



Aplicabilidade das ferramentas FMEA, QFD e FTA no processo de desenvolvimento/aprimoramento de produtos: uma revisão da literatura

Mileno Alexandre Barbosa Epifânio (UFERSA)
mileno.epifanio@alunos.ufersa.edu.br

Ana Evelyn Lima Oliveira (UFERSA)
anaevelyn.lima15@gmail.com

Vitor Phablo de Araújo Dantas (UFERSA)
vitorphablo@outlook.com

Yam Souto dos Santos (UFERSA)
yansantos69@gmail.com

Miriam Karla Rocha (UFERSA)
miriam.rocha@ufersa.edu.br

O presente trabalho tem como objetivo analisar a aplicabilidade das ferramentas QFD, FMEA e FTA para obtenção de resultados que atendam as decisões estratégicas previstas durante o processo de desenvolvimento de produto. Para tanto, foi realizada uma pesquisa de teor descritivo explicativo, na forma qualitativa, nos anais da ENEGEP (Encontro Nacional de Engenharia de Produção) e Google Acadêmico nos anos de 2015 e 2019, escritos em língua portuguesa. Com base nos trabalhos analisados, foi notável que as ferramentas citadas auxiliam no processo de decisório empresarial quanto usados em sincronia; ainda foi percebido que a QFD possui uma desvantagem de subjetividade e que o FTA é uma opção mais detalhada do FMEA, ajudando em um item alinhado às expectativas do cliente final e se complementando durante o processo, seja durante o desenvolvimento ou até mesmo quando o produto está no mercado.

Palavras-chave: Processo de Desenvolvimento de Produto, Engenharia de Produto, FMEA, QFD, FTA.

1. Introdução

Processos de projeção e produção em quantidades significativas são realizados desde dos primórdios, sendo romanos e chineses exemplos de povos que aplicavam esses conhecimentos desde da área doméstico até bélica, onde o mercado passou por mudanças expressivas a partir do século XX, com o aumento na demanda por produtos diversificados e com menor escala produtiva, resultando em uma maior complexidade associada as evoluções tecnológicas (BATALHA, 2008).

Com a terceira fase da revolução industrial, a tecnologia reformulou processos produtivos, retirando totalmente o artesanato e implantando a maquinofatura. Como consequência, os processos de melhoria contínua, gestão de métodos produtivos, processos de produção e inovação que auxiliam no desenvolvimento de projetos nos processos executados ganharam destaque (RAMOS *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2018).

Cada empresa possui seus objetivos de desempenho das necessidades e propostas baseada nas necessidades do consumidor, sendo necessário elencar tópicos como requisitos dos clientes e especificações de metas do produto para com isso, analisar as possibilidades relacionados a resolução das necessidades abordadas (BATALHA, 2008; DUMMER *et al.*, 2016).

Sabendo disso, o processo de planejamento, segundo SEBRAE (2019), é um “ato ou processo de estabelecer ou manter metas, políticas e procedimentos para seu trabalho”, onde a não realização pode levar o negócio ao fracasso pelas mudanças não previstas, sendo a rápida evolução tecnológica um próprio desafio durante o processo de sobrevivência de uma empresa (SOUZA, 2018).

A falta de um planejamento efetivo resulta em falhas de quando o produto já está no mercado, reduzindo a confiabilidade e necessitando consigo correções voltadas ao aumento de indicadores. Nesse processo, entra em destaque a engenharia de produto (EP), que compreende desde a concepção até a retirada de um produto do mercado, é imprescindível a participação das diversas áreas da empresa associado a ferramentas de projeto, planejamento, organização, e execução nas atividades estratégicas e operacionais (ABEPRO, 2008).

Para atingir essas etapas requeridas, existem ferramentas que auxiliam no processo de desenvolvimento do produto, como QFD (*Quality Function Deployment* ou, em português, Função Desdobramento da Qualidade), FMEA (*Failure Mode Effects Analysis* ou, em português, Análise de Métodos de Falhas e Efeitos) e FTA (*Fault Tree Analysis* ou, em português, Análise da Árvore de Falhas), que conseguem mapear necessidades e prever riscos, sendo QFD voltado a análise do problema e FMEA e FTA na avaliação da solução (BATALHA,

2008; SCHMITT; LIMA, 2016; NOMAGUCHI *et al.*, 2017).

Considerando o ato de planejar como parte essencial para uma empresa lograr êxito no desenvolvimento de projetos, a extrema necessidade na mensuração desse impacto na engenharia de produção e de como as ferramentas supracitadas podem auxiliar no processo de predição de erros antes da chegada ao mercado, esse trabalho busca analisar a ampla aplicabilidade das ferramentas supracitadas em produtos com distintos objetivos e áreas, podendo ser classificadas como fundamentais no processo de planejamento, execução e lançamento de um produto.

Para atingir esse objetivo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica descritiva explicativa, na forma qualitativa, utilizando como base de dados no Google Acadêmico e Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) nos anos de 2015 a 2019, motivado pela necessidade de conteúdos que embasam o entendimento dos métodos. Com base nas análises realizadas, foi-se visualizado que os métodos são de suma importância durante o Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), auxiliando desde da conversão de requisitos do cliente em qualidade até a detecção de erros, independente se o produto está ou não no mercado de vendas.

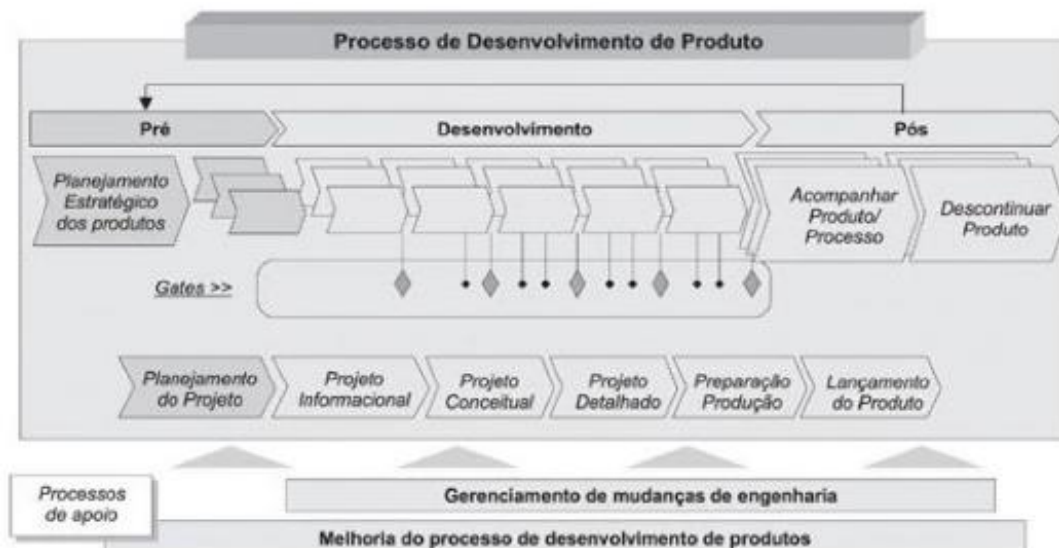
2. Referencial teórico

2.1. Pdp

O desenvolvimento de novos produtos, ou melhoramento dos já existentes, consiste em uma série de atividades objetificando estudar as necessidades do mercado, público alvo, possibilidades tecnológicas, redução de custos e prazo de desenvolvimento, qualidade dos produtos e atendimento das necessidades do usuário. Com isso, o mesmo é um artifício essencial que instiga a competitividade entre organizações, assim como produtos com ciclo de vida reduzido (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Quadros (2008) relata que esse processo está contido na metodologia de gestão da inovação, que busca novos mercados e tecnologias, criando táticas e métodos desenvolvendo e estimulando o processo de melhoria e suas fases cruciais (Figura 01).

Figura 1 - Fases do PCP



Fonte: ROZENFELD *et al.* (2006)

Existem características que diferem esses processos de negócios, como elevado grau de incertezas, dificuldade de mudar decisões iniciais, geração de alto volume de informações, posição na cadeia de suprimentos e estratégias de produção (AMARAL *et al.*, 2006; ROZENFELD, 2008). Para atingir os objetivos da junção do planejamento estratégico com área de produção, existem ferramentas como FMEA, QFD e FTA são de extrema necessidade (SCHMITT; LIMA, 2016; ALMEIDA, 2010).

2.1.1 Qfd

Desenvolvido no final da década de 1960 por Yoji Akao e Shigeru Mizuno, no Japão, e bastante utilizada durante a década de 1970 pela Mitsubishi e Toyota, se propagação nos Estados Unidos a partir de 1986, essa ferramenta assegura qualidade durante a fase de projeto, traduzindo as necessidades do cliente em características técnicas, sendo utilizado a metodologia em 6 passos, como descrita na Figura 02 (FANDINO; VALLE, 2018; YAZDANI *et al.*, 2019; NETO *et al.*, 2019; MATOS; CECCONELLO, 2019).

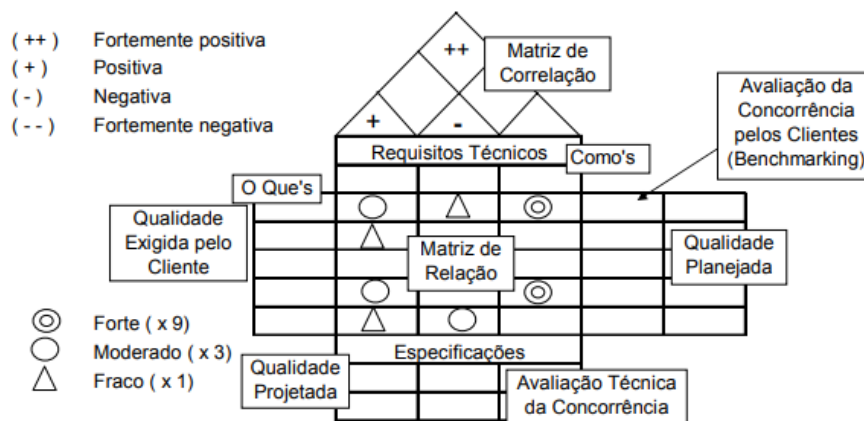
Figura 2 – paassos da casa da qualidade



Fonte: Moro e Machado (2015)

Sendo também conhecido como “Casa da Qualidade” (Figura 03), é possível organizar a mesma em uma etapa de matrizes, atribuindo pesos as características funcionais em relação as empresas concorrentes, auxiliando na detecção de características a serem melhorados, podendo ser reaplicado à medida que as mudanças forem ocorrendo e mais processos possam ser classificados para melhoria (NAGUMO, 2006).

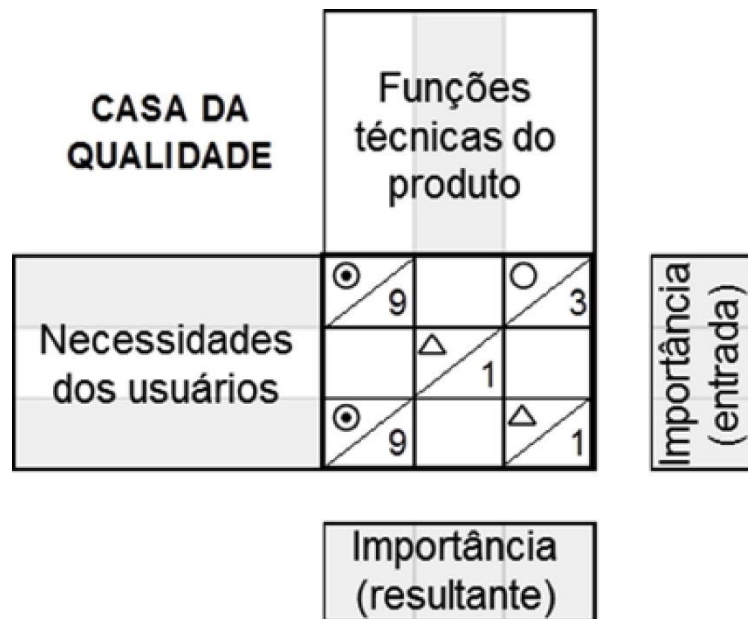
Figura 3 – Formato e descrição da casa da qualidade



Fonte: Nagumo (2006)

Onde os níveis de relações aplicados devem ser definidos baseado na classificação de forte, fraco e moderado, associados aos valores de 9, 3 e 1 e aos símbolos \odot , \circ e Δ , respectivamente, utilizando funções técnicas do produto, necessidades dos usuários, importâncias para entrada e resultante, como demonstra a Figura 4 (ARAGÃO; HIROTA, 2016).

Figura 4 - Relações da casa da qualidade



Fonte: Aragão e Hirota (2016)

Com isso, o QFD está ligado a vários benefícios do PDP, incluindo a redução do tempo de desenvolvimento, diminuição nos custos do processo produtivo, aumento da satisfação dos clientes, assim como as mudanças a serem feitas no início do processo produtivo, gerando menos custos advindos de alterações futuras (OLAYA ESCOBAR *et al.*, 2005; MATOS; CECCOTELLO; 2019).

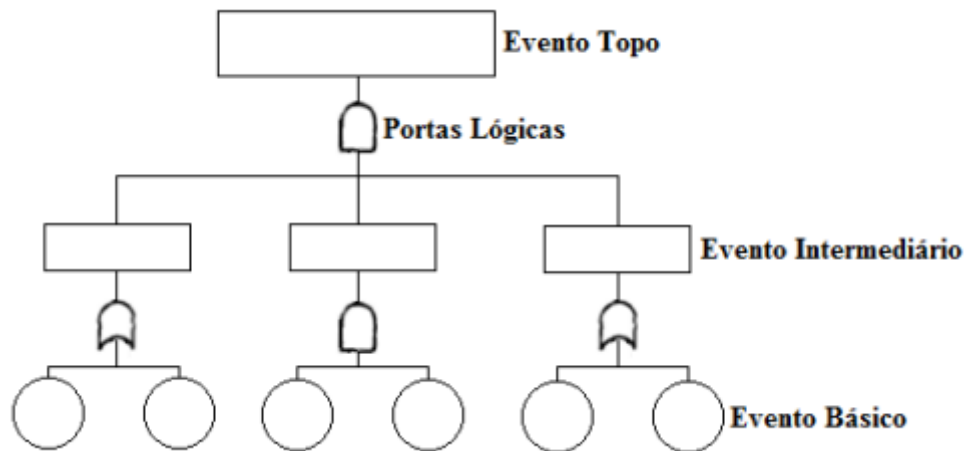
2.1.2. Fta

Essa ferramenta auxilia na busca por melhorias e informações auxiliando na determinação quantitativa de riscos em eventos inesperados via avaliações sistemáticas, analisando cada ocorrência associado em uma razão específica, podendo sua implementação baseada na prevenção ou correção de erros (YAZDI, 2017; BATISTA *et al.*, 2012;).

Representado em formato visual um diagrama lógico que parte de um evento localizado no topo, que é a falha no sistema (Figura 04), sendo desdobrado em eventos via portas lógicas E/OU, ligando o evento principal de forma descendente as causas que podem ser responsáveis pela falha principal (PEETERS *et al.*, 2018; SILVA; MONTEIRO, 2016; BATISTA *et al.*,

2012; FITHRI *et al.*, 2018).

Figura 4 – Estruturação do FTA



Fonte: Gonçalves (2018)

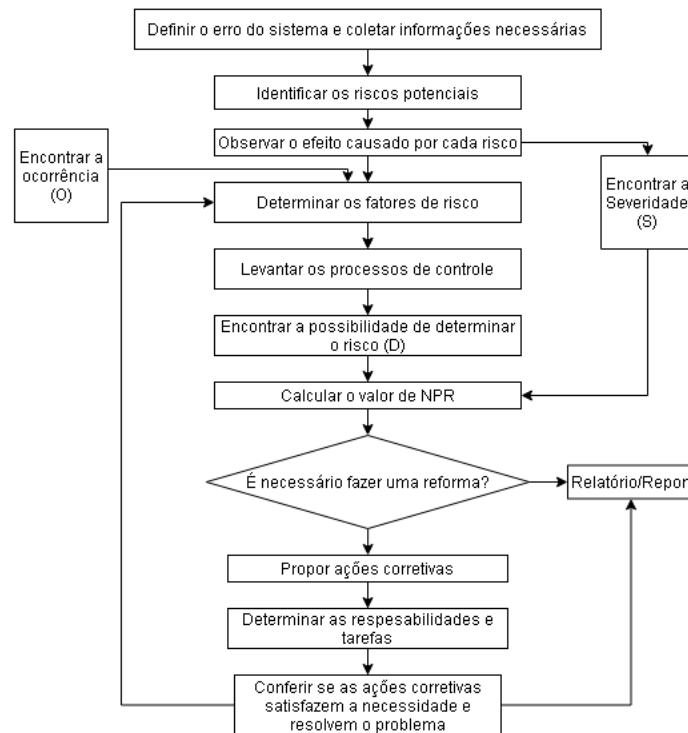
A comunidade científica discute acerca da similaridade entre FTA e FMEA, podendo ser aplicados de forma complementar ou simultâneo (PEETERS, 2018). Entretanto, a aplicação simultânea está se tornando mais popular, mesmo tendo a desvantagem de ser demorada e influenciar em uma perda de foco nas partes mais críticas, sendo exemplos aplicações no vazamento de gás e até no armazenamento de combustível de uma aeronave (SHAFIEE *et al.*, 2019; SHARMA; SRIVASTAVA, 2018).

2.1.3. Fmea

Embora não exista um consenso sobre sua criação, há registros de 1949, nos Estados Unidos, como um padrão de operações militares e na década de 1960, onde a Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA) fez sua utilização na criação do projeto *Apollo*, sendo seu uso intensificado em 1988, com a criação da QS 9000 (SAKURADA, 2001; SOUZA *et al.*, 2016).

Portanto, FMEA é uma ferramenta para “definir, identificar e eliminar falhas conhecidas ou potenciais de sistemas, projetos, processos e/ou serviços, antes que estas atinjam o cliente”, podendo ser corretivas ou preventivas, utilizando uma equipe de especialistas para formulação do índices de riscos (NPR), produto entre a ocorrência (O), severidade (S) e detecção (D), atribuindo notas entre 1-10 e indicando qual processo deve ser priorizado, respeitando o fluxograma de criação disposto na Figura 5 (SCHMITT; LIMA, 2016; BATALHA, 2008).

Figura 5 - Fluxograma de criação do FMEA



Fonte: Adaptado de BAHRAMI, BAZZAZ e SAJJADI (2009)

Fazendo uso de um formulário para auxiliar a elaboração dos riscos (Figura 6), que é um modelo que pode ser utilizado em produtos, dentro das especificações, ou em processos, podendo ocorrer considerando as não conformidades, resultando em uma economia de tempo/custo quando aplicado durante estágios iniciais do *design*, sendo regida no Brasil pela norma ISO/TS 16949:2002 (SANTOS; VALENTINA, 2015; SHAFIEE et. al., 2019; CARPINETTI, 2016).

Figura 6 - Formulário do FMEA

ANÁLISE DO MODO E EFEITO DAS FALHAS												FMEA N°:		
FMEA de Projeto () de Processo ()												Página: de		
Cabeçalho	Projeto/ Processo:		Nome/Código do Produto:				Data Início:		Data Limite:					
			Máquina/Operação:				Revisão/ Data:							
	Preparado por:		Respons. Projeto/ Processo:				Aprovação da Gerência:							
	Equipe:													
Desenvolvimento	Item/ Etapa	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Controles atuais	Deteção Risco (NPR)	Ações recomendadas	Respons/ Prazo	Ação tomada	Resultado	
													Severidade	Ocorrência
													Deteção	Risco (NPR)

Fonte: McDermott et. al. (2009)

4. Método de pesquisa

A proposta de método de produção acadêmica está disposta na Tabela 01, exemplificando todas as informações relevantes.

Tabela 1 – Método aplicado nas buscas

Metodologia	Como foi aplicado
Tipo de pesquisa	Descritivo explicativo, na forma qualitativa (MARCONI; LAICATOS, 2002).
Repositórios	Google Acadêmico e ENEGEP
Chaves de pesquisa	“processo de desenvolvimento do produto”, “FMEA”, “QFD” e “FTA”
Anos classificatórios	2015-2019
Modalidade	Integramente disponível on-line

Fonte: Autoria própria (2021)

Essa busca foi motivada tanto pela necessidade de conhecimentos técnicos, trabalhos acadêmicos para se analisar a aplicação dos métodos e também nortear técnicas voltadas para a identificação de fatores para possíveis falhas, sendo escolhidos os métodos aqui expostos e analisados. Com isso, estão dispostos a quantidade de trabalhos acadêmicos selecionados, sendo a população do presente estudo (Tabela 2).

Tabela 2 – População do estudo

Repositório	Chaves de pesquisa	Método	2015	2016	2017	2018	2019
Google Acadêmico	“MÉTODO” and “PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO”	FMEA	20	14	27	19	23
		FTA	5	2	6	5	3
		QFD	21	33	52	39	40
		FMEA	2	3	1	0	2
ENECEP	Nome do método	FTA	0	1	0	0	0
		QFD	8	4	4	3	2

Fonte: Autoria própria (2021)

A partir daí, foi-se escolhido para estudos os que mais se assemelham com a proposta dessa produção, que é a ampla aplicabilidade em distintas áreas e a relevância do artigo critérios de escolha para leitura completa e classificação como amostra (Tabela 03).

Tabela 3 – Amostra para estudo

Caso	Autores	Título	Ano	Método
-------------	----------------	---------------	------------	---------------

A	SCHMITT, J. C. & LIMA, C. R.	Método de Análise de Falhas utilizando a integração das Ferramentas DMAIC, RCA, FTA e FMEA	2016	FTA
B	VANIN, Georgia Schlabit. <i>et al.</i>	Desenvolvimento de um produto: banco sujeito a condições de ambiente externo	2017	FTA
C	MOURA, Cassiano Rodrigues; <i>et al.</i>	Desenvolvimento do conceito de uma plataforma de acesso a piscinas para pessoas com mobilidade reduzida	2019a	QFD
D	MOURA, Cassiano Rodrigues. <i>et al.</i>	Desenvolvimento do projeto conceitual de um sistema para plantação hidropônica	2019b	QFD
E	FANDINO, Sérgio Baltar; VALLE, Mary'Anna do	O uso do método QFD (Quality Function Deployment) na melhoria de produtos para crianças. Um estudo de caso sobre os andadores infantis	2018	QFD
F	SOUZA, Giuliano Cesar Breda de. <i>et al.</i>	Aplicação dos métodos DFMA e FMEA em um laptop infantil	2016	FMEA
G	BARROS, Bruna Cavalcanti. <i>et al.</i>	Projeto de produto centrado no usuário: desenvolvimento de uma almofada adaptável para dormir melhor	2015	FMEA
H	KLEIN, Matheus Henrique. <i>et al.</i>	Processo de planejamento e desenvolvimento de um produto: uma aplicação prática na criação de uma bancada para corte de churrasco	2017	FMEA
I	HYUN, Ki-Chang <i>et al.</i>	Risk analysis using fault-tree analysis (FTA) and analytic hierarchy process (AHP) applicable to shield TBM tunnels	2015	FTA

Fonte: Autoria própria (2021)

4. Resultados e discussões

Baseado na revisão bibliográfica realizada, pode-se comparar vários aspectos envolvendo as produções e os métodos abordados, como o impacto obtido pela aplicação, objetivos, resultados e até se houve alguma desvantagem durante a produção. Onde, baseado nisso, é possível caracterizar se a ferramenta foi importante e sua taxa de aplicabilidade nos estudos, com a Tabela 04 analisando as produções selecionadas para a ferramenta QFD.

Tabela 4 – Tabela das análises da ferramenta QFD

Caso	Impacto	Objetivo	Resultado	Desvantagem
C	Organização das especificações de projeto para a proposta principal.	Concepção de uma plataforma de acessibilidade para piscinas para pessoas com mobilidade reduzida.	Atingido, mesmo com um protótipo bastante conceitual e não tendo desenvolvimento físico.	Não houve desvantagem encontrada citada pelos autores.

D	Designar os requisitos necessários dos clientes, ampliando de maneira ordenada os critérios para atingir a qualidade.	Dimensionamento adaptado para um sistema hidropônico ajustado para locais como varandas de apartamento.	Bem sucedido, mesmo não havendo testes na elaboração do sistema de plantação.	Não houve desvantagem encontrada citada pelos autores.
E	Entender quais materiais são mais exigentes, ter rodas largas, resistência a impacto e equilíbrio do centro de gravidade.	Propor um andador infantil baseado nas especificações técnicas.	Mesmo não havendo um protótipo físico formalizado, o objetivo a propostas de melhoria foi alcançado.	Não garante que o andador infantil seja 100% seguro, mesmo melhorando o protótipo.

Fonte: Autoria própria (2021)

É possível visualizar que a ferramenta teve uma aplicação diversificada e conseguiu auxiliar nos desenvolvimentos nos respectivos objetivos. Entretanto, no caso C, a situação envolvendo a garantia da segurança não é objetivo da ferramenta, não podendo ser classificado como uma desvantagem, e sim uma limitação atrelada ao desenvolvimento e aplicação no ambiente estudado. A tabela 05 retrata os analisados da ferramenta FMEA.

Tabela 5 – Tabela das análises da ferramenta FMEA

Caso	Impacto	Objetivo	Resultado	Desvantagem
F	Analisar as falhas e riscos existentes no laptop, visando aumento da confiabilidade e qualidade do produto.	Analisar os componentes e os níveis de montagem, tendo como foco a redução do custo sem afetar a qualidade ou inviabilizar a produção.	Detecção no fio do mouse (NPR 144) e suporte a fixação do mouse (NPR 120), de origem elétrica e mecânica, respectivamente.	
G	Impactos moderados nos componentes: dar apoio a cabeça, posicionamento da coluna e coito e fixação ao corpo.	Desenvolver uma almofada voltada as necessidades descritas por uma pessoa com deficiência física.	Detectado que todas as partes analisadas são de risco médio, mas o objetivo não foi totalmente atingido, onde produto, só pode ser utilizado posição única.	Não houve desvantagem associada a.
H	Utilizada durante a montagem do modelo,	Desenvolver uma bancada de corte para churrasco com	Objetivo atendido e produto desenvolvido conforme desejado, encontrando 102	

passando pela fase de corte até o modelo final. duas gavetas, duas facas e uma chaira. métodos de falhas, mas nenhum ocorrendo na prática durante o desenvolvimento.

Fonte: Autoria própria (2021)

Diferentemente da tabela do QFD, as análises do FMEA não retornaram dos respectivos autores nenhum ponto negativo associado à sua aplicação, sendo citados resultados úteis e a importância do seu uso no desenvolvimento objetificado, auxiliando em quais pontos é necessário dar foco e resolver os problemas mais críticos. A tabela 06 retrata as análises da ferramenta FTA.

Tabela 6 – Análises das análises da ferramenta FTA

Caso	Impacto	Objetivo	Resultado	Desvantagem
A	Promover maior confiabilidade no fator físico, mapeando: modelos de falhas, maior disponibilidade e obter quais situações podem eliminar falhas	Integração dos métodos em um projeto para análise de falhas	Atingidos de maneira satisfatórios	
B	Estudo mais aprofundado acerca do assento reclinável e manivela-engrenagem, evitando desgastes desnecessários e movimentações indesejáveis de peças	Desenvolvimento de um banco adaptável para uso em ambientes externos após a ocorrência de chuvas	Atingidos de maneira satisfatórios	Não houve desvantagem associada em nenhuma dos estudos
I	Dentre as 17 situações mencionadas, os destaques são na probabilidade para redução da capacidade do corte (54,5%) e abrasão excessiva do cortador (27,4%)	Classificar possíveis ocorrências de erro durante o tunelamento (Tunnel boring machines - TBM)	Totalmente atingido, possibilitando a previsão de 151 dos 167 possíveis riscos	

Fonte: Autoria própria (2021)

Igualmente a ferramenta FMEA, FTA teve resultados positivos em todos os cenários analisados, retornando que não houveram desvantagens associadas as implementações e a ferramenta supracitada foram importantes na previsão e causas de eventos.

Embora todos métodos tratados sejam importantes e podem ser utilizados em sincronia, se tornando ferramentas fundamentais para um item esteja alinhado às expectativas do cliente e auxiliar no processo da tomada de decisão empresarial, auxiliando no que o cliente espera e como evitar possíveis falhas críticas.

São exemplos aqui a citar o que aconteceu durante os processos de desenvolvimento do banco sujeito a condições externas, da almofada adaptável às necessidades específicas, sistema de plantação hidropônica adaptada para espaços com tamanhos reduzidos e também nos andadores infantis, já que se foi necessário adaptação às condições relacionadas a cada usuário em base nas suas características pré-existentes.

5. Considerações finais

Tendo como objetivo analisar a ampla aplicabilidade das ferramentas FMEA, QFD e FTA em produtos com distintas áreas e objetivos, demonstrando como as citadas são essenciais no processo planejamento e detecção de erros. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica descritiva explicativa, na forma qualitativa, utilizando as publicações entre 2015 e 2019 do banco de dados o Google Acadêmico e ENEGEP.

É visível que a ferramenta FTA consegue analisar as falhas e suas causadoras, FMEA analisa falhas e riscos que o produto venha a desenvolver, tentando solucionar-las antes da chegada do produto cliente e, o QFD converte requisitos técnicos em requisitos da qualidade.

Entretanto, existe a desvantagem de subjetividade atrelada ao QFD, onde mesmo que agregue os requisitos de alguns clientes, pode descontentar diversos, já que essa análise é subjetiva. Observou-se que a FTA é uma opção mais detalhada do FMEA de identificar e solucionar os problemas, se caracterizando a mais utilidade e eficiência.

Portanto, os resultados indicam que o objetivo principal foi atendido, mostrando a ampla aplicabilidade, importância e uso das ferramentas durante o processo de desenvolvimento/aprimoramento de produtos, se mostrando como instrumentos que conseguem auxiliar na predição de erros, causas e conversão dos requisitos em atributos da qualidade.

Por fim, para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação dos métodos citados na indústria, assim como uma revisão de outros métodos na engenharia de produto, como análise de valor, avaliação de ciclo de vida, aplicações da engenharia de Kansei, 5S, PDCA e teoria das restrições.

REFERÊNCIAS

ABEPRO (Rio de Janeiro). **Áreas e Sub-áreas de Engenharia de Produção**. 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/interna.asp?c=362>. Acesso em: 28 mar. 2021.

BAHRAMI, Mahdi; BAZZAZ, Danial Hadizadeh; SAJJADI, S. Mojtaba. Innovation and improvements in

project implementation and management; using FMEA technique. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 41, p. 418-425, 2012.

BARROS, Bruna Cavalcanti. *et al.* PROJETO DE PRODUTO CENTRADO NO USUÁRIO: DESENVOLVIMENTO DE UMA ALMOFADA ADAPTÁVEL PARA DORMIR MELHOR. 2015, **ENESEP**, p. 1-16.

BATALHA, Mário Otávio (Org.). **Introdução a engenharia de produção**. 14. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 312 p.

BATISTA, Bruna Danielle. *et al.* A ÁRVORE DE FALHAS (FTA) COMO FERRAMENTA PARA O ALCANCE DA EXCELÊNCIA NO PROCESSO DE FORNECIMENTO DE ÁGUA QUENTE POR AQUECEDORES SOLARES. **ENESEP**, 2012, pg.1-13.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade: conceitos e técnicas**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2016.

DUMMER, D. *et al.* PROJETO DE PRODUTO: CONCEPÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA VOLTADA PARA AGROINDÚSTRIA FAMILIAR. **ENESEP**, 2016, pg. 1-22.

FANDINO, Sérgio Baltar; VALLE, Mary'Anna do. O USO DO MÉTODO QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT) NA MELHORIA DE PRODUTOS PARA CRIANÇAS. UM ESTUDO DE CASO SOBRE OS ANDADORES INFANTIS. 2018, **ENESEP**, p. 1-15.

FITHRI, Prima *et al.* Safety analysis at weaving department of PT. X Bogor using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA). In: **2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)**. IEEE, 2018. p. 382-385.

GONÇALVES, Felipe Correia. **Uma abordagem multistakeholder para análise de árvore de falhas no setor terciário**. 2018. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Industrial, Programa de Pós -Graduação em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

HYUN, Ki-Chang *et al.* Risk analysis using fault-tree analysis (FTA) and analytic hierarchy process (AHP) applicable to shield TBM tunnels. **Tunnelling and Underground Space Technology**, v. 49, p. 121-129, 2015.

KLEIN, Matheus Henrique. *et al.* PROCESSO DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO: UMA APLICAÇÃO PRÁTICA NA CRIAÇÃO DE UMA BANCADA PARA CORTE DE CHURRASCO. 2017, **ENESEP**, p. 1-25.

MARCONI, Marina de Andrade; LAICATOS, Eva Maria. **Técnicas de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

MATOS, Vágner Souza; CECCONELLO, Ivandro. Integração QFD / FMEA no desenvolvimento de produto: um estudo de caso de uma empresa de automação. **Scientia cum Industria**, v. 7, n. 2, p. 108-116, 2019.

MCDERMOTT, R. E.; MIKULAK, R. J.; BEAUREGARD, M. R. (2009); **The basics of FMEA**. 2nd. New York, NY: Productivity Press, Taylor & Francis Group.

MORO, Suzana Regina; MACHADO, Marcos William Kaspchak. MODELO PARA APLICAÇÃO DO QFD NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS MULTIFUNCIONAIS. **ENEGEPE**, 2015, pg.1-20.

MOURA, Cassiano Rodrigues *et al.* Desenvolvimento do conceito de uma plataforma de acesso a piscinas para pessoas com mobilidade reduzida. **Exacta**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 1-13, 26 mar. 2019a. University Nove de Julho. <http://dx.doi.org/10.5585/exactaep.v17n1.8049>.

MOURA, Cassiano Rodrigues. *et al.* DESENVOLVIMENTO DO PROJETO CONCEITUAL DE UM SISTEMA PARA PLANTAÇÃO HIDROPÔNICA. 2019b, **ENEGEPE**, p. 1-17.

NAGUMO, G.K.. Desdobramento da função qualidade (QFD) aplicado à produção de mudas de café (*Coffea arabica* L.). **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.17, n.2, p.45-51, 2006.

NETO, Ricardo Teixeira da Costa; LOPES, Elias Dias Rossi; REINALDO, Igor Lucas. APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE QUALIDADE EM PROJETO ESTUDANTIL. **Semioses**, v. 13, n. 1, p. 97-117, 2019.

NOMAGUCHI, Yutaka et al. A decade trend of utilization of design tools and methods in Japanese product industries. In: **DS 87-1 Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED 17) Vol 1: Resource Sensitive Design, Design Research Applications and Case Studies, Vancouver, Canada, 21-25.08. 2017**. 2017. p. 379-388.

OLAYA ESCOBAR, E. S.; CORTÉS RODRÍGUEZ, C. J.; DUARTE VELASCO, Óscar G. Quality function deployment QFD: benefits and limitations when applied to designing myoelectric prosthesis hand. **Ingeniería e Investigación**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 30-38, 2005. DOI: 10.15446/inginvestig.v25n1.14618. Disponível em: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingevinv/article/view/14618>. Acesso em: 18 mar. 2021.

PEETERS, J. F. W.; BASTEN, Rob JI; TINGA, Tiedo. Improving failure analysis efficiency by combining FTA and FMEA in a recursive manner. **Reliability engineering & system safety**, v. 172, p. 36-44, 2018.

RAMOS, Helena Ávila; CHAVES, Carlos Alberto; BRANDALISE, Nilson. Aplicação do Método Fmea no Processo de Climatização de uma Indústria Automobilística. **Anais do Simpósio de Excelência em Gestão em Tecnologia**, 2012.

ROZENFELD, H. Workshop Gestão de Projetos em Desenvolvimento de Produto, 1., 2008, São Carlos, **Anais...** São Paulo: USP, 2008, 43 p.

ROZENFELD, Henrique. *et al.* Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SAKURADA, Eduardo Yuji. As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SANTOS, Antonio José dos; VALENTINA, Luiz Veriano Oliveira Dalla. Uma Sistemática para Análise da Eficácia dos Métodos de Controle do Processo Produtivo. **Revista ESPACIOS| Vol. 36 (Nº 09) Año 2015**, 2015.

SANTOS, Marcos. *et al.* Desenvolvimento e implementação de um chuveiro itinerante para pessoas em situação de rua: Os pressupostos da Engenharia do Produto como ferramenta de reintegração social. **Anais do X SIMPROD**, 2018.

SCHMITT, Jose Claudemir; LIMA, Carlos Roberto Camello. Método de Análise de Falhas utilizando a Integração das Ferramentas DMAIC, RCA, FTA e FMEA. **Revista ESPACIOS| Vol. 37 (Nº 08) Año 2016**, 2016.

SEBRAE. **A natureza do planejamento**. 2019. Disponível em:

<[SHAFIEE, Mahmood; ENJEMA, Evenye; KOLIOS, Athanasios. An integrated FTA-FMEA model for risk analysis of engineering systems: a case study of subsea blowout preventers. **Applied Sciences**, v. 9, n. 6, p. 1192, 2019.](https://m.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/ap/artigos/como-o-planejamento-tem-impacto-sobre-o-seu-sucesso,09f93fc94ee6f510VgnVCM1000004c00210aRCRD#:~:text=O%20planejamento%20ajuda%20voc%C3%AA%20a,dias%2C%20sem%20afetar%20nosso%20pre%C3%A7o.>. Acesso em 28/03/2021.</p></div><div data-bbox=)

SHARMA, Kapil Dev; SRIVASTAVA, Shobhit. Failure mode and effect analysis (FMEA) implementation: a literature review. **J Adv Res Aeronaut Space Sci**, v. 5, p. 2454-8669, 2018.

SILVA, S.; MONTEIRO, E. Aplicação das ferramentas da qualidade FMEA e FTA para detecção e controle de patologias em estruturas de concreto armado do Aeroporto Internacional do Recife. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 1, n. 1, 14 jul. 2016.

SOUZA, Giuliano Cesar Breda de. *et al.* APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DFMA E FMEA EM UM LAPTOP INFANTIL. **ENESEP**, 2016, pg. 1-13.

SOUZA, Patricia Hezure de. **APLICAÇÃO DO FMEA EM UMA EMPRESA DE DERIVADOS DE MILHO DE PEQUENO PORTE**. 2018. 26 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Especialização em Engenharia da Qualidade, Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

VANIN, Georgia Schlabit. *et al.* DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO: BANCO SUJEITO A CONDIÇÕES DE AMBIENTE EXTERNO. **ENESEP**, 2017, pg. 1-19.

YAZDANI, Morteza *et al.* A fuzzy multi attribute decision framework with integration of QFD and grey relational analysis. **Expert Systems with Applications**, v. 115, p. 474-485, 2019.

YAZDI, Mohammad. Hybrid probabilistic risk assessment using fuzzy FTA and fuzzy AHP in a process industry. **Journal of Failure Analysis and Prevention**, v. 17, n. 4, p. 756-764, 2017.