67	0,50	1,50	3,18
	Permitir fácil percepção (visual) do ciclista	5,27	0,50	1,00	3,73
	Pneus com boa aderência	5,09	2,00	0,50	5,09
	Permitir visibilidade traseira	3,06	0,50	2,00	3,06
Especificações Técnicas	Bicicleta leve	4,27	1,50	1,00	5,23
	Fácil armazenamento e transporte	3,78	1,00	1,00	3,78
	Pneu durável	3,74	1,00	1,00	3,74
	Possuir fácil manutenção	3,90	2,00	1,50	6,75
	Possuir um bom engrenamento das marchas	4,77	2,00	1,00	6,75
	Design bonito	4,85	2,00	1,50	8,40

Como se pode observar na tabela 1, a qualidade demandada com o maior valor é a posição de dirigir que atingiu o valor de IDi* de 12,92. Pode-se observar também que o item “possuir reservatório de água” possui pouca importância, pois atingiu o valor de 1,89.

4.1. Geração e hierarquização dos requisitos do produto: Matriz da Qualidade

A matriz da qualidade envolve os itens secundários da qualidade demandada, na qual foram apresentados na seção anterior e também envolve as características da qualidade e também dos seus critérios de mensuração. Esta matriz, em conjunto com as matrizes dos processos de prestação de serviço, de parâmetros de processo, de recursos e de custos permite o desdobramento e planejamento da qualidade na manufatura. Estas matrizes identificam as relações que existem entre a qualidade demandada pelos clientes e os processos de chão de fábrica.

O grupo designado da elaboração do QFD pontuou o inter-relacionamento entre os itens da qualidade e as características da qualidade utilizando-se a seguinte escala: Forte – 9; Médio – 3; Fraco -1; Nenhum – 0. Por exemplo, para cada item da matriz se fez a pergunta de o quanto a característica de qualidade X, caso esteja fora dos valores especificados, pode impactar a a demanda Y.

Após a determinação das relações entre as qualidades demandadas e as características da qualidade calculou-se a importância das Características de Qualidade IQj utilizando-se o produto ponderado entre IDi* e a relação entre Qualidade Demandada com as Característica de Qualidade (DQij), conforme a equação 2.

$$IQ_j = \sum_{i=1}^n ID_i * x DQ_{ij} \quad \text{Eq. (2)}$$

Esta etapa contempla a identificação das especificações atualmente empregadas na empresa para as características de qualidade listadas e constituem em um indicativo do padrão de qualidade do produto em questão.

O cálculo da importância da Característica de Qualidade IQ_j é ponderado por duas escalas: avaliação competitiva e avaliação da dificuldade de atuação, resultando na priorização das Características da Qualidade: IQ_j*. Esse índice é calculado considerando, além do grau de relacionamento das características da qualidade, outros fatores de ajuste, conforme mencionado. A figura 4 apresenta a escala de ponderação para os itens de qualidade demandada proposta por Ribeiro et al (2001).

Figura 4: Escala de ponderação para os itens de qualidade demandada

Avaliação Competitiva (B _i)		Avaliação da Dificuldade de Atuação (D _i)	
Escala	Descrição	Escala	Descrição
2,0	Muito abaixo da concorrência	2,0	Fácil
1,5	Abaixo da concorrência	1,5	Moderada
1,0	Similar a concorrência	1,0	Difícil
0,5	Muito acima da concorrência	0,5	Muito Difícil

Fonte: Ribeiro et al (2001)

Após a determinação destes índices, calcula-se a Priorização das Características da Qualidade (IQ_j*) utilizando-se a seguinte equação:

$$IQ_j^* = IQ_j \cdot x \sqrt{D_j} \cdot x \sqrt{B_j} \quad \text{Eq. (3)}$$

A matriz da qualidade gerada é mostrada na figura 5.

Demanda da Qualidade	Características da Qualidade	Características da Qualidade																											
		Densidade da espuma do banco (g/mm³)	Ângulo de inclinação do tronco das pernas (graus)	Ângulo de posição dos braços em relação ao tronco (graus)	Densidade da espuma da manopla (g/mm³)	Diâmetro da manopla (mm)	Área do paralamã e de proteção da grava (m²)	Peso da bicicleta (kg)	Força de atrito entre o pedal e pé (kgf)	Distância para parar a bicicleta em 20km (m)	Número de arestas cortantes (un.)	Qtde de EPS (un.)	Níveis de decibéis com a bicicleta em trabalho (db)	Distância de percepção da bicicleta (m)	Tempo de durabilidade do pneu (horas)	Área de visibilidade traseira (m²)	Volume da bicicleta desmontada (m³)	Força de atrito entre pneu e solo (kgf)	Tempo de Trabalho de Manutenção (min)	Força para trocar de marcha (kgf)	Tempo de troca de marcha (s)	Escala de Design da bicicleta (1-10)	IDI	Ei	Mi	Idi*			
Banco confortável	g																						1	8,37	1,00	1,00	8,37		
Boa posição ao dirigir		9	9											3	3										8,30	1,50	1,50	12,45	
Conforto ao dirigir		3	3	9	3	3	3	9			3		3		1	3						1	1		8,10	1,50	1,00	9,92	
Manopla com boa qualidade					9	9																	1	5,53	0,50	1,00	3,91		
Manter o usuário limpo		1					9									1							9	4,52	0,50	1,50	3,91		
Possuir reservatório de água								9								2								3,78	0,50	0,50	1,89		
Antiderrapante nos pedais									9														3	4,38	1,00	1,00	4,38		
Freio eficiente									3	9		3		3	1	3	9							6,03	2,00	0,50	6,03		
Não possuir partes com arestas cortantes expostas						1				9													3	5,56	1,00	1,00	5,56		
Dispositivo de segurança do ciclista										9														3,01	0,50	1,50	2,61		
Permitir fácil percepção (sonora) do ciclista											9												1	3,67	0,50	1,50	3,18		
Permitir fácil percepção (visual) do ciclista												9											9	5,27	0,50	1,00	3,73		
Pneus com boa aderência										3			9				9						1	5,09	2,00	0,50	5,09		
Permitir visibilidade traseira														9	1								3	3,06	0,50	2,00	3,06		
Bicicleta leve							1	9		9					9								9	4,27	1,50	1,00	5,23		
Fácil armazenamento e transporte							1	9						1	9		1						3	3,78	1,00	1,00	3,78		
Pneu durável								1		1				9		9								3,74	1,00	1,00	3,74		
Possuir fácil manutenção							3	1			3				1	1	3		9	3	3	3	3	3,90	2,00	1,50	6,75		
Possuir um bom engrenamento das marchas																			3	9	9	1	4,77	2,00	1,00	6,75			
Design bonito							1	9	3		3		9	1	3	9							9	4,85	2,00	1,50	8,40		
Especificações Atuais	D33	70	80		35	0,1	18			5	0	45	1000	800		0,2		30	0,2	3	8								
Especificações Metas	D28	75	90		35	0,1	15			0	5	45	1000	1000		0,2		20	0,1	1	9								
IQ _j		1	1	1,5	0,7	0,8	1,3	1,9	0,4	1,1	1	0,3	0,8	1,24	1,06	0,8	2,2	1	1,1	0,6	0,6	2,6							
Dificuldade de Atuação		2	1,5	1,5	2	2	1,5	0,5	2	1	1,5	2	0,5	1	0,5	1,5	1	0,5	1	1,5	0,5	0,5	2,6						
Análise competitiva		1	0,5	0,5	1	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1	0,5	1,5	1,5	0,5	2,6						
IQ _j *		1,4	0,9	1,3	1,1	1,1	1,2	1,3	0,4	1,1	0,9	0,5	0,7	1,52	0,75	1,2	2,6	0,7	0,8	0,9	0,5	1,3							

Figura 5: Matriz da qualidade

Em relação às características da qualidade (CQ) do produto, o item mais importante é o volume em m³ da bicicleta desmontada, as demais CQ tem praticamente a mesma priorização sendo eles a distância de percepção da bicicleta, densidade da espuma do banco, peso da bicicleta, escala de design da bicicleta, ângulo de posição dos braços em relação ao tronco e a área de visibilidade traseira. As priorizações das CQ são apresentadas na figura 6.

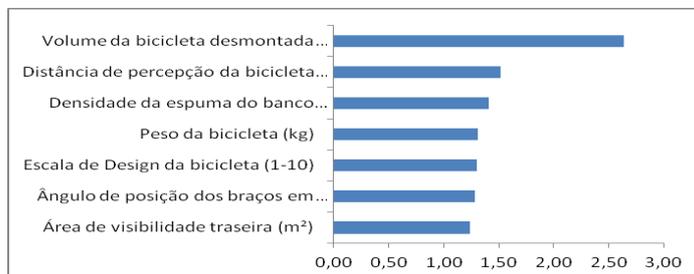


Figura 6: Priorização das Características da Qualidade

A Construção da Matriz dos Processos, inicialmente, para elaboração da Matriz dos Processos, desdobra-se os processos de fabricação. A construção de uma bicicleta envolve uma gama muito pequena de processos envolvidos, uma vez que foi decidido fabricar apenas a estrutura da bicicleta, decisão esta fundamentada nos custos de operação e personalização da estrutura. Os demais componentes serão comprados e apenas montados na bicicleta, em função de serem padronizados e se encontram no mercado a preços muito competitivos.

Neste trabalho optou-se por demonstrar os processos que, supostamente, serão realizados na fábrica foi possível desenhar o processo macro de produção no qual a bicicleta será produzida. As informações referentes ao processo definido encontram-se a seguir na figura 7.

Primário	Secundário	Parâmetros do Processo	Limites de aceitação
Soldagem da bicicleta	Corte dos materiais	Tolerâncias dos comprimentos	+ 2 mm
		Resistência mínima	120 MPa
	Preparação do aparelho de solda	Amperagem	1,5 A
		Voltagem	380 V
	Soldagem	Comprimento cordões	+ 5 mm
		Catetos	+ 2 mm
Pintura	Preparação da Tinta	Viscosidade	16 s
	Pintura	Riscos e escorrimentos	Livre de riscos e escorrimentos
Montagem	Montar rodas	Torque	70 a 100 N
	Montar suspensão	Teste funcional da suspensão	
		Torque	50 a 60 N
	Montar direção	Torque	50 a 60 N
		Teste de bancada (1 a cada 10 bicicletas) – Ângulo de giro	170 °
	Montagem freios	Torque	50 a 60 N
	Montar banco	Torque	3 a 5 N
Montar adesivos	Risco dos adesivos	Livre de riscos	
Revisão final	Revisar adesivos	Riscos dos adesivos	Livre de riscos
	Teste da bicicleta	Teste funcional da suspensão	

Figura 7: etapas do processo de fabricação da bicicleta

Conhecendo as etapas principais do processo, estes foram relacionados com as características de qualidade. As etapas de processos foram consideradas como causas e as características de qualidade foram consideradas como conseqüências. Quando existiam as relações de causa x conseqüência foi dada uma pontuação (9) para as relações fortes, (3) para as intermediárias e (1) para as relações fracas. Isto porque a pergunta chave para assinalar as relações da matriz é: O quanto o processo (X) se estiver fora da especificação pode impactar no atendimento as especificações da característica de qualidade (Y)?

Para definir a priorização das etapas do processo foi necessário avaliar também a facilidade de atuação e o tempo de atuação de cada etapa do processo, pois estes fatores também são determinantes no momento da decisão de escolha de uma característica de qualidade.

Para a análises da facilidade de atuação foram adotados fatores que variam de 0,5 para os processos muito difíceis de atuar e 2 para as mais fáceis de atuar. Do mesmo modo tempo de atuação foi considerado um índice de 0,5 para as etapas com tempo de atuação muito grande e 2 para as partes relativamente rápidas de serem atuadas.

Na figura 8 são apresentado todos os relacionamentos e índices definidos pela equipe de desenvolvimento, bem como o resultado da priorização das partes através do IPI*. A partir da matriz do processo foi possível avaliar de maneira concreta o quanto cada processo está associado à obtenção das características da qualidade.

Matriz do Processo	Característica da Qualidade	Índices de Qualidade																											
		Densidade da espuma do banco (g/mm³)	Ângulo de inclinação do tronco das pernas (graus)	Ângulo de posição dos braços em relação ao tronco (graus)	Densidade da espuma da manopla (g/mm³)	Diâmetro da manopla (mm)	Área do paralam e da proteção da graxa (m²)	Peso da bicicleta (kg)	Força de atrito entre o pedal e pé (kgf)	Distância para parar a bicicleta em 20km (m)	Número de arestas cortantes (un.)	Qtde de EPIS (un.)	Níveis de decibéis com a bicicleta em trabalho (db)	Distância de percepção da bicicleta (m)	Tempo de durabilidade do pneu (horas)	Área de visibilidade traseira (m²)	Volume da bicicleta desmontada (m³)	Força de atrito entre pneu e solo (kgf)	Tempo de Trabalho de Manutenção (min)	Força para trocar de marcha (kgf)	Tempo de troca de marcha (s)	Escala de Design da bicicleta (1-10)	Importância dos processos	Facilidade de atuação	Tempo de atuação	Priorização			
Etapas do processo - IQJ*		1,41	0,9	1,28	1,05	1,12	1,16	1,31	1,12	0,87	0,47	0,65	1,52	0,75	1,24	2,64	0,69	0,76	0,94	0,54	1,3	IPI	Fi	Ti	IPI*				
Soldagem da bicicleta	Corte dos materiais	3	1	1				1		9						1						20,5	1,5	1	25,1				
	Preparação do aparelho de solda									1												0,87	2	0,5	0,87				
Pintura	Soldagem		1					1		1												3,08	1,5	0,5	2,67				
	Preparação da tinta																					1	1,3	1,5	1	1,59			
Montagem	Pintura																					3	3,9	2	1	5,52			
	Montar rodas								3			1		3	9							3	1		20,6	1,5	0,5	17,9	
	Montar suspensão		3				9						1										3			16,1	1,5	0,5	13,9
	Montar direção			3	3	9																	3			19,4	1,5	0,5	16,8
	Montar freios	9					3		3	9			1										3	3	3	34,8	1,5	0,5	30,1
	Montar banco		9																							10,4	2	0,5	10,4
Revisão final	Montar adesivos																						3	3,9	1,5	0,5	3,38		
	Revisar adesivos																						9	11,7	2	0,5	11,7		
	Teste da bicicleta					1			3	9		3	9		1	9		3	3	3	3	40,3	1	1	40,3				

Figura 8: Matriz do Processo

Após foi realizada a priorização das etapas do processo, na figura 8 apresenta a figura com as priorizações mostrando quais processos são os mais indicados para se desenvolver, pois são estes que terão um impacto maior na qualidade do produto final. As etapas que têm maior impacto na qualidade são o teste da bicicleta, montar freios e corte dos materiais.

Com base no levantamento dos parâmetros do processo, permitindo que se possam compreender quais os principais parâmetros que devem ser controlados. O controle desses parâmetros é essencial para a qualidade da manufatura do produto e da qualidade percebida pelos usuários da bicicleta. A seguir temos a matriz dos parâmetros do processo e o gráfico da priorização dos parâmetros do processo, nas figuras 10 e 9 respectivamente.

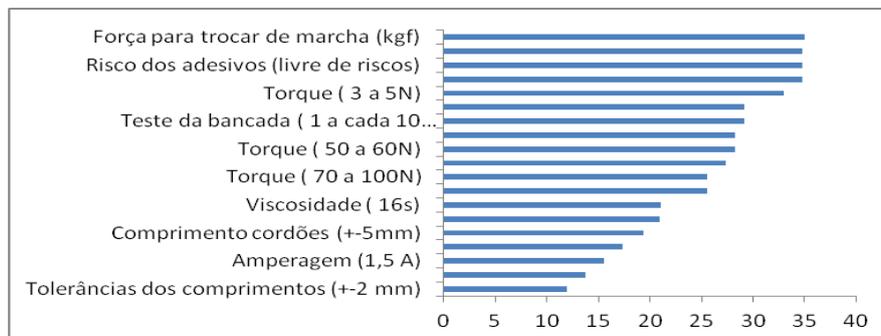


Figura 10: Priorização dos parâmetros do processo

Matriz dos parâmetros do processo	Parâmetros do processo																				
		IPi*	Tolerâncias dos comprimentos (+/- 2 mm)	Resistência mínima (120 MPa)	Amperagem (1,5 A)	Voltagem (380 V)	Comprimento condões (+/- 5mm)	Catetos (+2mm)	Viscosidade (16s)	Riscos e escorrimentos (livre de riscos e escorrimentos)	Torque (70 a 1.00N)	Teste funcional da suspensão	Torque (50 a 60N)	Torque (50 a 60N)	Teste da bancada (1 a cada 10 bicicletas) Ângulo de giro (170°)	Torque (50 a 60N)	Torque (3 a 5N)	Risco dos adesivos (livre de riscos)	Risco dos adesivos (livre de riscos)	Teste funcional das suspensão	Força para trocar de marcha (kgf)
Soldagem da bicicleta	Corte dos materiais	17,10	9				3	3													
	Preparação do aparelho de solda	0,00		9	9	9	9	9													
Pintura	Soldagem	2,67		9	9	9	9	9													
	Preparação da tinta	0,00							9												
Montagem	Pintura	0,00							9												
	Montar rodas	6,26	9									9					9				1
Montagem	Montar suspensão	2,54	9					1			9						9				
	Montar direção	16,76	9														9				1
	Montar freios	11,27	9																		
	Montar banco	2,28	9														9				
	Montar adesivos	3,38	3															9			
Revisão final	Revisar adesivos	0,00							9									9			
	Teste da bicicleta	0,00		9					9		9			9							
	Priorização		12	14	16	17	19	21	21	26	26	27	28	28	29	29	33	35	35	35	35

Figura 9: Matriz dos parâmetros do processo

Através da figura 10 percebe-se que com a priorização dos parâmetros do processo, estes estão praticamente semelhantes. Os parâmetros do processo de maior importância são o teste de risco de adesivos (livre de riscos), torque e o teste de bancada. Estes devem ser levados em consideração com muita cautela no momento da produção da bicicleta.

4.2. Matriz de ações

Para que os parâmetros críticos do desenvolvimento do produto sejam eficientes, foi proposta uma nova matriz, a matriz de ações. A matriz de ações é composta pelos os parâmetros críticos do processo encontrados nas matrizes de parâmetros do processo e as ferramentas de qualidade (FMEA, CEQ, CEP, entre outras) do controle estatístico do processo. O objetivo da matriz de ações proposta é relacionar qual ação (coluna) pode trazer melhoria na qualidade do atendimento à especificidade para cada parâmetro crítico do processo (linha). A matriz de ações foi proposta pela equipe para determinar o direcionamento de ações a tomar para cada parâmetro crítico encontrado no processo de desenvolvimento do produto.

Na figura 11 é apresentada a matriz de ações, relacionando os parâmetros críticos do processo com as ferramentas de qualidade, marcando com (x) quando é possível realizar as análises.

Parâmetros críticos do processo	Direcionamento de Ações														
		CEP	Planejamento de Experimentos	FMEA	Carta de controle	Estatísticas Descritivas	Índice de Capacidade	Função Perda de Taguchi	Desenvolvimento de fornecedor	Diagrama de Pareto	Diagrama de Causa e Efeito	Fluxogramas	Gráficos de Dispersão	Folhas de Verificação	Histogramas
Força para trocar de marcha (kgf)	35,02														
Risco dos adesivos (livre de riscos)	34,82														
Teste funcional das suspensão	34,82														
Torque (3 a 5N)	33,02														
Teste da bancada (1 a cada 10 bicicletas) Ângulo de giro (170°)	29,12														
Torque (50 a 60N)	29,12														

Figura 11: Matriz de ações

Os parâmetros críticos analisados na matriz de ações são os que têm maiores índices de importância priorização da matriz de parâmetros do processo. No exemplo proposto neste trabalho os parâmetros apontados como mais críticos são trocar de marcha, riscos dos adesivos, teste funcional da suspensão, torque, teste da bancada.

Como se pode perceber na matriz proposta neste trabalho, as ferramentas de qualidade foram as mais utilizadas para avaliar os parâmetros críticos do exemplo estudado. A gestão de parâmetros críticos de um processo de desenvolvimento do produto pode auxiliar na prevenção de possíveis falhas na produção e posteriormente auxiliar na satisfação por parte do cliente.

5. Considerações finais

O presente trabalho apresentou uma aplicação do modelo conceitual da Função de Desdobramento da Qualidade (QFD) proposto por Ribeiro et al (2001) como ferramenta para analisar a gestão dos parâmetros críticos. As matrizes de QFD apresentadas neste trabalho são a matriz da qualidade, a matriz do processo, a matriz dos parâmetros do processo que identificou os parâmetros críticos seguida da matriz desenvolvida especialmente nesta pesquisa denominada de matriz de ações.

A principal contribuição da matriz de ações é relacionar ferramentas da qualidade como possíveis projetos de melhoria para cada parâmetro crítico. Com isso, é possível rastrear a contribuição da ferramenta da qualidade no atendimento das demandas dos clientes, associando os parâmetros críticos as demandas prioritárias por meio de uma leitura backward das matrizes do QFD.

O objetivo do trabalho foi determinar os parâmetros críticos do processo pode-se verificar que a identificação destes parâmetros permite a equipe de qualidade se concentrar no controle de qualidade, confiabilidade e atenção ao processo de fabricação do produto. Para exemplificar a importância da gestão dos parâmetros críticos do processo, foi apresentada uma aplicação do modelo conceitual de QFD numa fábrica produtos de entretenimento, sendo o produto uma bicicleta para o público adulto.

Para a realização da aplicação do QFD, foi realizada uma pesquisa de mercado para definir os requisitos do cliente, esta foi aplicada com os colegas de aula. As características de qualidade do produto, as etapas do processo e os parâmetros do processo foram elaborados pelos responsáveis e técnicos do projeto.

Depois de gerada a matriz do processo e da matriz dos parâmetros do processo, pode se identificar os parâmetros críticos do processo. Estes auxiliam na fabricação do produto e devem ter atenção redobrada para que não haja insatisfação por parte do cliente. Mostrando que a aplicação de um método bem estruturado ajuda para que sejam tomadas decisões com maior segurança dentro da companhia, reduzindo o risco de um projeto dar errado, ou ainda, aumentando a qualidade e eficiência no desenvolvimento do projeto.

A utilização dos parâmetros críticos através do método QFD mostrou-se eficiente, pois apontou o quanto uma ação da qualidade (matriz de ações) pode impactar no atendimento dos parâmetros do processo (matriz de parâmetros) e conseqüentemente no atendimento do processo, características de qualidade para assegurar os itens de demanda da qualidade. Isto, conseqüentemente, resulta em um desenvolvimento mais rápido e qualificado.

Referências Bibliográficas

Akao, Y.; Mazur, G. H. *The Leading Edge in QFD: Past, Present and Future*. International Journal of Quality and Reliability Management, v. 203, n. 1, p. 20-35, 2003.

Alves, N.R. QFD- Desdobramento da função qualidade aplicado ao desenvolvimento de software. Proposta de dissertação de mestrado. Departamento de Ciência da computação, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2000.

Campos, V. F., 1992, TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia, UFMG: Bloch, RJ, 220 p.

Cauchick, Paulo., 2002, Aplicação do QFD no desenvolvimento de produtos: levantamento sobre seu uso e perspectivas para pesquisas futuras. Núcleo de Gestão da Qualidade & Metrologia, Faculdade de Engenharia Mecânica e Produção UNIMEP, Santa Bárbara D'Oeste, São Paulo.

Cheng, L. C. e Melo Filho, L.D.R. *QFD – Desdobramento da Função Qualidade na Gestão de Desenvolvimento de Produtos*. São Paulo: Editora Blücher, 2007.

Cheng, L. C. ; Scapin, C. A. ; Oliveira, C.A.;Krafetuski, E.; Drumond, F.B.; Boan, F.S.; Prates, L.R.; Vilela, R.M. Planejamento da Qualidade. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Cristiano Ottoni: Editora Littera Maciel Ltda. 1995.261p.

Cortez e Silva (2005) – artigo bjf_26_03.pdf

Creveling, C. ;Slutsky, J. ; Antis, D. Design for Six Sigma in Technology and product Development, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.

Faccio. K., 2010, Um estudo sobre Gestão de Requisitos e Gestão de Parâmetros Críticos no PDP. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Ferreira, A. M., 1997, Desdobramento da Qualidade em Serviços: Projeto de Modernização da Biblioteca da Escola de Engenharia da UFRGS, Porto Alegre, 165 p. Tese de Mestrado em Engenharia de Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade do Rio Grande do Sul. FICALORA, J. P.; COHEN, L. Quality Function Deployment and Six Sigma: A QFD Handbook. 2 ed. Prentice Hall, 2009.

Govers, C. P. M. *What and how about quality function deployment (QFD)*. International Journal of Production Economics, v. 46-47, p. 575-585, 1996.

Judd, T. C. Program Level Design for Six Sigma. Cognition Corporation and SAE International, 05M-373, 2005.

Marsillac, C.; Assis, L. F.; Qassim, R. Y., Qualidade de serviços em transportes marítimos – Aplicação de QFD, IPEN Journal, p. 110-119.

Paiva, C.L. A implantação do processo de desenvolvimento de novos produtos em uma pequena empresa de massas alimentícias, utilizando a método de desdobramento da função qualidade (QFD).. Dissertação (Mestrado em Engenharia de produção) Departamento de Engenharia de produção. Universidade Federal de Minas Gerais. 1999, 170p.

Ribeiro, J.L.D.; Echeveste. M. E.; Danilevicz, A.M. *QFD - Desdobramento da Função Qualidade. Série Monográfica*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFRGS, 2001.

Rozenfeld, H.; Forcellini, F; Amaral, D.; Silva, S.; Alliprandini, D. e Scalice, R. Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para melhoria do processo. Editora Saraiva, 2006.

Tumelero, N.. O QFD como ferramenta de priorização para o planejamento da qualidade. 2º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, São Carlos, 2000.

Young, R. The requirements engineering handbook. Norwood, MA, USA: Artech House. 2003.