UM MODELO MULTICRITÉRIO BASEADO NO MÉTODO FTOPSIS-CLASS PARA AUXILIAR O DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS

Clara Gabriela Pessoa da Cunha
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco
Av. da Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, Recife – PE
claragabriela.pc@hotmail.com

Adiel Teixeira de Almeida Filho
Centro de informática, Universidade Federal de Pernambuco
Av. Jornalista Anibal Fernandes, s/n, Cidade Universitária, Recife - PE
adielfilho@cin.ufpe.br

Walter Franklin Marques Correia
Departamento de design, Universidade Federal de Pernambuco
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE
wfmc10@gmail.com

Weynner Kenneth Bezerra Santos
Departamento de design, Universidade Federal de Pernambuco
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE
wkbs@cin.ufpe.br

RESUMO

O Design e Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP) é um campo estratégico onde a complexidade das decisões surge devido aos riscos, incertezas e a ausência de dados, o que requer um tratamento adequado de aspectos qualitativos e quantitativos. A partir deste contexto, buscou-se estruturar uma integração entre as técnicas utilizadas no processo de criação e design para DNP e ferramentas de Apoio Multicritério a Decisão (MCDM). Foi desenvolvido um modelo de decisão que pode ser utilizado para o DNP, auxiliando as etapas do processo criativo, onde o método FTOPSIS-Class foi escolhido para classificar as alternativas. Um estudo de caso foi utilizado na criação de um kit de facas táticas. Os resultados da aplicação demonstraram a coerência e relevância do framework proposto, que pode ser utilizado como uma ferramenta útil e robusta para auxiliar profissionais que atuam no DNP, reduzindo o tempo de desenvolvimento e, consequentemente, seu custo associado.

PALAVRAS CHAVE. Desenvolvimento de Novos Produtos, Apoio Multicritério a Decisão, FTOPSIS-Class.

ADM – Apoio à Decisão Multicritério, AD&GP – PO na Administração e Gestão da Produção

ABSTRACT

The New Product Development (NPD) is a strategic field that involves risks, uncertainties, insufficient data, and qualitative and quantitative aspects. An integration between the techniques used in the NPD design process and Multi-Criteria Decision Making models (MCDM) was structured. A decision model was developed to assist and provide support during

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

the creative process, using the FTOPSIS-Class multicriteria method to classify the alternatives into groups, allocating them into higher-performing option categories. A case study was carried out where the proposed model was applied in the creation of a kit of tactical knives. The results of the application of the proposed framework were able to demonstrate the coherence and relevance of the model and it can be used as an useful and robust tool, that will assist designers in the development processes of the most varied products, reducing product development and design time and its associated cost.

KEYWORDS. Development of New Products. Multicriteria decision. FTOPSIS-Class.

ADM - Multicriteria Decision Support, AD&GP - PO in Production Administration and Management

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

1. Introdução

Um processo de Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP) é a sequência de etapas ou atividades que são empregadas para idealizar, projetar e comercializar um produto [Ayag 2016]. Segundo [Lin e Hsiao 2018], para atender às demandas dos consumidores, os projetistas devem determinar, subjetivamente, a ideia de design conceitual mais relevante, com tempo e recursos limitados. No entanto, durante a avaliação dos conceitos de design, qualquer percepção subjetiva afetará a seleção e, portanto, os projetistas podem deixar de tomar a decisão mais objetiva.

Para garantir o sucesso do desenvolvimento do produto, deve-se levar em conta fatores e restrições o mais cedo possível e tomar decisões mais acuradas. Uma seleção ruim do conceito de projeto final para um produto em particular pode não apenas aumentar o custo de desenvolvimento, mas também causar modificações adicionais ou mesmo colocar em risco o sucesso do DNP geral [Zhu et al. 2015]. Portanto, um processo sistemático de DNP é necessário para desenvolver produtos com sucesso [Lee et al. 2017], pois, embora a arquitetura do produto seja normalmente configurada durante os estágios iniciais do ciclo de desenvolvimento do produto, ela influencia as decisões nos próximos processos nos domínios de produto, processo e cadeia de fornecimento [Fixson 2005].

O design de um novo produto é um processo complicado e criativo que pode harmonizar as necessidades dos clientes, os requisitos de estratégia das empresas e as restrições ambientais das agências reguladoras [Ma et al. 2018]. Autores abordam sobre a importância e o custo associado a um processo de DNP. Segundo [Baxter 2000], o desenvolvimento de novos produtos é uma atividade importante e arriscada. A cada 10 ideias sobre novos produtos, 3 serão desenvolvidas, 1,3 lançadas no mercado e apenas uma será lucrativa.

São encontradas na literatura diversas estimativas da influência do design em outros pontos. [Shidpour et al. 2016] comentam que o design de produto e processo influencie 80% dos custos de fabricação, 50% da qualidade, 50% do prazo de entrega e 50% da complexidade do negócio. [Zhu et al. 2015] relatam que até 70-80% do custo total de desenvolvimento do produto é determinado no estágio inicial do projeto. Além da questão do custo, as deficiências nesta fase dificilmente podem ser compensadas no processo de design subsequente. Segundo [Zhu et al. 2015], devido a essa influência, a avaliação final do conceito de projeto no desenvolvimento inicial do produto é talvez a etapa mais crucial do DNP.

Nos estágios iniciais do projeto, a avaliação de conceitos de design é difícil de expressar com precisão por dados nítidos, porque a informação disponível é geralmente imprecisa, incompleta ou subjetiva. Em muitos casos, no problema de avaliação do conceito de desenho, são necessários critérios quantitativos (por exemplo custo) e critérios qualitativos (por exemplo, estéticos) para serem considerados simultaneamente. Portanto, um método eficaz para a avaliação de conceitos de projeto que considera vários critérios, bem como incerteza e imprecisão nas informações nos estágios iniciais do processo de design é necessário [Shidpour et al. 2016].

Dada a complexidade envolvida e os múltiplos objetivos que as decisões no processo de desenvolvimento de produtos podem cobrir, os Métodos de Apoio à Decisão Multicritério (MCDM) devem ser vistos como alternativas para auxiliar os decisores, que neste caso são os designers e gerentes de projeto. Exemplos fáceis de ilustrar envolvendo decisões de design são: maximizar a eficiência, a atratividade estética e a qualidade do produto e minimizar o risco, os custos e os danos ambientais causados pelo produto ou processo. Em muitas ocasiões, os objetivos podem ser conflitantes e, sendo assim, um MCDM se mostra adequado.

Este trabalho apresenta um modelo multicritério para o processo de desenvolvimento de novos produtos, considerando critérios quantitativos e qualitativos e lidando com a incerteza e imprecisão no problema. Através do modelo proposto, é possível reduzir o espaço de alternativas que o decisor precisa analisar, classificando e priorizando as melhores opções, o que é útil quando se trata de uma quantidade muito grande de possibilidades. Diminuindo as opções que o decisor tem a decidir, o tempo gasto para fazer uma decisão segura também reduz, melhorando a

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

qualidade do processo decisório, causando menos cansaço mental no decisor por conta de procedimentos muito longos.

2. Fundamentação teórica

2.1 Desenvolvimento e design de novos produtos

Diversos autores relatam sobre as fases do design de novos produtos, como os que serão comentados a seguir. Alguns deles diferem a nomenclatura ou até unem certas fases, mas, o processo por completo é semelhante. O estudo será focado em uma dessas etapas.

De acordo com [Martin e Hanington 2012], as fases do design são:

- Fase 1: planejamento, escopo e definição, onde os parâmetros do projeto são explorados e definidos.
- Fase 2: exploração, síntese e implicações de Design, é caracterizada por pesquisa imersiva e design de etnografia, levando a implicações para o design.
- Fase 3: é a geração de conceitos e a iteração do protótipo precoce, envolvendo atividades de projeto participativo e gerativo.
- Fase 4: é avaliação, refinamento e produção, com base em testes e feedback iterativos.
- Fase 5: é o lançamento e monitoramento, o teste de garantia de qualidade do projeto para assegurar a prontidão para uso no mercado e público, e revisão e análise contínuas para corrigir o curso quando necessário.

Já [Baxter 2000] define as etapas como:

- Fase 1: preparação, realizando uma exploração, expansão e definição do problema, levantando todas as soluções existentes.
- Fase 2: geração de ideias, onde se pensa apenas nas ideias, deixando as restrições práticas para uma etapa posterior.
- Fase 3: seleção da ideia, considerando os bons e os maus aspectos de todas as opções e combinando as boas partes de cada uma.
- Fase 4: revisão do processo criativo, que avalia o processo de solução de problemas.

Em todas essas etapas pode ser utilizada uma grande variedade de técnicas conhecidas no meio do design. Nas bibliografias acima citadas são comentadas ferramentas, procedimentos ou técnicas que são comumente utilizadas em cada fase. Por exemplo, [Martin e Hanington 2012] trazem exatos cem diferentes tipos de técnicas, dentre elas diagrama de afinidade, classificação por cartões, estudos de caso, bodystorming, business origami, entre muitas outras ferramentas, para uso individual ou em grupo.

Desse modo, observa-se que existe a diversidade de técnicas é grande, algumas mais elaboradas e organizadas e outras menos, porém, muitas delas exigem bastante o lado criativo e subjetivo do designer, sendo insuficiente quando avaliada a robustez dessas ferramentas ou o processo metodológico delas.

2.2 Métodos multicritério de apoio a decisão

Os métodos MCDM são necessários quando não se pode representar todos os objetivos de um problema através de uma única métrica. Neles, a combinação de objetivos se fará através da avaliação subjetiva de um gerente ou executivo. Então, tem-se uma situação em que os múltiplos objetivos são combinados e avaliados subjetivamente [De Almeida et al. 2015].

Diversos trabalhos foram desenvolvidos nos últimos anos utilizando diferentes métodos multicritérios para seleção de produtos no DNP. [Biju et al. 2017] utilizaram o método AHP para identificar opções mais adequadas em diferentes estágios de desenvolvimento do produto, avaliando alguns requisitos de sustentabilidade e do cliente. [Renzi e Leali 2016] usaram o fuzzy TOPSIS na fase de projeto conceitual de componentes industriais para problemas de projeto de engenharia.

Em [Younesi e Roghanian 2015], o Fuzzy DEMATEL e ANP são propostos para projetos de produtos sustentáveis, ajudando as empresas a identificar os melhores critérios de

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

projeto para um produto específico. [Feng et al. 2013] propuseram a utilização do VIKOR e PROMETHEE II para adquirir o melhor entre diferentes esquemas de design de produto.

Neste trabalho foi escolhido um método baseado no TOPSIS [Hwang e Yoon 1981] devido à sua ampla aceitação, decorrente da simplicidade conceitual de seus fundamentos, a noção de proximidade a uma solução positiva ideal e distância para uma solução negativa ideal. Apesar de existirem novas propostas de métodos TOPSIS como TOPSIS-R [de Faria Aires e Ferreira 2019], PDTOPSIS-Sort [de Lima silva et al. 2020], TOPSIS-Sort-B e TOPSIS-Sort-C [de Lima Silva e de Almeida-Filho 2020], o FTOPSIS-Class [Ferreira et al. 2018] é o único que considera variáveis linguísticas para classificação, portanto foi escolhido para este trabalho considerando as especificidades do DNP.

2.3 FTOPSIS-Class

O método multicritério TOPSIS, do inglês Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, é um algoritmo que foi desenvolvido por [Hwang e Yoon 1981] e é uma técnica de avaliação de performances de alternativas através da similaridade da mesma com uma solução ideal, onde a melhor alternativa é aquela mais próxima da solução ideal e mais distante da solução não ideal. O FTOPSIS-Class proposto por [Ferreira et al. 2018] é uma variação do Fuzzy-TOPSIS que utiliza a problemática de classificação e tem sua rotina descrita na Figura 1.

Figura 1 - Rotina do FTOPSIS-Class

Algorítmo 1 rotina do Fuzzy-TOPSIS.

Passo 1: Estruturar o problema de decisão, identificando os DMs, o conjunto de critérios e alternativas;

Passo 2: Escolha os termos linguísticos para avaliar a importância relativa dos critérios e para avaliar a classificação das alternativas;

Passo 3: construir a matriz de decisão normalizada $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m\,x\,n}$ do seguinte modo:

$$\tilde{r}_{ij} = \begin{cases} \left(\frac{a_{ij}}{d_j^*}, \frac{b_{ij}}{d_j^*}, \frac{c_{ij}}{d_j^*}, \frac{d_{ij}}{d_j^*}\right) & \text{se } j \in B, \text{ onde o conjunto B está associado a critérios de benefício, e } d_j^* = \max_i d_{ij} \\ \left(\frac{a_j^-}{a_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{d_{ij}}\right) & \text{se } j \in C, \text{ onde o conjunto C está associado a critérios de custo, e } a_j^- = \min_i a_{ij} \end{cases}$$

Etapa 4: construir a matriz de decisão fuzzy normalizada e ponderad $\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m\,x\,n}$ de $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]$ e $\tilde{W} = [\tilde{w}_j]$ como $\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j$

Algorítimo 2 rotina do FTOPSIS-Class.

Etapa 1: Execute as etapas 1 a 4 do método Fuzzy-TOPSIS.

Etapa 2: para cada perfil $p = 1, 2, \ldots, |P|$, faça:

Etapa 2.1: defina a solução ideal positiva em relação ao perfil p as $\tilde{A}_p^* = \{\tilde{v}_{p1}^*, \tilde{v}_{p2}^*, \ldots, \tilde{v}_{pn}^*\}$, onde $\tilde{v}_{pi}^* = \tilde{q}_{pj}$, uma vez que o objetivo do modelo é maximizar a adequação da alternativa i em relação à categoria p, minimizando assim a distância entre $\tilde{A}_q^*$ e os valores de referência de cada categoria;

Etapa 2.2: defina a solução ideal negativa em relação à categoria p como $\tilde{A}_p^- = \{\tilde{v}_{p1}^-, \tilde{v}_{q2}^-, \ldots, \tilde{v}_{pn}^-\}$, onde $\tilde{v}_{p',j}^-$ são os valores do perfil mais distante p' de p e a distância a ser maximizada.

Etapa 2.3: Calcule as distâncias de cada alternativa i em relação à categoria p da seguinte maneira:

$$\tilde{d}_i^{p^*} = \sum_{j=1}^{n} \delta(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_{pj}^*), \quad i = 1, 2, \ldots, m$$

$$\tilde{d}_i^{p^-} = \sum_{j=1}^{n} \delta(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_{pj}^-), \quad i = 1, 2, \ldots, m$$

Etapa 2.4: Calcular o coeficiente de proximidade de cada alternativa i em relação ao perfil p como $CC_i^p = \frac{d_i^{p^-}}{d_i^{p^*} + d_i^{p^-}}$, $i = 1, 2, \ldots, m$.

Etapa 3 (Classificação): Para cada alternativa i, encontramos a classe $p_i^* = \text{argmax}_{p \in P}\{CC_i^p\}$; ou seja, p_i^* é a categoria com o valor mais alto de CC_i^p para a alternativa i.

Fonte: Ferreira et al. (2018, p.4 e 6)

3. Abordagem proposta

Essa pesquisa tem por objetivo a construção de um modelo de decisão multicritério a ser utilizado no processo de desenvolvimento de novos produtos na fase de geração de novos produtos e auxiliar em sua posterior seleção das melhores alternativas. Os analistas de decisão admitem que uma geração perspicaz de alternativas é de suma importância, e tomam nota do fato frequentemente negligenciado de que uma boa análise de um conjunto de alternativas existentes pode sugerir formas de aumentar o conjunto de alternativas [Keeney e Raiffa 1993].

A utilização do método multicritério não vem com a intenção de excluir as técnicas já utilizadas no meio do design, mas servir como uma ferramenta a mais de apoio, trazendo opções mais racionais e que talvez não teriam sido lembradas e consideradas sem a utilização do método.

Este trabalho propõe duas Fases, que serão chamadas Fase I e Fase II durante todo o texto. Elas devem ser aplicadas para diferentes finalidades em diferentes fases do design, podendo ser utilizadas em conjunto ou para apenas uma delas individualmente. A primeira parte será para a priorização dos conceitos do produto, que pode ser útil no início do processo criativo do artefato e a segunda parte servirá para a geração propriamente dita das alternativas e priorização dos projetos mais interessantes

A problemática será de classificação para ambas as fases, serão alocadas as alternativas em classes pré-definidas que tem como objetivo separar os itens em classes que irão mostrar o quão essencial esse item é. Muitas vezes o designer não quer que o método faça a decisão por ele, mas, se houvesse um método para reduzir as opções racionalmente, seria bastante útil. Portanto, o objetivo da escolha desse tipo de problemática é de reduzir o espaço ações de forma ordenada e consciente para o decisor, que, após a classificação, poderá fazer suas decisões com base em outros critérios, fatores externos e experiência, com mais segurança e tendo em mãos as melhores alternativas possíveis obtidas através do método FTOPSIS-Class.

No final desses procedimentos, o designer terá os seus conceitos classificados e assim saberá quais se encontram nas classes mais essenciais para poder priorizá-los no processo criativo.

3.1 Fase I

Na primeira fase do framework proposto, a Fase I, se realiza o processo de geração e classificação de conceitos do produto, que se dá no começo de qualquer processo criativo de um DNP. O modelo é descrito de acordo com os procedimentos descritos a seguir.

1. *Gerar os conceitos*

O primeiro passo é gerar os conceitos relacionados ao produto. Os projetistas de engenharia precisam de métodos eficazes e eficientes para geração de ideias [Linsey e Becker 2010]. Diversas técnicas podem ser utilizadas para obter conceitos para o produto, por exemplo o brainwriting, uma técnica criativa que provê uma forma eficaz e simples para coletar ideias inovadoras. Assim os conceitos iniciais acerca do produto serão levantados pelo especialista.

2. *Selecionar os conceitos mais relevantes*

O processo de brainwriting tem a característica de não limitar que tipos de palavras serão listadas, pois a ideia é justamente tentar escrever tudo o que vem à mente quando o especialista pensa no produto. Isso pode trazer conceitos que são muito fora do contexto ou distantes de uma realidade do produto e de produção. Nesse passo, deve-se remover as palavras acima descritas com cuidado para não excluir nada minimamente útil.

3. *Estabelecer os critérios*

Com os conceitos mais factíveis selecionados, deve-se formar os critérios que serão usados para fazer a avaliação dos conceitos. Os critérios irão ponderar as alternativas, logo, o especialista deve ter bem claro uma boa descrição deles e saber como avaliar ou medir. Neste ponto vale a experiência e conhecimento do decisor para escolher quais critérios abordarão melhor o tipo de produto. Uma família coerente de critérios deve ser estabelecida, e para tal deve atender a três propriedades: não redundância, exaustividade (dos objetivos do problema) e consistência (das preferências do decisor em relação a cada critério) [Roy 1996].

No fim, se deve decidir os pesos referentes aos critérios para ponderar o nível de importância de cada um deles.

4. *Escolher a escala*

As escalas serão utilizadas para pontuar os conceitos de acordo com os critérios, podendo assim ponderar as alternativas e observar quais delas são mais requeridas. Quando se

trata da criação de produtos, os designers lidam com muitas características qualitativas e é difícil, ou até impossível, mensurar os critérios senão por uma escala verbal.

Características como o número de pontos na escala, o total de pontos serem pares ou ímpares, necessidade de cognição, conhecimento do tema, quantidade de questões são exemplos de fatores que podem interferir nos resultados, causando escalas mais ou menos confiáveis dependendo da situação. Por esse motivo, devem ser escolhidas com a devida atenção.

5. *Fazer uma matriz de decisão*

Deve-se construir uma matriz de decisão que lista todos os conceitos e os critérios de avaliação para que assim possa ser utilizado o método multicritério que fará a classificação das opções. Essa avaliação deverá ser feita no formato matricial, onde cada alternativa será avaliada nos critérios de acordo com as escalas.

6. *Definir as classes*

Para a utilização do método, mais um ponto deve ser estabelecido. Devem ser definidas as classes às quais as alternativas serão alocadas. A quantidade de classes depende do nível de especificação requerida pelo decisor, pois quanto mais classes, mais específicas e com menos itens serão elas.

7. *Aplicar o FTOPSIS-class*

Finalmente, para classificar e enfim priorizar os conceitos, deve-se aplicar o FTOPSIS-Class.

3.2 Fase II

Na segunda proposta desta pesquisa, a Fase II, ocorre a geração das alternativas do produto e a priorização das melhores opções. O procedimento é explicado a seguir:

1. *Registrar os itens e suas possibilidades*

Todo e qualquer produto pode ser subdividido em relação às suas características de projeto, que serão aqui chamadas e itens. Cada tipo de item deve ser alocado a uma categoria de acordo com sua natureza. Podem ser classificados como itens os subcomponentes do produto, seus materiais, texturas, cores, potências, entre outros. Para servir de exemplo, considerar um carro, no qual seus itens poderiam ser as calotas, cores, a quantidade de portas e o câmbio.

2. *Estabelecer os critérios*

Do mesmo modo que foi feito na Fase I, os critérios devem ser escolhidos de acordo com os objetivos do produto e com a experiência do especialista.

3. *Escolher a escala*

Do mesmo modo que foi feito na Fase I, a escala deve ser escolhida para avaliar agora as alternativas do produto.

4. *Gerar as alternativas*

Nessa fase deverá ser feita uma explosão de todas as possíveis combinações dos itens do produto desejado e assim gerar o maior número de alternativas possíveis. O objetivo dessa fase é que todas as opções possam ser avaliadas e nenhuma seja desconsiderada sem uma análise prévia.

5. *Fazer uma matriz de decisão*

Do mesmo modo que foi feito na Fase I, uma matriz de decisão deve ser feita e preenchida para avaliar as alternativas. Porém, se na fase anterior tiverem sido geradas muitas alternativas a ponto de deixar o processo de avaliação na matriz de decisão muito cansativo ou impossível de preencher, deve-se seguir o procedimento a seguir. Em vez de avaliar as alternativas em si, se preenche a matriz com todos os itens e avalia-os individualmente. Em seguida, para trazer essa avaliação para as alternativas, deve ser gerada uma função vetor que seja composta de todas as funções valor dos itens presentes na alternativa em questão.

Na equação 9 é possível visualizar um exemplo dessa função, onde V(ai) é a função da alternativa i, vi(ai) a função relativa aos itens compostos pela alternativa i e n é a quantidade e itens presentes no produto.

$$V(a_i) = f[v_1(a_i), v_2(a_i), \dots, v_n(a_i)]$$

6. *Definir as classes*

Do mesmo modo que foi feito na Fase I, as classes devem ser definidas para futura alocação das alternativas.

7. *Aplicar o FTOPSIS-Class*

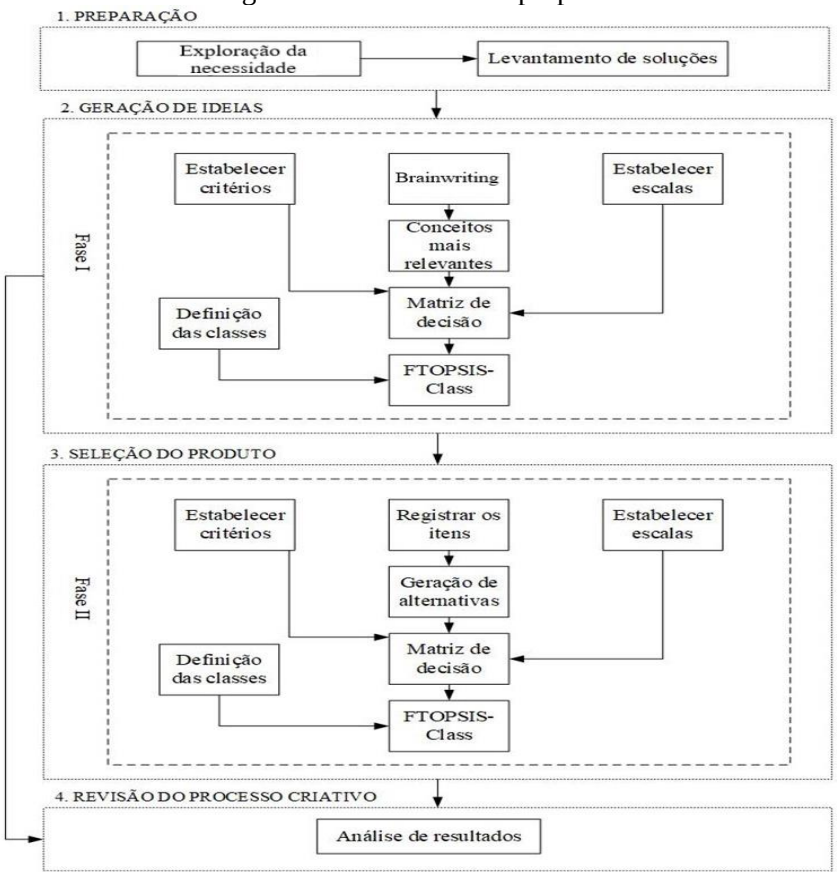
Do mesmo modo que foi feito na Fase I, será aplicado o FTOPSIS-Class para classificar os projetos mais interessantes.

3.3 Framework proposto

De modo geral, pode-se visualizar todos os procedimentos das Fases I e II de forma compacta e organizada pelo framework demonstrado na figura abaixo, que resume o modelo proposto, incluindo no processo integrado de design para NPD o método multicritério. Observa-se que ambas as fases têm uma organização parecida, tendo apenas poucas diferenças, que são relacionadas às características intrínsecas de cada fase. As fases podem ser realizadas em sequência ou separadamente, dependendo do interesse do designer.

Dessa forma, os designers empenhados em desenvolver novos produtos podem utilizar o modelo proposto para priorizar os conceitos mais interessantes ao projeto em questão e também para diminuir a quantidade de possíveis produtos para uma futura seleção de um ou mais itens, com um processo ordenado e utilizando as preferências pessoais do decisor, que estão inseridas dentro do framework proposto.

Figura 2 - Framework da proposta



4. Estudo de caso

A aplicação do framework desse trabalho se deu com um projeto de design de facas táticas que foi idealizada e realizada no Centro de Artes e Comunicação na Universidade Federal

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

de Pernambuco. A aplicação desta pesquisa tem um caráter de análise e comparação, pois será observada a diferença nos produtos finais quando utilizado o MCDM.

Objetivo é a geração de novos modelos de armas brancas para uso tático com uma maior qualidade e segurança para seus usuários. Como existem vários tipos de usabilidade para facas, foi idealizado um kit com 4 tipos de facas para sobrevivência e combate, cada uma com uma utilidade principal: laceração, seleção, fatiamento e raspagem, combate e estropia.

O desenvolvimento virá a partir de informações geradas por [Kenneth 2016] sobre formas, cores, materiais e percepções de tais produtos enquanto armas e ferramentas de auxílio à sobrevivência em ambientes hostis. Antes de seguir com o estudo de caso é importante mostrar um resumo de como o especialista chegou aos modelos finais de seu kit de facas. No seguinte trecho o especialista comenta brevemente os procedimentos utilizados para chegar os resultados.

"Após escolhidas as principais ideias, por meio do braiwriting foi iniciada então uma fase de projeto visual dos produtos através de rascunhos e desenhos simples, até que se chegasse a uma forma significativa que pudesse ser trabalhada - modelada e calculada – para se tornar um artefato real, sendo que os cabos das facas foram o artefato principal deste desenvolvimento, já que as lâminas não foram criadas necessariamente, mas escolhidas dentre os diversos perfis e tipos de moagem existentes e as pegas só foram projetadas depois que os cabos já estavam prontos" [Kenneth 2016].

Portanto, observa-se que a forma a qual as facas do trabalho dele foram desenvolvidas não teve um rigor metodológico ou um método que o auxiliasse em certas escolhas. Portanto, a aplicação desse modelo pode ser útil para apoiar certas decisões que podem ter sido tomadas sem um grau de certeza, trazendo uma classe com as melhores alternativas e com isso o decisor poder fazer análises dos resultados considerando fatores externos aos critérios utilizados no método.

A seguir observa-se, de forma resumida, a aplicação da Fase I.

1. *Gerar os conceitos:* a partir do brainwriting feito pelo especialista surgiram 189 termos
2. *Selecionar os conceitos mais relevantes:* alguns dos conceitos iniciais foram descartados por estarem fora de contexto ou longe de uma aplicabilidade real como materiais de cristal ou ouro. Os conceitos foram reduzidos a 66.
3. *Gerar os critérios:* Os critérios que melhor avaliariam as alternativas seriam usabilidade, mecânica, estética e ergonomia e os pesos dos critérios foram colocados numa escala de cinco pontos de não importante a extremamente importante.
4. *Escolher a escala:* A escala verbal que foi aplicada aos critérios de cada conceito teve os seguintes termos: não indicado, irrelevante, pouco adequado, adequado e muito adequado.
5. *Fazer uma matriz de decisão:* A matriz de decisão da primeira fase foi construída de modo que cada conceito fosse avaliado em relação a todos os critérios de acordo com a escala definida.
6. *Definição das classes:* As classes foram escolhidas para a futura alocação dos conceitos em seus devidos grupos. São elas: inferior, mediana, boa e excelente.
7. *Aplicar o FTOPSIS-Class:* Os dados obtidos foram aplicados no FTOPSIS-Class, gerando os resultados que classificaram todos os 66 conceitos.

Os resultados do processo anterior aglomeraram os conceitos em quatro classes de acordo com seus coeficientes de proximidade calculados pelo método. Cada conceito recebeu um coeficiente para cada uma das classes, aquela que tinha o maior valor, definia a classe ao qual o conceito seria agrupado.

Com os dados assim organizados, o designer pode agora priorizar os conceitos de uma forma mais racional, podendo, por exemplo, desconsiderar aqueles alocados na classe inferior e focar principalmente naqueles indicados nas melhores classes. Esse resultado proporciona ao especialista uma forma mais organizada e segura de trabalhar e fazer suas decisões.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Agora, novamente resumido, a aplicação da Fase II.

1. *Registrar os itens e suas possibilidades:* todos os itens da faca foram retirados do texto de Kenneth (2016), entre elas os tipos de: perfil da lâmina, moagem da lâmina, pega da faca, material da faca e textura, compondo 56 opções.
2. *Estabelecer os critérios:* os mesmos critérios usados na Fase I.
3. *Escala verbal:* a mesma escala verbal usada na Fase I.
4. *Geração das alternativas:* Foi feita uma explosão das decisões para cada item da faca desejada. São 126 combinações diferentes só relacionado aos tipos de lâmina (perfis e moagem). Adicionando os tipos de pega, os materiais da lâmina, do cabo e texturas passa para 321.300 combinações diferentes. Todas as possibilidades foram consideradas e listadas.
5. *Fazer uma matriz de decisão:* Como o estudo de caso trata de muitas alternativas, os itens foram avaliados na matriz de decisão no lugar das alternativas. Foram geradas 56 funções valor para todos os itens e a função vetor (resultante) para cada um dos 321.300 modelos de faca. A função vetor das alternativas foi uma média entre os números fuzzy dos componentes da faca em relação a cada um dos quatro critérios. A matriz de decisão dessa fase segue o mesmo padrão da fase I, porém muito maior. Foram preenchidas quatro matrizes diferentes para cada um dos quatro tipos de facas
6. *Definição das classes:* As mesmas classes usadas na fase I.
7. *Aplicar o FTOPSIS-Class:* Os dados obtidos foram aplicados no FTOPSIS-Class, gerando os resultados que classificaram todos as 321.300 alternativas de produto.

Na aplicação do FTOPSIS-Class na Fase II, de forma semelhante, os resultados são repassados para o decisor, que receberá as informações de quais alternativas de facas se encontram em cada classe. Ao se observar as características das facas encontradas na melhor classe, é interessante destrinchar todas as alternativas e avaliar os padrões das facas presentes neste grupo, já que quantidade de possibilidade, mesmo na classe mais rigorosa, retorna muitos itens (por exemplo, para a faca 1, a classe excelente retornou 984 alternativas, o que inviabiliza uma avaliação do decisor para cada uma das facas).

Dessa forma, é possível reduzir o espaço de ações do decisor de uma forma controlada e mantendo apenas as melhores opções (encontradas na melhor classe) para que ele tire suas próprias conclusões de acordo com sua experiência e fatores externos. Portanto, com os resultados providos pelo framework proposto, o decisor tem em mãos informações sobre as variações dos possíveis itens para o produto final, sabendo que os padrões encontrados na Classe 4 são as melhores opções e assim podendo fazer suas escolhas de forma mais segura e confortável.

Conhecendo agora os padrões encontrados nas facas de Classe 4 é possível fazer comparações desses perfis com as facas finais produzidas por [Kenneth 2016] através dos procedimentos tradicionais do Design. Os modelos das quatro facas desenvolvidas por ele seguiram as seguintes especificações mostradas na Tabela 1 e os resultados obtidos pela aplicação da proposta deste trabalho na Tabela 2.

Tabela 1 - Características dos tipos de faca desenvolvidos por Kenneth

Facas	**Perfil da lâmina**	**Moagem da lâmina**
Faca tipo 1	Simples	Cinzelada
Faca tipo 2	Bico de falcão	Escavada
Faca tipo 3	Ponta de lança	Cinzelada
Faca tipo 4	Kukri	Cinzelada

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Tabela 2 – Características dos tipos de faca desta metodologia

Facas	**Perfis da lâmina**	**Moagens da lâmina**	**Pega do cabo**	**Material da lâmina**	**Material do cabo**	**Textura**
Faca tipo 1	lâmina comum, ponta de lança, ponto de arrasto, ponto de clipe, tanto	assimétrica, assimétrica chata, chata, cinzelada, convexa	pega de força	aço, carbono, compósito, liga, metal, titânio	aço, aramida, carbono, compósito, liga, metal, polímero, titânio	áspero, jateado, escovado, texturizado
Faca tipo 2	bico de falcão, lâmina folha, ponto de arrasto, ponto de clipe, ponto de queda, tanto	assimétrica chata, composta, escavada	pega de força, palma e dedo			
Faca tipo 3	kris, lâmina comum, ponta de lança, ponto de arrasto, ponto de clipe, ponto de queda, ponto de velocidade, tanto	cinzelada, convexa	pega de força			
Faca tipo 4	kris, lâmina comum, lâmina ulu, ponta de lança, ponto de arrasto, ponto de queda, tanto	cinzelada, convexa	pega de força			

Fazendo uma comparação entre as Tabelas 1 e 2, verifica-se que as facas 1, 2 e 3 de Kenneth entram totalmente nos padrões das respectivas facas deste trabalho e apenas a faca 4 saiu do previsto na aplicação do modelo pois tem um tipo de lâmina que não estava descrito no texto da pesquisa dele, logo, não foi considerado como opção, porém a moagem também está de acordo.

A lâmina Kukri é um facão genérico Nepalês que tem um formato um pouco curvado e não estava na fonte utilizada para comentar os diversos perfis de faca, ela foi escolhida por conhecimento do assunto do decisor apenas por ser um modelo de faca boa para a estropia. Segundo o decisor, a escolha pela Kruki foi bastante genérica, pois para estropiar com qualidade precisa considerar o tamanho além do perfil. Logo, outros tipos de facas, como as que estão presentes nos padrões da faca 4 também seriam interessantes para o objetivo que ela deseja atingir.

Conclui-se, por meio da aplicação, que o framework proposto se mostrou eficaz, dando ao designer uma ferramenta confiável, demonstrada na comparação entre os resultados obtidos pelo modelo tratado aqui com o método utilizado previamente por [Kenneth 2016], além de utilizar uma ferramenta metódica, que auxilia o processo criativo mantendo uma robustez que dificulta a eliminação precoce de opções que podem ser interessantes e não permitindo que o decisor se perca entre suas possibilidades.

4. Conclusões

A área do Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP) vem crescendo cada dia mais e sendo considerada cada vez mais importante pelas empresas que enxergam seu potencial de alavancagem competitiva. O processo criativo de criação de novos produtos é difícil e pode exigir muito de seus designers. Os Métodos Multicritério de Apoio à Decisão (MCDM) são uma ferramenta extra que podem auxiliar no processo de design de novos artefatos.

Um modelo de decisão foi construído para auxiliar os decisores em duas fases distintas do processo de desenvolvimento do produto: a geração e classificação dos conceitos iniciais do produto e das alternativas finais do produto. A problemática de classificação foi escolhida com o intuito de diminuir o espaço de ações do decisor de forma ordenada e racional, sem a intenção de

fazer a escolha por ele, pois as decisões finais devem ser tomadas com cuidado e ponderando diversos fatores externos aos considerados no método e modelo. Foi utilizado o FTOPSIS-Class atingir tais objetivos.

O modelo se mostrou, através do estudo de caso, coerente e relevante, uma ferramenta útil nas mãos de um designer, que poderá considerar diversas características e itens ao mesmo tempo sem ter medo de esquecer ou ignorar alguma alternativa eu poderia se tornar interessante. Assim, o decisor pode ter um instrumento a mais para poder fazer suas decisões e melhorar o resultado final de seus produtos.

Com a aplicação do modelo o decisor teve a possibilidade de poder analisar as classes, estudando as características e alternativas que foram classificadas em melhor categoria. Assim, o designer poderia ter um apoio melhor na definição de certas escolhas e poder focar mais seu lado criativo no detalhamento técnico do produto.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente apoiado pela Capes e pelo CNPq.

Referências

Ayag, Z. (2016) An integrated approach to concept evaluation in a new product development. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v. 27, n. 5,991–1005.

Baxter, M. (2000) Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos. 2 ed. Editora Blucher, São Paulo.

Biju, P. L.; Shalij, P. R.; Prabhushankar, G. V. (2017) An evaluation tool for sustainable new product development using analytic hierarchy process approach. *International Journal Of Innovation And Sustainable Development*, v. 11, n. 4, 393–413.

De Almeida, A.T., Cavalcante, C.A.V., Alencar, M.H., Ferreira, R.J.P., De Almeida-Filho, A.T., Garcez, T. V. (2015) Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis. Springer, New York.

De Farias Aires, Renan Felito; Ferreira, Luciano. (2019) A new approach to avoid rank reversal cases in the TOPSIS method. *Computers & Industrial Engineering*, v. 132, 84-97.

De Lima Silva, Diogo Ferreira; De Almeida-Filho, Adiel Teixeira. (2020) Sorting with TOPSIS through boundary and characteristic profiles. *Computers & Industrial Engineering*, v. 141, p. 106328.

De Lima Silva, Diogo Ferreira; Ferreira, Luciano; De Almeida-Filho, Adiel Teixeira. (2020) A new preference disaggregation TOPSIS approach applied to sort corporate bonds based on financial statements and expert's assessment. *Expert Systems With Applications*, v. 152, p. 113369.

Feng, Y.-X. et al. (2013) Equilibrium Design Based on Design Thinking Solving: An Integrated Multicriteria Decision-Making Methodology. *Advances In Mechanical Engineering*.

Ferreira, L., Borenstein, D., Righi, M.B., De Almeida-Filho, A. (2018) A fuzzy hybrid integrated framework for portfolio optimization in private banking. *Expert Systems With Applications*.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Fixson, S. K. (2005) Product architecture assessment: a tool to link product, process and supply chain design decisions. *Journal Of Operations Management*, 45–369.

Hwang, C.-L.; Yoon, K. (1981) Multiple attribute decision making—Methods and application. A state of the art survey. Springer, Verlag.

Keeney, R. L.; Raiffa, H. (1993) Decisions with Multiple Objectives - Preferences and Value Tradeoffs. Cambridge University Press.

Kenneth, W. (2016) Ergonomia & Usabilidade: Estudo De Modelos De Facas Táticas E Proposição De Novas Configurações Para Adequação Ao Uso Militar E Desportivo Em Ambientes Hostis. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Lee, A. H. I. et al. (2017) A novel fuzzy quality function deployment framework. *Quality Technology and Quantitative Management*, v. 14, n. 1, 44–73.

Lin, H.-H.; Hsiao, S.-W. (2018) A Study of the Evaluation of Products by Industrial Design Students. *Eurasia Journal Of Mathematics Science And Technology Education*, v. 14, n. 1, 239–254.

Linsey, J. S.; Becker, B. (2010) Effectiveness of Brainwriting Techniques: Comparing Nominal Groups to Real Teams. *Design Creativity*, 165–171.

Ma, J.; Kremer, G. E. O.; Ray, C. D. (2018) A comprehensive end-of-life strategy decision making approach to handle uncertainty in the product design stage. *Research In Engineering Design*, v. 29, n. 3, 469–487.

Martin, B.; Hanington, B. (2012) Universal Methods of Design. Rockport Publishers.

Renzi, C.; Leali, F. (2016) A Multicriteria Decision-Making Application to the Conceptual Design of Mechanical Components. *Journal Of Multi-Criteria Decision Analysis*, v. 23, n. 3–4, 87–111.

Roy, B. (1996) Multicriteria methodology for decision aiding. Kluwer Academic Publishers.

Shidpour, H.; Da Cunha, C.; Bernard, A. (2016) Group multi-criteria design concept evaluation using combined rough set theory and fuzzy set theory. *Expert Systems With Application*, v. 64, 633–644.

Younesi, M.; Roghanian, E. (2015) A framework for sustainable product design: a hybrid fuzzy approach based on Quality Function Deployment for Environment. *Journal Of Cleaner Production*, v. 108, n. A, 385–394.

Zhu, G.-N. et al. (2015) An integrated AHP and VIKOR for design concept evaluation based on rough number. *Advanced Engineering Informatics*, v. 29, n. 3, 408–418.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings