

Integração QFD / FMEA no desenvolvimento de produto: um estudo de caso de uma empresa de automação

Vágner Souza Matos e Ivandro Cecconello

Resumo

Das ferramentas mais reconhecidas atualmente aplicadas no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), o Desdobramento da Função Qualidade (QFD) e a Análise dos Modos e Efeitos de Falhas (FMEA) são muito utilizadas tanto na elaboração de produtos e processos, quanto para análise de falhas relacionadas. O objetivo desta pesquisa foi integrar ambas as ferramentas na primeira fase do PDP utilizando como objeto de estudo o produto QCPS5CV (quadro de comando para a partida segura de motores). Para tanto foi desenvolvido um estudo com abordagem qualitativa, de objetivo exploratório, por meio de um estudo de caso. Dos resultados da aplicação, foi possível verificar e priorizar as principais necessidades do cliente, desdobrá-las em requisitos de produto (QFD) e analisá-los quanto aos seus modos e efeitos de falha (FMEA). Por fim, conclui-se que a integração do QFD com a FMEA sistematiza e integra a obtenção e conversão das necessidades dos clientes em especificações mensuráveis de engenharia.

Palavras-chave

QFD. FMEA. Processo de Desenvolvimento de Produto. PDP.

QFD / FMEA integration in product development: a case study of an automation company

Abstract

From the most recognized tools currently applied in the Product Development Process (PDP), Quality Function Deployment (QFD) and Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) are widely used in both product and process design and analysis related failures. The objective of this research was to integrate both tools in the first phase of the PDP using as object of study the product QCPS5CV. For that, a study with a qualitative approach, with an exploratory objective, was developed through a case study. From the results of the application, it was possible to verify and prioritize the main customer needs, deployed them in product requirements (QFD) and analyze them for their failure modes and effects (FMEA). Finally, it is concluded that the integration of QFD with FMEA systematizes and integrates the acquisition and conversion of customer needs into measurable engineering specifications.

Keywords

QFD. FMEA. Product Development Process. PDP.

I. INTRODUÇÃO

Devido à globalização e as rápidas mudanças ocorridas no mercado, considerando o avanço de novas tecnologias e afins, que atualmente são capazes de fornecer ao consumidor o fácil acesso as mais diversas informações sobre produtos e serviços, o cliente vem se tornando mais exigente e seletivo nas suas escolhas [1]. Portanto, conhecer as necessidades do cliente é fundamental para o desenvolvimento de novos produtos. Para isso o QFD (Quality Function Deployment ou Desdobramento da Função Qualidade) pode ser utilizado para traduzir essas necessidades em requisitos técnicos do produto [2].

Durante o ciclo de vida atribuído a um produto, as incertezas e riscos fazem parte das etapas desse processo.

Para auxílio nos estágios de desenvolvimento, a FMEA (Failure Mode and Effects Analysis ou Análise dos Modos e Efeitos de Falhas) possibilita o reconhecimento das situações que podem ameaçar a qualidade, dentre outras características essenciais relacionadas [3].

A ocorrência de falhas, atrasos e também possíveis cancelamentos de projetos, fundamentalmente estão ligadas à má gestão de riscos [4] e a importância da FMEA está no controle das condições adversas que possam existir durante o processo. QFD e FMEA são ferramentas que dispõe de grandes vantagens durante seu uso, mas também desvantagens são verificadas quando aplicadas separadamente. A não integração está relacionada as origens de QFD e FMEA, as quais foram elaboradas por organizações e especialistas diferentes, bem como

Universidade de Caxias do Sul (UCS)

Emails: vagnermat@hotmail.com, iceccone@ucs.br

Data de envio: 12/05/2019

Data de aceite: 28/07/2019

<http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v7iss2p108>

empregadas em situações e épocas distintas para solucionar problemas específicos existentes em tal contexto [5]. Entretanto, a combinação de QFD e FMEA compensam suas limitações e proporcionam a orientação para a qualidade de uma forma mais ampla, além de garantir a melhoria contínua [6] no produto, no processo e também na manufatura. Colocadas em prática nos estágios iniciais e intermediários de desenvolvimento de produtos, apontam melhorias voltadas a satisfação do cliente de modo geral [7].

Embora existam algumas iniciativas de integração QFD/FMEA, estas carecem de uma robustez metodológica e validação em casos reais de aplicação. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo ilustrar um método de integração entre QFD e FMEA e validá-lo por meio de aplicação real. Para tanto este artigo faz uma exposição sucinta sobre: Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP); QFD; FMEA; abordagens de integração existentes e proposta de integração a ser aplicada em caso real. Para finalizar, são apresentados os resultados para implementação desta integração, bem como achados resultantes deste trabalho.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A. Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)

O processo de desenvolvimento de produto (PDP) é descrito como conjunto de atividades em que a conexão entre as diversas áreas funcionais de uma organização, tem como objetivo converter as necessidades de mercado em produtos ou serviços economicamente viáveis [8]. Como consequência dessa integração, as habilidades e informações necessárias para concepção de novos projetos serão incorporadas ao processo de desenvolvimento de produtos, caracterizando-se como uma atividade, em princípio, multidisciplinar [9].

Devido a ascensão da tecnologia e a crescente complexidade dos projetos, o processo de desenvolvimento de produto é tido como processo de negócio ligado diretamente a competitividade empresarial, decorrente da transformação do mercado internacional, variedade de produtos comercializados e o ciclo de vida relacionado [10]. O desenvolvimento de produto deve ter sua origem dos planos estratégicos da empresa, mantendo-se direcionado às necessidades de mercado e do ambiente tecnológico [11].

A alimentação do processo de desenvolvimento de produto parte das informações do cliente, adquiridas por meio do bom relacionamento com o mesmo, ou seja, a partir disso inicia o trabalho no desenvolvimento de produto que poderá ser adquirido pelo primeiro citado, o cliente externo [12]. Para que produtos possam ser desenvolvidos corretamente, a especificação do projeto deverá ser feita para atender aos diversos significados de qualidade aos diferentes pontos de vista existentes por parte dos clientes, sejam eles externos e/ou internos [2].

Os processos de desenvolvimento atualmente são caracterizados pelo curto tempo para desenvolvimento, levando em conta a dificuldade de se projetar produtos mais detalhados, complexos e funcionais [13]. Diante disso, diversos são os métodos e técnicas de apoio ao Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) que tem sido empregados. Desses, dois se destacam, sendo a FMEA,

aplicada a prevenção de falhas, e o QFD para garantir atendimento das necessidades dos clientes [10, 14].

B. FMEA

A Análise dos Modos e Efeitos de Falhas (FMEA) é conceituada como metodologia analítica aplicada para atestar que os problemas potenciais tenham sido estimados e levantados, considerando todo o processo de desenvolvimento de produtos e processos [15]. De modo geral, FMEA é a metodologia que tem por objetivo evitar falhas de produto, em função do projeto ou referente ao processo de fabricação, por meio de análise de falhas potenciais e ações para aperfeiçoamento e melhoria [10, 16, 17].

A FMEA é utilizada na identificação e eliminação de falhas conhecidas ou potenciais para melhoria da confiabilidade e segurança de sistemas complexos, bem como fornecedora de informações para gerenciamento de risco [18]. Com a aplicação da FMEA em desenvolvimento de produtos, verifica-se a possibilidade de: definição de alterações no projeto durante as etapas iniciais; estabelecimento das prioridades de melhoria; auxílio na definição de testes e validação; identificação das características críticas e; avaliação de requisitos e alternativas do projeto [14].

Do contexto histórico, a FMEA teve sua origem na Indústria Militar Americana, entretanto foi a NASA por meio do Apollo Space Program a precursora no desenvolvimento e progresso da ferramenta, durante a década de 60 [4]. Após os anos 60, a Ford começou a fazer uso da ferramenta em projetos de automóveis [19], com disseminação de práticas da qualidade após os anos 80, a FMEA começou a ser utilizada na eliminação de problemas e em melhorias [17], considerando os diversos setores de bens de consumo e serviços.

Existem três tipos de FMEA: de produto, de processo e de sistema. A FMEA de produto realça os modos de falha provocados por deficiências de projeto de produto (design), a FMEA de processo evidencia os modos de falha provocados por deficiências no processo de manufatura e montagem e por último, a FMEA de sistema que engloba os sistemas e subsistemas de um produto e está voltado para identificação de falhas potenciais durante a concepção do bem de consumo [20].

Pode-se aplicar a FMEA mediante a três etapas base, conforme Figura 1, que sugerem que o processo de aplicação da metodologia se comporta como um recurso que deverá ser continuamente retroalimentado [17].

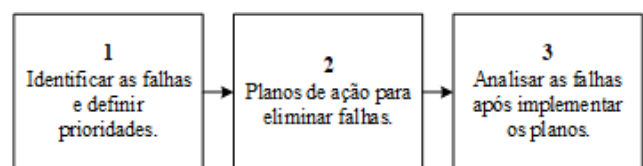


Fig. 1: Etapas da FMEA.

C. QFD

O Desdobramento da Função Qualidade (QFD) é o método que objetiva auxiliar no processo de desenvolvimento do

produto, a fim de assegurar que as verdadeiras necessidades dos clientes sejam consideradas durante a elaboração de projetos, tal como para construção e entrega de um novo produto, dentre outros [21]. O QFD pode ser visto como meio de especificar sistematicamente o trabalho referente a obtenção da qualidade, através da comunicação ordenada pertinente ao termo, com o objetivo de garantir a qualidade durante o processo de desenvolvimento de produto [22].

O QFD baseia-se em condições e requisitos declarados pelo cliente e estes serão transformados em características técnicas, como exemplo: se o cliente exige que os biscoitos adquiridos estejam bem tostados, ocorre a conversão da premissa em especificações de temperatura do forno e em tempo para cozimento [2]. Dentre os benefícios da aplicação do QFD, destacam-se: redução do tempo de desenvolvimento de produto, redução de alterações de projeto, diminuição nos custos, aumento no índice de satisfação dos clientes, dentre outros [23, 24, 25].

Empregado por meio de matrizes, o QFD permite relacionar as necessidades do cliente e/ou qualidade (“o que fazer”) com os requisitos da qualidade (“como fazer”) e atribuir símbolos para os vínculos existentes entre os mesmos [5]. Cada símbolo recebe um valor X (peso), para realização do cálculo entre a relação (forte, moderada e fraca) e a correlação (positiva, neutra e negativa) entre “o que fazer x como fazer,” ver Figura 2. O QFD pode ser aplicado tanto no planejamento do projeto, como também em todo o processo de desenvolvimento do produto [2].

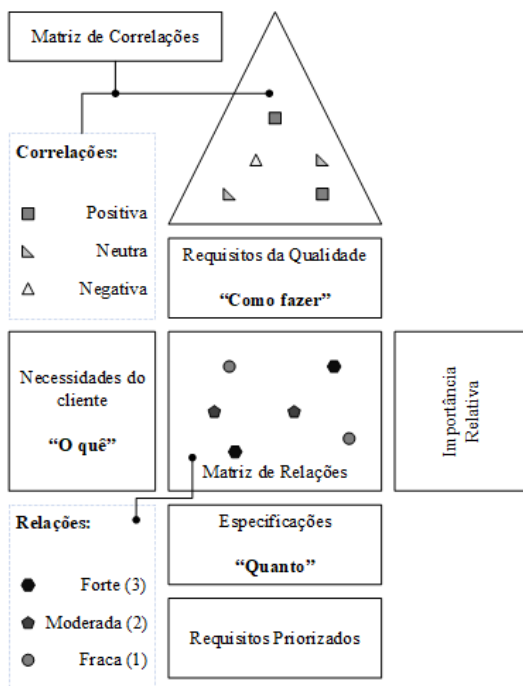


Fig. 2: Matriz QFD simplificada.

Historicamente, o QFD surgiu no Japão no final da década de 60 [21] e foi idealizado por Yoji Akao e Shigeru Mizuno, primeiramente sua utilização foi pela empresa Mitsubishi como apoio aos projetos para fabricação de grandes navios [26]. A partir de 1986, sucedeu nos Estados Unidos (EUA) a propagação intensa de QFD, entretanto estes por sua vez apresentaram aspectos diferentes do trabalho original de Akao, desta forma, ocorrem equívocos no entendimento do

verdadeiro QFD [22]. A mesma denominação de QFD é usada para diferentes conteúdos, em regra, nos Estados Unidos (EUA) e na Europa delimita-se ao Desdobramento da Qualidade – QD. No Japão, o QFD é constituído de QD e QFD_r, percebido de forma ampla e aliado ao sistema de gestão da qualidade [22]. Mesmo com variados modelos de QFD apresentados por diferentes autores, os conteúdos não apresentam diferenças significativas em sua essência [25].

D. Integração de FMEA & QFD

Ocorre frequentemente a consideração de FMEA e QFD como metodologias sem conexão [5]. Para garantir a gestão dos riscos e a qualidade por meio da prevenção, a FMEA é utilizada durante as primeiras etapas do desenvolvimento, enquanto o QFD traz consigo o aspecto de construção para qualidade do produto e controle de processo no âmbito de operação e manufatura, considerando as necessidades e desejos do cliente traduzidos em especificações técnicas [3].

A aplicação de FMEA isolada depende do conhecimento de produto, de engenharia e intuição mais do que fórmulas matemáticas [27]. Outro atributo a ser considerado é a priorização de ações do ponto de vista do fabricante, também a não inclusão da voz do cliente por falta de orientação do mercado, tornando a análise ineficaz. Já o QFD apresenta dificuldades que têm desmotivado sua aplicação [28], sendo pela complicação na interpretação da voz do cliente [29], na priorização de características da qualidade [30], pelo manuseio de grandes matrizes [31], entre outras.

Entretanto, devido a flexibilidade do QFD, a combinação com outras técnicas e ferramentas, como exemplo a FMEA pode ser muito útil para as organizações, de forma que permite maior retorno sobre investimentos e também a melhoria da qualidade [3]. As ferramentas QFD e FMEA quando utilizadas em conjunto auxiliam no processo de decisão, baseado na identificação das melhores alternativas de fabricação e na capacidade de detectar os riscos associados aos pontos levantados [32]. A aplicação conjunta das ferramentas ocorre durante as fases de projeto e implementação na fabricação de um determinado produto.

Dos benefícios obtidos através da integração entre FMEA e QFD, Ginn et al. (1998) destacam os trabalhos realizados por diversos autores, que incluem a utilização de outras ferramentas e técnicas da qualidade no contexto de aplicação. O conceito de FMEA e QFD são mais do que ferramentas técnicas. Na prática atuam na comunicação, permitindo o trabalho multidisciplinar nas organizações, além de contribuir para cultura da gestão da qualidade [7]. A combinação entre os métodos otimiza as limitações individuais existentes em cada um, tal como contribui na melhoria contínua da qualidade [6].

E. Integração de FMEA & QFD por Hassan et al. (2009)

As ferramentas e técnicas associadas a engenharia da qualidade não devem ser aplicadas individualmente e sim em conjunto para melhoria contínua de processos e afins [3]. Para tanto a FMEA e o QFD podem ser utilizados na comunicação de dados, para reduzir o tempo de desenvolvimento e também contribuir para a melhoria da qualidade. Os autores propõem em seu trabalho a integração

III. MATERIAL E MÉTODOS

entre as ferramentas FMEA e QFD aplicada a porta de um automóvel, em conjunto com as KCs, do inglês key characteristics, ou seja, as características chave do produto. No presente artigo, somente FMEA e QFD foram relacionados, conforme Figura 4, por se entender que esta integração é a principal lacuna a ser estruturada teoricamente e empiricamente.

O processo inicial para o desenvolvimento de produto começa com o QFD através do levantamento e priorização de requisitos do cliente. De forma específica, conforme apresentado pelos autores o “o quê” em QFD é utilizado na identificação dos potenciais modos de falha na FMEA. Já o “como” na mesma matriz é importante no reconhecimento de causas de falha também em FMEA [3]. Como requisitos dos clientes no QFD, fora destacada a percepção da porta por parte do cliente. Os requisitos de design foram desdobrados e analisados quanto ao nível de correlação comparando com a percepção da porta pelo cliente. Os valores empregados foram: 1 para correlação fraca, 5 para média e 9 para forte. O requisito do cliente “Percepção da porta” tem forte correlação com “Passos entre painéis” em requisitos de design. Ambas características ilustradas na Figura 3 foram utilizadas para compor respectivamente a função do item e a potencial causa de falha.

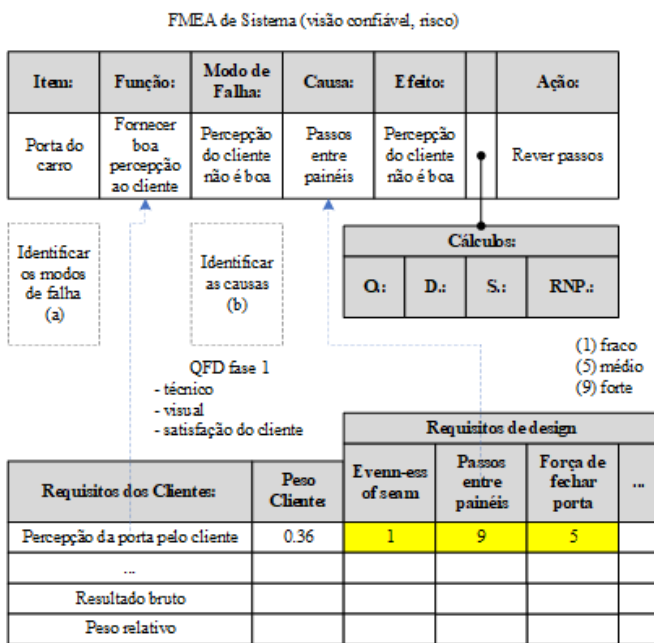


Fig. 3: Integração FMEA / QFD.

O formulário de FMEA apresentado fora caracterizado em forma de tabela que compreende o modo de falha, suas causas e efeitos, tal como o índice de detecção. Quando os resultados para RPN (pontuação de risco) apresentarem altos índices, ações de recomendação para melhoria do aspecto devem ser relacionadas [3], no contexto apresentado seria a revisão dos passos entre os painéis do item, que é a porta do carro. Por fim, os resultados são descritos como essenciais para a melhoria da qualidade, pois auxiliam no trabalho da equipe de forma geral no controle da qualidade durante o processo de desenvolvimento de produto (PDP).

Esta pesquisa, do ponto de vista de sua natureza, trata de uma pesquisa aplicada, com abordagem qualitativa [33, 34] e caráter exploratório [34] dado que busca entendimento quanto a integração dos métodos QFD e FMEA. Na pesquisa exploratória, busca-se desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, com vistas à formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, trata-se de um estudo de caso. O estudo de caso é uma investigação empírica de fenômeno contemporâneo [35]. Para tanto, esta pesquisa utiliza como objeto de estudo o produto quadro de comando desenvolvido na Empresa XYZ.

A. Integração de FMEA & QFD: estudo de caso

O presente artigo teve como objetivo a integração de FMEA e QFD na fase 1 do processo de desenvolvimento de produto (ver Figura 4), utilizando-se como objeto de estudo o produto quadro de comando para partida segura de motores elétricos de até 5 CV (QCPS5CV). O conceito de projeto do produto aqui descrito foi desenvolvido por uma empresa, intitulada aqui como Empresa XYZ para resguardar sua identidade. Esta por sua vez, tem como principal atividade o projeto e fabricação de quadros de comando associados a sistemas de segurança para atendimento à NR-12, e também automação para máquinas e equipamentos dos mais diversos setores.

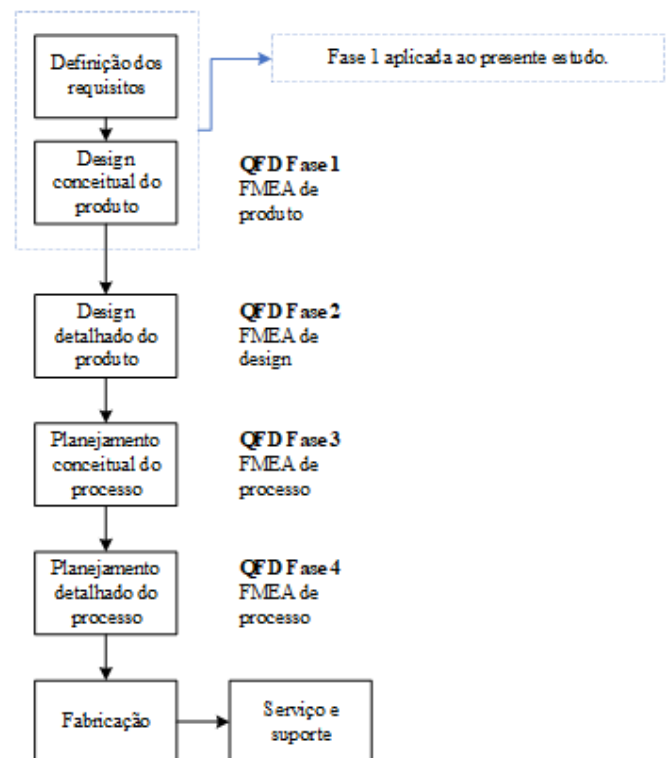


Fig. 4: Integração FMEA & QFD no PDP.

A Empresa XYZ constatou a dificuldade na implementação da Norma Regulamentadora nº 12 em máquinas e equipamentos de potência máxima de até 5 CV. Diante disso, um projeto de quadro de comando padrão, conforme Figura 5 e Tabela 1, foi elaborado com objetivo de

facilitar tal aplicação. Ou seja, a ideia consiste na comercialização do produto que poderá ser instalado em máquinas e equipamentos pelos próprios clientes ou sob responsabilidade do mesmo de forma fácil e rápida, além de estar conforme a norma regulamentadora citada anteriormente, dentre outras aplicáveis a segurança do trabalho em máquinas e equipamentos.

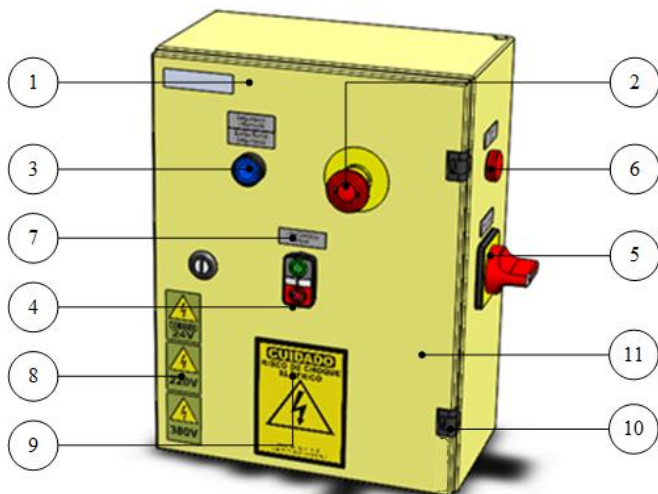


Fig. 5: Produto QCPS5CV.

TABELA I: Itens instalados na parte externa do produto.

Nº:	Denominação:	Função:
1	Quadro de comando – carcaça	Alocar componentes elétricos.
2	Botão de emergência	Parada de emergência.
3	Botão de rearme manual	Rearmar sistema de segurança.
4	Botão de liga e desliga motor	Ligar e desligar motor elétrico.
5	Interruptor seccionador	Ligar e desligar sistema elétrico.
6	Sinalizador de comando ligado	Indicar sistema elétrico ligado.
7	Placa informativa de item	Indicar nome de botões, etc.
8	Placa informativa de tensão	Indicar tensão (Volts) existente.
9	Placa informativa de cuidado	Indicar risco de choque elétrico.
10	Dobradiça da porta	Movimentação da porta.
11	Porta do quadro de comando	Acessar parte interna do quadro.

Inicialmente, foram identificadas as necessidades do cliente por meio de análises dos itens mais requisitados na elaboração de projetos de adequação à NR-12 de máquinas e equipamentos com motor (es) de até 5 CV para início da primeira matriz de QFD, referente ao “planejamento do produto”. Após, ocorreu o desdobramento das necessidades levantadas em requisitos de produto para posterior pontuação de importância para o cliente e também correlação entre “necessidades do cliente x requisitos de produto”. Para os pesos de importância foi utilizada uma escala de 1 a 5, sendo 1 para pouco relevante, 3 para importância em nível médio e 5 para muito importante.

Para a pontuação de correlação, foram utilizados três números base, sendo: 1 (correlação fraca), 5 (correlação média) e 9 (correlação forte) conforme metodologia adotada por Hassan et al. (2009), conforme ilustrado na Figura 3. Por fim, foram elaborados os cálculos de importância e percentual para priorização dos requisitos. Para integração com FMEA, foram utilizadas informações existentes nas matrizes de QFD e pontuação de 1 a 10, para Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D) e conforme a 4ª Quarta Edição do Manual de Referência de FMEA os valores de S, O e D são multiplicados para chegar ao valor de NPR, que é a pontuação de risco para posterior priorização.

Para a fase 1 ilustrada anteriormente na Figura 4, a matriz QFD foi elaborada considerando as necessidades do cliente e classificando-as em diferentes características essenciais, sendo: de produto, que compreende a aparência, materiais, preço, normas e etc; de manufatura, que inclui a fabricação do produto; de uso, que contém aspectos pertinentes da instalação, operação, segurança e manutenção e por fim as características de pós-uso que se referem ao descarte do quadro de comando e todas aquelas peças que compõem o QCPS5CV, sejam elas das partes mecânicas ou elétricas.

Como resultado da matriz QFD, como demonstrado na Figura 6, os principais requisitos de produto, sua importância em percentual e importância relativa são: (1) custo (s) de componentes (s) com 11,2%; (2) uso de componentes de qualidade com 10,0%; (3) quantidade de componentes utilizados com 7,4%; (4) quantidade de componentes de segurança utilizados com 6,5%; (5) componentes que atendam Cat. 4 / Ple / SIL3 com 6,1%; (6) componentes que suportam muitos acionamentos diários; dentre outros listados de 7º (sétimo) a 16º (décimo sexto) que completam o desdobramento de requisitos de produto na primeira matriz de QFD.

A metodologia FMEA utilizada no primeiro ciclo de QFD auxilia na verificação de pontos críticos que podem acarretar falhas, sejam elas de maior ou menor impacto durante o desenvolvimento do produto em si. Dentre os itens contemplados, foram relacionados: item / função, requisitos, modo de falha potencial, efeito (s) de falha potencial, causa (s) e mecanismo (s) potencial (is) da falha, controles atuais do projeto (prevenção), ação (ões) recomendada (s) e cálculos. Através do cálculo de NPR, dado pela fórmula $NPR = S \times O \times D$, é possível priorizar os elementos de grau de risco elevado, recomendando ações para eliminar ou mitigar os modos e efeitos de falha existentes no presente estudo.

Com objetivo de ilustrar a integração da FMEA baseada em QFD no presente estudo de caso, optou-se por inserir uma tabela simplificada referente a partes das características relacionadas ao preço competitivo para sua aquisição e as possíveis causas relacionadas a ele. Portanto, a Tabela 2 indica o item e a função já citada anteriormente, bem como os requisitos a ela relacionados, considerando o uso de componentes de qualidade, certificados, dentre outros, o custo (s) de componente (s), tempo de montagem do quadro de comando, etc.

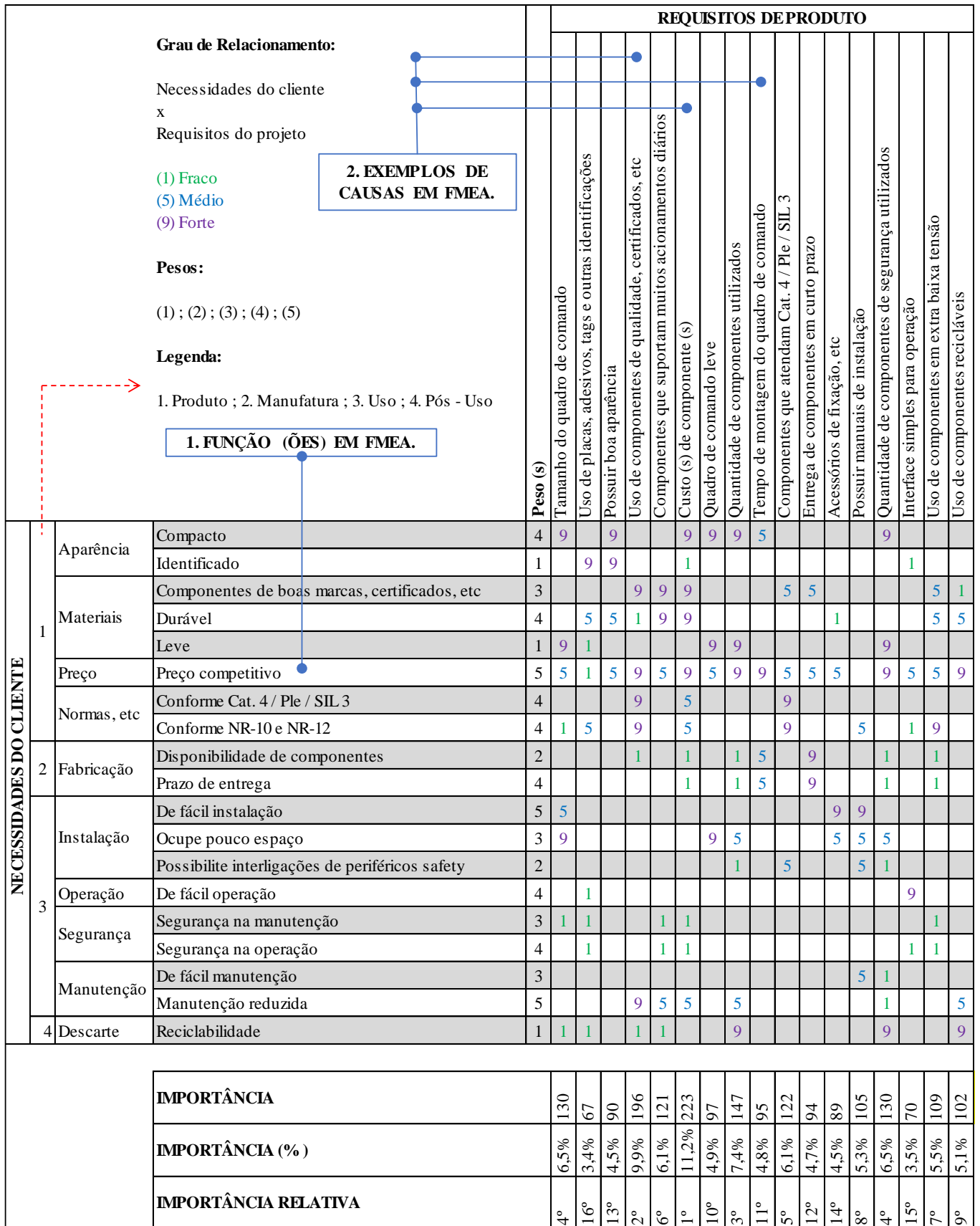


Fig. 6: Primeira matriz de QFD: planejamento do produto.

TABELA II: FMEA simplificado adaptado a primeira fase, baseado em QFD.

Item / Função	Requisitos	Modo de Falha Potencial	Efeito (s) de Falha Potencial	Severidade	Classificação	Causa (s) e Mecanismo (s) Potencial (is) da Falha	Ocorrência	Controles Atuais de Projeto (Prevenção)	Controles Atuais de Projeto (Detecção)	Detecção	NPR	Ações Recomendadas
1. Produto dispor de preço competitivo, para aquisição pelo cliente.	Preço competitivo.	Valor do produto é mais elevado que o da concorrência.	Baixa competitividade no mercado.	Muito Alta	8	Necessidade de uso de componentes de qualidade, certificados, etc.	5	Revisões de projeto.	Ensaios de validação em bancada de testes.	5	200	Trabalho de marketing explorando de forma mais intensa o valor agregado do produto. Identificar componentes críticos que devem ter alta qualidade certificada.
		Alto custo de componentes.	Dificuldade de manter o preço, quando comparado a concorrência.	Elevada	7	Custo de componentes.	3	Projeto com materiais normalizados (de marca específica)	Plano B, relacionado ao fornecimento de materiais utilizados no produto.	5	105	
		Alto preço do produto.	Dificuldade nas vendas do produto em relação ao preço e baseado no tempo de montagem necessário.	Moderada	6	Tempo de montagem do quadro de comando.	5	Documentação (registros, melhores práticas, lições aprendidas, etc).	Revisões de processo.	2	60	

IV. CONCLUSÃO

Este artigo teve como objetivo integrar FMEA e QFD nas etapas iniciais do processo de desenvolvimento de produto, caracterizadas por muita subjetividade e incerteza pois o conhecimento do produto precisa consolidar-se em especificações mensuráveis. Baseado na proposta de Hassan et al. (2009) o estudo partiu das necessidades dos clientes para atribuir os requisitos ao produto para posteriormente priorizá-los e integrá-los ao FMEA, entretanto adequações foram necessárias para validação prática na empresa estudada.

Para garantir a integração proposta, algumas adequações foram necessárias neste trabalho. Dada a relevância do ciclo 1, garantir o desdobramento sistemático dos requisitos do cliente, este trabalho focou no desenvolvimento conceitual do produto. Já na integração, textos existentes em QFD foram alterados para melhorar o entendimento quando trabalhados na tabela FMEA e a mesma foi anexada de forma resumida neste trabalho, em função do espaço necessário quando considerado o arquivo completo da ferramenta.

Dos resultados obtidos na fase 1 do PDP, foi possível visualizar os principais requisitos priorizados e a partir deles,

desenvolver o produto padrão, considerando diversas máquinas e equipamentos existentes em diferentes setores contemplados pela NR-12, sendo: panificação e confeitaria (amassadeiras, batedeiras, cilindros, modeladoras, laminadoras, fatiadoras para pães, etc); açougue e mercearia (serra fita, amaciador de bife, moedor de carne); construção civil (serra circular, betoneira, etc); indústria em geral (prensas e similares, etc); dentre outros. Estes resultados foram possíveis por meio da sistemática integração entre QFD e FMEA.

Com a integração de QFD e FMEA, verificou-se a importância do uso de ferramentas estruturadas voltadas ao PDP e a eficácia desta integração. Aplicados inicialmente ao produto QCPS5CV, desenvolvido pela Empresa XYZ, e a partir dessa validação tem-se a possibilidade de utilizar em outros desenvolvimentos de produtos. Os achados deste artigo suportam que os benefícios estão diretamente relacionados à redução de modificações de projeto pela engenharia e a redução nos custos em geral, além de sistematizar de forma mais robusta e integrada a obtenção e conversão das necessidades dos clientes em especificações mensuráveis de engenharia.

De modo geral, este estudo proporciona um avanço metodológico em integrar QFD e FMEA, garantindo robustez e ao mesmo tempo objetividade ao Processo de Desenvolvimento de Produto. A partir deste trabalho, oportuniza-se implicações gerenciais no sentido de transformar e integrar sistematicamente as áreas de marketing e engenharia garantindo um PDP mais assertivo e conectado ao mercado.

V. BIBLIOGRAFIA

- [1] Claudenir Caíque Junior Datorre; José Luís Garcia Hermosilla; Ethel Cristina Chiari da Silva, “Aplicação do método Quality Function Deployment no desenvolvimento de produto em uma empresa fabricante de implementos agrícolas,” *FTT Journal of Engineering and Business*, vol. 1, no. 1, pp. 7-25, 2016.
- [2] Mike Baxter, *Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos*, São Paulo: Edgard Blucher, 344 p, 2011.
- [3] Alaa Hassan et al., “Interoperability of QFD, FMEA, and KCs methods in the product development process,” *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, pp. 403-407, 2009.
- [4] Paulo Augusto Cauchick Miguel; André Segismundo, “O papel do FMEA no processo de tomada de decisão em desenvolvimento de novos produtos: estudo em uma empresa automotiva,” *Produto & Produção*, vol. 9, no. 2, pp. 106-119, 2008.
- [5] José Márcio Ramos Fernandes; Marcelo Giroto Rebelato, “Proposta de um método para integração entre QFD e FMEA,” *Gestão & Produção*, vol. 13, no. 2, pp. 245-259, 2006.
- [6] Qi Guo et al., “Research on Element Importance of Shafting Installation Based on QFD and FMEA,” *Procedia engineering*, vol. 174, pp. 677-685, 2017.
- [7] D. M. Ginn et al., “The QFD/FMEA interface,” *European Journal of Innovation Management*, vol. 1, no. 1, pp. 7-20, 1998.
- [8] Paulo Carlos Kaminski, *Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade*, Rio de Janeiro: LTC, 148 p, 1999.
- [9] Ana Paula Freitas Mundim, *Desenvolvimento de produtos e educação corporativa*, São Paulo: Atlas, 183 p, 2002.
- [10] Henrique Rozenfeld et al., *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo*, São Paulo: Saraiva, 542 p, 2006.
- [11] Leandro Almeida; Paulo Augusto Cauchick Miguel; Marly Monteiro de Carvalho, “Aplicação do desenvolvimento de projetos no processo de desenvolvimento de novos produtos – um caso exploratório,” *Revista Gestão de Projetos GeP*, vol. 2, no. 2, pp. 77-101, 2011.
- [12] José de Paula Barros Neto; João Adriano Ponciano Nobre, “O processo de desenvolvimento de produto imobiliário: estudo exploratório em uma incorporadora,” *Produção*, vol. 19, no. 1, pp. 87-104, 2009.
- [13] Karsten Pickard; Andrea Dieter, “Integrative qualitative quality assurance and reliability prediction over the complete product design cycle,” *Quality and Reliability Engineering International*, vol. 24, no. 8, pp. 903-910, 2008.
- [14] Alejandro Germán Frank et al., “Integração do QFD e da FMEA por meio de uma sistemática para tomada de decisões no processo de desenvolvimento de produtos,” *Produção*, vol. 24, no. 2, pp. 295-310, 2014.
- [15] Automotive Industry Action Group [AIAG], “Análise de Modos de Falha em Potencial (FMEA) [Manual de Referência] (4ª Ed.),” São Paulo: IQA, 2008.
- [16] José Carlos de Toledo et al., *Qualidade: gestão e métodos*, Rio de Janeiro: LTC, 420 p, 2013.
- [17] Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti, *Gestão da qualidade: conceitos e técnicas*, São Paulo: Atlas, 258 p, 2016.
- [18] Hu-Chen Liu; Long Liu; Nan Liu, “Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: a literature review,” *Expert systems with applications*, vol. 40, no. 2, pp. 828-838, 2013.
- [19] Paulo Augusto Cauchick Miguel, *Qualidade: enfoque e ferramentas*, São Paulo: Artliber, 272 p, 2001.
- [20] Rafael Laurenti; Henrique Rozenfeld; Erwin Karl Franieck, “Avaliação da aplicação dos métodos FMEA e DRBFM no processo de desenvolvimento de produtos em uma empresa de autopeças,” *Gestão & Produção*, vol. 19, no. 4, pp. 841-855, 2012.
- [21] Yoji Akao; Glenn H. Mazur, “The leading edge in QFD: past, present and future,” *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 20, no. 1, p. 20-35, 2003.
- [22] Leonel Del Rey de Melo Filho; Lin Chih Cheng, “QFD na garantia da qualidade do produto durante seu desenvolvimento – caso em uma empresa de materiais,” *Produção*, vol. 17, no. 3, pp. 604-624, 2007.
- [23] Bruce Brocka; M. Suzanne Brocka, *Gerenciamento da qualidade*, Rio de Janeiro: Makron Books, 430 p, 1994.
- [24] Lin Chih Cheng et al., *QFD: planejamento da qualidade*, Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 262 p, 1995.
- [25] Isnard Marshall Junior et al., *Gestão da qualidade e processos*, Rio de Janeiro: FGV, 204 p, 2012.
- [26] Victor Mirshawka; Victor Mirshawka Jr., *QFD: a vez do Brasil*, Rio de Janeiro: Makron Books, 189 p, 1994.
- [27] Cher Ming Tan, “Customer-focused build-in reliability: a case study,” *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 20, no. 3, pp. 378-397, 2003.
- [28] José Antonio Carnevalli; Paulo Augusto Cauchick Miguel; Felipe Araújo Calarge, “Proposta de um modelo conceitual para minimizar as dificuldades no uso do QFD,” *Produção*, vol. 18, no. 1, pp. 126-141, 2008.
- [29] Lai-Kow Chan; Ming-Lu Wu, “A systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example,” *Omega*, vol. 33, no. 2, pp. 119-139, 2005.
- [30] E. Ertugrul Karsak, “Fuzzy multiple objective programming framework to prioritize design requirements in quality function deployment,” *Computers & Industrial Engineering*, vol. 47, no. 2-3, pp. 149-163, 2004.
- [31] Irem Dikmen; M. Talat Birgonul; Semiha Kiziltas, “Strategic use of quality function deployment (QFD) in the construction industry,” *Building and environment*, vol. 40, no. 2, pp. 245-255, 2005.
- [32] B. Almanna; R. Greenough; J. Kay, “A decision support tool based on QFD and FMEA for the selection of manufacturing automation technologies,” *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 24, no. 4, pp. 501-507, 2008.
- [33] Uwe Flick, *Introdução a pesquisa qualitativa*, Porto Alegre: Artmed, 399p, 2009.
- [34] John W. Creswell; J. David Creswell, “Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches,” *Sage publications*, 2013.
- [35] Robert K. Yin, *Estudo de caso: planejamento e métodos*, Porto Alegre: Artmed, 320 p, 2015.