



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CLARA GABRIELA PESSOA DA CUNHA

**APOIO A DECISÃO NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS: modelo  
baseado no método FTOPSIS-Class para priorização dos conceitos iniciais e alternativas  
de projetos**

Recife

2019

CLARA GABRIELA PESSOA DA CUNHA

**APOIO A DECISÃO NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS: modelo baseado no método FTOPSIS-Class para priorização dos conceitos iniciais e alternativas de projetos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

**Área de concentração:** Gerência de Produção.

**Orientador:** Prof<sup>o</sup>. Dr. Adiel Teixeira de Almeida Filho.

Recife

2019

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

C972a Cunha, Clara Gabriela Pessoa da.

Apoio a decisão no desenvolvimento de novos produtos: modelo baseado no método FTOPSIS-Class para priorização dos conceitos iniciais e alternativas de projetos / Clara Gabriela Pessoa da Cunha. - 2019.

92 folhas, il., tab., abr. e sigl.

Orientador: Prof. Dr. Adiel Teixeira de Almeida Filho.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção. 2. Desenvolvimento de novos produtos. 3. Apoio multicritério a decisão. 4. Design de produtos. 5. FTOPSIS-Class.  
6. Revisão sistemática da literatura. I. Almeida Filho, Adiel Teixeira de (Orientador).  
II. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.)

BCTG/2020-91

CLARA GABRIELA PESSOA DA CUNHA

**APOIO A DECISÃO NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS:  
MODELO BASEADO NO MÉTODO FTOPSIS-CLASS PARA PRIORIZAÇÃO DOS  
CONCEITOS INICIAIS E ALTERNATIVAS DE PROJETOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 22/11/2019.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Adiel Teixeira de Almeida Filho (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Denise Dumke de Medeiros (Examinadora Interna)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Luciano Ferreira (Examinador Externo)  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a minha família, que me deu todo suporte para que eu atingisse meus objetivos. Aos meus pais, que sempre incentivaram e acompanharam meus estudos, ao meu irmão, que sempre torceu pelo meu sucesso, ao meu marido, pela compreensão e companheirismo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Universidade Federal de Pernambuco, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, pela oportunidade de conhecer uma nova área.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa que permitiu o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador, Adiel Teixeira de Almeida Filho, pelo suporte, compreensão e auxílio durante todo o meu percurso, me introduzindo no mundo acadêmico, sempre com muita paciência.

Ao professor Walter Correia, pela disponibilidade quanto aos dados do projeto de facas tácticas, que possibilitou a aplicação deste trabalho.

Aos meus colegas de curso, pela parceria nos estudos, convivência e amizade.

Aos amigos mais antigos, pela compreensão nos momentos de ausência.

À toda minha família, pela torcida e orações pelo meu sucesso.

Aos meus pais e meu irmão, que me viram passar por todas as fases desse percurso e me apoiaram incondicionalmente.

Ao meu marido, que me deu forças em momentos de fraqueza e sempre me apoiou.

E, acima de tudo, à Deus, que permitiu e abençoou todo o conhecimento adquirido neste curso.

## RESUMO

O Design e Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP) é um campo estratégico e importante, podendo ser extremamente rentável ou dispendioso, dependendo de como a organização gerencia os processos e decisões para o DNP. A complexidade das decisões em DNP surge devido aos riscos, incertezas e em muitos casos a ausência de dados, o que requer um tratamento adequado de aspectos qualitativos e quantitativos. A partir deste contexto, neste trabalho buscou-se estruturar uma integração entre as técnicas utilizadas no processo de criação e design para DNP e ferramentas de Apoio Multicritério a Decisão, conhecido internacionalmente pela abreviação de MCDM. Para qualificar a pesquisa desenvolvida em termos do estado-da-arte, esta dissertação apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre o uso de MCDM para decisões no DNP, que busca responder a um conjunto de questões relevantes para relatar a atual situação do tema no espaço científico, incluindo diversas características como uma análise das fases do design ao qual os artigos foram aplicados, os tipos de produtos que foram trabalhados, os métodos utilizados nas decisões, a problemática e critérios de decisão, entre outros. Com a base nos resultados encontrados na RSL, foi desenvolvido e proposto um modelo de decisão que pode ser utilizado para o DNP, auxiliando as etapas do processo criativo. A abordagem proposta considerou o método FTOPSIS-Class para classificar as alternativas, alocando-as em categorias de opções conforme a prioridade. A problemática de classificação foi escolhida como uma forma de preservar a flexibilidade e imprecisão inerente ao processo de design, evitando escolhas precoces, no intuito de não fazer a antecipação da escolha, e sim, permitir a formalização e a racionalização de uma série de aspectos para que assim, numa etapa posterior a escolha possa ser realizada considerando fatores adicionais (quando aplicável) e possivelmente outras visões (comercial, consumidor, operacional, etc). Para ilustrar a aplicabilidade e reproducibilidade da proposta realizada neste trabalho, foi estruturado um estudo de caso no qual foi aplicado o modelo proposto no desenvolvimento e criação de um kit de facas táticas, utilizadas para sobrevivência e combate. Os resultados da aplicação puderam demonstrar a coerência e relevância do framework proposto, que pode ser utilizado como uma ferramenta útil e robusta que para auxiliar profissionais que atuam no DNP nos mais variados setores industriais, reduzindo o tempo de desenvolvimento e design de um produto e, conseqüentemente, seu custo associado.

Palavras-chave: Desenvolvimento de novos produtos. Apoio multicritério a decisão. Design de produtos. FTOPSIS-Class. Revisão sistemática da literatura.

## ABSTRACT

The New Product Development (NPD) is a strategic and important field for companies struggling in today's competitive marketplace, which can be extremely cost-effective or expensive, depending on how the organization handles these processes. It is an area that involves risks, uncertainties and qualitative and quantitative aspects, making the activity very complex. Multi-Criteria Decision Making models and methods (MCDM) are used to support decision-makers in problems that have more than one objective, which are usually conflicting with each other and do not have the same metric. This paper presents an innovative Systematic Review of Literature (RSL) on the state of the art and involves the use of MCDM for decisions in DNP, which seeks to answer a set of relevant questions to report the current situation of the theme in scientific space, including several characteristics as an analysis of the design phases to which the articles were applied, the types of products that were worked, the methods used in the decisions, the problem and decision criteria, etc. With the basis and support of the SLR, a decision model that can be used by designers as a tool to assist and provide support during the creative process, using the FTOPSISIS-Class multicriteria method to classify the alternatives into groups, allocating them into higher-performing option categories, for example. The problematic of classification was chosen with the intention of not making the choice for the decision maker but giving to him a series of information so he can make his own decisions, considering external factors and his professional experience. A case study was carried out where the proposed model was applied in the development and creation of a kit of tactical knives, used for survival and combat. 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:** Multicriteria decision. Development of new products. Systematic review of literature. Product design. FTOPSISIS-Class.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Funil de decisões .....	14
Figura 2 –	Processo de filtragem da RSL .....	28
Figura 3 –	Aplicação da filtragem da RSL .....	29
Figura 4 –	Número de publicações por ano .....	30
Figura 5 –	Acumulado de publicações .....	31
Figura 6 –	Colaboração mundial .....	31
Figura 7 –	Número de citações por ano .....	32
Figura 8 –	Histórico de rede de citações diretas .....	33
Figura 9 –	Número de artigos por área de pesquisa .....	33
Figura 10 –	Presença dos periódicos que mais publicaram ao longo dos anos..	36
Figura 11 –	Porcentagem de artigos por método MCDM .....	37
Figura 12 –	Porcentagem de artigos por fase do design .....	37
Figura 13 –	Relação entre principais MCDM e respectivas fases do design ....	38
Figura 14 –	Porcentagem das problemáticas MCDM utilizadas .....	39
Figura 15 –	Tipos de produtos por artigo .....	39
Figura 16 –	Critérios utilizados por artigo .....	41
Figura 17 –	Tipos de produtos por critério .....	42
Figura 18 –	Rotina do FTOPSIS-Class .....	46
Figura 19 –	Framework do modelo proposto .....	52
Figura 20 –	Itens da faca tática e suas possibilidades .....	60
Figura 21 –	Quantidade de conceitos alocados a cada classe .....	65
Figura 22 –	Proporção do material da lâmina, do cabo e textura encontrados na Classe 4 .....	68
Figura 23 –	Proporção dos itens da Faca 1 na Classe 4 .....	69
Figura 24 –	Proporção dos itens da Faca 2 na Classe 4 .....	70
Figura 25 –	Proporção dos itens da Faca 3 na Classe 4 .....	71
Figura 26 –	Proporção dos itens da Faca 4 na Classe 4 .....	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Lista e descrição das Questões de Pesquisa .....	26
Tabela 2 –	Conjunto de palavras-chave .....	27
Tabela 3 –	Artigos por área de pesquisa .....	34
Tabela 4 –	Lista de periódicos .....	35
Tabela 5 –	Número e porcentagem de periódicos pelo número de artigos publicados .....	35
Tabela 6 –	Respostas das questões de pesquisa .....	43
Tabela 7 –	Conceitos gerados por <i>brainwriting</i> .....	54
Tabela 8 –	Conceitos relevantes .....	55
Tabela 9 –	Pesos .....	56
Tabela 10 –	Escalas .....	57
Tabela 11 –	Matriz de decisão da Fase I .....	57
Tabela 12 –	Classes .....	59
Tabela 13 –	Coefficientes de proximidade dos Conceitos (Fase I) .....	63
Tabela 14 –	Características dos tipos de facas com aplicação do framework.....	73
Tabela 15 –	Características dos tipos de faca desenvolvidos por Kenneth .....	74
Tabela 16 –	Comparação das melhores Classes da Fase I e II .....	75

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DNP	Desenvolvimento de Novos Produtos
MCDM	Método de Decisão Multicritério
QP	Questões de Pesquisa
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
TOPSIS	<i>The Technique of Order of Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
WoS	<i>Web of Science</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA .....	13
1.2	JUSTIFICATIVA .....	15
1.3	OBJETIVOS.....	17
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivos gerais .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>17</b>
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	17
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>19</b>
2.1	DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS .....	19
2.2	MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE APOIO A DECISÃO .....	21
2.3	FUZZY-TOPSIS .....	23
2.4	NÚMEROS FUZZY .....	24
<b>3</b>	<b>REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA .....</b>	<b>26</b>
3.1	DEFINIÇÃO DAS QUESTÕES RELEVANTES PARA A PESQUISA .....	26
3.2	COLETA E SELEÇÃO DOS ARTIGOS .....	27
3.3	PROCESSO DE FILTRAGEM .....	28
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA .....	29
<b>4</b>	<b>ABORDAGEM PROPOSTA .....</b>	<b>44</b>
4.1	FASE I .....	47
4.2	FASE II .....	49
4.3	FRAMEWORK DO MODELO PROPOSTO .....	50
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO DA PROPOSTA .....</b>	<b>53</b>
5.1	FASE I .....	54
5.2	FASE II .....	59
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES DA APLICAÇÃO .....</b>	<b>63</b>
6.1	FASE I .....	63
6.2	FASE II .....	66
6.3	COMPARAÇÃO: PROPOSTA E PROCEDIMENTO DE DESIGN DE PRODUTO .....	74
6.4	INTERLIGAÇÃO ENTRE AS FASES I E II .....	75
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>78</b>

7.1	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....	79
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>81</b>
	<b>APÊNDICE A – COLETÂNEA DOS ARTIGOS FINAIS DA RSL .....</b>	<b>88</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação tem como tema de pesquisa o apoio a decisão no desenvolvimento de novos produtos: modelo baseado no método FTOPSIS-Class para priorização dos conceitos iniciais e alternativas de projetos. Este capítulo introduz informações úteis para o entendimento ao longo do texto.

## 1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

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). Esse procedimento vem desde a identificação de oportunidades de mercado até a finalização do objeto, e é uma sequência de atividades tipicamente necessárias que seguem um certo padrão.

Segundo Shidpour, Da Cunha e Bernard (2016) e Ayag (2016) as principais atividades envolvidas no processo de NPD são: identificação das necessidades do cliente, definição de especificações de objetivos, geração, avaliação e seleção de conceito, testes, definição de especificações finais, planejamento de projeto, análise econômica, *benchmarking* de produtos concorrentes e prototipagem. O sucesso de novos produtos depende, em grande parte, do desempenho da equipe de desenvolvimento de produtos ao lidar com essas etapas (SHIDPOUR *et al.*, 2016).

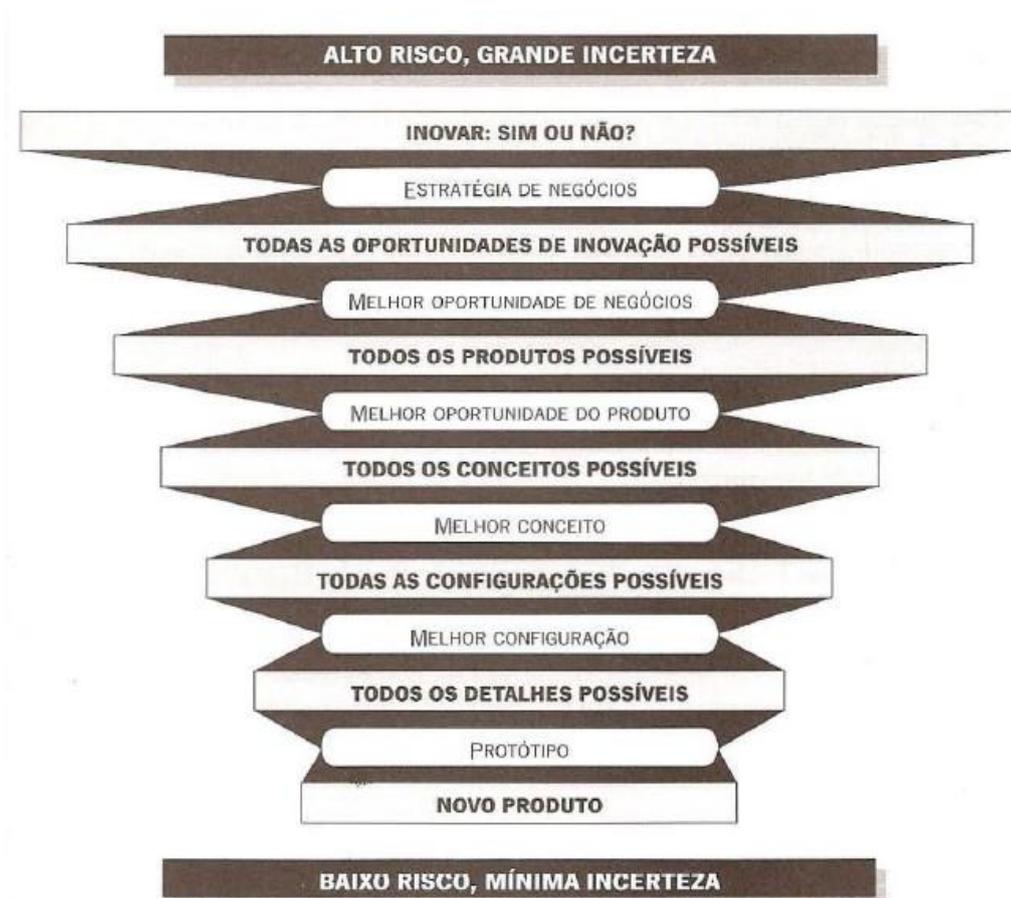
Em um ambiente altamente competitivo, muitas empresas têm focado no processo de desenvolvimento de produtos para atender as crescentes necessidades dos clientes, que estão cada vez mais exigentes, requisitando produtos com maior qualidade, preço mais baixo, menor tempo de entrega e maior satisfação pessoal. Segundo Shidpour *et al.* (2016) um bom processo de design deve garantir tanto o cumprimento de necessidades do cliente como os objetivos de negócio, pois não basta atingir os requisitos dos clientes, o produto deve ser rentável e possível de ser produzido e vendido.

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.

O DNP envolve incertezas e riscos, principalmente em suas fases iniciais. Os riscos envolvidos podem ser os mais diversos, como manter uma estratégia errada e a empresa não estar preparada técnica, comercial e gerencialmente para desenvolver novos produtos, não ter o retorno do investimento esperado, desenvolver o produto errado, com um conceito e configurações que não sejam interessantes o suficiente para serem bem absorvidas pelo mercado ou até mesmo problemas para fabricar este produto.

Uma forma de visualizar as variações do risco e incerteza, ao longo do processo de desenvolvimento de um novo produto é através de um funil de decisões, mostrado na Figura 1. Em essência, é um processo de tomada de decisões, em que as formas retangulares representam as alternativas possíveis, e as arredondadas as decisões durante a seleção de alternativas (BAXTER, 2000).

Figura 1 – Funil de decisões



Fonte: Baxter (2000, p.09)

Para garantir o sucesso do desenvolvimento do produto, deve-se levar em conta fatores e restrições o mais cedo e tomar decisões mais precisas possíveis. 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).

Um desenvolvimento de novos produtos bem-sucedido é uma importante fonte de vantagem competitiva para as empresas sobreviverem e terem sucesso no concorrido mercado atual, podendo desenvolver produtos diferenciados que retornarão como lucro e ganho na imagem para a empresa. 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).

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O design de 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; KREMER; RAY, 2018).

Diversos 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 influencia 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.

Pode-se considerar um design de novo produto como seleções de alternativas para diferentes partes de um sistema total. Segundo Levin (2015), se seleciona uma alternativa para cada parte do sistema/produto, levando em consideração alguns objetivos, preferências e restrições.

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.

Nesse contexto, este estudo busca criar um modelo multicritério e aplicar um método multicritério de apoio à decisão no processo de desenvolvimento de novos produtos, considerando critérios quantitativos e qualitativos e lidando com a incerteza e imprecisão no problema.

A problemática de classificação será utilizada, com o intuito de não fazer o método trazer o melhor protótipo, mas, separar as opções em classes, onde o decisor poderá encontrar os melhores produtos em uma classe específica. Muitas vezes, não é possível ou é difícil mensurar alguns critérios, ou inserir a experiência profissional do decisor dentro do método, logo, a ideia de não finalizar a decisão e sim priorizar as alternativas se torna um fator interessante.

Portanto, este estudo busca 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 eficiência e eficácia desse processo, causando menos cansaço mental no decisor por conta de procedimentos muito longos.

### 1.3 OBJETIVOS

Esta pesquisa vem com a intenção de atingir alguns propósitos, que são descritos nos subtópicos a seguir.

#### 1.3.1 Objetivos gerais

Esta dissertação tem por objetivo desenvolver um modelo de decisão e um framework que auxilie o processo de desenvolvimento de novos produtos envolvendo um método multicritério de apoio a decisão adequado para realizar a classificação das alternativas do produto e assim possibilitar ao decisor que ele possa tomar suas decisões de forma mais segura.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

Para se atingir o objetivo geral proposto, é necessário alcançar os objetivos específicos:

- Realizar uma revisão sistemática da literatura sobre o escopo do estudo e assim identificar a evolução científica e a atualização do conhecimento do assunto;
- Formular um modelo multicritério;
- Elaborar um framework para auxiliar no processo decisório;
- Selecionar o método multicritério de apoio a decisão mais adequado para ser utilizado junto ao modelo;
- Aplicação do modelo apresentado.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A pesquisa apresentada neste trabalho de dissertação foi organizada em 07 capítulos:

- Capítulo 1 apresenta a introdução, contemplando os objetivos do trabalho e sua relevância;
- Capítulo 2 fornece os conceitos que serviram de base para esta pesquisa com uma breve descrição da fundamentação teórica;
- Capítulo 3 oferece uma Revisão Sistemática da Literatura acerca do tema envolvido deste texto;

- Capítulo 4 concede um modelo de decisão para o apoio durante o desenvolvimento de novos produtos e a descrição de suas etapas, juntamente com o desenvolvimento de um framework da abordagem proposta;
- Capítulo 5 mostra a aplicação da abordagem proposta por meio de um estudo de caso;
- Capítulo 6 apresenta os resultados da aplicação do modelo e suas discussões
- Capítulo 7 provê as conclusões do estudo, suas limitações e sugestões para trabalhos futuros

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Alguns temas são essenciais para o entendimento deste trabalho, como o processo de desenvolvimento de novos produtos, os métodos multicritério de apoio a decisão, o método *Fuzzy-TOPSIS* e os números *fuzzy*. Os próximos subtópicos fornecem uma base destes assuntos.

### 2.1 DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS

O desenvolvimento bem-sucedido de novos produtos é importante para manter uma vantagem em relação à concorrência e obter um lucro decente no mercado atual. Um bom processo de DNP é essencial para o desenvolvimento de produtos com sucesso, e os requisitos do cliente precisam ser incorporados ao projeto (C.-Y. LIN; LEE; KANG, 2015).

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.

Em Baxter (2000) pode-se encontrar as diversas fases do processo criativo e suas perspectivas ferramentas:

Para a fase 1:

- análise paramétrica, que apresenta as medidas quantitativas, qualitativas e classificatórias do problema;
- análise do problema, que procura reduzir o problema a conceitos cada vez mais abstratos. Ela pergunta por que você quer resolver o problema para que se tente chegar à raiz dele.

Para a fase 2:

- análise das funções do produto, parte-se da análise de um produto existente e suas funções são ordenadas hierarquicamente;
- Permutação das características do produto, parte-se também de um produto existente e se exploram todas as combinações possíveis de seus elementos;
- Análise ortográfica, apresenta dois ou três atributos de um problema em gráfico bi ou tridimensional, permitindo que as soluções possíveis sejam exploradas por meio de combinação, permutação, etc;
- MES CRAI, significa “modifique, elimine, substitua, combine, rearranje, adapte e inverta” e é uma lista para estimular a busca de formas alternativas para transformar um produto existente;
- Analogias e metáforas, são usadas para estimular o pensamento lateral;
- clichês e provérbios, são usados ditos populares para se examinar um problema sob novas perspectivas e facilitar também o pensamento lateral.

Na fase 3:

- votação, uma forma simples de selecionar ideias, onde se colocam descrições das várias alternativas existentes e elas são votadas.

Para a fase 4:

- fases integradas da solução de problemas (FISP), onde é construída uma lista de verificação para a avaliação de diferentes estágios da solução do problema e tenta identificar as áreas que ainda necessitam de melhorias.

Já 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.

Observa-se, desse modo, 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, deixando a desejar um pouco quando avaliada a robustez dessas ferramentas ou o processo metodológico delas.

## 2.2 MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE APOIO A DECISÃO

A teoria da análise de decisão é projetada para ajudar o indivíduo a fazer uma escolha entre um conjunto de alternativas pré-especificadas. Os objetivos são ter uma teoria sólida e prática para analisar decisões com múltiplos objetivos concorrentes; tornar esta teoria e estrutura de pensamento acessível a um público diversificado de estudiosos e praticantes da arte da análise de decisão; e promover aplicações de análise multi-atributo (KEENEY; RAIFFA, 1993).

Os métodos multicritério de apoio à decisão foram desenvolvidos para apoiar os decisores na resolução de problemas que possuem mais de um objetivo, normalmente conflitantes entre si. Eles auxiliam, por exemplo, na seleção da alternativa (ou alternativas), analisando-as em relação a todos os critérios simultaneamente (DE ALMEIDA *et al.*, 2015).

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, 2013).

Segundo Roy (1996), dependendo da finalidade do problema, pode-se considerar quatro tipos de problemáticas:

- Problemática de escolha, que possibilita a escolha de uma ação entre várias;
- Problemática de classificação, que classifica as alternativas em categorias previamente estabelecidas;
- Problemática de ordenação, que estabelece um ranking das alternativas de forma completa ou parcial;
- Problemática de descrição, que descreve as ações e suas consequências;

De Almeida, *et al.*, (2015) incluem uma quinta problemática:

- Problemática de portfólio, que escolhe um subconjunto de um certo conjunto sob determinadas restrições.

Existem diversas formas de classificar os MCDM, De Almeida (2013) aborda as seguintes:

- Quanto a natureza do conjunto de alternativas:
  - Conjunto discreto;
  - Conjunto de alternativas contínuas.
- Quanto a estrutura de preferências do decisor e seu tipo de racionalidade:
  - Compensatórios: um mau desempenho em um critério se compensa por um bom em outro;
  - Não compensatórios.
- Outra classificação:
  - Método de critério único de síntese: estabelecem uma pontuação para cada alternativa através da avaliação do seu desempenho em cada critério;
  - Métodos de sobreclassificação (*outranking*): Estabelecem uma relação de sobreclassificação através da comparação par a par das alternativas;
  - Métodos interativos: são caracterizados por apresentar interações entre o analista e o decisor durante o processo de construção do modelo e a elicitación de preferências;
  - Abordagem de desagregação de preferências: se faz uma avaliação global das alternativas e depois é construída uma função de avaliação e agregação por critérios.

Para a escolha do método que será utilizado, alguns fatores se fazem importantes como: em que categoria o decisor se encaixa, o tipo de sua racionalidade, o tempo disponível, o esforço requerido por uma dada abordagem, conhecimento sobre o ambiente, a importância de uma decisão mais segura, necessidade de justificar a decisão, desejo de minimizar conflitos, entre outros motivos. Habitualmente, os decisores escolhem (métodos e ferramentas) de que maneira vão tratar o processo de modo a balancear o esforço em tomar a decisão e a precisão desejada no processo (DE ALMEIDA, 2013).

Já foram encontrados diversos trabalhos desenvolvidos nos últimos anos utilizando diferentes métodos multicritérios para seleção de produtos no DNP.

Biju, Shalij e Prabhushankar (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 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.

### 2.3 FUZZY-TOPSIS

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.

Chen (2000) estendeu o método TOPSIS tradicional para resolver problemas de tomada de decisão em ambientes nebulosos, onde variáveis linguísticas são usadas para avaliar a classificação de alternativas e pesos de critérios. Assim como no TOPSIS, o Fuzzy-TOPSIS (ou FTOPSIS) também se baseia na escolha das melhores alternativas, como a mais próxima de uma solução ideal positiva e a mais distante de uma solução ideal negativa.

Ferreira *et al.*, (2018) resume o algoritmo do FTOPSIS a seguir:

- Passo 1: Estruture o problema de decisão, identificando DMs, o conjunto de critérios e alternativas.
- Passo 2: Escolha os termos linguísticos para avaliar a importância relativa dos critérios e avaliar a classificação das alternativas.
- Passo 3: Construa a matriz de decisão normalizada  $R = [r_{ij}]_{m \times n}$  como segue:

$$r_{ij} = \begin{cases} \left( \frac{a_{ij}}{d_j^*}, \frac{b_{ij}}{d_j^*}, \frac{c_{ij}}{d_j^*}, \frac{d_{ij}}{d_j^*} \right) * & (1) \\ \left( \frac{a_j^-}{a_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{d_{ij}} \right) ** & \end{cases}$$

\* Se  $j \in B$ , onde o conjunto B está associado aos critérios de benefício, e  $d_j^* = \max_i d_{ij}$ .

\*\* Se  $j \in B$ , onde o conjunto B está associado aos critérios de benefício, e  $d_j^* = \max_i d_{ij}$ .

- Passo 4: Construa a matriz de decisão difusa normalizada ponderada  $V = [v_{ij}]_{m \times n}$  de  $R = [r_{ij}]_{m \times n}$  e  $W = [w_j]_{m \times n}$  como  $v_{ij} = r_{ij} \times w_j$ .
- Passo 5: Determinar o ideal positivo  $A^*$  e o ideal negativo  $A^-$ , como  $A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$ ,  $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$ , onde  $v_j^* = \max_i \{v_{ij}\}$ ,  $v_j^- = \min_i \{v_{ij}\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ , e  $j = 1, 2, \dots, n$ .
- Passo 6: Calcule as distâncias de cada alternativa  $i$  em relação às soluções ideais da seguinte maneira:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n \delta(v_{ij}, v_j^*) \quad , i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n \delta(v_{ij}, v_j^-) \quad , i = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

- Passo 7: Calcular o coeficiente de proximidade de cada alternativa  $i$  como:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad , i = 1, 2, \dots, m. \quad (4)$$

- Passo 8: Classifique as alternativas em ordem decrescente. O maior valor de  $CC_i$  indica o melhor desempenho em relação aos critérios de avaliação.

## 2.4 NÚMEROS FUZZY

Zadeh (1965) introduziu uma teoria cujos objetos - conjuntos fuzzy ou *fuzzy sets* - são conjuntos com limites que não são precisos. Ele nos fornece não apenas uma representação

significativa e poderosa das incertezas da medição, mas também dos conceitos vagos expressos na linguagem natural.

Sob situações de decisão do mundo real, a aplicação de métodos MCDM clássicos podem enfrentar sérias restrições práticas, devido aos critérios que contêm imprecisão ou imprecisão inerente às informações. A lógica *fuzzy* fornece uma maneira simples de raciocinar com informações ou informações vagas, ambíguas e imprecisas.

Segundo Kahraman (2008) na lógica booleana, toda afirmação é verdadeira ou falsa; ou seja, ele tem um valor de verdade 1 ou 0. Conjuntos booleanos impõem requisitos rígidos de associação. Por outro lado, os conjuntos *fuzzy* têm requisitos de associação mais flexíveis que permitem a associação parcial em um conjunto. Tudo é uma questão de grau, e o raciocínio exato é visto como um caso limitante do raciocínio aproximado. Os seres humanos estão envolvidos na análise da decisão, uma vez que a tomada de decisão deve levar em consideração a subjetividade humana, sendo necessária a tomada de decisões imprecisas.

Julgamentos humanos, incluindo preferências, geralmente são vagos e não podem estimar sua preferência com um valor numérico exato. Uma abordagem mais realista pode ser usar avaliações linguísticas em vez de valores numéricos, isto é, supor que as classificações e pesos dos critérios no problema sejam avaliados por meio de variáveis linguísticas (CHEN, 2000).

As informações dadas neste capítulo fornecem os conceitos básicos que serviram de base para esta pesquisa. Características mais específicas sobre estudos anteriores serão mais amplamente abordadas no capítulo seguinte desta dissertação, que se trata da revisão sistemática da literatura.

### 3 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A revisão sistemática é uma metodologia específica que localiza estudos existentes, seleciona e avalia contribuições, analisa e sintetiza dados, e relata as evidências de tal forma que permite conclusões razoavelmente claras sobre o que é e o que não é conhecido (DENYER; TRANFIELD, 2009).

Esta Revisão Sistemática da Literatura (RLS) começa com a definição do escopo da pesquisa, partindo para a coleta dos artigos, que serão filtrados sistematicamente e, em seguida, os resultados serão expostos e analisados. A estrutura da metodologia utilizada nesta revisão sistemática foi inspirada em Silva (2018), onde foi tirado o protocolo de filtragem dos artigos utilizado nesse texto.

#### 3.1 DEFINIÇÃO DAS QUESTÕES RELEVANTES PARA A PESQUISA

Esta fase teve por objetivo identificar quais as características dos artigos publicados para apresentação e discussão das mesmas na RSL. Inicialmente, foram compiladas dez Questões de Pesquisa (QP) para orientar a análise dos resultados, entender como está o tema no espaço científico e determinar se existem lacunas na literatura. Tais QP são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Lista e descrição das Questões de Pesquisa

QP	Descrição
QP1	Houve um crescimento no número de aplicações de MCDM no DNP?
QP2	O número de citações dos artigos que abordam MCDM e Design tem crescido?
QP3	Aplicações do MCDM no Design estão focadas em uma área de pesquisa específica?
QP4	As aplicações do MCDM no Design são mais publicadas em algum periódico específico?
QP5	Existe uma prevalência de usar um ou mais métodos MCDM no processo de Design?
QP6	Os modelos MCDM foram aplicados em todas as fases do design?
QP7	Existe uma integração entre os métodos Fuzzy Theory e MCDM no DNP?
QP8	Existe uma prevalência de usar uma das problemáticas de decisão?
QP9	Existe uma prevalência do tipo de produto utilizado nos casos dos artigos?
QP10	Existe uma prevalência de usar e usar uma das categorias de critérios?

Fonte: A autora (2019)

### 3.2 COLETA E SELEÇÃO DOS ARTIGOS

A coleção foi compilada a partir do banco de dados da Web of Science (WoS) desde o primeiro artigo publicado na base até abril de 2019. Para realizar as buscas no serviço fornecido pela WoS, dois conjuntos de palavras-chave foram formulados e estão mostrados na Tabela 2.

O primeiro conjunto de termos envolveu 6 palavras-chave relacionadas ao DNP. O segundo grupo de palavras, com 19 palavras-chave, é relacionado ao MCDM e envolve acrônimos gerais como MCDA e MCDM e os nomes de métodos em siglas como AHP (*Analytic Hierarchy Process*), *Goal Programming* e TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*).

Tabela 2 – Conjunto de palavras-chave

<b>DNP</b>	DNP, new product development, prototyping, Product Design, User Centred Design
<b>MCDM</b>	MCDA, MCDM, Multiattribute, Multi-attribute, Multicriteria, Multiple criteria, Multiobjective, Multi objective optimization, (PROMETHEE, ELECTRE, MAUT, MAVT, AHP, TOPSIS, SMARTS, SMARTER, Goal Programming), decision analysis e Utility Theory

Fonte: A autora (2019)

A seleção dessas palavras teve a intenção de abranger os principais termos que poderiam resultar no maior número de artigos relacionados com o escopo da pesquisa. A busca foi feita combinando as palavras-chave dos dois grupos. As combinações utilizaram os operadores booleanos "AND" para unir as duas áreas e "OR" unindo os termos dentro de uma mesma área e foram encontrados 864 resultados.

Posteriormente, foi adicionado mais um conjunto de palavras-chave à RSL, com o intuito de agregar mais uma quantidade de artigos que poderiam ser úteis à pesquisa e que talvez não estivessem inseridos nos resultados anteriores. Nessa segunda rodada, também foram unidos dois grupos de palavras, o primeiro é igual ao conjunto de MCDM já utilizado, o segundo reuniu 100 termos que são técnicas aplicadas ao design de produtos, obtidas no livro de Martin e Hanington (2012). Esta segunda busca somou mais 277 artigos.

Desse modo, um total de 1.141 resultados foram encontrados. Esse conjunto inicial de artigos foi filtrado sob regras pré-determinadas a fim de selecionar apenas aqueles consistentes com a revisão sistemática proposta, conforme será demonstrado na Seção 3.3.

### 3.3 PROCESSO DE FILTRAGEM

Inicialmente, um primeiro filtro foi usado para remover artigos que surgiram de apresentações em conferências, categorizadas como "documentos de procedimentos". O objetivo deste filtro foi centrar-se na revisão de artigos de grande relevância acadêmica, categorizados como "um artigo" ou "uma revisão" na plataforma de pesquisa. Notou-se que os trabalhos que surgiram de apresentações em congressos foram posteriormente publicados em revistas científicas, e estes foram incluídos na análise.

No segundo filtro foi feita a leitura dos títulos e resumos de todo os artigos. Este filtro foi usado com o objetivo de eliminar documentos que estavam completamente fora do escopo da revisão, como artigos que abordavam o DNP mas não utilizavam MCDM, ou vice-versa.

O terceiro e último filtro foi usado ao realizar a leitura e análise completa dos artigos, categorizando-os para futura avaliação. Alguns deles ainda se encontravam fora do escopo da pesquisa, logo foram desconsiderados desta revisão sistemática e assim foi formado o conjunto final de artigos. A Figura 2 oferece uma ilustração geral do processo filtragem.

Figura 2 – Processo de filtragem da RSL



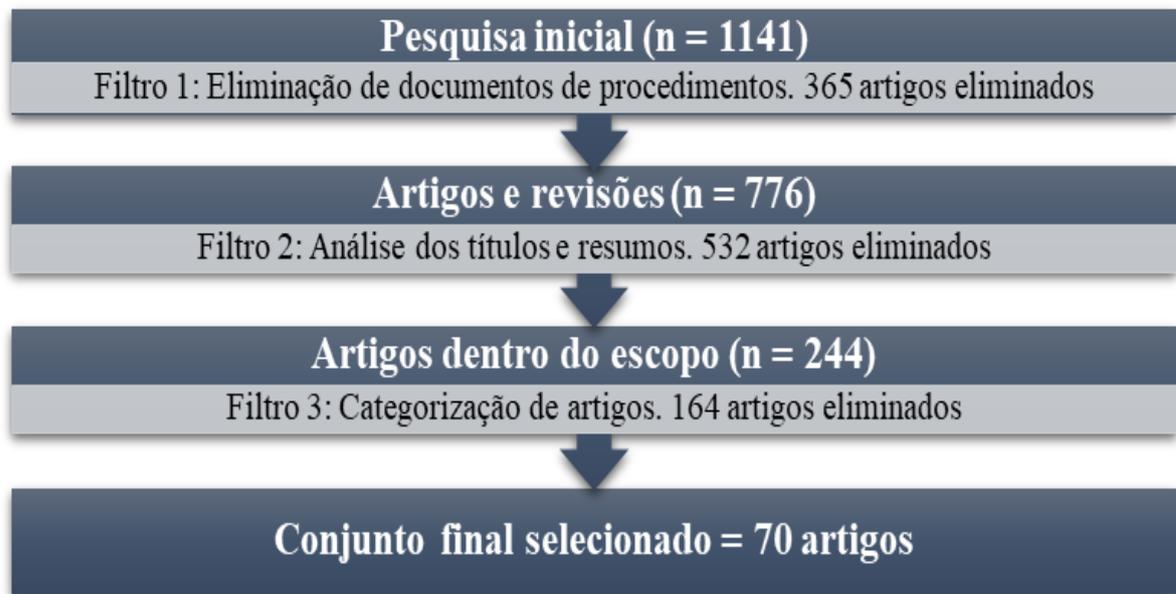
Fonte: A autora (2019)

Os artigos da coletânea final foram categorizados de acordo com a proposta deste artigo, a medida que a leitura dos mesmos era realizada. Seus tópicos abrangiam questões do artigo em si, como título, palavras-chave, nome do periódico publicado, ano de publicação; questões relacionadas ao DNP como área do design, fase do design e tipo de produto; e questões relacionadas ao MCDM utilizado, categoria de critérios e tipo de problemática.

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA

A aplicação da filtragem pode ser observada na Figura 3.

Figura 3 – Aplicação da filtragem da RSL



Fonte: A autora (2019)

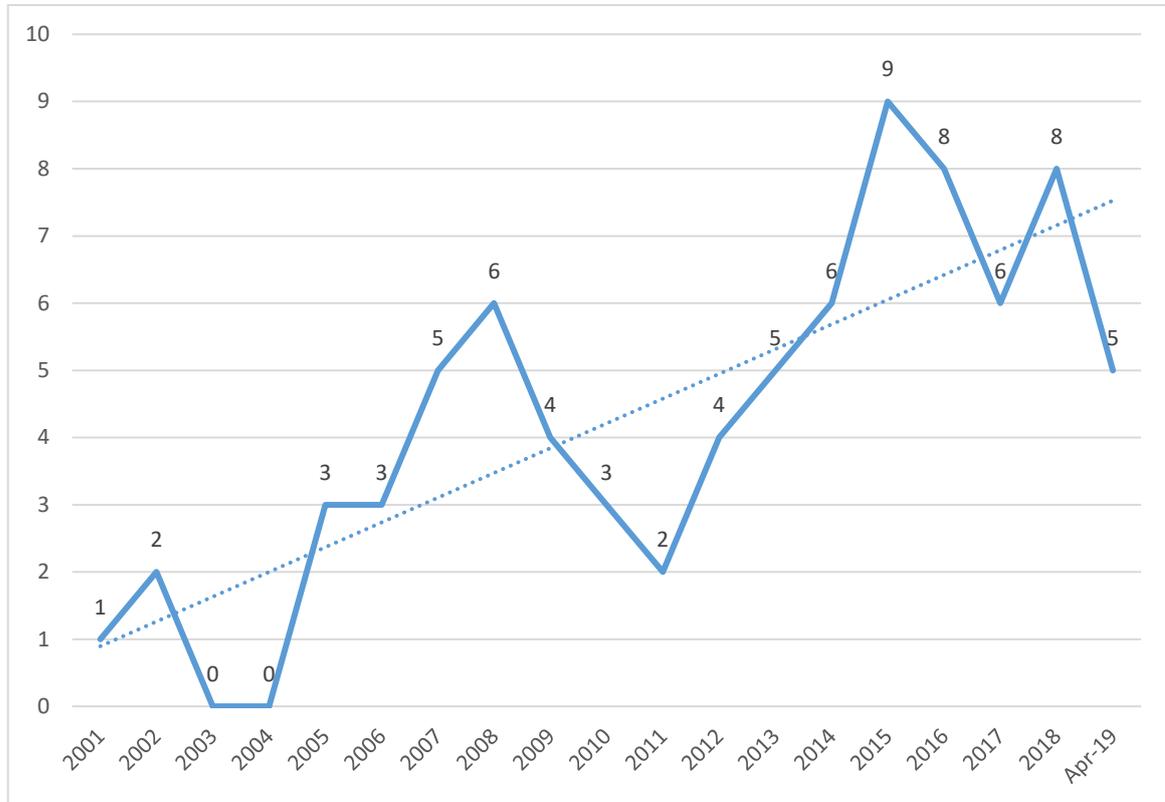
Pode-se observar a coletânea final dos artigos por ordem crescente do ano de publicação desta revisão sistemática no Apêndice deste trabalho.

A análise e discussão desta revisão sistemática da literatura se orienta por meio das QP's, onde serão demonstrados gráficos, figuras e tabelas respondendo às perguntas e comentando-as.

*QP1 - Houve um crescimento no número de aplicações de MCDM no DNP?*

A Figura 4 ilustra os resultados da categorização dos artigos em relação ao ano de publicação por meio de um gráfico de linhas, que mostra uma tendência de crescimento no número de artigos publicados ao longo dos anos.

Figura 4 – Número de publicações por ano

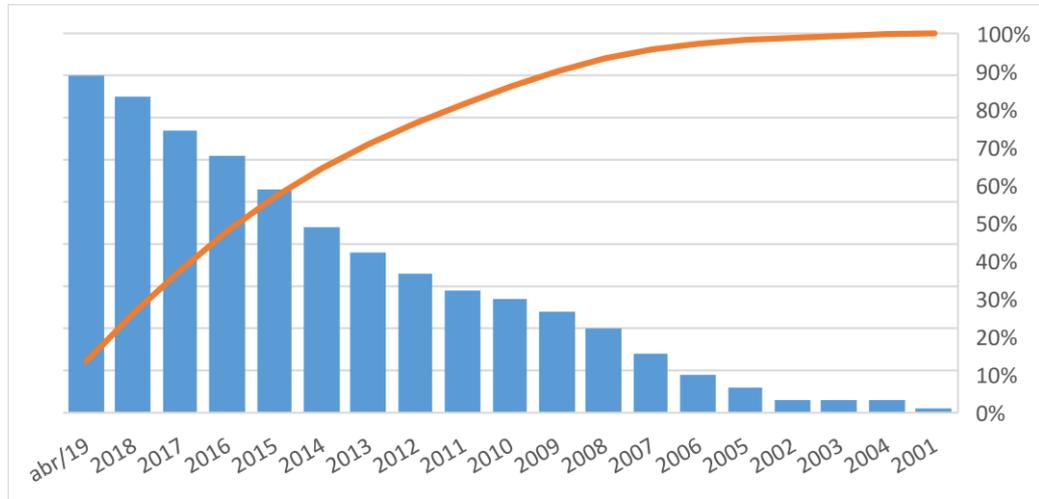


Fonte: A autora (2019)

Realizando uma análise cronológica do gráfico, no ano de 2011 observa-se uma queda no número publicações, que pode ter relação com a grave crise econômica mundial que estava estagnando o crescimento econômico de muitos países e consequentemente afetando o desenvolvimento científico e acadêmico. A partir de 2013 o cenário volta a se estabilizar e no ano de 2015 obteve-se o maior número de publicações sobre o assunto, com um total de 9 trabalhos. Observa-se também que mesmo antes do fim do primeiro semestre de 2019 a quantidade de trabalhos na área já está bem próxima do total publicado em todo 2017.

Com isso, pode-se dizer que o número de publicações na área ainda é pequeno, porém apresenta uma suave tendência de crescimento. A Figura 5 apresenta um gráfico de Pareto que mostra o acumulado de publicações. Verifica-se que somente depois de 2013 mais da metade dos artigos dessa coleção foram publicados.

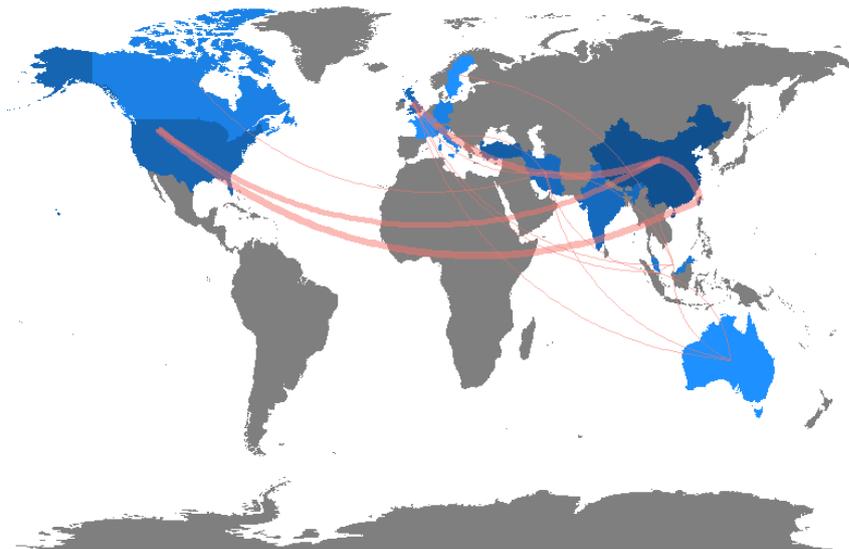
Figura 5 – Acumulado de publicações



Fonte: A autora (2019)

Na Figura 6 abaixo têm-se uma ideia da colaboração mundial de pesquisas ligadas à utilização de multicritério no DNP. Os países coloridos com um tom mais escuro indicam aqueles mais ativos no critério de publicações e as linhas ligando os países indicam a colaboração entre universidades e centros de pesquisa no mundo todo. Os países que mais interagiram cientificamente foram Taiwan e China, Reino Unido e China e Estados Unidos e Taiwan.

Figura 6 – Colaboração mundial



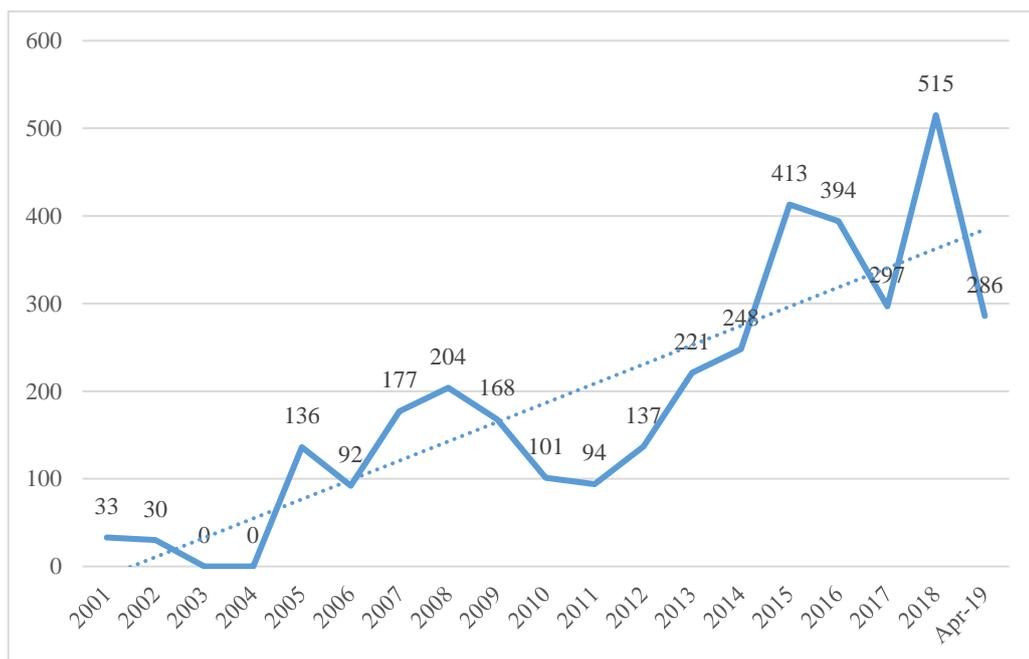
Fonte: A autora (2019)

*QP2 – O número de citações dos artigos que abordam MCDM e Design tem crescido?*

A Figura 7 ilustra a evolução do número de citações dos artigos por meio de um gráfico de linhas, também mostrando a linha de tendência. É fácil observar um crescimento significativo no número de citações dos artigos e isso remete a um aumento no interesse relacionado ao tema, devido a sua relevância e importância para a competitividade das empresas.

A diminuição no número de citações no período de 2010 a 2014 é um reflexo do menor número de publicações no mesmo período, já que, quanto menos artigos publicados, menos referências serão feitas. Em 2018, os artigos categorizados receberam um maior número de citações, sendo 515 ao todo. É visível que mesmo antes do fim do primeiro semestre de 2019 a quantidade de citações já realizadas está no mesmo nível do total citado em todo ano de 2017.

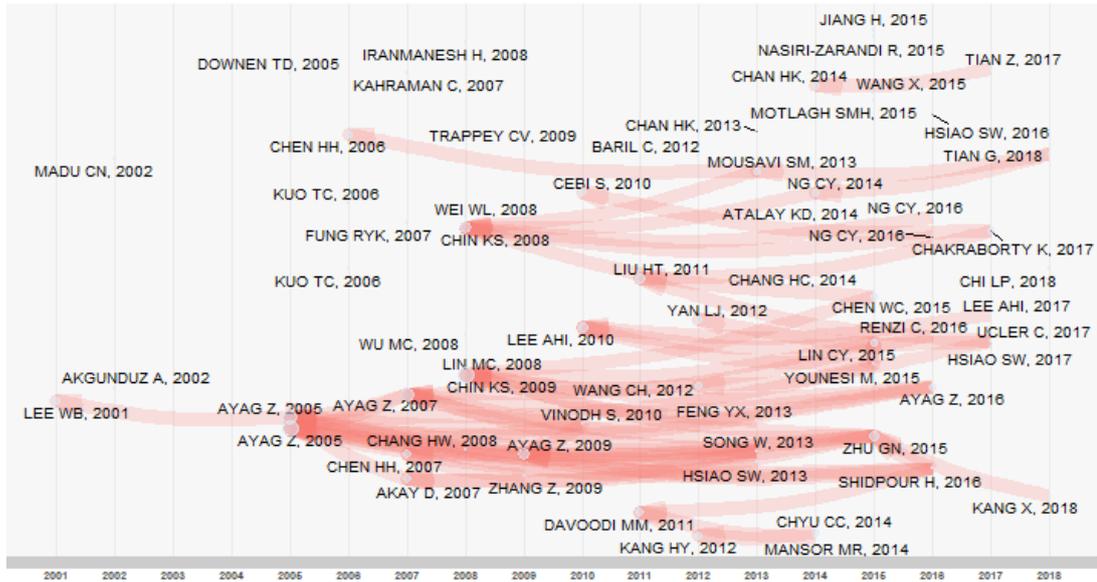
Figura 7 – Número de citações por ano



Fonte: A autora (2019)

A Figura 8 mostra uma rede de citação direta dos principais autores ao longo dos anos. As linhas mostram quais estudos serviram de base para realização de outros. Quanto mais intensas as cores dos nós e linhas, mais citações foram feitas aos artigos em questão. O primeiro artigo relacionado ao tema publicado na base foi o de Lee *et al.* (2001) que deu início à rede mostrada abaixo.

Figura 8 – Histórico de rede de citações diretas

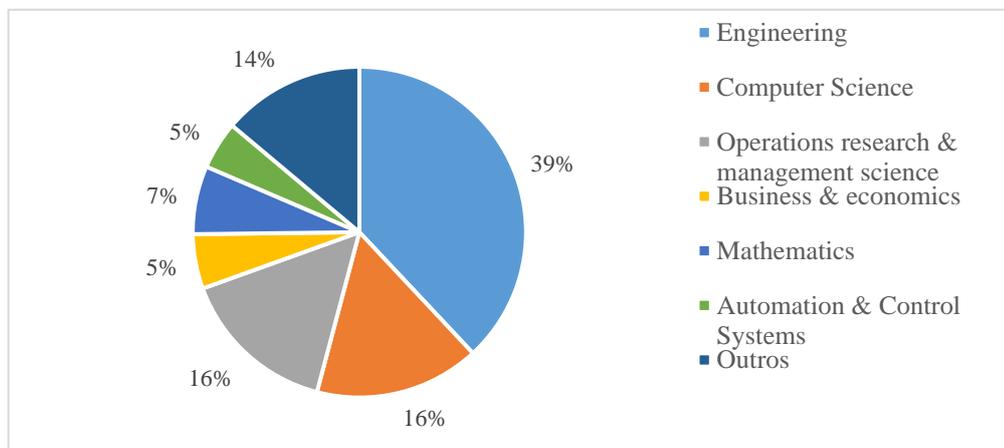


Fonte: A autora (2019)

*QP3 – Aplicações do MCDM no Design estão focadas em uma área de pesquisa específica?*

Ao todo, 17 diferentes áreas de pesquisa foram encontradas (de acordo com a classificação própria do WoS). A mais abordada foi a de engenharia, totalizando 57 artigos que representam 39% do total. A tabela 3 mostra a relação total de artigos por área de pesquisa, lembrando que um artigo pode estar associado a mais de uma área, por isso o total ultrapassa a quantidade de artigos na RSL. A figura 9 mostra um gráfico de pizza, que ilustra bem a situação encontrada.

Figura 9 – Número de artigos por área de pesquisa



Fonte: A autora (2019)

Tabela 3 – Artigos por área de pesquisa

<b>Área da pesquisa</b>	<b>Artigos</b>
Engineering	57
Computer Science	24
Operations research & management Science	23
Mathematics	10
Business & economics	8
Automation & Control Systems	7
Science & technology	5
Environmental sciences & ecology	3
Education & educational research	2
Thermodynamics	2
Mechanics	1
Architecture	1
Instruments & instrumentation	1
Social sciences	1
Telecommunications	1
Robotics	1
Energy & fuels	1

Fonte: A autora (2019)

*QP4 - As aplicações do MCDM no Design são mais publicadas em algum periódico específico?*

Os periódicos que publicaram os artigos dessa revisão sistemática são apresentados na Tabela 4 abaixo, seguida pela tabela 5 que mostra a relação entre o número de periódicos que publicaram um determinado número de artigos. Os periódicos que estão na categoria “outros” publicaram apenas 1 artigo, como o International Journal of Computer Integrated Manufacturing, o International Journal of Innovation and Sustainable Development e o Journal of Multi-criteria Decision Analysis.

Tabela 4 – Lista de periódicos

<b>Periódicos</b>	<b>artigos</b>
Expert Systems With Applications	5
International Journal of Production Research	5
Journal of Engineering Design	5
Mathematical Problems in Engineering	5
International Journal of Advanced Manufacturing Technology	4
Computers & Industrial Engineering	3
Journal of Intelligent Manufacturing	3
Advanced Engineering Informatics	2
Advances in Mechanical Engineering	2
Concurrent Engineering-research and Applications	2
Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education	2
Ieee Transactions on Engineering Management	2
Materials & Design	2
Outros	38
Total	80

Fonte: A autora (2019)

Tabela 5 – Número e porcentagem de periódicos pelo número de artigos publicados

<b>artigos publicados</b>	<b>número de periódicos</b>	<b>%</b>
1	38	75%
2	6	12%
3	2	4%
4	1	2%
5	4	8%
total	51	100%

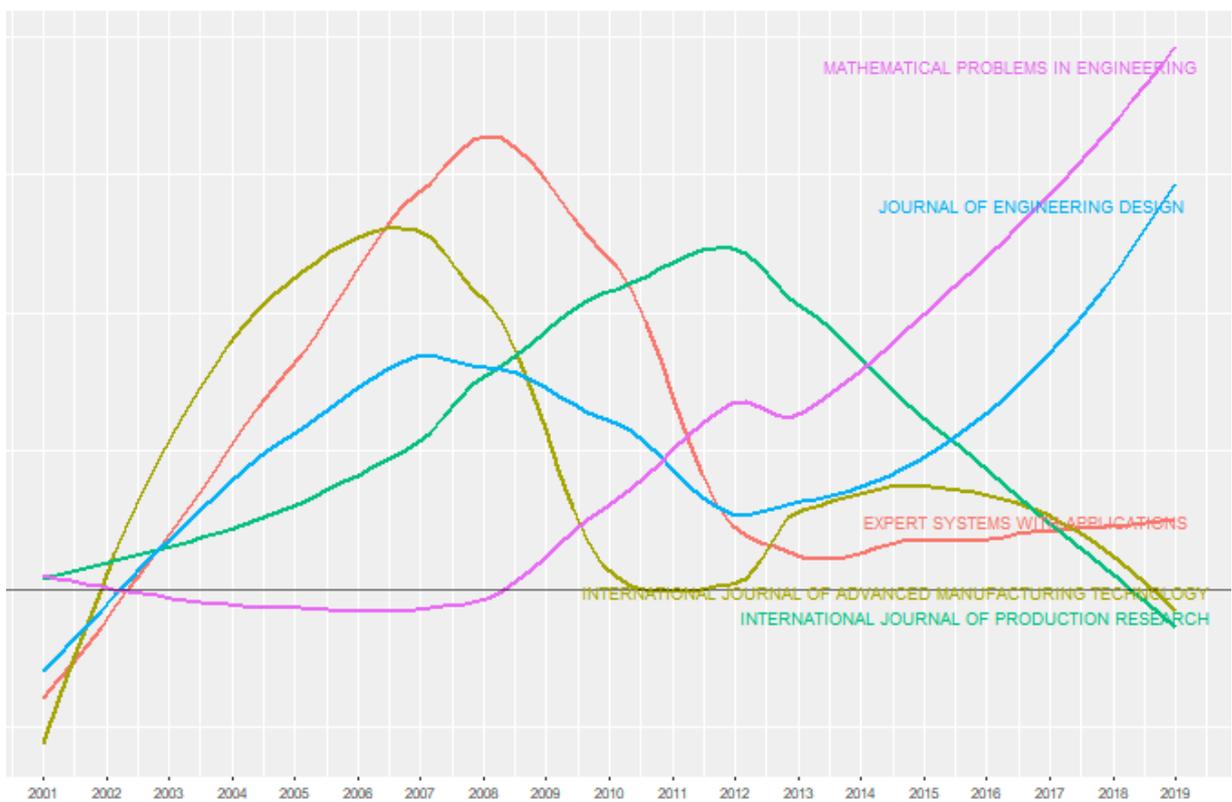
Fonte: A autora (2019)

Ao analisar a Tabela 5 observou-se que 75% dos periódicos científicos publicaram apenas 1 artigo relacionado à pesquisa. Isso reflete o fato que os autores podem procurar por periódicos

mais específicos, que lidam com um tipo particular de metodologia ou tem relação ao campo de aplicação do problema que foi tratado.

Pode-se ver na Figura 10 um gráfico que mostra a presença dos periódicos que mais publicaram ao longo dos anos, em relação ao tema abordado. Consta-se que tanto o “Mathematical Problems in Engineering” quanto o “Journal of Engineering Design” apresentam uma curva ascendente e estão mais presentes nas publicações atuais.

Figura 10 – Presença dos periódicos que mais publicaram ao longo dos anos

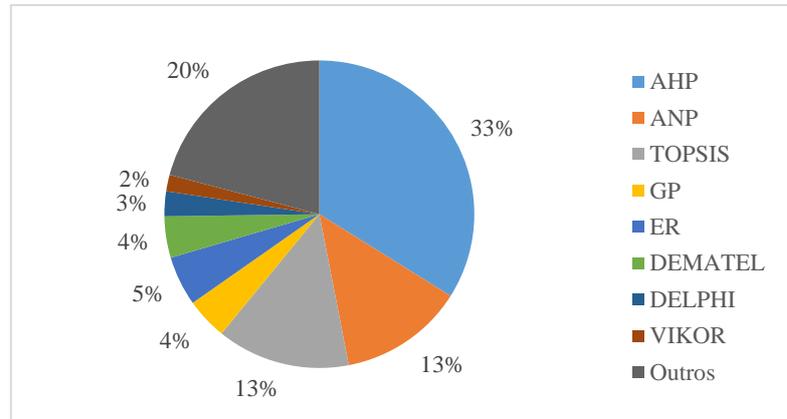


Fonte: A autora (2019)

*QP5 – Existe uma prevalência de usar um ou mais métodos MCDM no processo de Design?*

Existem diversos métodos multicritério de apoio à decisão e diversos deles foram utilizados na coleção desta revisão. Foi observada a preferência no emprego dos métodos AHP, ANP e TOPSIS, nessa exata sequência, nos problemas envolvendo o processo DNP. Os métodos AHP e ANP tem uma abordagem mais simplificada e acessível aos decisores, por isso em alguns casos eles são preferíveis e mais aplicados. A Figura 11 mostra a frequência, em porcentagem, do uso de diferentes métodos.

Figura 11 – Porcentagem de artigos por método MCDM

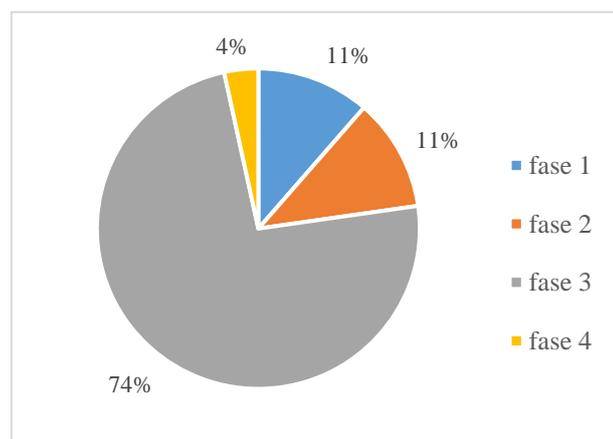


Fonte: A autora (2019)

*QP6 – Os modelos MCDM foram aplicados em todas as fases do design?*

As fases do design as quais os artigos foram categorizados seguiram a classificação de Baxter (2000), já comentadas no tópico 2.1 deste trabalho. A Figura 12 é um gráfico pizza que demonstra a porcentagem de artigos por fase do design. A maioria dos artigos, 74% deles, abordam a 3ª fase do design, que é a seleção de um produto ou seus componentes, podendo eles estar em fase final ou não.

Figura 12 – Porcentagem de artigos por fase do design

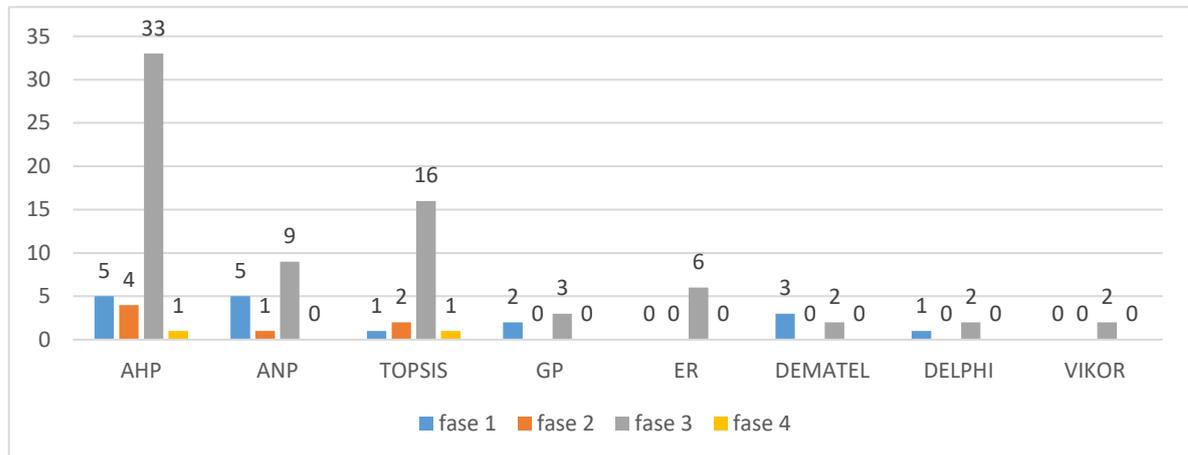


Fonte : A autora (2019)

Uma outra análise pode ser feita ao se observar a relação entre os MCDM's aplicados e as fases do design às quais eles abordam. A Figura 13 mostra os 8 métodos mais utilizados e pode-

se constatar que a fase 3 encontra mais presente, independentemente do método multicritério utilizado.

Figura 13 – Relação entre principais MCDM e respectivas fases do design



Fonte: A autora (2019)

#### *QP7 – Existe uma integração entre os métodos MCDM e Fuzzy Theory no DNP?*

Um total de 37 artigos utilizaram a teoria, em uma ampla variedade de aplicações e com diferentes métodos, com o objetivo de auxiliar o DNP. É interessante pontuar que o primeiro artigo a ser publicado sobre o tema, já comentado no presente texto, Lee *et al.* (2001), já utilizaram essa abordagem.

Por representar quase metade dos artigos é possível afirmar que a lógica Fuzzy é uma abordagem adequada para situações envolvendo o uso de variáveis linguísticas e é amplamente aplicável em diferentes tipos de tomada de decisão (FERREIRA *et al.*, 2018)

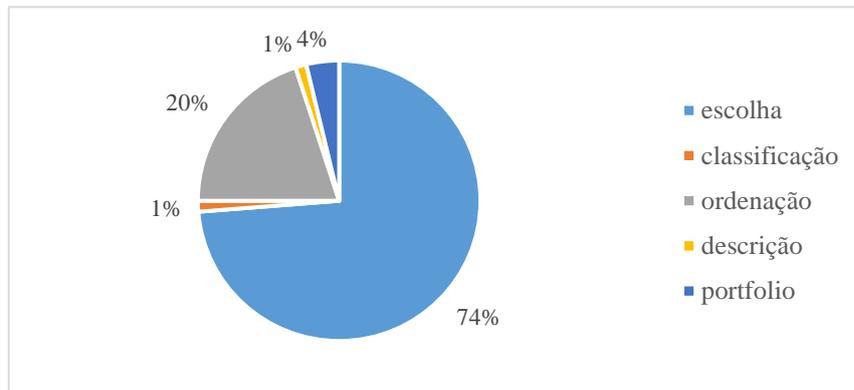
#### *QP8 – Existe uma prevalência de usar uma das problemáticas de decisão?*

Os artigos foram categorizados em relação às questões abordadas em seus modelos de decisão multicritério. As problemáticas usadas seguiram as classificações de Roy (1996) e De Almeida *et al.*, (2015), já comentadas no tópico 2.2 desse texto.

A Figura 12 ilustra as porcentagens das problemáticas utilizadas nos artigos que foram aplicados a diferentes problemas de MCDM. Observa-se que a problemática de escolha é muito mais predominante que as outras, sendo seguida pela de ordenação. Isso se dá ao fato que na

maioria das vezes se deseja selecionar apenas um produto para desenvolvimento e sua posterior comercialização, já que o custo associado a se ter vários novos produtos seria muito alto.

Figura 14 – Porcentagem das problemáticas MCDM utilizadas

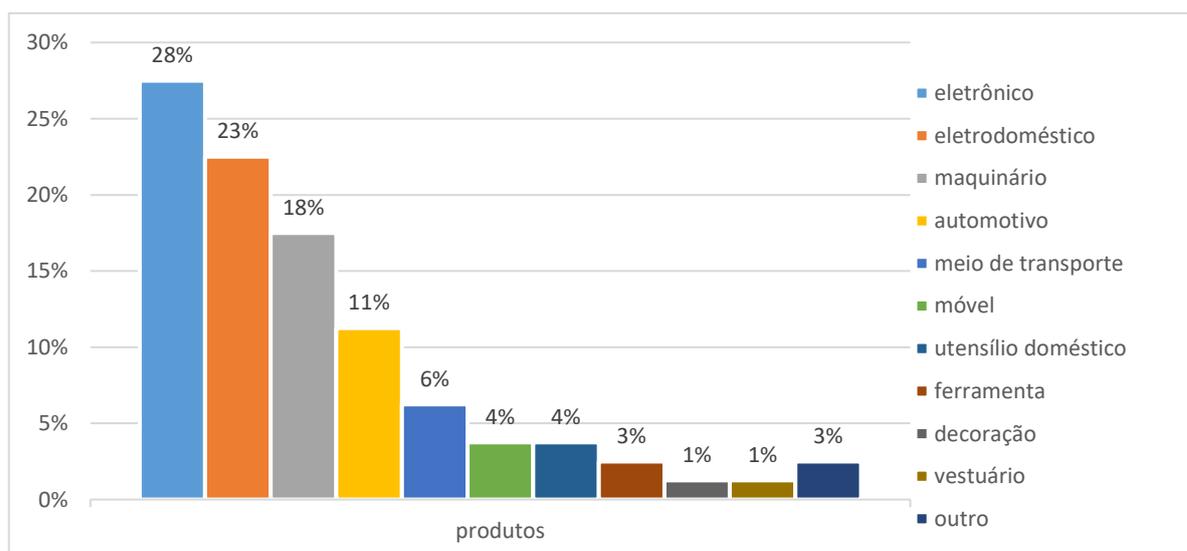


Fonte: A autora (2019)

*QP9 – Existe uma prevalência do tipo de produto utilizado nos casos dos artigos?*

Os produtos utilizados nos estudos dessa revisão são os mais variados, e por esse motivo, os mesmos foram classificados em categorias para facilitar a análise. A Figura 15 mostra todas as categorias utilizadas e sua proporção. Foi averiguado que metade dos produtos eram eletrônicos e eletrodomésticos.

Figura 15 – Tipos de produtos por artigo



Fonte: A autora (2019)

A mudança das condições econômicas e tecnologias combinadas com o aumento da concorrência, mudanças nas necessidades dos clientes, rápida obsolescência do produto e o surgimento de novos mercados, exigem um processo de inovação muito rápido (Z AYAG, 2005). Logo, quando se trata de produtos mais tecnológicos e eletrônicos em geral, esse ciclo de vida do produto acaba se tornando ainda mais curto, causado pelo acelerado desenvolvimento em inovações tecnológicas.

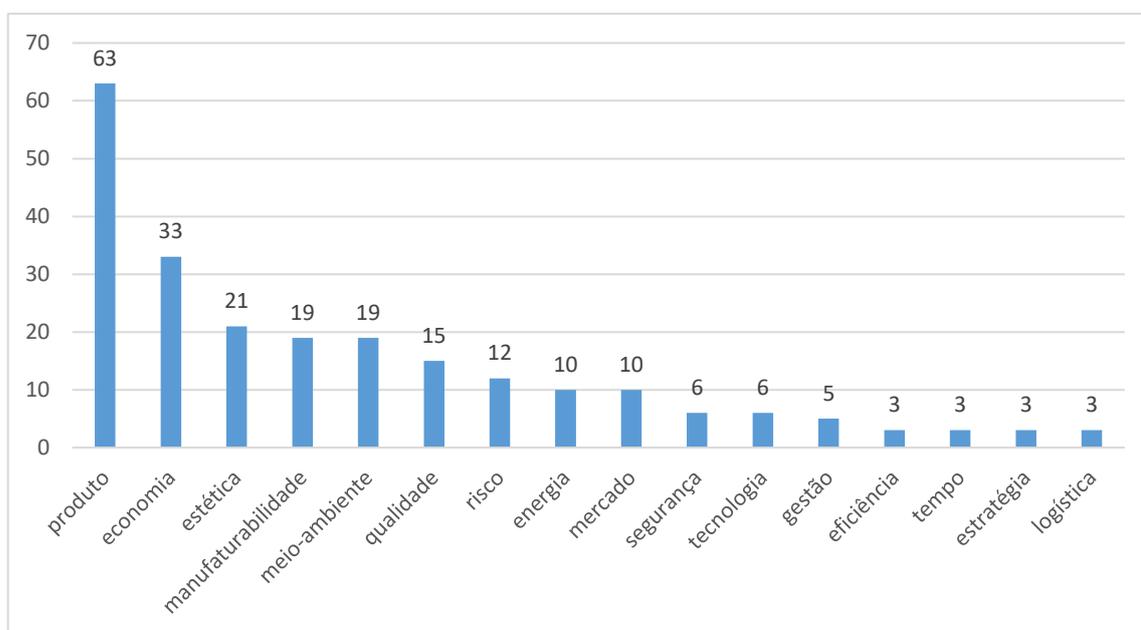
*QP10 – Existe uma prevalência de usar uma das categorias de critérios?*

Para verificar essa questão, uma análise profunda dos artigos foi realizada, buscando informações sobre os tipos de critérios utilizados. Inicialmente, devido ao número e diversidade de critérios e subcritérios encontrados, foram criadas classes às quais eles foram alocados. As 16 categorias são apresentadas abaixo:

- Produto: envolve todas as características individuais do produto em questão, como material, volume, força e componentes;
- Economia: questões relacionadas aos custos em geral;
- Estética: relacionado à superfície e beleza do produto;
- Manufaturabilidade: repetibilidade e reprodutibilidade;
- Meio-ambiente: critérios relacionados ao “green design” e ao desenvolvimento consciente dos produtos, envolvendo emissão de carbono de produção e de produto, barulho excessivo, reciclagem, entre outros;
- Qualidade: envolve diversas características como resultados de testes de qualidade e confiabilidade;
- Risco: relacionado aos riscos em geral, de design e execução e erros e desvio padrão;
- Mercado: tudo que relacionar o produto ao mercado, incluindo marketing;
- Energia: utilização de energia da produção e do produto;
- Segurança: segurança do produto e de produção;
- Tecnologia: tecnologias disponíveis e suas características;
- Gestão: gestão organizacional e necessidades relacionadas ao recurso humano para a produção;
- Eficiência: eficiência do produto;
- Tempo: tempo de produção e entrega;
- Estratégia: estratégias de produção e mercado;
- Logística: questões logísticas de distribuição do produto.

O gráfico de barras da Figura 16 ilustra o número de artigos que usam cada uma das 16 categorias diferentes de critérios. O critério produto se encontra presente em 80% dos artigos estudados, algo que já era esperado já que se trata do desenvolvimento de novos produtos. O critério economia também se encontra bem presente pois mesmo que o produto seja perfeito em questões estéticas e funcionais, ele precisa ser rentável. A estética também se encontra forte nos artigos, mostrando que os desenvolvedores se preocupam com a “primeira impressão” que o produto dá aos consumidores. Em igual peso, os artigos têm cada vez mais tratado de questões ambientais e no desenvolvimento de produtos sustentáveis, devido a crescente pressão da sociedade.

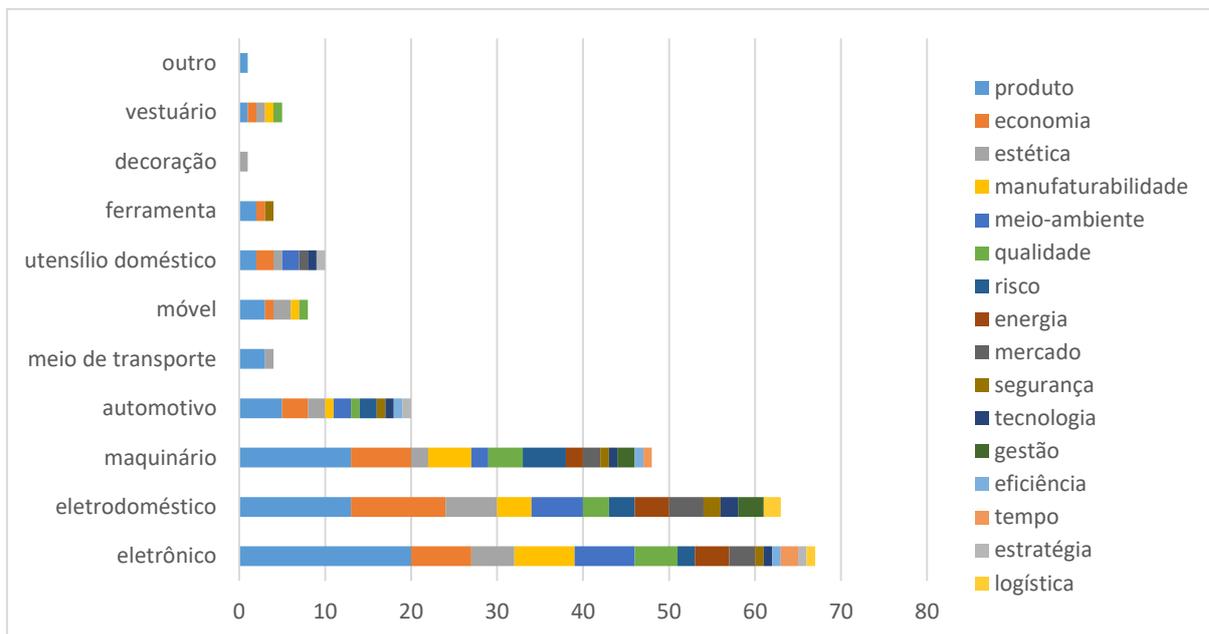
Figura 16 – Critérios/características de produto utilizados por artigo



Fonte: A autora (2019)

Uma outra análise interessante a ser feita é que os diversos tipos de critérios são encontrados nos mais variados produtos, mostrando que independente do tipo do objeto, os principais critérios se encontram presentes, e isso pode ser analisado na Figura 17. Nota-se que todos os tipos de produto utilizam uma ampla variedade de critérios, mostrando a interdisciplinaridade no desenvolvimento de novos produtos e quantos tipos de características e informações são importantes para o DNP.

Figura 17 – Tipos de produtos por critério



Fonte: A autora (2019)

Com esta revisão, muitas informações poderão ser úteis para futuros trabalhos que envolvem os mesmos problemas. Para a presente pesquisa, algumas delas só fortalecem a importância da abordagem e framework que serão propostos.

O contínuo aumento das publicações sobre o tema ao longo dos anos retrata a importância de se tratar o desenvolvimento de novos produtos com o maior cuidado possível. Porém, como esses números ainda não são tão altos, mostra que esse assunto tem muito o que ser estudado ainda. As diversas áreas envolvidas e variados periódicos mostram também o interesse sobre o tema em diversas esferas.

Como foi mostrado, diversos métodos multicritérios foram utilizados em diferentes tipos de aplicações e entre eles, o TOPSIS ficou entre os três mais empregados.

Observa-se que a problemática utilizada na grande maioria dos casos foi a de escolha, o que retira da mão do decisor o poder final de avaliar pessoalmente o que deve realmente ser escolhido, pois por melhor que seja o método, não substitui a opinião e experiência de um especialista. Logo, a questão de classificar as alternativas nunca foi bem estudada.

A teoria Fuzzy esteve presente em boa parte dos trabalhos estudados e isso se reflete na importância relacionada a interpretação das escalas e como isso pode afetar os resultados.

Essa revisão foi importante para verificar como a utilização de métodos multicritérios nos processos de design de novos produtos estavam sendo realizadas em meios de pesquisa científica ao redor do mundo para assim poder ser escolhida a melhor forma de tratar o problema.

As discussões das questões de pesquisa formaram a Tabela 6 apresentada abaixo que aponta um resumo das respostas às QP apresentadas no início dessa Revisão por meio da Tabela 1.

Tabela 6 – Respostas das questões de pesquisa

<b>QP</b>	<b>Respostas da Pesquisa</b>
QP1	Houve um crescimento no número de aplicações ano longo dos anos.
QP2	O número de citações dos artigos tem crescido ao longo dos anos.
QP3	As aplicações têm sido mais focadas na área de Engineering, sendo 57 dos artigos selecionados, seguida pela Computer Science com 24 artigos e Operations research & management Science com 23 artigos.
QP4	Os periódicos que mais publicaram foram: Expert Systems With Applications, International Journal of Production Research, Journal of Engineering Design e Mathematical Problems in Engineering.
QP5	Os métodos MCDM mais utilizados foram: o AHP (33%), seguido pelo ANP (13%) e TOPSIS (13%)
QP6	Todas as fases do design foram abordadas, porém a grande maioria foi aplicada na fase de seleção (74%)
QP7	The Fuzzy Theory é utilizada em 46% dos artigos
QP8	A problemática de escolha foi a mais utilizada entre todas as outras (74%)
QP9	A maioria dos produtos utilizados foram eletrônicos (28%), eletrodomésticos (23%) e maquinários (18%)
QP10	O critério “produto” foi o mais utilizado (80%)

Fonte: A autora (2019)

## 4 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 também 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; 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.

Esta dissertação 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.

O MCDM escolhido para atender à intenção desse estudo, que é auxiliar as decisões no processo de desenvolvimento de novos produtos, foi o FTOPSIS-Class, que é uma variação do TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) proposto por Hwang e Yoon (1981) e atende a problemática requerida no problema, tendo a vantagem de ser um método inovador e nunca utilizado para esta proposta, o que pode ser observado na revisão sistemática da literatura desse trabalho.

O método segue os mesmos princípios do TOPSIS tradicional, pois utiliza uma matriz normalizada e ponderada, calcula a melhor e a pior solução ideal, também calcula a distância euclidiana da melhor e da pior solução ideal e finaliza com sua pontuação mostrando o desempenho das alternativas.

A *fuzzy set theory*, ou teoria dos conjuntos fuzzy, tem a capacidade de capturar a incerteza sob as condições de informações incompletas, não alcançáveis e não quantificáveis (KULAK; DURMUSOGLU; KAHRAMAN, 2005). Desse modo, ela será utilizada por ser útil em casos que requerem interpretação, com termos linguísticos, pois utilizar uma escala comum de 5 pontos, por exemplo, requer uma compreensão maior a respeito desses pontos e seus limites, o que pode ser muito ruim em uma avaliação pode acabar sendo considerada como ruim em outra, dependendo da compreensão de quem está avaliando.

Assim, utilizando escalas no formato *fuzzy* em vez de valores exatos, se empregam intervalos para cada um dos termos linguísticos, trazendo uma pequena e desejada imprecisão quanto aos níveis da escala, podendo ter os mesmos valores numéricos em dois níveis diferentes, por exemplo. Deste modo, adapta-se melhor a escala à realidade.

O FTOPSIS-Class tem sua rotina descrita na Figura 18 e mostra todo procedimento do método incluindo os primeiros quatro passos que são baseados na rotina do Fuzzy-TOPSIS, que são iguais ao do método que será aplicado. 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.

Figura 18 – Rotina do FTOPSIS-Class

**Algoritmo 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  $\bar{R} = [\bar{r}_{ij}]_{m \times n}$  do seguinte modo:

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

**Etapa 4:** construir a matriz de decisão fuzzy normalizada e ponderada  $\bar{V} = [\bar{v}_{ij}]_{m \times n}$  de  $\bar{R} = [\bar{r}_{ij}]$  e  $\bar{W} = [\bar{w}_j]$  como  $\bar{v}_{ij} = \bar{r}_{ij} \otimes \bar{w}_j$ ;

**Algoritmo 2** rotina do FTOPSIS-Class.

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

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

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

**Etapa 2.2:** defina a solução ideal negativa em relação à categoria  $p$  como  $\bar{A}_p^- = \{\bar{v}_{p1}^-, \bar{v}_{p2}^-, \dots, \bar{v}_{pn}^-\}$ , onde  $\bar{v}_{p'j}^-$  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:

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

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

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

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

#### 4.1 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; BECKER, 2010). Diversas técnicas podem ser utilizadas para obter conceitos para o produto. Como uma sugestão, pode-se realizar um *brainwriting*, uma técnica criativa que provê uma forma eficaz e simples para coletar ideias inovadoras, onde se registra por escrito possíveis formas de como resolver um problema, desenvolver um projeto ou melhorar uma situação existente. 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, onde 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 produtos e, no caso, dos conceitos relacionados a eles. Os critérios irão ponderar as alternativas, logo, o especialista deve ter bem claro uma boa descrição deles, falando o envolvem e como eles podem ser avaliados ou medidos. 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. Esses pesos devem ser escolhidos com termos linguísticos e

também deve ser relatada a correspondência de cada um desses termos em números *fuzzy*, para poder realizar a aplicação no FTOPSIS-Class. Todas as escalas verbais deste trabalho devem ser transformadas em números *fuzzy*, no caso as escalas, os pesos e as classes.

#### 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 se não por uma escala verbal.

Logo também se deve selecionar termos linguísticos que servirão para avaliar a importância relativa dos critérios com sua transformação em números *fuzzy*.

A escolha da escala pode ser algo que seja levado sem muita atenção por pessoas despreparadas. No entanto, quando o pesquisador se abdicar de usar o senso comum e passa a se questionar sobre os aspectos da construção de uma escala, descobre que o desenvolvimento de uma escala de medida para um instrumento de pesquisa é uma tarefa complexa (DALMORO; VIEIRA, 2013).

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

Com as fases anteriores já resolvidas, 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. Igualmente com termos linguísticos, 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. As referências *fuzzy* também podem afetar os

grupos, já que, variando os números fuzzy de cada uma das classes, varia-se também o nível dos requisitos para a entrada das alternativas em cada uma delas.

#### 7. Aplicar o FTOPSISIS-class

Finalmente, para classificar e enfim priorizar os conceitos, deve-se aplicar o FTOPSISIS-Class proposto por Ferreira *et al.* (2018).

### 4.2 FASE II

Na segunda proposta desta pesquisa, a Fase II, ocorre a geração das alternativas do produto e também 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 de itens. Cada tipo de item deve ser alocado a uma categoria de acordo com sua natureza, contanto que existam opções de escolha entre cada uma delas, pois caso contrário não existe um problema de decisão.

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, a potência do motor 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, neste caso, 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 abaixo.

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  $V(a_i)$  é a função da alternativa  $i$ ,  $v_i(a_i)$  a função relativa aos itens compostos pela alternativa  $i$  e  $n$  é a quantidade de itens presentes no produto.

$$V(a_i) = f[v_1(a_i), v_2(a_i), \dots, v_n(a_i)] \quad (5)$$

### 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.

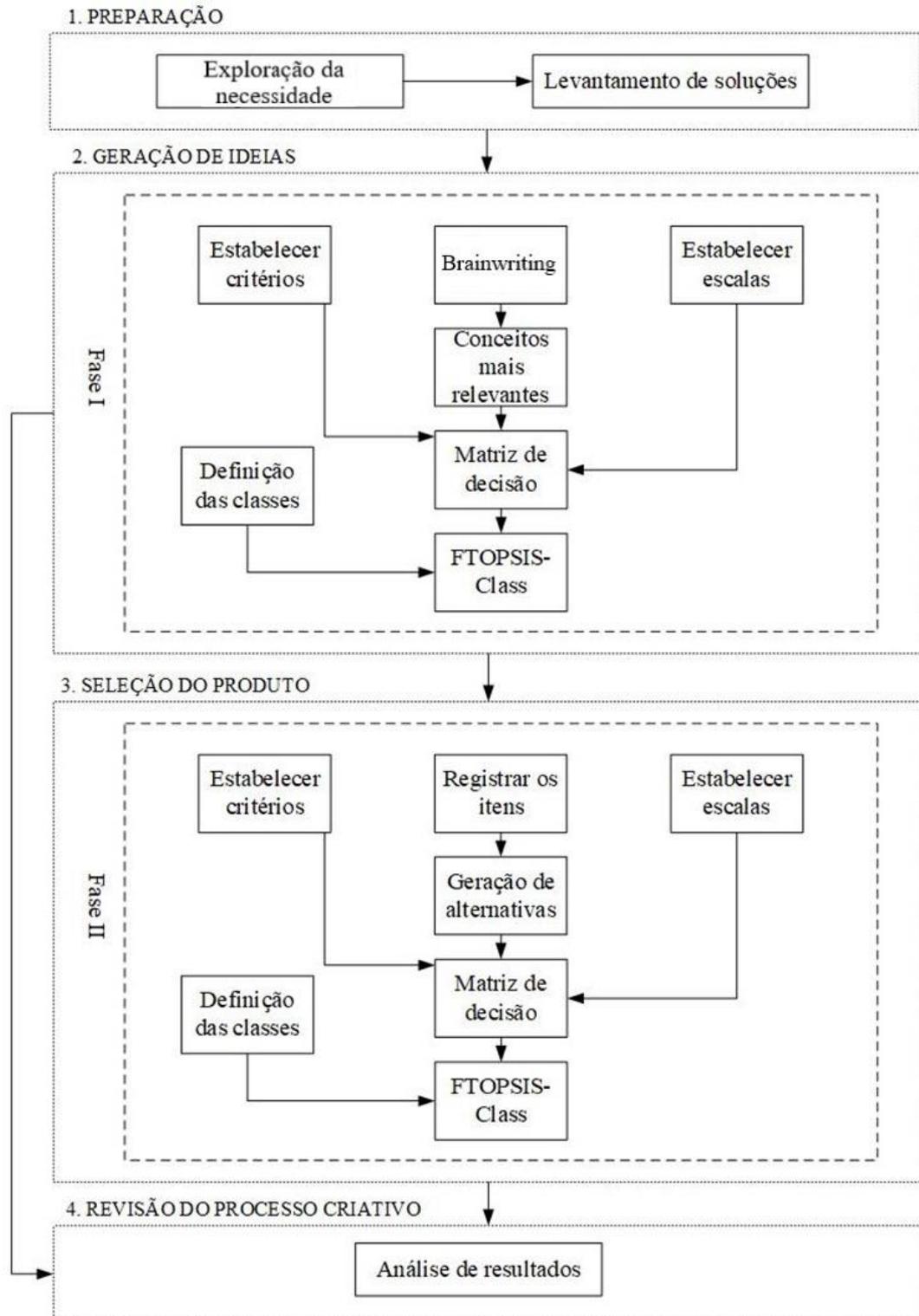
## 4.3 FRAMEWORK DA PROPOSTA

De modo geral, pode-se visualizar todos os procedimentos das Fases I e II de forma compacta e organizada pelo framework demonstrado na Figura 19, 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 19 – Framework da proposta



Fonte: A autora (2019)

## 5 APLICAÇÃO DA PROPOSTA

A aplicação do framework desse trabalho se dará com um projeto de design de facas táticas que foi idealizada e realizada no Centro de Artes e Comunicação na Universidade Federal 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 (1), seleção, fatiamento e raspagem (2), combate (3) e estropia (4).

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. O seguinte trecho foi retirado do texto de Kenneth (2016) e comenta brevemente os procedimentos utilizados para chegar os resultados dele.

“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.

Como já mencionado, o framework proposto neste trabalho se divide em duas principais etapas. A seguir seguirá aplicação da primeira fase no desenvolvimento do produto.

## 5.1 FASE I

### 1. Gerar os conceitos

A partir do *brainwriting* feito pelo especialista surgiram 189 termos dos mais diferentes tipos que são mostrados a seguir:

Tabela 7 – Conceitos gerados por brainwriting

<b>Conceitos</b>				
Autolimpante	Confortável	Ácido	Lagarto	Masculino
Sem manchas	Controlável	Alcalino	Lagartixa	Feminino
Não manchável	Encaixável	Robótico	Esquilo	Transgênero
Manchável	Antropométrico	Futurista	Caverna	Metal
Absorvente	Universal	Retrô	Inseto	Madeira
Seco	Nicho	Steampunk	Aranha	Vidro
Molhado	Prótese	Cyberpunk	Morcego	Cristal
Vivo	Órtese	Medieval	Selva	Acrílico
Morto	Circuito	Orgânico	Praia	Compósito
Pegajoso	Mecanismo	Sóbrio	Porto	Polímero
Oleoso	Forte	Industrial	Mar	Elastômero
Gelatinoso	Fraco	Eletrônico	Tubarão	Borracha
Aderente	Resistente	Sônico	Concha	Polietileno
Antiaderente	Longo	Ruidoso	Barco	Polipropileno
Sucção	Curto	Raspante	Vulcânico	Poliestireno
Áspero	Espesso	Cortante	Cinzas	Aço
Liso	Fino	Perfurante	Poeira	Ouro
Fosco	Largo	Contundente	Enxofre	Prata
Brilhante	Retilíneo	Multi-utilidades	Guerra	Bronze
Luminoso	Circular	Monobloco	Combate	Cobre
Opaco	Grande	Tacos	Letal	Zinco
Transparente	Pequeno	Parafusos	Sobrevivência	Platina
Translúcido	Curvo	Pega	Escalada	Titânio
Reflexivo	Sinuoso	Colante	Coleta	Liga
Escuro	Sujo	Neoprene	Acampamento	Silício
Claro	Limpo	Honeycomb	Trilha	Areia

Colorido	Fácil	Moscas	Sangue	Jateado
Neutro	Difícil	Massivo	Cicatrizante	Galvanizado
Monocromático	Vívido	Pesado	Pendurável	Escovado
Preto	Mórbido	Leve	Arremesso	Polido
Branco	Bonito	Teflon	Minimalista	Cromado
Texturizado	Feio	Modular	Quente	Pintado
Magnético	Charmoso	Deserto	Frio	Bruto
Elétrico	Elegante	Suricate	Úmido	Fibra
Analógico	Híbrido	Escorpião	Escorrer	Couro
Digital	Líquido	Floresta	Evaporar	Aramida
Ergonômico	Sólido	Réptil	Ejetável	Carbono
Usável	Gasoso	Serpente	Regulável	

Fonte: A autora (2019)

## 2. Selecionar os conceitos mais relevantes

Dos 189 conceitos iniciais alguns foram descartados por estarem fora do contexto, como por exemplo os conceitos caverna, selva, porto, mar ou os conceitos cristal ou ouro como um material para uma taca táctica são termos que ficam longe da realidade. Os conceitos foram reduzidos a 66.

Tabela 8 – Conceitos relevantes

<b>Conceitos</b>				
Futurista	Modular	Titânio	Escuro	Longo
Retrô	Teflon	Liga	Claro	Curto
Sóbrio	Neoprene	Silício	Colorido	Espesso
Minimalista	Metal	Aramida	Neutro	Fino
Beleza	Madeira	Carbono	Monocromático	Largo
Elegância	Acrílico	Couro	Leve	Retilíneo
Raspante	Compósito	Jateado	Pendurável	Circular
Cortante	Polímero	Escovado	Regulável	Grande
Perfurante	Elastômero	Polido	Autolimpante	Pequeno
Contundente	Borracha	Áspero	Aderente	Curvado
Multi-utilidades	Polietileno	Liso	Ergonômico	
Monobloco	Polipropileno	Texturizado	Usável	
Parafusos	Poliestireno	Fosco	Confortável	
Pega	Aço	Brilhoso	Resistente	

Fonte: A autora (2019)

## 3. Gerar os critérios.

Segundo o decisor, os critérios que melhor avaliariam as alternativas seriam usabilidade, mecânica, estética e ergonomia. Foi requerido ao especialista que comentasse tais critérios e assim foi obtida tais descrições:

Usabilidade mede as qualidades das coisas em uso e que se fazem uso. Trabalha dentro da ideia de atividade em fluxo, examinando ações e o nível operacionalização (isso é, assimilação instantânea) do organismo do indivíduo. Trabalha questões como memorabilidade (facilidade que um produto tem para fazer lembrar ao usuário o modo ideal para usá-lo) e aprendizibilidade (velocidade com que o usuário aprende a usar o produto).

Mecânica está ligada aos atributos mecânicos, como resistência dos materiais ao cisalhamento, à dobra, à corrosão, à oxidação, ao envelhecimento, à umidade, às altas temperaturas, entre outros crivos. Também se projeta na facilidade com que a faca seria manufaturada, dadas as etapas fabris e os equipamentos necessários.

Estética se relaciona aos atributos artísticos, traduzidos visualmente aos conceitos de moda e estilo. É a beleza aferida e como ela se projeta ao juízo de gosto dos usuários estudados.

Quanto à ergonomia, se a usabilidade aprimora o produto no nível de atividade, a ergonomia está presente no nível de formatação e de adequação antropométrica do produto: encaixe, natureza do encaixe, tamanhos, aderência, e segurança no manuseio.

Com os critérios definidos, foram estipulados os termos linguísticos para os pesos, representados por um número *fuzzy* trapezoidal, apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Pesos

<b>Pesos</b>	<b>Números <i>fuzzy</i></b>
não importante (NI)	(0.0,0.0,0.1,0.2)
moderadamente importante (MI)	(0.1,0.2,0.3,0.4)
importante (IM)	(0.3,0.4,0.5,0.6)
muito importante (MT)	(0.5,0.6,0.7,0.8)
Extremamente importante (EI)	(0.7,0.8,0.9,1.0)

Fonte: A autora (2019)

Os critérios foram selecionados como: muito importante (MT) para usabilidade e ergonomia e importante (IM) para mecânica e estética.

#### 4. Escolher a escala

A escala verbal que foi aplicada aos critérios de cada conceito teve os seguintes termos: não indicado (NI), irrelevante (IR), pouco adequado (PA), adequado (AD) e muito adequado (MA). A devida correspondência da escala verbal de avaliação representada através de números *fuzzy* trapezoidais é apresentada na Tabela 10:

Tabela 10 – Escalas

Escalas	Números fuzzy
não indicado (NI)	(0.0,0.0,0.1,0.2)
irrelevante (IR)	(0.1,0.2,0.3,0.4)
pouco adequado (PA)	(0.3,0.4,0.5,0.6)
adequado (AD)	(0.5,0.6,0.7,0.8)
muito adequado (MA)	(0.7,0.8,0.9,1.0)

Fonte: A autora (2019)

#### 5. Fazer uma matriz de decisão

A matriz de decisão da primeira fase foi construída e preenchida pelo decisor como pode ser observado a seguir.

Tabela 11 – Matriz de decisão da Fase I

Conceitos	Critérios			
	usabilidade	mecânica	estética	ergonomia
Futurista	PA	PA	PA	PA
Retrô	PA	PA	PA	PA
Sóbrio	MA	PA	MA	MA
Minimalista	AD	AD	AD	MA
Beleza	PA	PA	MA	MA
Elegância	IR	IR	PA	PA
Raspante	MA	MA	MA	MA
Cortante	MA	MA	MA	MA
Perfurante	AD	MA	MA	MA
Contudente	PA	MA	MA	MA
Multi-utilidades	PA	MA	AD	MA
Monobloco	AD	IR	MA	MA
Parafusos	AD	MA	MA	PA

Pega	MA	AD	AD	MA
Modular	AD	PA	AD	AD
Teflon	NI	IR	IR	PA
Neoprene	NI	IR	IR	PA
Metal	PA	AD	MA	MA
Madeira	IR	AD	PA	PA
Acrílico	IR	AD	PA	PA
Compósito	IR	MA	PA	AD
Polímero	PA	AD	MA	AD
Elastômero	MA	AD	MA	MA
Borracha	MA	AD	MA	MA
Polietileno	AD	PA	PA	AD
Polipropileno	PA	PA	PA	PA
Poliestireno	PA	PA	PA	PA
Aço	AD	AD	MA	MA
Titânio	AD	MA	MA	MA
Liga	AD	MA	MA	MA
Silício	PA	PA	PA	PA
Aramida	AD	MA	AD	AD
Carbono	AD	MA	MA	AD
Couro	PA	PA	PA	PA
Jateado	PA	AD	MA	PA
Escovado	AD	AD	MA	AD
Polido	AD	PA	PA	AD
Áspero	AD	AD	MA	AD
Liso	PA	PA	IR	AD
Texturizado	AD	AD	MA	AD
Fosco	MA	MA	MA	MA
Brilhoso	PA	AD	MA	PA
Escuro	MA	MA	MA	MA
Claro	PA	IR	IR	PA
Colorido	IR	IR	IR	IR
Neutro	PA	PA	PA	PA
Monocromático	MA	MA	AD	AD
Leve	MA	AD	AD	MA
Pendurável	AD	MA	PA	MA
Regulável	IR	AD	PA	IR
Autolimpante	MA	MA	PA	MA
Aderente	IR	IR	AD	MA
Ergonômico	MA	MA	PA	MA
Usável	MA	PA	PA	MA
Confortável	MA	AD	AD	MA
Resistente	MA	MA	AD	MA
Longo	IR	PA	PA	AD
Curto	IR	PA	PA	AD

Espesso	PA	PA	PA	PA
Fino	IR	IR	IR	PA
Largo	IR	IR	IR	PA
Retilíneo	AD	PA	PA	AD
Circular	AD	PA	AD	AD
Grande	PA	PA	PA	PA
Pequeno	PA	PA	PA	PA
Curvado	PA	PA	AD	PA

Fonte: A autora (2019)

## 6. Definição das classes

As classes mostradas abaixo foram escolhidas para a futura alocação dos conceitos em seus devidos grupos, juntamente com os respectivos números *fuzzy* trapezoidais.

Tabela 12 – Classes

<b>Classes</b>	<b>Números <i>fuzzy</i></b>
inferior (P1)	(0.0,0.1,0.2,0.3)
mediana (P2)	(0.2,0.3,0.4,0.5)
boa (P3)	(0.4,0.5,0.6,0.7)
Excelente (P4)	(0.7,0.8,0.9,1.00)

Fonte: A autora (2019)

## 7. Aplicar o FTOPSISIS-Class

Com todos os passos anteriores efetuados, os dados demonstrados foram aplicados no FTOPSISIS-Class, gerando os resultados que classificaram todos os conceitos, que serão abordados no próximo capítulo.

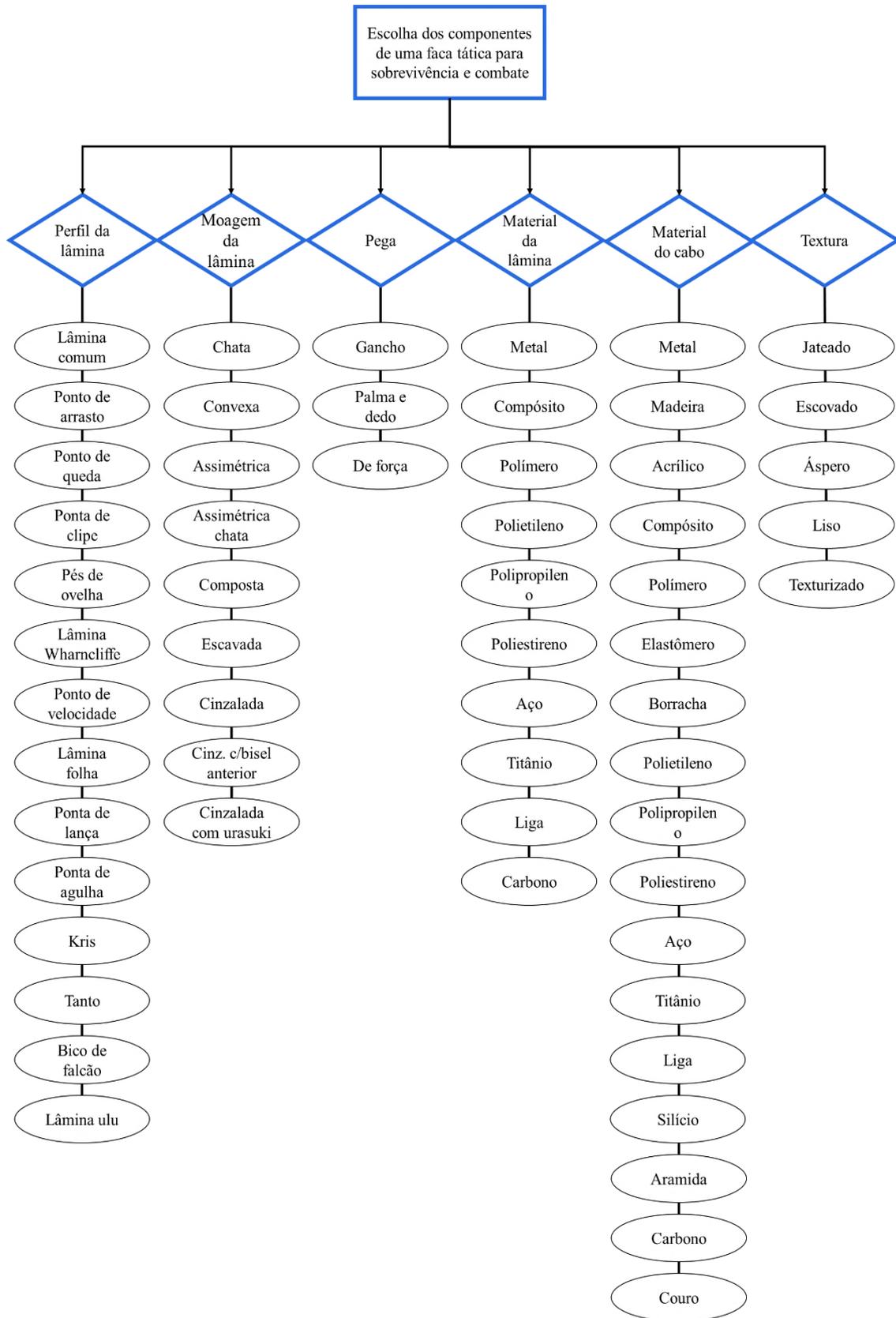
### 5.2 FASE II

#### 1. Registrar os itens e suas possibilidades

Todas os itens da faca foram retirados do texto de Kenneth (2016), entre elas o perfil da lâmina, a moagem da lâmina, a pega da faca, o material da faca e sua textura e cor.

A seguir todas as opções de itens encontradas podem ser visualizadas na Figura 20.

Figura 20 – Itens da faca tática e suas possibilidades



Fonte: A autora (2019)

## 2. Estabelecer os critérios

Os mesmos critérios usados na Fase I foram utilizados nesta etapa.

## 3. Escala verbal

A mesma escala verbal usada na Fase I foi utilizada nessa etapa.

## 4. Geração das alternativas

Nessa fase foi feita uma explosão das decisões para cada item da faca desejada. São 126 combinações diferentes só relacionado aos tipos de lâmina, envolvendo os perfis e tipos de moagem. Adicionando os tipos de pega essa quantidade passa para 378 facas. Aplicando os materiais da lâmina e do cabo passa para 64.260, que, com a adição de texturas passa para 321.300 combinações diferentes. Todas as possibilidades foram consideradas e consequentemente 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  $v_i(a_i)$  para todos os itens e a função vetor para cada um dos 321.300 modelos de faca. A equação 10 abaixo mostra esse cálculo foi feito.

$$V(a_i) = \sum \frac{[v_1(a_i) + v_2(a_i) + \dots + v_n(a_i)]}{n} \quad (6)$$

Portanto a função valor das alternativas foi uma média entre todos os números *fuzzy* dos componentes da faca em relação a cada um dos quatro critérios. É importante explicitar que cada alternativa foi avaliada em relação a seis itens diferentes, o que gera seis valores diferentes nos quatro critérios.

A matriz de decisão dessa fase segue o mesmo padrão da fase I mostrada anteriormente. Foram preenchidas quatro matrizes diferentes para cada um dos quatro tipos de facas.

## 6. Definição das classes

A mesma disposição das classes usada na Fase I foi utilizada nessa etapa.

## 7. Aplicar o FTOPSIS-Class

Com todos os passos anteriores efetuados, os dados de cada uma das quatro facas foram aplicados no FTOPSIS-Class, gerando os resultados que classificaram todas as alternativas de produto nos grupos que foram definidas no passo anterior e também serão abordadas no capítulo posterior.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA APLICAÇÃO

Este capítulo abordará os resultados da classificação obtida pela aplicação do modelo nas duas Fases propostas deste trabalho, trazendo análises e discussões dos dados recebidos após a execução do FTOPSIS-Class.

### 6.1 FASE I

A aplicação do FTOPSIS-Class na Fase I trouxe resultados que serão abordados a seguir. A tabela 13 mostra os coeficientes de proximidade calculados pelo método FTOPSIS-Class que medem o nível de adequação do conceito para cada uma das classes. A forma como eles foram calculados foi apresentado na Figura 17 deste trabalho. Os valores em negrito indicam o maior valor do coeficiente de proximidade para o conceito, portanto a classe à qual ela foi agrupada.

Tabela 13 – Coeficientes de proximidade dos Conceitos (Fase I)

Conceito	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Futurista	0,7130	<b>0,9056</b>	0,7124	0,2870
Retrô	0,7130	<b>0,9056</b>	0,7124	0,2870
Sóbrio	0,3884	0,5136	<b>0,6121</b>	0,6116
Minimalista	0,4437	0,6124	<b>0,7163</b>	0,5563
Beleza	0,5034	0,6654	<b>0,6831</b>	0,4966
Elegância	0,8190	<b>0,8501</b>	0,6757	0,1810
Raspante	0,2988	0,4114	0,6234	<b>0,7012</b>
Cortante	0,2988	0,4114	0,6234	<b>0,7012</b>
Perfurante	0,3538	0,4882	<b>0,7283</b>	0,6462
Contudente	0,4126	0,5681	<b>0,7114</b>	0,5874
Multi-utilidades	0,4577	0,6303	<b>0,7074</b>	0,5423
Monobloco	0,4892	0,5794	<b>0,6679</b>	0,5108
Parafusos	0,4689	0,6472	<b>0,7985</b>	0,5311
Pega	0,3879	0,5341	<b>0,6337</b>	0,6121
Modular	0,5464	0,7254	<b>0,7615</b>	0,4536
Teflon	<b>0,8674</b>	0,7895	0,6505	0,1326
Neoprene	<b>0,8674</b>	0,7895	0,6505	0,1326
Metal	0,4577	0,6303	<b>0,7074</b>	0,5423
Madeira	0,7271	<b>0,8638</b>	0,7062	0,2729
Acrílico	0,7271	<b>0,8638</b>	0,7062	0,2729
Compósito	0,6208	<b>0,7392</b>	0,7179	0,3792
Polímero	0,5144	0,7101	<b>0,7857</b>	0,4856
Elastômero	0,3432	0,4726	0,6292	<b>0,6568</b>
Borracha	0,3432	0,4726	0,6292	<b>0,6568</b>
Polietileno	0,5926	<b>0,7560</b>	0,7332	0,4074

Polipropileno	0,7130	<b>0,9056</b>	0,7124	0,2870
Poliestireno	0,7130	<b>0,9056</b>	0,7124	0,2870
Aço	0,3987	0,5502	<b>0,7216</b>	0,6013
Titânio	0,3538	0,4882	<b>0,7283</b>	0,6462
Liga	0,3538	0,4882	<b>0,7283</b>	0,6462
Silício	0,7130	<b>0,9056</b>	0,7124	0,2870
Aramida	0,4549	0,6293	<b>0,8129</b>	0,5451
Carbono	0,4096	0,5665	<b>0,8319</b>	0,5904
Couro	0,7130	<b>0,9056</b>	0,7124	0,2870
Jateado	0,5742	<b>0,7909</b>	0,7653	0,4258
Escovado	0,4549	0,6293	<b>0,8129</b>	0,5451
Polido	0,5926	<b>0,7560</b>	0,7332	0,4074
Áspero	0,4549	0,6293	<b>0,8129</b>	0,5451
Liso	0,6980	<b>0,7966</b>	0,7012	0,3020
Texturizado	0,4549	0,6293	<b>0,8129</b>	0,5451
Fosco	0,2988	0,4114	0,6234	<b>0,7012</b>
Brilhoso	0,5742	<b>0,7909</b>	0,7653	0,4258
Escuro	0,2988	0,4114	0,6234	<b>0,7012</b>
Claro	0,8035	<b>0,8295</b>	0,6793	0,1965
Colorido	<b>0,9249</b>	0,8118	0,6499	0,0751
Neutro	0,7130	<b>0,9056</b>	0,7124	0,2870
Monocromático	0,3987	0,5502	<b>0,7216</b>	0,6013
Leve	0,3879	0,5341	<b>0,6337</b>	0,6121
Pendurável	0,4442	0,5885	<b>0,6918</b>	0,5558
Regulável	0,7878	<b>0,8497</b>	0,6852	0,2122
Autolimpante	0,3884	0,5136	<b>0,6121</b>	0,6116
Aderente	0,6538	<b>0,7024</b>	0,6449	0,3462
Ergonômico	0,3884	0,5136	<b>0,6121</b>	0,6116
Usável	0,4786	<b>0,6085</b>	0,6052	0,5214
Confortável	0,3879	0,5341	<b>0,6337</b>	0,6121
Resistente	0,3432	0,4726	0,6292	<b>0,6568</b>
Longo	0,7132	<b>0,8191</b>	0,6963	0,2868
Curto	0,7132	<b>0,8191</b>	0,6963	0,2868
Espesso	0,7130	<b>0,9056</b>	0,7124	0,2870
Fino	<b>0,8642</b>	0,8199	0,6632	0,1358
Largo	<b>0,8642</b>	0,8199	0,6632	0,1358
Retilíneo	0,5926	<b>0,7560</b>	0,7332	0,4074
Circular	0,5464	0,7254	<b>0,7615</b>	0,4536
Grande	0,7130	<b>0,9056</b>	0,7124	0,2870
Pequeno	0,7130	<b>0,9056</b>	0,7124	0,2870
Curvado	0,6665	<b>0,8809</b>	0,7328	0,3335

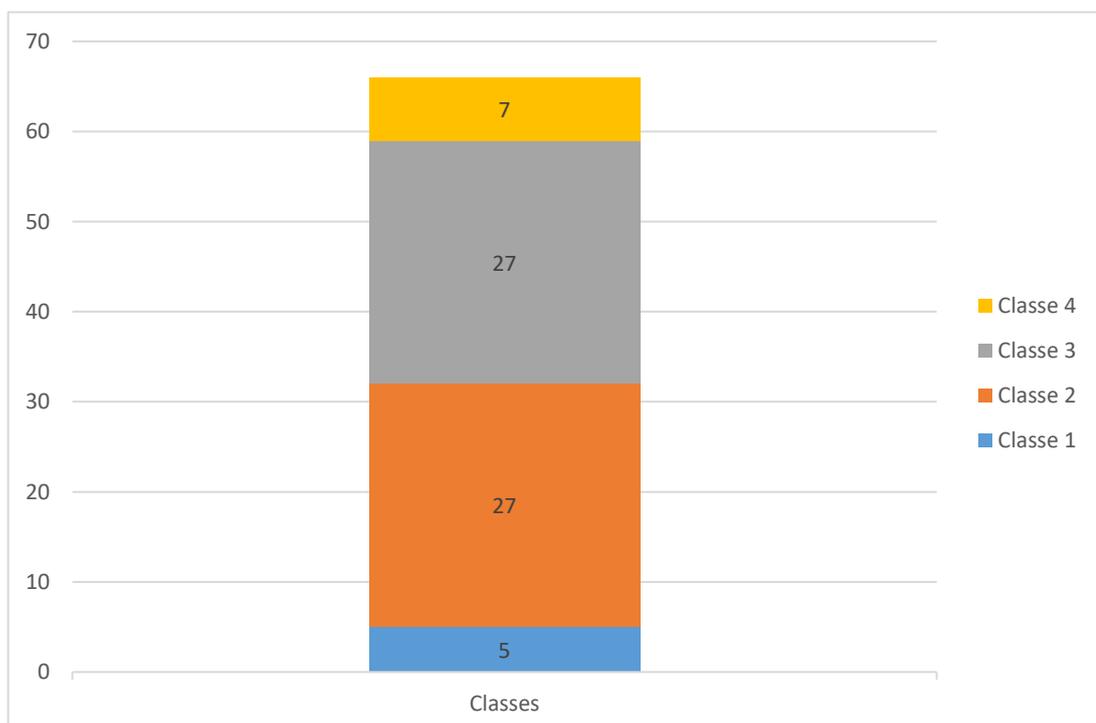
Fonte: A autora (2019)

Analisando a tabela acima conclui-se que os conceitos se aglomeraram da seguinte forma:

- Classe inferior: Teflon, Neoprene, Colorido, Fino e Largo
- Classe mediana: Futurista, Retrô, Elegância, Madeira, Acrílico, Compósito, Polietileno, Polipropileno, Poliestireno, Silício, Couro, Jateado, Polido, Liso, Brilhoso, Claro, Neutro, Regulável, Aderente, Usável, Longo, Curto, Espesso, Retilíneo, Grande, Pequeno e Curvado
- Classe boa: Sóbrio, Minimalista, Beleza, Perfurante, Contundente, Multi-utilidades, Monobloco, Parafusos, Pega, Modular, Metal, Polímero, Aço, Titânio, Liga, Aramida, Carbono, Escovado, Áspero, Texturizado, Monocromático, Leve, Pendurável, Autolimpante, Ergonômico, Confortável e Circular
- Classe excelente: Raspante, Cortante, Elastômero, Borracha, Fosco, Escuro e Resistente

Com os dados assim agregados, 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 organizada e mais segura de trabalhar e fazer suas decisões. A Figura 21 mostra a proporção de conceitos reunidos em cada classe.

Figura 21 – Quantidade de conceitos alocados a cada Classe



Fonte: A autora (2019)

## 6.2 FASE II

A aplicação do FTOPSIS-Class na Fase II traz os mesmos dados e a mesma tabela, porém, como se trata de uma quantidade muito grande de alternativas não é possível expor no texto desse estudo tais planilhas de cada uma das facas.

Para lembrar, o kit ideal de facas táticas seria formado por quatro unidades, cada uma com uma utilidade principal, sendo a faca 1 para laceração, a faca 2 para seleção, fatiamento e raspagem, a faca 3 para combate e a faca 4 para estropia.

Para a Faca 1, foram selecionadas para a melhor classe 984 alternativas. Analisando esse número matematicamente significa que essa classe possui apenas 0,31% do total das alternativas, portanto, ela representa uma classe com rigorosos critérios. Porém, ao examinar o montante de alternativas dentro da classe, ainda se encontra uma quantidade muito grande de produtos para serem considerados individualmente pelo decisor. De mesmo modo, as facas tipo 2, 3 e 4 retornaram a melhor classe com 692, 1424 e 1456 produtos que representam 0,21%, 0,44% e 0,45% das alternativas, respectivamente.

O montante das alternativas encontrado para cada produto continua sendo muito alto para serem avaliadas uma a uma pelo decisor. Para fazer uma análise mais profunda, existem duas opções mais visíveis. A primeira seria reavaliar as classes, criando novas divisões e deixando a classe “excelente” suficientemente rigorosa (sem perder a sensibilidade dos limites entre as classes) para assim retornar uma quantidade razoável a ponto do decisor avaliar suas características e padrões da classe melhor avaliada sozinho.

Uma segunda opção é destrinchar as alternativas e avaliar os padrões das facas encontradas na melhor classe, pois assim seria possível reduzir o espaço de ações do decisor e continuaria com o objetivo da proposta, que é dar um apoio com informações válidas para que o decisor analise as opções e tire suas próprias decisões e não decidir as alternativas por ele.

Nesse estudo em particular, foi optado por seguir a segunda linha de raciocínio em virtude da imensa quantidade de alternativas abordadas, que mesmo alterando as classes, poderiam continuar retornando opções demasiadas e assim necessitando a criação de outros níveis de classes, tornando o processo cansativo e repetitivo. Outro fator negativo para a primeira

proposta é que a criação excessiva de classes poderia acabar descaracterizando-as e confundindo o decisor quanto a diferença entre uma e outra.

Desse modo, serão avaliadas as características presentes nas quatro facas alocadas na Classe 4. Inicialmente existiam 58 tipos de itens diferentes a serem analisados, o que foi reduzido com a aplicação do método e será demonstrado a seguir.

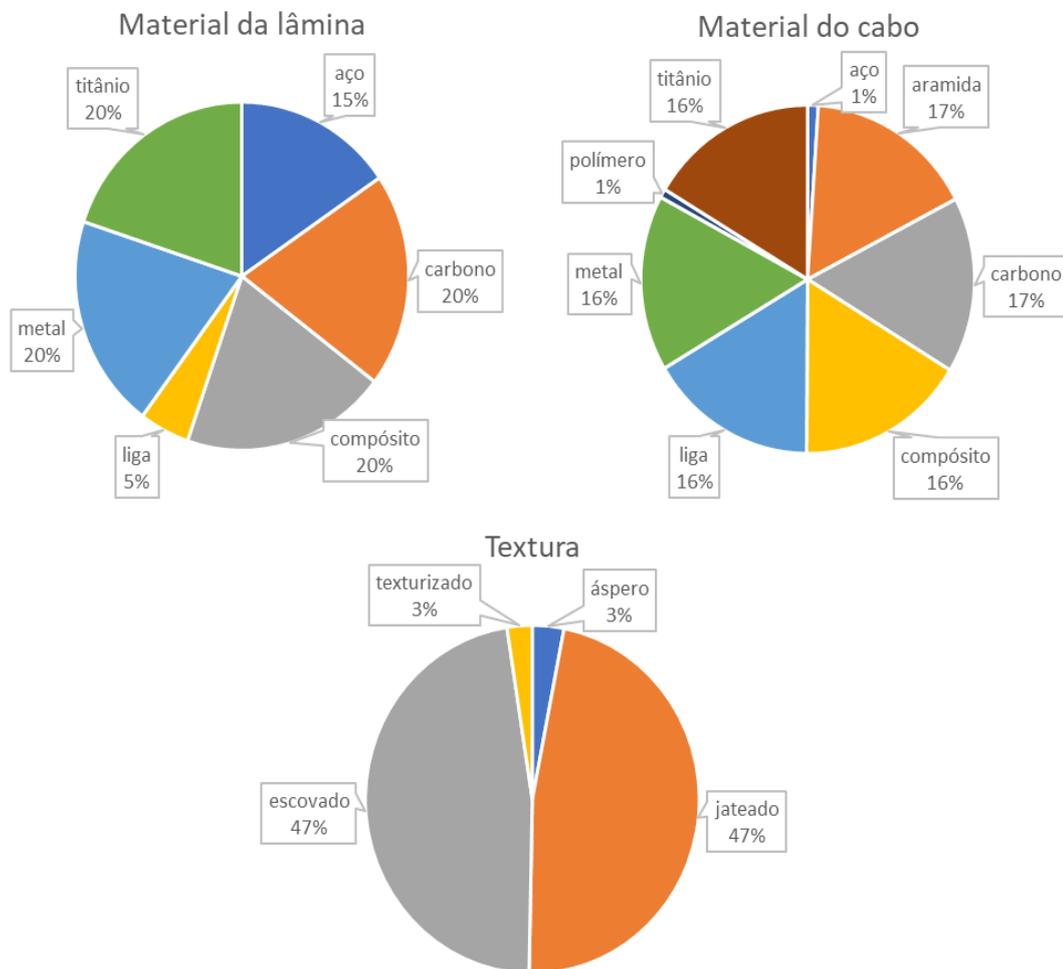
Iniciando essa separação dos padrões de repetição de cada uma das facas, os itens que não estão diretamente ligados à utilidade e usabilidade do objeto não variaram em relação aos quatro modelos. Em todos os exemplares, o material da lâmina, material do cabo e sua textura permaneceram os mesmos, formando um kit uniforme e visualmente agrupado. A seguir, se pode averiguar esses componentes presentes na Classe 4:

- Material lâmina: aço, carbono, compósito, liga, metal, titânio
- Material cabo: aço, aramida, carbono, compósito, liga, metal, polímero, titânio
- Textura: áspero, jateado, escovado, texturizado

Tendo em vista a intenção de repassar as informações dos padrões existentes na melhor classe para o decisor, foram construídos gráficos para repassar esses dados de uma forma menos monótona e cansativa.

Dentre esses itens, no material da lâmina, os que mais estão presentes são o carbono, compósito, metal e titânio. Para o cabo, a frequência dos itens é mais uniforme e os que mais aparecem são a aramida, carbono, compósito, liga metal e titânio. Já na textura, quem representa a grande maioria da classe é o escovado e jateado. Essas informações podem ser verificadas na Figura 22, que resume os dados desses três tipos de itens.

Figura 22 – Proporção do material da lâmina, do cabo e textura encontrados na Classe 4



Fonte: A autora (2019)

Agora, serão apresentados os resultados acerca dos outros tipos de itens, o perfil da lâmina, a moagem da lâmina e a pega da faca, que variam de acordo com o tipo de faca requerido.

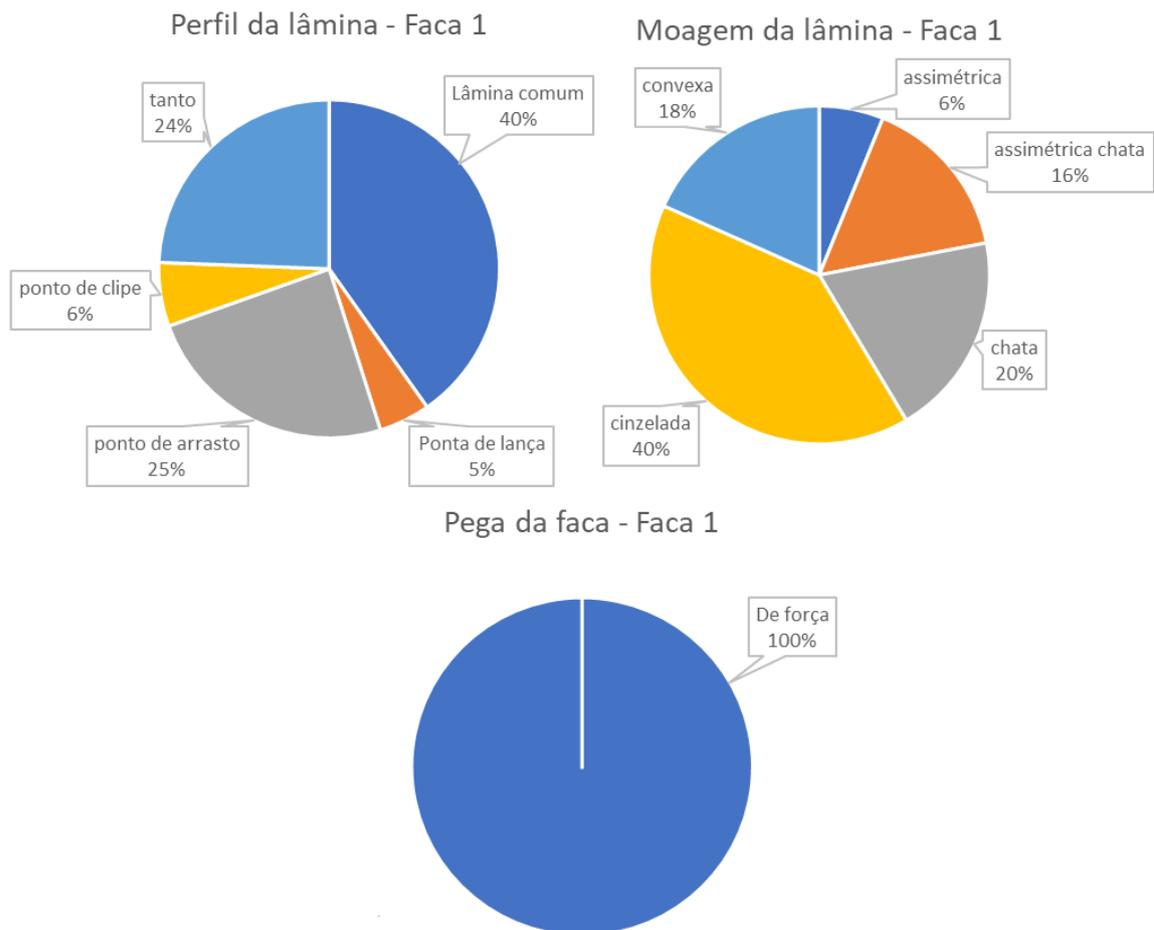
Para a faca do tipo 1 de laceração, os componentes que se encontram presentes na Classe 4 foram:

- Perfil: lâmina comum, ponta de lança, ponto de arrasto, ponto de clipe, tanto
- Moagem: assimétrica, assimétrica chata, chata, cinzelada, convexa
- Pega: de força

Nesse caso, portanto, já se observa que o quesito “pega da faca” não precisa mais ser discutido ou examinado pelo decisor neste modelo, que a pega de força está presente em 100% das alternativas. Verificou-se também que a respeito do perfil e da moagem, que a lâmina

comum e a moagem cinzelada estão presentes em quase metade das opções, porém ainda existem outras opções que também aparecem nesses itens. Essas e outras conclusões e observações podem ser feitas a partir das informações presentes em forma de gráfico na Figura 23.

Figura 23 – Proporção dos itens da Faca 1 na Classe 4



Fonte: A autora (2019)

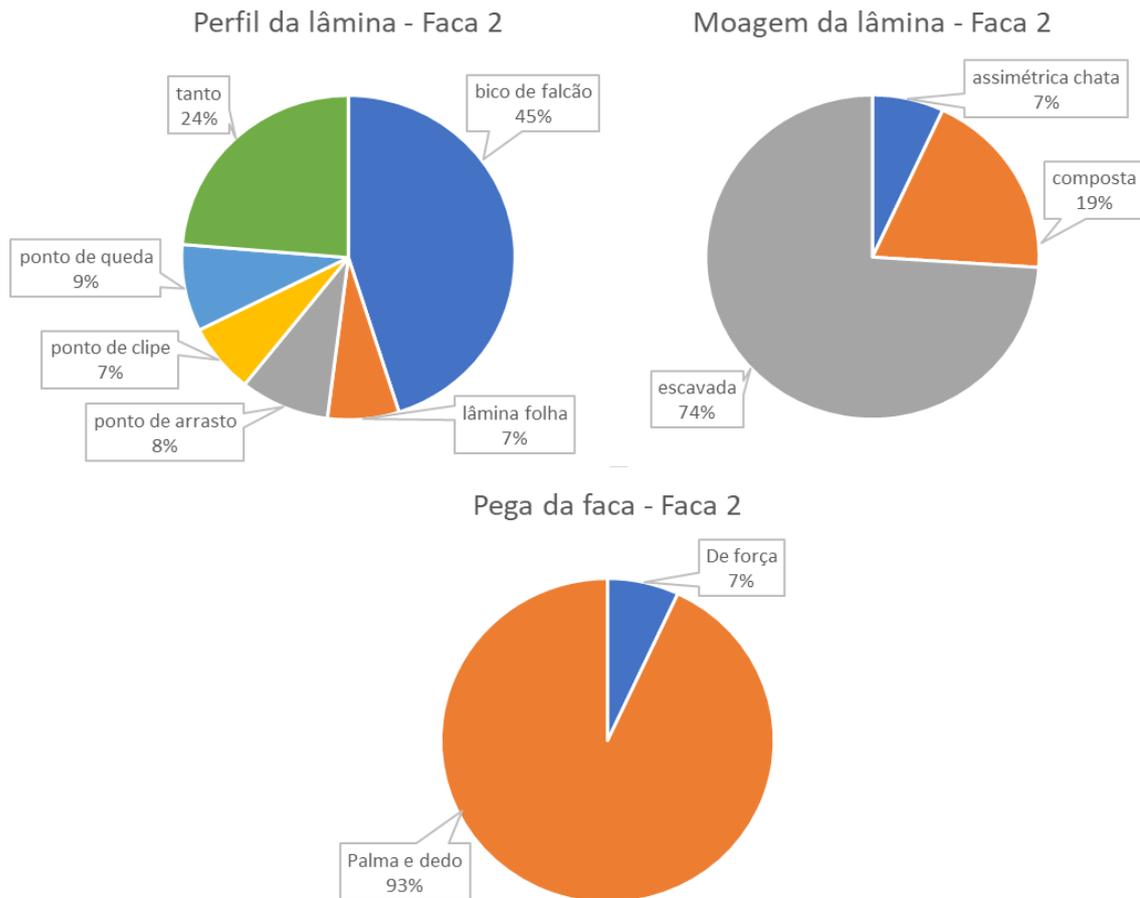
Para a faca do tipo 2, para seleção, fatiamento e raspagem, os itens foram:

- Perfil: bico de falcão, lâmina folha, ponto de arrasto, ponto de clipe, de queda, tanto
- Moagem: assimétrica chata, composta, escavada
- Pega: de força, palma e dedo

Aqui, pode-se investigar pela Figura 24 que a pega da faca de palma e dedo é mais frequente, contudo, ainda assim temos a presença da pega de força dentro das alternativas. O perfil da

lâmina traz variadas opções, tendo a bico de falcão a mais utilizada seguida do perfil tanto. Quanto à moagem, a maioria das possibilidades utiliza a moagem escavada.

Figura 24 – Proporção dos itens da Faca 2 na Classe 4



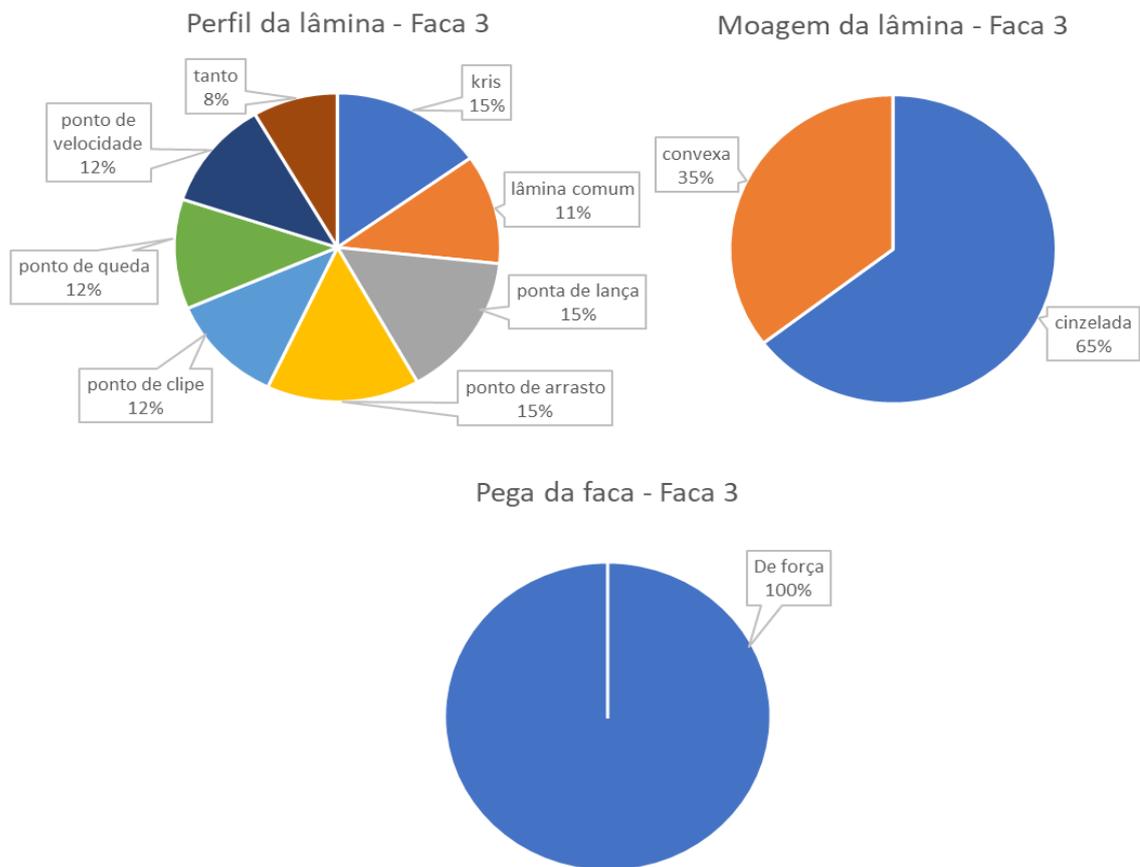
Fonte: A autora (2019)

Quanto a faca do tipo 3 para combate, os componentes encontrados na Classe 4 foram:

- Perfil: kris, lâmina comum, ponta de lança, ponto de arrasto, ponto de clipe, ponto de queda, ponto de velocidade, tanto
- Moagem: cinzelada, convexa
- Pega: de força

Igualmente à faca do tipo 1, apenas a pega de força foi encontrada. O perfil da lâmina tem uma variedade boa de opções, todas com uma proporção bem próxima, o que pode significar que, para esse tipo de faca, diversos tipos de lâminas seriam satisfatórias. A respeito da moagem foram formadas por moagem cinzelada e convexa, sendo a primeira mais frequente.

Figura 25 – Proporção dos itens da Faca 3 na Classe 4



Fonte: A autora (2019)

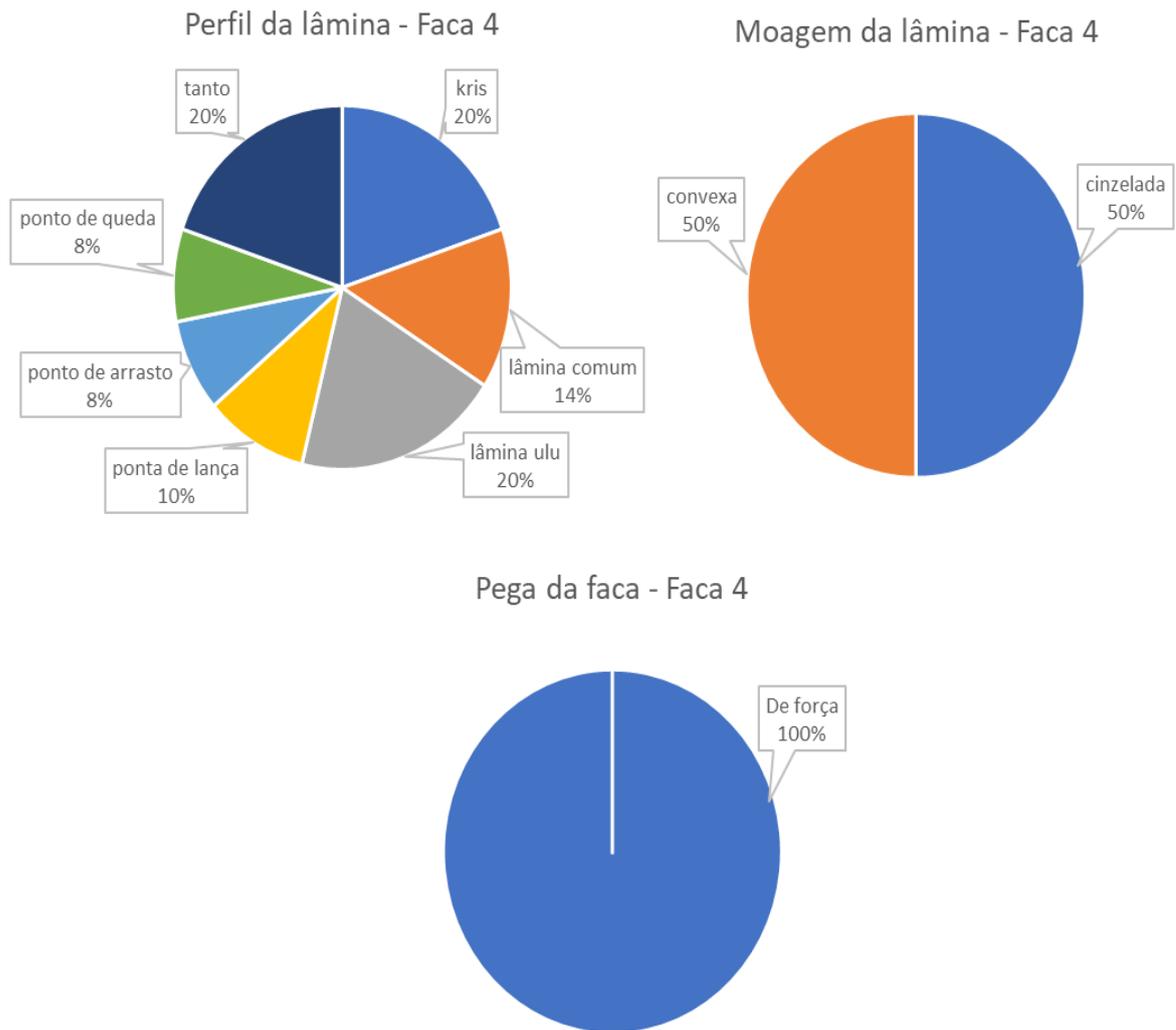
A última faca do tipo 4 para combate, apresenta os seguintes componentes na Classe 4:

- Perfil: kris, lâmina comum, ulu, ponta de lança, ponto de arrasto, de queda, tanto
- Moagem: cinzelada, convexa
- Pega: de força

Igual às facas 1 e 3, apenas a pega de força se apresenta nas alternativas. O perfil apresenta um comportamento parecido com o do modelo de faca anterior, com apenas uma pequena

vantagem percentual para os perfis tanto, kris e ulu em relação às outras. A moagem apresentou um ponto interessante, pois exatamente metade das facas tem a moagem convexa e a outra metade a moagem cinzelada, o que traz a ideia de que ambas as opções são interessantes.

Figura 26 – Proporção dos itens da Faca 4 na Classe 4



Fonte: A autora (2019)

Para agregar as informações relativas à Fase II deste trabalho como um todo, foi preparada a Tabela 14, pontuando e resumindo os resultados obtidos pela aplicação do FTOPSIS-Class. Todas as características que foram discutidas no texto podem ser observadas abaixo.

Tabela 14 – Características dos tipos de faca com aplicação do framework

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			
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	aço, carbono, compósito, liga, metal, titânio	aço, aramida, carbono, compósito, liga, metal, polímero, titânio	áspero, jateado, escovado, texturizado
Faca tipo 4	kris, lâmina comum, lâmina ulu, ponta de lança, ponto de arrasto, ponto de queda, tanto	cinzelada, convexa	pega de força			

Fonte: A autora (2019)

Portanto, com essa tabela e todos os gráficos mostrados anteriormente, o decisor teve 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

### 6.3 COMPARAÇÃO: PROPOSTA E PROCEDIMENTO DE DESIGN DE PRODUTO

Sabendo agora os padrões encontrados nas facas de Classe 4 é possível fazer comparações desses perfis com as facas finais produzidas por Kenneth (2016) através de seus procedimentos tradicionais no meio do Design. Os modelos das quatro facas desenvolvidas por ele seguiram as seguintes especificações mostradas na Tabela 15.

Tabela 15 – Características dos tipos de faca desenvolvidos por Kenneth

<b>Facas</b>	<b>Perfil da lâmina</b>	<b>Moagem da lâmina</b>
Faca tipo 1	Simple	Cinzelada
Faca tipo 2	Bico de falcão	Escavada
Faca tipo 3	Ponta de lança	Cinzelada
Faca tipo 4	Kukri	Cinzelada

Fonte: A autora (2019)

Fazendo uma comparação entre as Tabelas 14 e 15, 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. A lâmina Ulu é uma espécie de facão, um cutelo, que serve para fatiar e estropiar, muito usada para retirar peles de animais. A tanto é uma faca que simula os mesmos efeitos causados pela Katana que é uma espada japonesa, que também era usada para estropia. Logo, 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.

Com isso, pode-se concluir que, em geral, o modelo e método se adaptaram bem ao que estava proposto a eles. Além de trazer ao decisor uma classe de alternativas mais ideais para

desenvolvimento, às quais foram analisadas e pontuadas por um método multicritério de apoio à decisão, ainda retornou resultados coerentes com a realidade de opinião do decisor.

#### 6.4 INTERLIGAÇÃO ENTRE AS FASES I E II

Para testar a interligação entre a Fase I e a Fase II do framework, foi feita uma análise para tratar desse ponto. Uma comparação entre os conceitos encontrados nas melhores classes e os padrões encontrados nas alternativas da mesma classe serão comparados. Serão utilizadas para análise as classes 3 e 4 da Fase I e os padrões da faca de tipo 1, Classe 4, da Fase II.

Na Fase II alguns tipos de itens não estavam presentes na parte mais criativa da Fase I como os perfis, moagem e pega. Isso acontece com determinados itens que são menos relacionados à estética do produto e mais envolvidos com a funcionalidade, pois eles não são necessários nessa parte mais imaginativa e inovadora, normalmente se trata de opções técnicas com suas possibilidades mais bem definidas.

Os itens que se encontraram presentes em ambas as fases foram os materiais, a textura e a utilidade da faca. Todas as informações que podem se relacionar foram reunidas na Tabela 16.

Tabela 16 – Comparação das melhores Classes da Fase I e II

<b>Itens</b>	<b>FASE I</b>	<b>FASE II</b>
Materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metal, Polímero, Aço, Titânio, Liga, Aramida, Carbono (Classe 3)</li> <li>• Elastômero, Borracha (Classe 4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aço, carbono, compósito, liga, metal, titânio (Lâmina – Classe 4)</li> <li>• aço, aramida, carbono, compósito, liga, metal, polímero, titânio (Cabo – Classe 4)</li> </ul>
Textura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escovado, Áspero, Texturizado (Classe 3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• áspero, jateado, escovado, texturizado (Classe 4)</li> </ul>
Utilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfurante, Contundente, Multi-utilidades (Classe 3)</li> <li>• Raspante, Cortante (Classe 4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lâmina comum, ponta de lança, ponto de arrasto, ponto de clipe e tanto. (Faca 1 – Classe 4)</li> </ul>

Fonte: A autora (2019)

Quanto aos materiais, todos os elementos presentes na Classe 3 dos conceitos também se encontraram presentes nas facas da Classe 4. Já os elementos da Classe 4, elastômero e borracha não foram bem classificados na Fase II. A borracha, um material liso, já foi muito utilizada em facas e componentes de facas, o que trazia a importância dela dentro dos conceitos, porém, no projeto em questão, a intenção era criar uma faca que tivesse um cabo texturizado, para evitar o escorregamento e a não fixação da faca na mão, logo um material mais áspero seria mais interessante. A borracha dos conceitos também traz a ideia de sensação emborrachada, o que conceitualmente seria bom, mas a borracha como elastômero, enquanto látex, por si só não é tão aplicável à ideia do projeto que estava sendo desenvolvido.

As texturas, igualmente aos materiais, também estavam todos presentes das facas da Fase II em questão. Mostrando a conexão entre as fases.

Os diferentes tipos de perfis de lâmina servem para atingir os diversos tipos de funcionalidades. De forma geral e resumida, foram tiradas as utilidades principais para os tipos de lâmina da faca tipo 1 encontrados na Classe 4, que foram: lâmina comum, ponta de lança, ponto de arrasto, ponto de clipe e tanto.

Segundo a Lansky Sharpeners (2013), empresa especialista no assunto, pode-se tirar as seguintes resumidas informações:

- Lâmina comum: É a que possui melhor arrasto na perfuração.
- Ponta de lança: É uma das lâminas mais fortes e equilibradas que existe, sendo a que menos sofre estresse durante perfurações, pois a dissipação de energia é igual para toda a faca.
- Ponto de arrasto: É mais indicada à laceração.
- Ponto de clipe: facilita na perfuração, na coleta e seleção de materiais com a ponta da faca e até mesmo na laceração em áreas estreitas.
- Tanto: excelente capacidade para estrofia de sólidos e excelentes níveis de perfuração.

Observa-se que em quase todos os perfis acima a característica perfuração se encontra sempre presente, assim como também foi bem classificada na Fase I dos conceitos. Os outros conceitos, contundente, raspante, multi-utilidades, cortante são outros termos que se referem à serventia da faca, que pode ser usada para diversos objetivos, as diferenças entre os modelos

tratam apenas da facilidade de executar um tipo de atividade ou não. Portanto conceitos que se referem à usabilidade da faca são sempre bem requeridos, independente do modelo. Desse modo, mesmo não se tratando dos mesmos termos ou mesma finalidade, existe uma conexão entre os dois modelos, para a Fase I e II.

Com as análises feitas neste capítulo, 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.

## 7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

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.

Foi desenvolvida uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) envolvendo o uso do MCDM para decisões no DNP. Em seguida 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 também 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 estudo de caso foi realizado no desenvolvimento de um novo kit de facas táticas que abrangiam uma determinada quantidade de características específicas. Com a aplicação do modelo o decisor teve a possibilidade de receber e 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.

Este trabalho trouxe contribuições para a ciência. Uma das principais foi a de mostrar o crescimento das publicações e citações relacionados à área de utilização dos métodos multicritério de apoio a decisão no desenvolvimento de novos produtos, que apesar de ainda ser pouco abordada, é um tema muito importante para a saúde e competitividade de empresas. Também de criar uma inovadora revisão sistemática do estado da arte, que ainda não tinha sido encontrada na literatura que, além de já disponibilizar informações sobre o tema, poderá servir de base para pesquisas futuras na área de DNP, podendo ser utilizadas informações aqui debatidas para outras aplicações. Também não foram encontrados estudos de caso dentro do tema utilizando o FTOPSIS-Class.

Outra importante contribuição é relacionada ao modelo proposto de auxílio à decisão com a problemática de classificação das alternativas dos produtos, que não foi encontrado na RLS,

sendo assim uma proposta renovada. 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 e poderia se tornar interessante. Assim, o decisor teria um instrumento a mais para poder fazer suas decisões e melhorar o resultado final de seus produtos.

Então, a abordagem proposta desta pesquisa traz uma contribuição prática para o meio do design de novos produtos, reduzindo o tempo exigido no desenvolvimento de um novo produto e como consequência, o custo associado ao trabalho do designer. A produtividade também é maior, já que o decisor lidaria com o processo de forma mais segura, fazendo com que ele tenha o mínimo de esforço cognitivo na hora de decidir entre as melhores opções para selecionar um produto final.

As limitações encontradas na revisão sistemática se relacionaram à pouca quantidade de artigos envolvidos no escopo dessa pesquisa, que não permitiram considerações mais específicas. Na abordagem proposta, existe a questão de utilizar um método numérico para tratar de condições qualitativas, o que pode gerar algumas inconsistências quanto à realidade pois é difícil conseguir retratá-la fielmente.

Já no estudo de caso, poderiam ter sido abordados mais itens, para tornar as alternativas mais ricas em detalhes e verídicas como o custo associado aos itens e sua produção, mas tais descrições e possibilidades não estavam disponíveis no trabalho utilizado como base ou o especialista não teve conhecimento específico suficiente para determinar tais suposições.

Espera-se que esse modelo possa ser utilizado e gere resultados satisfatórios para as organizações, fazendo com o processo de DNP seja realizado mais rapidamente e de uma forma racional, trazendo assim economia para a empresa em diversos níveis.

## 7.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, são sugeridas investigações mais específicas relacionadas às aplicações das diferentes áreas do DNP apoiadas pelo MCDM, detalhando melhor as áreas de design as quais as aplicações foram feitas, assim como a adição de novas questões de pesquisa interessantes para o acompanhamento do assunto. Outra sugestão é de reaplicar o modelo em outros estudos de caso.

Outra sugestão é a integração de ferramentas de análise de investimento e riscos para que as escolhas dos produtos sejam baseadas também em relação a esses critérios, extremamente importantes e decisivos para as empresas e investidores.

Em casos onde o projeto envolver o desenvolvimento de produtos que envolvem novas e inovadoras tecnologias pode ser utilizado o framework TCOS que categoriza quatro tipos de incertezas de ideias inovadoras: a viabilidade tecnológica, viabilidade comercial, apropriabilidade organizacional e aceitabilidade social. Segundo Hall e Martin (2005), além das incertezas tecnológicas, comerciais e organizacionais, os desenvolvedores de tal tecnologia normalmente devem resolver as incertezas sociais, uma atividade particularmente difícil devido às complexidades adicionadas e às preocupações conflitantes e/ou difíceis de serem atingidas por partes interessadas secundárias. Devem ser feitas tentativas para abordar as possíveis consequências não intencionais e imprevistas da tecnologia, bem como seus benefícios potenciais, para que ela seja aplicada com sucesso.

## REFERÊNCIAS

- AKAY, D.; KULAK, O. Evaluation of product design concepts using grey-fuzzy information axiom. *JOURNAL OF GREY SYSTEM*, v. 19, n. 3, p. 221–234, 2007.
- AKGUNDUZ, A. et al. Evaluation of sub-component alternatives in product design processes. *ROBOTICS AND COMPUTER-INTEGRATED MANUFACTURING*, v. 18, n. 1, p. 69–81, 2002.
- ATALAY, K. D.; ERASLAN, E. Multi-Criteria Usability Evaluation of Electronic Devices in a Fuzzy Environment. *HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS IN MANUFACTURING & SERVICE INDUSTRIES*, v. 24, n. 3, p. 336–347, 2014.
- AYAG, Z. An integrated approach to evaluating conceptual design alternatives in a new product development environment. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, v. 43, n. 4, p. 687–713, 2005.
- AYAG, Z. An integrated approach to concept evaluation in a new product development. *JOURNAL OF INTELLIGENT MANUFACTURING*, v. 27, n. 5, p. 991–1005, 2016.
- AYAĞ, Z. A fuzzy AHP-based simulation approach to concept evaluation in a NPD environment. *IIE TRANSACTIONS*, v. 37, n. 9, p. 827–842, 2005.
- AYAG, Z.; OZDEMIR, R. G. An analytic network process-based approach to concept evaluation in a new product development environment. *JOURNAL OF ENGINEERING DESIGN*, v. 18, n. 3, p. 209–226, jun. 2007.
- AYAĞ, Z.; ÖZDEMİR, R. G. A hybrid approach to concept selection through fuzzy analytic network process. *Computers and Industrial Engineering*, v. 56, n. 1, p. 368–379, 2009.
- BARIL, C.; YACOUT, S.; CLEMENT, B. An interactive multi-objective algorithm for decentralized decision making in product design. *OPTIMIZATION AND ENGINEERING*, v. 13, n. 1, p. 121–150, mar. 2012.
- BAXTER, M. Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos. 2. ed. São Paulo. Editora Blucher. 2000.
- BIJU, P. L.; SHALIJ, P. R.; PRABHUSHANKAR, G. V. An evaluation tool for sustainable new product development using analytic hierarchy process approach. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT*, v. 11, n. 4, p. 393–413, 2017.
- CEBI, S.; KAHRAMAN, C. Indicator design for passenger car using fuzzy axiomatic design principles. *EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS*, v. 37, n. 9, p. 6470–6481, 2010.
- CHAKRABORTY, K.; MONDAL, S.; MUKHERJEE, K. Analysis of product design characteristics for remanufacturing using Fuzzy AHP and Axiomatic Design. *JOURNAL OF ENGINEERING DESIGN*, v. 28, n. 5, p. 338–368, 2017.
- CHAN, H. K. et al. An Extended Fuzzy-AHP Approach for the Evaluation of Green Product Designs. *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT*, v. 60, n. 2, p. 327–339, 2013.
- CHAN, H. K.; WANG, X.; RAFFONI, A. An integrated approach for green design: Life-cycle, fuzzy AHP and environmental management accounting. *BRITISH ACCOUNTING REVIEW*, v. 46, n. 4, SI, p. 344–360, 2014.

CHANG, H.-C.; CHEN, H.-Y. Optimizing product form attractiveness using Taguchi method and TOPSIS algorithm: A case study involving a passenger car. *CONCURRENT ENGINEERING-RESEARCH AND APPLICATIONS*, v. 22, n. 2, p. 135–147, jun. 2014.

CHANG, H.-W.; WEI, C.-C.; LIN, R.-J. A model for selecting product ideas in fuzzy front end. *CONCURRENT ENGINEERING-RESEARCH AND APPLICATIONS*, v. 16, n. 2, p. 121–128, jun. 2008.

CHEN, C.-T. et al., Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114 (1), 1–9, 2000

CHEN, H. H.; H.I. LEE, A.; TONG, Y. Analysis of new product mix selection at TFT-LCD technological conglomerate network under uncertainty. *Technovation*, v. 26, n. 11, p. 1210–1221, 2006.

CHEN, H. H.; LEE, A. H. I.; TONG, Y. Prioritization and operations NPD mix in a network with strategic partners under uncertainty. *EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS*, v. 33, n. 2, p. 337–346, 2007.

CHEN, R. et al. An integrated approach for automated physical architecture generation and multi-criteria evaluation for complex product design. *JOURNAL OF ENGINEERING DESIGN*, v. 30, n. 2–3, p. 63–101, mar. 2019.

CHEN, W.-C. et al. An Efficient Model for NPD Performance Evaluation Using DEMATEL and Fuzzy ANP-Applied to the TFT-LCD Touch Panel Industry in Taiwan. *Energies*, v. 8, n. 10, p. 11973–12003, 2015.

CHEN, W.-C. et al. A Complete MCDM Model for NPD Performance Assessment in an LED-Based Lighting Plant Factory. *MATHEMATICAL PROBLEMS IN ENGINEERING*, 2018.

CHI, L.-P. et al. A Knowledge Discovery Education Framework Targeting the Effective Budget Use and Opinion Explorations in Designing Specific High Cost Product. *SUSTAINABILITY*, v. 10, n. 8, 2018.

CHIN, K.-S. et al. Group-based ER-AHP system for product project screening. *EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS*, v. 35, n. 4, p. 1909–1929, nov. 2008.

CHIN, K.-S. et al. An Evidential-Reasoning-Interval-Based Method for New Product Design Assessment. *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT*, v. 56, n. 1, p. 142–156, 2009.

CHING-LAI, H.; YOUNG-JOU, L.; TING-YUN, L. A new approach for multiple objective decision making. *Computers and Operations Research*, v. 20, n. 8, p. 889–899, 1993.

CHYU, C.-C.; FANG, Y.-C. A Hybrid Fuzzy Analytic Network Process Approach to the New Product Development Selection Problem. *MATHEMATICAL PROBLEMS IN ENGINEERING*, 2014.

DALMORO, M.; VIEIRA, K. M. Dilemas na construção de escalas tipo likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados? *RGO - Revista Gestão Organizacional*, v. 6, p. 161–174, 2013.

DAVOODI, M. M. et al. Concept selection of car bumper beam with developed hybrid bio-composite material. *MATERIALS & DESIGN*, v. 32, n. 10, p. 4857–4865, 2011.

DE ALMEIDA, A.T., CAVALCANTE, C.A.V., ALENCAR, M.H., FERREIRA, R.J.P., DE ALMEIDA-FILHO, A.T., GARCEZ, T. V. *Multicriteria and Multiobjective Models for*

*Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis*. New York. Springer, 2015.

DE ALMEIDA, A. T. Processo de Decisão nas organizações: Construindo modelos de decisão multicritério. São Paulo: Atlas, 2013.

DENYER, D.; TRANFIELD, D. *The Sage Handbook of Organizational Research Methods*. United Kingdom. SAGE Publications Ltd. 2011

DOWNEN, T. D.; NIGHTINGALE, D. J.; MAGEE, C. L. Multi-attribute value approach to business airplane product assessment. *JOURNAL OF AIRCRAFT*, v. 42, n. 6, p. 1387–1395, 2005.

FENG, Y.-X. et al. Equilibrium Design Based on Design Thinking Solving: An Integrated Multicriteria Decision-Making Methodology. *ADVANCES IN MECHANICAL ENGINEERING*, 2013.

FERREIRA, L., BORENSTEIN, D., RIGHI, M.B., DE ALMEIDA-FILHO, A. A fuzzy hybrid integrated framework for portfolio optimization in private banking. *Expert Systems With Applications*, 2018.

FIXSON, S. K. Product architecture assessment: a tool to link product, process and supply chain design decisions. *JOURNAL OF OPERATIONS MANAGEMENT*, p. 345–369, 2005.

FUNG, R. Y. K.; CHEN, Y.; TANG, J. A quality-engineering-based approach for conceptual product design. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 32, n. 11–12, p. 1064–1073, 2007.

GELDERMANN, J.; LERCHE, N.; SEPULVEDA, J. D. Combining multi-criteria decision analysis and design thinking. *EUROPEAN JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING*, v. 12, n. 5, p. 708–739, 2018.

GOSWAMI, M.; SINGH, J.; KUMAR, V. An enterprise based decision support system for engineering aggregate selection: a case study. *JOURNAL OF ENGINEERING DESIGN AND TECHNOLOGY*, v. 14, n. 4, p. 851–873, 2016.

HALL, J. K.; MARTIN, M. J. C. Disruptive technologies, stakeholders and the innovation value-added chain: a framework for evaluating radical technology development. *R&D Management*, p. 12, 2005.

HSIAO, S.-W.; HSIAO, Y.-T. A study of integrating the grey relational multi-attribute decision making analysis into the selection of product seriation scheme. *JOURNAL OF DISCRETE MATHEMATICAL SCIENCES & CRYPTOGRAPHY*, v. 19, n. 4, p. 911–934, 2016.

HSIAO, S.-W.; LIN, H.-H.; KO, Y.-C. Application of Grey Relational Analysis to Decision-Making during Product Development. *EURASIA JOURNAL OF MATHEMATICS SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION*, v. 13, n. 6, p. 2581–2600, jun. 2017.

HSIAO, S. et al. An ISM, DEI, and ANP based approach for product family development. *Advanced Engineering Informatics*, v. 27, n. 1, p. 131–148, 2013.

HWANG, C.-L.; YOON, K. *Multiple attribute decision making—Methods and application. A state of the art survey*. [s.l.] Springer-Verlag, 1981.

IRANMANESH, H.; THOMSON, V. Competitive advantage by adjusting design characteristics to satisfy cost targets. *International Journal of Production Economics*, v. 115, n. 1, p. 64–71, 2008.

JIANG, H. et al. A methodology of integrating affective design with defining engineering specifications for product design. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION*

RESEARCH, v. 53, n. 8, p. 2472–2488, 2015.

KAHRAMAN, C. Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making - Theory and Applications with Recent Developments. Turkey. Springer. 2008.

KAHRAMAN, C.; BUYUKOZKAN, G.; ATEŞ, N. Y. A two phase multi-attribute decision-making approach for new product introduction. *INFORMATION SCIENCES*, v. 177, n. 7, p. 1567–1582, 2007.

KANG, H.-Y. et al. A Model for Selecting Technologies in New Product Development. *MATHEMATICAL PROBLEMS IN ENGINEERING*, 2012.

KANG, X. et al. Integrating Evaluation Grid Method and Fuzzy Quality Function Deployment to New Product Development. *MATHEMATICAL PROBLEMS IN ENGINEERING*, 2018.

KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. Decisions with Multiple Objectives - Preferences and Value Tradeoffs. [s.l.] Cambridge University Press, 1993.

KENNETH, W. ERGONOMIA & USABILIDADE: ESTUDO DE MODELOS DE FACAS TÁTICAS E PROPOSIÇÃO DE NOVAS CONFIGURAÇÕES PARA ADEQUAÇÃO AO USO MILITAR E DESPORTIVO EM AMBIENTES HOSTIS. 2016. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

KULAK, O.; DURMUSOGLU, M. B.; KAHRAMAN, C. Fuzzy multi-attribute equipment selection based on information axiom. *JOURNAL OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY*, 2005.

KUMAR, P.; TANDON, P. A paradigm for customer-driven product design approach using extended axiomatic design. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v. 30, n. 2, p. 589–603, 2019.

KUO, T. C.; CHANG, S. H.; HUANG, S. H. Environmentally conscious design by using fuzzy multi-attribute decision-making. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY*, v. 29, n. 5, p. 419–425, jun. 2006.

LANSKY SHARPENERS. Knife Blade Profiles and Uses. Disponível em: <<https://lansky.com/blog/knife-blade-profiles-and-uses/>>. Acesso em: 27 jun. 2019.

LEE, A. H. I. et al. An evaluation framework for product planning using FANP, QFD and multi-choice goal programming. *International Journal of Production Research*, v. 48, n. 13, p. 3977–3997, 2010.

LEE, A. H. I. et al. A novel fuzzy quality function deployment framework. *QUALITY TECHNOLOGY AND QUANTITATIVE MANAGEMENT*, v. 14, n. 1, p. 44–73, 2017.

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

LEE, W. B. et al. A fuzzy analytic hierarchy process approach in modular product design. *EXPERT SYSTEMS*, v. 18, n. 1, p. 32–42, 2001.

LEVIN, M. Modular System Design and Evaluation. 1 ed. UK. Springer. 2015.

LI, Y.; SHIEH, M.-D.; YANG, C.-C. A posterior preference articulation approach to Kansei engineering system for product form design. *RESEARCH IN ENGINEERING DESIGN*, v. 30, n. 1, p. 3–19, jan. 2019.

LIN, C.-Y.; LEE, A. H. I.; KANG, H.-Y. An integrated new product development

framework - an application on green and low-carbon products. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SYSTEMS SCIENCE*, v. 46, n. 4, p. 733–753, mar. 2015.

LIN, H.-H.; HSIAO, S.-W. A Study of the Evaluation of Products by Industrial Design Students. *EURASIA JOURNAL OF MATHEMATICS SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION*, v. 14, n. 1, p. 239–254, jan. 2018.

LIN, M.-C. et al. Using AHP and TOPSIS approaches in customer-driven product design process. *COMPUTERS IN INDUSTRY*, v. 59, n. 1, p. 17–31, jan. 2008.

LINSEY, J. S.; BECKER, B. Effectiveness of Brainwriting Techniques: Comparing Nominal Groups to Real Teams. *Design Creativity*, p. 165–171, 2010.

LIU, H.-T. Product design and selection using fuzzy QFD and fuzzy MCDM approaches. *APPLIED MATHEMATICAL MODELLING*, v. 35, n. 1, p. 482–496, jan. 2011.

MA, J.; KREMER, G. E. O.; RAY, C. D. 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, p. 469–487, jul. 2018.

MADU, C. N.; KUEI, C.; MADU, I. E. A hierarchic metric approach for integration of green issues in manufacturing: a paper recycling application. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT*, v. 64, n. 3, p. 261–272, mar. 2002.

MAGHSOODI, A. I. et al. Hybrid hierarchical fuzzy group decision-making based on information axioms and BWM: Prototype design selection. *COMPUTERS & INDUSTRIAL ENGINEERING*, v. 127, p. 788–804, jan. 2019.

MANSOR, M. R. et al. Conceptual design of kenaf fiber polymer composite automotive parking brake lever using integrated TRIZ-Morphological Chart-Analytic Hierarchy Process method. *MATERIALS & DESIGN*, v. 54, p. 473–482, 2014.

MARTIN, B.; HANINGTON, B. *Universal Methods of Design*. [s.l.] ROCKPORT PUBLISHERS, 2012.

MOTLAGH, S. M. H. et al. Fuzzy PROMETHEE GDSS for technical requirements ranking in HOQ. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY*, v. 76, n. 9–12, p. 1993–2002, 2015.

MOUSAVI, S. M.; TORABI, S. A.; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R. A Hierarchical Group Decision-Making Approach for New Product Selection in a Fuzzy Environment. *ARABIAN JOURNAL FOR SCIENCE AND ENGINEERING*, v. 38, n. 11, p. 3233–3248. 2013.

NASIRI-ZARANDI, R.; MIRSALEM, M.; CAVAGNINO, A. Analysis, Optimization, and Prototyping of a Brushless DC Limited-Angle Torque-Motor with Segmented Rotor Pole Tip Structure. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, v. 62, n. 8, p. 4985–4993, 2015.

NG, C. Y. Evidential reasoning-based Fuzzy AHP approach for the evaluation of design alternatives' environmental performances. *APPLIED SOFT COMPUTING*, v. 46, p. 381–397, 2016.

NG, C. Y.; CHUAH, K. B. Evaluation of Design Alternatives' Environmental Performance Using AHP and ER Approaches. *IEEE SYSTEMS JOURNAL*, v. 8, n. 4, p. 1182–1189, 2014.

NG, C. Y.; CHUAH, K. B. A hybrid approach for environmental impact evaluation of design options. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SUSTAINABLE ENGINEERING*, v. 9, n.

2, p. 141–151, 2016.

OZSOY, H. O.; YILMAZ OZSOY, C. PRODUCT DESIGN CONCEPT EVALUATION BY USING ANALYTICAL HIERARCHY AND ANALYTICAL NETWORK PROCESSES. *METU JOURNAL OF THE FACULTY OF ARCHITECTURE*, v. 35, n. 2, p. 119–146, 2018.

RENZI, C.; LEALI, F. A Multicriteria Decision-Making Application to the Conceptual Design of Mechanical Components. *JOURNAL OF MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS*, v. 23, n. 3–4, p. 87–111, 2016.

ROY, B. *Multicriteria methodology for decision aiding*. [s.l.] Kluwer Academic Publishers, 1996.

SHIDPOUR, H.; DA CUNHA, C.; BERNARD, A. Group multi-criteria design concept evaluation using combined rough set theory and fuzzy set theory. *EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS*, v. 64, p. 633–644, 2016.

SILVA, D. F. de L. Estado da arte em modelagem financeira com múltiplos critérios através de uma revisão sistemática e um novo método pdtopsis-sort aplicado na avaliação de debêntures. Dissertação - Programa de Pos Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

SONG, W.; MING, X.; WU, Z. An integrated rough number-based approach to design concept evaluation under subjective environments. *JOURNAL OF ENGINEERING DESIGN*, v. 24, n. 5, p. 320–341, 2013.

STEINBERG, F.; WOLL, R. EVALUATION OF PRODUCT DESIGN ANALYSES FOR THE IDENTIFICATION OF PERCEPTION-DEFINING CHARACTERISTICS. *MANAGEMENT AND PRODUCTION ENGINEERING REVIEW*, v. 6, n. 2, p. 45–55, 2015.

TIAN, G. et al. Automotive style design assessment and sensitivity analysis using integrated analytic hierarchy process and technique for order preference by similarity to ideal solution. *ADVANCES IN MECHANICAL ENGINEERING*, v. 8, n. 5, 2016.

TIAN, G. et al. AHP, Gray Correlation, and TOPSIS Combined Approach to Green Performance Evaluation of Design Alternatives. *IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN CYBERNETICS-SYSTEMS*, v. 48, n. 7, p. 1093–1105, jul. 2018.

TIAN, Z. et al. Simplified Neutrosophic Linguistic Multi-criteria Group Decision-Making Approach to Green Product Development. *GROUP DECISION AND NEGOTIATION*, v. 26, n. 3, p. 597–627, 2017.

TIWARI, V.; JAIN, P. K.; TANDON, P. An integrated Shannon entropy and TOPSIS for product design concept evaluation based on bijective soft set. *JOURNAL OF INTELLIGENT MANUFACTURING*, v. 30, n. 4, p. 1645–1658, 2019.

TRAPPEY, C. V et al. A strategic product portfolio management methodology considering R&D resource constraints for engineering-to-order industries. *INTERNATIONAL JOURNAL OF TECHNOLOGY MANAGEMENT*, v. 48, n. 2, p. 258–276, 2009.

UCLER, C. BRAINSTORMING THE CRYOPLANE LAYOUT BY USING THE ITERATIVE AHP-QFD-AHP APPROACH. *AVIATION*, v. 21, n. 2, p. 55–63, 2017.

VINODH, S. et al. Application of fuzzy analytic network process for agile concept selection in a manufacturing organisation. *International Journal of Production Research*, v. 48, n. 24, p. 7243–7264, 2010.

WANG, C.-H.; CHEN, H.-N. Using quality function deployment for collaborative

product design and optimal selection of module mix. *COMPUTERS & INDUSTRIAL ENGINEERING*, v. 63, n. 4, p. 1030–1037, 2012.

WANG, X.; CHAN, H. K.; LI, D. A case study of an integrated fuzzy methodology for green product development. *EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH*, v. 241, n. 1, p. 212–223, 2015.

WEI, W.-L.; CHANG, W.-C. Analytic network process-based model for selecting an optimal product design solution with zero-one goal programming. *JOURNAL OF ENGINEERING DESIGN*, v. 19, n. 1, p. 15–44, 2008.

WU, M.-C.; LO, Y.-F.; HSU, S.-H. A fuzzy CBR technique for generating product ideas. *EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS*, v. 34, n. 1, p. 530–540, jan. 2008.

WU, Y.; CHENG, J. Continuous Fuzzy Kano Model and Fuzzy AHP Model for Aesthetic Product Design: Case Study of an Electric Scooter. *MATHEMATICAL PROBLEMS IN ENGINEERING*, 2018.

YAN, L.-J. et al. Group-based product scheme-screening decision method based on fuzzy AHP and evidential reasoning theory. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, v. 50, n. 1, SI, p. 133–159, 2012.

YOUNESI, M.; ROGHANIAN, E. 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, p. 385–394, 2015.

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. *INFORMATION AND CONTROL*, v. 8, p. 338–353, 1965.

ZHANG, Z.; CHU, X. A new integrated decision-making approach for design alternative selection for supporting complex product development. *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING*, v. 22, n. 3, p. 179–198, 2009.

ZHU, G.-N. et al. An integrated AHP and VIKOR for design concept evaluation based on rough number. *ADVANCED ENGINEERING INFORMATICS*, v. 29, n. 3, p. 408–418, 2015.

**APÊNDICE A – COLETÂNEA DOS ARTIGOS FINAIS DA RSL**

	<b>Título do artigo</b>	<b>Autor e ano</b>
1	a fuzzy analytic hierarchy process approach in modular product design	(LEE et al., 2001)
2	a hierarchic metric approach for integration of green issues in manufacturing: a paper recycling application	(MADU; KUEI; MADU, 2002)
3	evaluation of sub-component alternatives in product design processes	(AKGUNDUZ <i>et al.</i> , 2002)
4	a fuzzy AHP-based simulation approach to concept evaluation in a DNP environment	(AYAĞ, 2005)
5	multi-attribute value approach to business airplane product assessment	(DOWNEN; NIGHTINGALE; MAGEE, 2005)
6	an integrated approach to evaluating conceptual design alternatives in a new product development environment	(AYAG, 2005)
7	environmentally conscious design by using fuzzy multi-attribute decision-making	(KUO; CHANG; HUANG, 2006)
8	environmentally conscious design by using fuzzy multi-attribute decision-making	(KUO; CHANG; HUANG, 2006)
9	analysis of new product mix selection at TFT-LCD technological conglomerate network under uncertainty	(CHEN; H.I. LEE; TONG, 2006)
10	evaluation of product design concepts using grey-fuzzy information axiom	(AKAY; KULAK, 2007)
11	prioritization and operations DNP mix in a network with strategic partners under uncertainty	(CHEN; LEE; TONG, 2007)
12	an analytic network process-based approach to concept evaluation in a new product development environment	(AYAG; OZDEMIR, 2007)
13	a quality-engineering-based approach for conceptual product design	(FUNG; CHEN; TANG, 2007)
14	a two phase multi-attribute decision-making approach for new product introduction	(KAHRAMAN; BUYUKOZKAN; ATES, 2007)
15	a model for selecting product ideas in fuzzy front end	(CHANG; WEI; LIN, 2008)
16	a fuzzy CBR technique for generating product ideas	(WU; LO; HSU, 2008)
17	group-based ER-AHP system for product project screening	(CHIN <i>et al.</i> , 2008)
18	competitive advantage by adjusting design characteristics to satisfy cost targets	(IRANMANESH; THOMSON, 2008)

19	using AHP and TOPSIS approaches in customer-driven product design process	(LIN <i>et al.</i> , 2008)
20	analytic network process-based model for selecting an optimal product design solution with zero-one goal programming	(WEI; CHANG, 2008)
21	a hybrid approach to concept selection through fuzzy analytic network process	(AYAĞ; ÖZDEMİR, 2009)
22	an evidential-reasoning-interval-based method for new product design assessment	(CHIN <i>et al.</i> , 2009)
23	a new integrated decision-making approach for design alternative selection for supporting complex product development	(ZHANG; CHU, 2009)
24	a strategic product portfolio management methodology considering R&D resource constraints for engineering-to-order industries	(TRAPPEY <i>et al.</i> , 2009)
25	indicator design for passenger car using fuzzy axiomatic design principles	(CEBI; KAHRAMAN, 2010)
26	application of fuzzy analytic network process for agile concept selection in a manufacturing organisation	(VINODH <i>et al.</i> , 2010)
27	an evaluation framework for product planning using FANP, QFD and multi-choice goal programming	(LEE <i>et al.</i> , 2010)
28	product design and selection using fuzzy QFD and fuzzy MCDM approaches	(LIU, 2011)
29	concept selection of car bumper beam with developed hybrid bio-composite material	(DAVOODI <i>et al.</i> , 2011)
30	group-based product scheme-screening decision method based on fuzzy AHP and evidential reasoning theory	(YAN <i>et al.</i> , 2012)
31	using quality function deployment for collaborative product design and optimal selection of module mix	(WANG; CHEN, 2012)
32	an interactive multi-objective algorithm for decentralized decision making in product design	(BARIL; YACOUT; CLEMENT, 2012)
33	a model for selecting technologies in new product development	(KANG <i>et al.</i> , 2012)
34	an extended fuzzy-AHP approach for the evaluation of green product designs	(CHAN <i>et al.</i> , 2013)
35	an integrated rough number-based approach to design concept evaluation under subjective environments	(SONG; MING; WU, 2013)
36	equilibrium design based on design thinking solving: an integrated multicriteria decision-making methodology	(FENG <i>et al.</i> , 2013)

37	an ISM, DEI, and ANP based approach for product family development	(HSIAO <i>et al.</i> , 2013)
38	a hierarchical group decision-making approach for new product selection in a fuzzy environment	(MOUSAVI; TORABI; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, 2013)
39	evaluation of design alternatives' environmental performance using AHP and ER approaches	(NG; CHUAH, 2014)
40	optimizing product form attractiveness using Taguchi method and TOPSISs algorithm: a case study involving a passenger car	(CHANG; CHEN, 2014)
41	conceptual design of kenaf fiber polymer composite automotive parking brake lever using integrated triz-morphological chart-analytic hierarchy process method	(MANSOR <i>et al.</i> , 2014)
42	an integrated approach for green design: life-cycle, fuzzy ahp and environmental management accounting	(CHAN; WANG; RAFFONI, 2014)
43	multi-criteria usability evaluation of electronic devices in a fuzzy environment	(ATALAY; ERASLAN, 2014)
44	a hybrid fuzzy analytic network process approach to the new product development selection problem	(CHYU; FANG, 2014)
45	an integrated ahp and vikor for design concept evaluation based on rough number	(ZHU <i>et al.</i> , 2015)
46	analysis, optimization, and prototyping of a brushless dc limited-angle torque-motor with segmented rotor pole tip structure	(NASIRI-ZARANDI; MIRSALIM; CAVAGNINO, 2015)
47	evaluation of product design analyses for the identification of perception-defining characteristics	(STEINBERG; WOLL, 2015)
48	a methodology of integrating affective design with defining engineering specifications for product design	(JIANG <i>et al.</i> , 2015)
49	an integrated new product development framework - an application on green and low-carbon products	(LIN; LEE; KANG, 2015)
50	a framework for sustainable product design: a hybrid fuzzy approach based on quality function deployment for environment	(YOUNESI; ROGHANIAN, 2015)
51	an efficient model for DNP performance evaluation using dematel and fuzzy anp-applied to the tft-lcd touch panel industry in taiwan	(CHEN <i>et al.</i> , 2015)
52	a case study of an integrated fuzzy methodology for green product development	(WANG; CHAN; LI, 2015)
53	fuzzy promethee gdss for technical requirements ranking in hoq	(MOTLAGH <i>et al.</i> , 2015)

54	an integrated approach to concept evaluation in a new product development	(AYAG, 2016)
55	a multicriteria decision-making application to the conceptual design of mechanical components	(RENZI; LEALI, 2016)
56	automotive style design assessment and sensitivity analysis using integrated analytic hierarchy process and technique for order preference by similarity to ideal solution	(TIAN <i>et al.</i> , 2016)
57	an enterprise based decision support system for engineering aggregate selection: a case study	(GOSWAMI; SINGH; KUMAR, 2016)
58	a study of integrating the grey relational multi-attribute decision making analysis into the selection of product seriation scheme	(HSIAO; HSIAO, 2016)
59	a hybrid approach for environmental impact evaluation of design options	(NG; CHUAH, 2016)
60	group multi-criteria design concept evaluation using combined rough set theory and fuzzy set theory	(SHIDPOUR; DA CUNHA; BERNARD, 2016)
61	evidential reasoning-based fuzzy ahp approach for the evaluation of design alternatives' environmental performances	(NG, 2016)
62	application of grey relational analysis to decision-making during product development	(HSIAO; LIN; KO, 2017)
63	simplified neutrosophic linguistic multi-criteria group decision-making approach to green product development	(TIAN <i>et al.</i> , 2017)
64	an evaluation tool for sustainable new product development using analytic hierarchy process approach	(BIJU; SHALIJ; PRABHUSHANKAR, 2017)
65	brainstorming the cryoplane layout by using the iterative ahp-qfd-ahp approach	(UCLER, 2017)
66	analysis of product design characteristics for remanufacturing using fuzzy ahp and axiomatic design	(CHAKRABORTY; MONDAL; MUKHERJEE, 2017)
67	a novel fuzzy quality function deployment framework	(A. H. I. Lee, Kang, Lin, & Chen, 2017)
68	ahp, gray correlation, and topsis combined approach to green performance evaluation of design alternatives	(TIAN <i>et al.</i> , 2018)
69	a complete mcdm model for DNP performance assessment in an led-based lighting plant factory	(CHEN <i>et al.</i> , 2018)
70	a study of the evaluation of products by industrial design students	(LIN; HSIAO, 2018)

71	a knowledge discovery education framework targeting the effective budget use and opinion explorations in designing specific high cost product	(CHI <i>et al.</i> , 2018)
72	combining multi-criteria decision analysis and design thinking	(GELDERMANN; LERCHE; SEPULVEDA, 2018)
73	continuous fuzzy kano model and fuzzy ahp model for aesthetic product design: case study of an electric scooter	(WU; CHENG, 2018)
74	integrating evaluation grid method and fuzzy quality function deployment to new product development	(KANG <i>et al.</i> , 2018)
75	product design concept evaluation by using analytical hierarchy and analytical network processes	(OZSOY; YILMAZ OZSOY, 2018)
76	an integrated shannon entropy and topsis for product design concept evaluation based on bijective soft set	(TIWARI; JAIN; TANDON, 2019)
77	an integrated approach for automated physical architecture generation and multi-criteria evaluation for complex product design	(CHEN <i>et al.</i> , 2019)
78	a paradigm for customer-driven product design approach using extended axiomatic design	(KUMAR; TANDON, 2019)
79	a posterior preference articulation approach to kansei engineering system for product form design	(LI; SHIEH; YANG, 2019)
80	hybrid hierarchical fuzzy group decision-making based on information axioms and bwm: prototype design selection	(MAGHSOODI <i>et al.</i> , 2019)

Fonte: A autora (2019)