

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

FELIPE FONTENELLE

**MÉTODO PARA A AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE SISTEMAS E MATERIAIS DE
EMPREGO MILITAR**

CURITIBA

2024

FELIPE FONTENELLE

**MÉTODO PARA A AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE SISTEMAS E MATERIAIS DE
EMPREGO MILITAR**

**Method for the Evaluation and Selection of Military Employment Systems and
Materials**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais (PPGEM), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Engenharia de Manufatura.

Orientador: Prof. Dr. Milton Borsato

CURITIBA

2024



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba



FELIPE FONTENELLE

MÉTODO PARA A AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE SISTEMAS E MATERIAIS DE EMPREGO MILITAR

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Engenharia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Área de concentração: Engenharia De Manufatura.

Data de aprovação: 23 de Fevereiro de 2024

Dra. Carla Cristina Amodio Estorilio, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Carlos Cziulik, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Fernando Deschamps, Doutorado - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (Pucpr)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 26/02/2024.

Dedico este trabalho em reverência à memória do meu amado pai, Helton Fontenelle, a quem expresso eterna gratidão por seu incansável empenho e dedicação na promoção da minha educação e pela fundamental influência na formação do meu caráter.

AGRADECIMENTOS

Expresso minha gratidão a Deus pela saúde e vigor a mim concedida para a materialização deste sonho profissional.

À minha querida esposa, Fernanda Kachel Gusso Fontenelle, agradeço pela paciência, compreensão, sacrifício, apoio incondicional especialmente nos momentos de ausência e, principalmente, pelo amor inabalável no decorrer dessa missão. Você foi o alicerce que sustentou meu esforço e dedicação ao longo dessa pesquisa.

À minha amada filha, Laura Gusso Fontenelle, minha maior fonte de inspiração, combustível precioso na manutenção da determinação em busca da excelência acadêmica.

Aos meus pais, Helton Fontenelle e Antonia Leite da Cruz, pela minha vida, apoio, suporte e estímulo para a concretização dos meus objetivos morais, familiares, intelectuais, acadêmicos e profissionais.

Ao meu irmão Gabriel da Cruz Fontenelle pelo valioso apoio nas matérias obrigatórias deste curso.

Aos meus sogros, Olivir Gusso e Sandra Do Rocio Kachel Gusso, pela calorosa acolhida familiar em sua casa, em Curitiba.

Ao meu orientador Prof. Dr. Milton Borsato pela confiança, paciência e profissionalismo com que me conduziu rumo a construção deste trabalho acadêmico.

Aos meus colegas de laboratório, Sato, Jaqueline, Ederson, Jacopo, Thiago, por todos os conhecimentos compartilhados nessa fase em que nossas jornadas acadêmicas se cruzaram.

Ao Senhor General Everton Pacheco Neves, pela confiança no meu trabalho e por ter me designado para essa árdua missão vocacionada à pesquisa científica que ora se encerra.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, expressei minha gratidão pela oferta de uma estrutura acadêmica excelente, juntamente com professores que compõem um corpo docente sério, comprometido e altamente profissional, disponíveis para aqueles que buscam adquirir conhecimento.

Ao Exército Brasileiro (EB), agradeço pela desafiadora missão que me foi confiada.

Conheça-te, aceita-te, supera-te
(Santo Agostinho)

RESUMO

No contexto da Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (GCVSMEM), desde as primeiras ações para a Obtenção, especial atenção deve ser dispensada às informações técnicas, operacionais, logísticas e industriais acerca do material, assim como todos os meios necessários para a sustentação ao longo da sua vida útil esperada, como infraestrutura, capacitação do pessoal, equipamentos e sistemas de apoio. Um processo de Obtenção bem planejado e executado garante que o Sistema ou Material de Emprego Militar internalizado no Sistema Logístico Militar Terrestre atenda aos requisitos mínimos definidos para o usuário militar. O processo atual para Obtenção de SMEM encontra oportunidades de melhoria tais quais a ausência de requisitos caracterizados, de uma metodologia para tomada de decisão em cenários multicritério, de um modelo de processo integrativo. Portanto, a fim de mitigar riscos e otimizar a análise das propostas concorrentes, este trabalho propõe um método para a avaliação e seleção de equipamentos do tipo *Military-Off-The-Shelf* (MOTS) tomando-se como referência Requisitos Técnicos, Logísticos e Industriais (RTL). A metodologia utiliza método de caracterização de requisitos de produtos numa linguagem *de facto* da indústria, combinada com uma abordagem híbrida AHP-TOPSIS-2N, para solução de problemas de decisão multicritério, tudo integrado num modelo de processo com notação BPMN. A prova de conceito se deu pela aplicação de um caso prático de aquisição de um Sistema ou Material de Emprego Militar comercial. Como resultado, foi possível estabelecer um ordenamento das propostas habilitadas em função dos multicritérios selecionados, situação que permitirá ao gestor a adoção do melhor tipo de licitação, promovendo desta forma, uma aquisição mais vantajosa para a administração pública. Como conclusão, a contribuição desse estudo tem o potencial de otimizar o atual processo, por meio da redução de custos e riscos, pelo aumento da transparência dos julgamentos e o aumento da segurança na tomada de decisão ao cumprir os requisitos, podendo ser adaptado às aquisições de emprego dual, ou seja, destinadas tanto ao meio civil quanto ao meio militar.

Palavras-chave: BPMN, *Military-Off-The-Shelf*; AHP-TOPSIS-2N; Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais de Emprego Militar.

ABSTRACT

In the context of Life Cycle Management of Military Employment Systems and Materials, from the first actions towards Obtaining, special attention must be given to technical, operational, logistical and industrial information about the material, as well as all means necessary for support throughout its expected useful life, such as infrastructure, staff training, equipment and support systems. A well-planned and executed Procurement process ensures that the Military Employment System or Material internalized in the Land Military Logistics System meets the minimum requirements defined for the military user. The current process for Obtaining Military Systems finds opportunities for improvement such as the absence of characterized requirements, a methodology for decision-making in multi-criteria scenarios, an integrative process model. Therefore, in order to mitigate risks and optimize the analysis of competing proposals, this work proposes a method for the evaluation and selection of Military-Off-The-Shelf (MOTS) equipment taking Technical, Logistics and Industrial Requirements as a reference. The methodology uses a product requirements characterization method in a factual industry language, combined with a hybrid AHP-TOPSIS-2N approach, to solve multi-criteria decision problems, all integrated into a process model with BPMN notation. The proof of concept was carried out through the application of a practical case of acquiring a commercial Military Employment System or Material. As a result, it was possible to establish an ordering of qualified proposals based on the selected multi-criteria, a situation that will allow the manager to adopt the best type of bidding, thus promoting a more advantageous acquisition for the public administration. In conclusion, the contribution of this study has the potential to optimize the current process, by reducing costs and risks, increasing the transparency of judgments and increasing security in decision-making when complying with requirements, and can be adapted to acquisitions of dual use, that is, intended for both civilian and military environments.

Keywords: BPMN, Military-Off-The-Shelf; AHP-TOPSIS-2N; Life Cycle Management of Military Employment Systems and Materials.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura do trabalho.....	27
Figura 2 - Fases da Gestão do Ciclo de Vida do SMEM.....	29
Figura 3 - Iceberg do Custo do Ciclo de Vida	34
Figura 4 - Processo de Aquisição Internacional (As Is).....	46
Figura 5 - Fase na Análise Técnica (As Is).....	47
Figura 6 - Processo de Aquisição Nacional (As Is).....	48
Figura 7 - Fase de Análise das Propostas (As Is).....	49
Figura 8 - Aplicação do método AHP	52
Figura 9 - Estrutura hierárquica do método AHP	53
Figura 10 - Aplicação do método TOPSIS.....	56
Figura 11 - Aplicação do método híbrido AHP-TOPSIS	59
Figura 12 - Exemplo de um cenário de troca de requisitos	65
Figura 13 - Processo V-Model	67
Figura 14 - Funcionalidades do ReqView como ferramenta de gerenciamento de requisitos.....	68
Figura 15 – Fases do <i>framework</i> metodológico DSRM.....	73
Figura 16 - Atividades que caracterizam o artefato.....	79
Figura 17 - Etapas para a criação do artefato	86
Figura 18 – Método modelado em BPMN	87
Figura 19 - Sistemática para troca de requisitos e seus metadados	90
Figura 20 – Estruturação dos Requisitos e das Especificações (Aquisição Internacional).....	92
Figura 21 – Estruturação dos Requisitos e das Especificações (Aquisição Nacional).....	93
Figura 22 - Requisitos Operacionais no ReqView	94
Figura 23 – Requisitos do Sistema no ReqView.....	95
Figura 24 – Testes no ReqView.....	97
Figura 25 - Especificações Técnicas do equipamento do fornecedor A.....	98
Figura 26 - Especificação que não cumpre um requisito absoluto	99
Figura 27 - Planilha dinâmica para o método AHP-TOPSIS.....	100
Figura 28 – Estrutura Hierárquica dos Requisitos Desejáveis	108
Figura 29 - Ilustração das distâncias euclidianas no caso unidimensional.....	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fases do Processo de Aquisição Internacional.....	42
Tabela 2 - Índice Randômico	55
Tabela 3 - Modulação da pontuação para determinado requisito desejável.....	99
Tabela 4 – Requisitos Técnicos Desejáveis.....	101
Tabela 5 - Requisitos Logísticos Desejáveis	105
Tabela 6 - Requisito Industrial Desejável.....	106
Tabela 7 - Clusterização e identificação das lacunas dos pesos.....	107
Tabela 8 - Comparação par a par a luz do objetivo	109
Tabela 9 – Normalização e vetores prioridade dos critérios	109
Tabela 10 - Consistência dos julgamentos dos critérios.....	110
Tabela 11 – Comparação par a par à luz dos critérios	110
Tabela 12 - Normalização e vetores prioridade dos subcritérios.....	111
Tabela 13 - Consistência dos julgamentos dos subcritérios	111
Tabela 14 - Estrutura da aquisição por <i>clusters</i>	112
Tabela 15 - Matriz de Decisão.....	113
Tabela 16 – Matriz de Decisão com a Norma	113
Tabela 17 – Matriz de Decisão Normalizada completa	114
Tabela 18 - Matriz de Decisão Normalizada completa (2N).....	114
Tabela 19 - Matriz de Decisão Normalizada e Pesos oriundos do AHP.....	114
Tabela 20 - Matriz de Decisão Normalizada e Ponderada	115
Tabela 21 - Matriz de Decisão Normalizada (2N) e Ponderada	115
Tabela 22 – Determinação da SIP e SIN	116
Tabela 23 - Determinação da SIP e SIN para a Matriz de Decisão (2N).....	116
Tabela 24 – Cálculo das distâncias	117
Tabela 25 - Cálculo das distâncias (2N)	117
Tabela 26 – Cálculo da Proximidade Relativa.....	118
Tabela 27 - Cálculo da Proximidade Relativa (2N).....	119
Tabela 28 - Ordenação das Preferências.....	119
Tabela 29 – Ordenação das Preferências (2N).....	120
Tabela 30 - Ordenação das preferências para duas normalizações	120

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>	Processo de Análise Hierárquica
BID		Base Industrial de Defesa
BP	<i>Business Process</i>	Processo de Negócio
BPEL	<i>Business Process Execution Language</i>	Linguagem de execução de processos de negócios
BPM	<i>Business Process Management</i>	Gestão de Processos de Negócios
BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>	Notação para Modelagem de processos de negócios
CEBW		Comissão do Exército em Washington
C Mat		Chefia de Material
Cmt Ex		Comandante do Exército
CO		Condicionantes Operativas
COLOG		Comando Logístico
COMOP		Compreensão das Operações
CONDOP		Condicionantes Doutrinárias e Operacionais
CoPS	<i>Complex of Product Systems</i>	Sistemas de Produtos Complexos
COTER		Comando de Operações Terrestres
CIE		Centro de Inteligência do Exército
COTS	<i>Commercial-Off-The-Shelf</i>	Equipamento comercial de prateleira
CRS	<i>Customer Requirements Specs</i>	Especificação de Requisitos do Cliente
CT&I		Ciência, Tecnologia e Inovação
DCT		Departamento de Ciência e Tecnologia
DEC		Departamento de Engenharia e Construção
DECEX		Departamento de Educação e Cultura do Exército
DGP		Departamento Geral de Pessoal
DSRM	<i>Design Science Research Methodology</i>	Metodologia de pesquisa em Design Science
EB		Exército Brasileiro
EME		Estado-maior do Exército
END		Estratégia Nacional de Defesa
EPC	<i>Event-driven Process Chain</i>	Cadeia de processos orientada a eventos
ETP		Estudo Técnico Preliminar
Gab Cmt Ex		Gabinete do Comandante do Exército
GCVSMEM		Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais de Emprego Militar
IC		Índice de Consistência

IDEF	<i>Integrated Definition for Process Modeling</i>	Definição Integrada para modelagem de processos
MADM		Métodos de Auxílio à Decisão Multicritério
MAPATEC		Mapa de Tecnologias
MCDM	<i>Multi-Criteria Decision-Making</i>	Tomada de decisão multicritério
MD		Ministério da Defesa
MIL-SPEC	<i>Military Specification</i>	Especificação Militar
MIL-STD	<i>Military Standard</i>	Padrão Militar
MOTS	<i>Military-Off-The-Shelf</i>	Equipamento militar de prateleira
NSN	<i>Nato Stock Number</i>	Número de estoque da OTAN
NESC	<i>NASA Engineering & Security Center</i>	
NWG	<i>Notation Working Group</i>	Notação de grupo de trabalho
ODS		Órgão de Direção Setorial
OI		Órgão Importador
OMDS		Organização Militar Diretamente Subordinada
OMG	<i>Object Management Group</i>	Grupo de Gerenciamento de Objeto
OND		Objetivos Nacionais de Defesa
PCI		Pedido de Cotação Inicial
PD&I		Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PLD		Política de Logística de Defesa
PN	<i>Part Number</i>	Número de peça
PNCP		Portal Nacional de Contratações Públicas
PND		Política Nacional de Defesa
PRODE		Produto de Defesa
QI		Quadro de Importação
ReqIF	<i>Requirements Interchange Format</i>	Formato de intercâmbio de requisitos
RC		Razão de Consistência
RID		Requisitos Industriais Desejáveis
RLD		Requisitos Logísticos Desejáveis
ROTS	<i>Ruggedized-Off-The-Shelf</i>	Equipamento robustecido de prateleira
RTD		Requisitos Técnicos Desejáveis
RTL		Requisitos Técnicos, Logísticos e Industriais
SEF		Secretaria de Economia e Finanças
SISLOGD		Sistema Logístico de Defesa
SMEM		Sistemas e Material de Emprego Militar
SRS	<i>System Requirements Specs</i>	Especificação de Requisitos do Sistema
SysML	<i>Systems Modeling Language</i>	Linguagem de modelagem de sistemas
TI		Tecnologia da Informação

TOPSIS	<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>	Técnica de ordem de preferência por semelhança com a solução ideal
TOPSIS-2N	<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution – two normalization</i>	Técnica de ordem de preferência por semelhança com a solução ideal – duas normalizações
UML	<i>Unified Modeling Language</i>	Linguagem de Modelagem Unificada
XOR		Desvio condicional exclusivo
XML	<i>Extensible Markup Language</i>	Linguagem de Marcação Extensível

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Matriz de avaliação
a_{ij}	<i>Rating</i> da comparação par a par
α	Valor de intensidade de importância
W_i	Autovetor de prioridades
RC	Razão de Consistência
$\lambda_{máx}$	Autovalor principal da matriz A
n	Dimensão da matriz
IC	Índice de Consistência
D	Matriz de Decisão
R	Matriz D normalizada
P	Matriz D normalizada e ponderada
x_{ij}	<i>Ratings</i> no método TOPSIS
r_{ij}	<i>Ratings</i> normalizados no método TOPSIS
p_{ij}	<i>Ratings</i> normalizados e ponderados no método TOPSIS
A^+	Solução Ideal Positiva (SIP)
A^-	Solução Ideal Negativa (SIN)
p_j^+	$\max_i(p_{ij})$, se o critério for de benefício e $\min_i(p_{ij})$, se o critério for de custo
p_j^-	$\min_i(p_{ij})$, se o critério for de benefício e $\max_i(p_{ij})$, se o critério for de custo
d_i^+	Distância euclidianas de cada <i>rating</i> para o vetor de soluções positivas A^+
d_i^-	Distância euclidianas de cada <i>rating</i> para o vetor de soluções negativas A^-
d_{ij}^+	Distância de p_{ij} em relação a p_j^+
d_{ij}^-	Distância de p_{ij} em relação a p_j^-
ξ_i	Coefficiente de Similaridade
\mathbb{Z}^+	Inteiros positivos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Contextualização e questões de pesquisa	16
1.2	Motivação	22
1.3	Objetivos	23
1.3.1	Objetivo geral	23
1.3.2	Objetivos específicos.....	24
1.4	Justificativa	24
1.5	Delimitações da pesquisa	25
1.6	Estrutura do trabalho	26
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	28
2.1	Conceitos Fundamentais	28
2.1.1	Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (GCVSMEM)	28
2.1.2	Logística Militar.....	34
2.1.3	Obtenção de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM).....	39
<u>2.1.3.1</u>	<u>Obtenção de SMEM nacional pela Base Industrial de Defesa (BID)</u>	<u>40</u>
<u>2.1.3.2</u>	<u>Obtenção de SMEM de BID no exterior pela CEBW</u>	<u>40</u>
<u>2.1.3.3</u>	<u>Obtenção de SMEM de BID no exterior pelo COLOG</u>	<u>47</u>
2.1.4	Processos de tomada de decisão.....	49
2.1.5	Métodos de Auxílio à Decisão Multicritério (MADM).....	50
<u>2.1.5.1</u>	<u>AHP</u>	<u>51</u>
<u>2.1.5.2</u>	<u>TOPSIS</u>	<u>55</u>
<u>2.1.5.3</u>	<u>Método híbrido AHP-TOPSIS</u>	<u>59</u>
<u>2.1.5.4</u>	<u>AHP-TOPSIS-2N</u>	<u>60</u>
2.1.6	Gerenciamento de Processos de Negócios	60
2.1.7	Business Process Model and Notation (BPMN)	62
2.1.8	Classificação e estruturação de requisitos	64
2.2	Estado da Arte	68
3	ASPECTOS METODOLÓGICOS	70
3.1	Caracterização da metodologia de pesquisa	70
3.2	Abordagem metodológica	71
3.3	Procedimento metodológico	75
3.3.1	Identificação do problema e a motivação	75

3.3.2	Definição dos resultados esperados	79
3.3.3	Desenvolvimento da solução.....	80
3.3.4	Demonstração da solução.....	80
3.3.5	Avaliação da solução.....	82
3.3.6	Comunicação dos resultados	84
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	85
4.1	Projeto e desenvolvimento da solução	85
4.1.1	Estruturar os Requisitos e as Especificações dos equipamentos.....	88
4.1.2	Analisar Requisitos e Especificações no <i>ReqView</i>	93
4.1.3	Eliminar propostas que não atendam aos requisitos absolutos.....	98
4.1.4	Aplicar Métodos de Apoio à Decisão Multicritério à luz dos requisitos desejáveis	100
4.1.5	Estabelecer uma ordenação das propostas	100
4.2	Demonstração da solução.....	101
4.3	Avaliação da solução	121
4.4	Discussão	128
4.4.1	Vantagens	128
4.4.2	Barreiras.....	129
4.4.3	Limitações	129
5	CONCLUSÕES	132
5.1	Trabalhos futuros	135
	REFERÊNCIAS.....	136
	APÊNDICE A - Questionário de pesquisa	143
	APÊNDICE B - Acesso aos arquivos	148

1 INTRODUÇÃO

Por meio deste Capítulo introdutório, composto por seis Seções, realiza-se, na primeira Seção, a contextualização do tema do trabalho e a definição das questões relevantes desta pesquisa. A segunda Seção aborda a motivação do trabalho, enquanto a terceira Seção delinea os objetivos a serem alcançados com a pesquisa. A justificativa é proposta na quarta Seção. Na quinta Seção, são apresentadas as delimitações da pesquisa, e, por fim, a sexta Seção descreve e representa graficamente a estrutura deste trabalho.

1.1 Contextualização e questões de pesquisa

O Brasil tem um papel de destaque no ambiente mundial, pois é o quinto maior em extensão territorial, encontra-se dentre os dez países mais populosos e posiciona-se entre as maiores economias do planeta (Brasil, 2020). Dotado de ampla gama de recursos naturais, carentes na maior parte do globo, e de potencial tecnológico e industrial em acelerado processo de avanço, o País busca galgar o patamar de potência regional, pretensão coerente com sua dimensão econômica e sua importância geopolítica. À medida que o Brasil alcança uma crescente visibilidade global, há a possibilidade de se envolver em conflitos de interesses com diversos atores (Brasil, 2020).

Os eventos que forjaram a sua história atestam a postura do Brasil em privilegiar a paz, a defesa pelo diálogo e as negociações para a solução das controvérsias entre os Estados. Apesar disso, é essencial que o Brasil dedique contínua atenção à sua defesa, haja vista a condição sistemática de instabilidade dos relacionamentos entre os países e a emergência de novas ameaças no cenário internacional (Brasil, 2020).

Em linhas gerais, segurança pode ser compreendida como a condição em que o Estado, a sociedade ou os indivíduos não se sentem expostos a riscos ou ameaças, enquanto que defesa é ação efetiva para se obter ou manter o grau de segurança almejado (Silva, 2010) .

Nesse sentido, defesa nacional é essencial para a consecução do desejado grau de segurança do Brasil (Brasil, 2020). Dito isto, faz-se necessário que a Nação esteja preparada para evoluir, rapidamente, da situação de paz ou de crise para a

situação de conflito armado. O País deverá, portanto, estar habilitado a aumentar rapidamente os meios humanos e materiais das Forças Armadas (Brasil, 2020).

É nesse contexto que a Política Nacional de Defesa (PND), documento de mais alto nível versando sobre Defesa Nacional, votada prioritariamente para ameaças externas, busca orientar os esforços de toda a sociedade brasileira no sentido de reunir capacidades em nível nacional, a fim de desenvolver as condições para garantir a soberania do País, sua integridade territorial e a consecução dos objetivos nacionais.

Ao passo que a PND exprime o posicionamento do País em relação à sua defesa, apresenta os pressupostos básicos sobre defesa e define os Objetivos Nacionais de Defesa (OND), a Estratégia Nacional de Defesa (END), de modo complementar, orienta todos os segmentos do Estado brasileiro quanto às medidas a serem implementadas para se atingir os objetivos estabelecidos, que decorre por intermédio de estratégias e ações em termos do Poder Nacional. A END institui ações estratégicas de médio e longo prazo e objetiva a modernização da estrutura nacional de defesa.

Ainda que o tema Defesa Nacional seja historicamente um tema de baixa prioridade na agenda política do país e para a sociedade em geral conforme Borelli e Peron (2017), torna-se evidente e prioritário dotar o país de um poder dissuasório adequado e corretamente dimensionado, de forma a garantir os seus interesses e prevenir ameaças. Uma apropriada estrutura de defesa propicia uma maior estabilidade ao país e assegura a proteção de seu território, de sua população e dos setores estratégicos da economia.

A história atesta que nações que abordam de maneira diligente a perspectiva de confrontar contextos adversos, e que preparam devidamente seu Poder Nacional para responder a situações extremas e de crise de forma efetiva, apresentam uma probabilidade substancialmente maior de alcançar o sucesso.

Uma importante dimensão do Poder Nacional é a Expressão Militar que se refere à capacidade militar de um país como um componente integral do seu poder global. Isso engloba as forças armadas, seus recursos, treinamento e equipamentos, bem como a prontidão para empregá-los em defesa dos interesses nacionais.

Um dos princípios da defesa é estruturar as Forças Armadas em torno de capacidades, dotando-as de pessoal e material compatíveis com os planejamentos estratégicos e operacionais. A capacidade militar pode ser conceituada como a

aptidão de uma Força Armada para executar as operações que lhe cabem como instrumento da Expressão Militar do Poder Nacional (Brasil, 2023a).

Isto posto, a capacidade militar de uma nação é frequentemente avaliada não apenas em termos de tamanho e força bruta mas, também, em sua adaptabilidade, modernização e prontidão para responder a ameaças e desafios, sejam eles de natureza convencional ou assimétrica, esta última decorrente da possibilidade do emprego de meios não ortodoxos, que incluem terrorismo, ataques cibernéticos, armas de destruição em massa, como foco na obtenção de resultado desproporcional, em desacordo com o Direito Internacional para os Conflitos Armados.

É em face disso que o Estado passa a demandar a incorporação de novas capacidades militares (Sistemas e Materiais) para garantir a sua defesa. Neste sentido, o governo brasileiro definiu Projetos Estratégicos de Defesa que capacitam as Forças Armadas e garantem a soberania e os interesses da nação.

Os autores Galdino e Schons, (2022), destacam a crescente relação de dependência entre capacidades militares e ciência, tecnologia e inovação, como um fenômeno que exige a otimização dos processos de obtenção de Sistemas e Materiais de Emprego Militar.

De modo similar às demais forças armadas, o Exército Brasileiro, por meio das obtenções, visa ao preenchimento de lacunas de capacidade militar, ou a manutenção de uma capacidade militar existente. A obtenção de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM), ou segundo o Ministério da Defesa (MD), Produtos de Defesa (PRODE), seja por PD&I (Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação), ou Aquisição do mercado, é um processo que integra atividades de grande complexidade por incluir tecnologias no estado da arte, elevadas quantidades de recursos financeiros e por se desenvolver, via de regra, em um ambiente de incertezas tecnológicas, restrições quanto à exportação, cerceamento tecnológico e imprevisibilidade orçamentária.

A despeito das especificações técnicas dos materiais, que devem corresponder aos requisitos do cliente militar, especial atenção deve ser dispensada, desde as primeiras ações para a Obtenção de SMEM, às informações operacionais, logísticas e industriais acerca do material, assim como os meios necessários para sua sustentação ao longo de sua vida útil (capacitação, infraestrutura, equipamentos de apoio, dentre outros) sejam observados para futura internalização na Logística Militar Terrestre.

Quando a obtenção está relacionada a Sistemas de Produtos Complexos de Defesa (CoPS, do termo em inglês *Complex Product Systems*), conforme Hobday, (1998), com um grande número de elementos customizados e poucas unidades produzidas, a exemplo de: aeronaves militares, veículos blindados de combate, mísseis, drones, satélites e seus subsistemas, dentre outros, as decisões envolvidas tornam-se ainda mais complexas, uma vez que podem causar reflexos em outras expressões do Poder Nacional. Oliveira (2009) acrescenta que os sistemas complexos são produtos desenvolvidos a fim de atender demandas específicas e, para tanto, requerem uma elevada capacidade de integração de conhecimentos e competências.

Assim como no caso dos Sistemas Complexos, as Forças Armadas também possuem interesse na aquisição de SMEM de prateleira, denominados *Commercial-Off-The-Shelf* (COTS) ou, segundo Hall e Naff (2001), *Ruggedized-Off-The-Shelf* (ROTS) ou ainda *Military-Off-The-Shelf* (MOTS), que são definidos como produtos ou sistemas de defesa comerciais, disponíveis para aquisição e que, normalmente, são colocados em operação sem modificação (Brasil, 2022).

Segundo Julian; Lucy; Farr, (2011), a opção pela obtenção de um COTS por aquisição, ao invés de aportar recursos financeiros para o desenvolvimento de um novo equipamento, se justifica pelo direcionamento para a indústria dos custos associados ao desenvolvimento, fortalecendo a base de fornecedores e mantendo a superioridade tecnológica, na ocasião em que o COTS exercerá a mesma efetividade operacional que o equipamento exclusivo a ser desenvolvido.

Gansler et al. (2008) reforça que por meio da utilização de COTS, é possível alavancar enormes investimentos em tecnologia do setor privado e permitir maior confiabilidade, disponibilidade e suporte de uma base industrial robusta.

Não obstante, Alford (2001) reforça que embora os COTS permitam aproveitar o ritmo acelerado das tecnologias disponíveis no mercado, há riscos significativos associados ao uso em sistemas militares. Equipamentos militares, pela sua natureza funcional, requerem alta confiabilidade e, portanto, baixas taxas de falhas, por vezes não encontradas em produtos comerciais (Hall; Naff, 2001). O equipamento COTS é projetado para alcançar um grande grupo de usuários e, dessa forma, não é projetado para um cliente militar específico (Dağdeviren; Yavuz; Kiliç, 2009). Gansler et al. (2008) ressalta que produtos COTS podem não atender aos requisitos para operação nos diversos ambientes militares. Hall e Naff (2001) reforçam ainda que os equipamentos militares devem possuir simples manutenção por parte dos seus

usuários, evitando-se ao máximo que a manutenção seja executada por técnico altamente especializado em ambiente exclusivo de manutenção. Isso requer testes integrados e relatórios de falhas que muitos fornecedores de produtos COTS não dispõem.

Apesar dessas limitações apontadas na literatura, não é possível descartar o uso dos COTS em ambiente operacional militar. Eles apenas evidenciam que para a seleção eficaz dos produtos COTS adequados, o ambiente militar, as funcionalidades, a confiabilidade, capacidade de conferir suporte logístico, taxas de obsolescência de componentes devem ser consideradas ao longo das etapas do processo de seleção.

De acordo com Hodson et al. (2020), embora haja uma recomendação da *NASA Engineering & Security Center* (NESC) para o uso de componentes de especificação militar (MIL-SPEC) aprovados em suas missões, o uso de componentes comerciais eletrônicos, elétricos e eletromecânicos em sistemas espaciais é uma realidade, pois alguns fabricantes da indústria comercial desenvolveram controles de processo rigorosos impulsionados por tecnologias disruptivas e avançadas, e pelo mercado comercial, muitas vezes equivalente ou superior aos controles do governo para peças MIL-SPEC, ou padrão militar MIL-STD.

É em face desse cenário que o sucesso da aquisição de equipamentos COTS se justifica e está intrinsecamente relacionado à uma efetiva metodologia para a avaliação e seleção potenciais candidatos (Basir et al. 2014). É nessa etapa, portanto, que os COTS são selecionados e analisados no tocante à correspondência com os requisitos do cliente, de modo a permitir a seleção do portfólio de equipamentos adequados (Tarawneh et al., 2011).

No contexto da seleção de equipamentos para a defesa, a pesquisa realizada por Mathopo e Marnewick (2017) abordou os desafios enfrentados pelas organizações destinadas às aquisições de equipamentos militares, no tocante à seleção de produtos COTS para o atendimento aos requisitos dos clientes. Foi apresentada uma estrutura para selecionar e avaliar produtos COTS para a defesa, com foco no apoio à fase de definição dos requisitos do usuário.

Já Dağdeviren; Yavuz; Kiliç, (2009) propuseram a utilização de um modelo que utiliza o método híbrido AHP-Fuzzy TOPSIS para a seleção de um fuzil de infantaria em um ambiente difuso onde a incerteza e a subjetividade são quantificados com valores linguísticos parametrizados em um cenário de tomada de decisão multicritério.

Com o mesmo objetivo, Julian; Lucy; Farr, (2011) propuseram um modelo de pontuação ponderada para avaliar e selecionar COTS a fim de facilitar a comparação dos componentes em relação a vários critérios pré-estabelecidos. Os critérios destacados no estudo foram: requisitos operacionais, risco, custo, maturidade tecnológica e viabilidade do fornecedor. O estudo não realizou análise de sensibilidade, embora reconheçam a sua importância para a confiança na solução apresentada.

Em face do exposto, a fase de análise das propostas é de fundamental importância no contexto dessa pesquisa científica, haja vista o interesse em contribuir com conhecimento novo por intermédio da proposta de uma solução técnica capaz de permitir a seleção do melhor equipamento à luz dos requisitos estabelecidos pela Organização.

No que tange à busca pela caracterização da metodologia para a avaliação e seleção de equipamentos COTS para a Defesa, não foi possível assinalar na literatura estudos relacionados a otimização do processo de avaliação e seleção de Sistemas e Materiais de Emprego Militar, utilizando padrão de troca de requisitos, métodos de auxílio à decisão multicritério e notação padrão de modelagem, com a finalidade de facilitar a troca de dados entre fornecedores e clientes, permitir maior transparência e rastreabilidade das etapas do processo, bem como prover segurança ao tomador de decisão ao desempenhar a análise das propostas em um processo de aquisição para o Setor da Defesa.

Dito isso, face à essa lacuna identificada, foi possível desenvolver as questões de pesquisa (QP) que se seguem:

QP1: Como a solução pode ser representada?

QP2: De que forma é possível mitigar a troca de dados em linguagem natural?

QP3: De que maneira é possível obter uma ordenação de preferências em cenário multicritério?

QP4: Como é possível avaliar a solução?

Por meio da Seção 1.2 encontra-se detalhada a motivação da presente pesquisa acadêmica.

1.2 Motivação

No campo das obtenções militares, o Comando Logístico (COLOG) atua diligentemente em proveito das aquisições de equipamentos, serviços e suprimentos militares para o Exército Brasileiro, haja vista a sua missão de prever, prover e manter a prontidão logística no preparo e no emprego da Força Terrestre, além da competência para fiscalizar os Produtos Controlados pelo Exército (Brasil, 2023b). A Chefia de Material (C Mat), por sua vez, é o Órgão Importador do COLOG e responsável pela Gestão do Ciclo de Vida dos armamentos e viaturas blindadas e não blindadas de dotação da Força Terrestre.

Isto posto, a C Mat conduz processos de aquisição de materiais, serviços e suprimentos em benefício da Logística Militar Terrestre e das Operações Militares. As aquisições nacionais ou internacionais podem ser realizadas de forma direta ou indireta. A primeira é uma exceção à regra de licitar, pois em conformidade com dispositivos legais, a aquisição é devidamente justificada para um *Nato Stock Number* (NSN), ou *Part Number* (PN) em particular. Ao passo que a segunda é a regra, ocasião em que candidatos participam do processo licitatório ao ofertar de seus produtos de defesa.

Em ambos os processos, a C Mat atua de forma técnica ao definir um termo de referência que contém as características do objeto da licitação. Além disso, no decorrer do processo, uma equipe técnica da C Mat, na fase conhecida por análise técnica, avalia e seleciona as propostas apresentadas pelos pretensos fornecedores que atendem aos requisitos técnicos, logísticos e industriais pré-estabelecidos pelo Exército para determinado usuário militar. Tais propostas são fornecidas em documentos escaneados do tipo *Portable Document Format* (.PDF), o que exige da equipe um esforço adicional para organizar e analisar todas as especificações técnicas desses produtos, bem como compará-las com os requisitos definidos em Portaria pelo Exército, e finalmente, após esse gerenciamento, tomar a decisão pela aceitação ou rejeição de determinada proposta do fornecedor. Tanto os Requisitos do Exército, quanto as Especificações Técnicas dos produtos encontram-se em linguagem natural e, portanto, carecem de caracterização e estruturação em uma linguagem legível por máquina. Uma vez estruturados, a troca de dados e metadados associados torna-se otimizada e confiável.

Em determinadas ocasiões, pode ocorrer dificuldade na correspondência entre especificações técnicas de determinados produtos de defesa com os requisitos, situação que agrega um risco que é inerente ao processo de tomada de decisão na medida em que pode resultar na habilitação de um equipamento que não atenda aos padrões mínimos necessários de qualidade, o que certamente, ao ser incorporado no inventário do Estado, trará prejuízos e custos adicionais ao longo da atividade de Gestão do Ciclo de Vida desse SMEM. Ademais, muito embora haja um modelo para o preenchimento e remessa das propostas, muitas empresas não o adotam, ou inserem informações demasiadas. A ausência, portanto, de uma classificação estruturada dos requisitos e especificações prejudica, sobremaneira, a análise técnica para verificar a aderência das especificações em relação aos requisitos (características técnicas, logísticas, industriais e aspectos relacionados à infraestrutura, capacitação de pessoal, equipamentos, sistemas de apoio, dentre outros).

Além disso, faz-se de extrema importância a utilização, ao longo do Processo de Aquisição, de uma ferramenta eficaz para auxílio a tomada de decisão em cenário com múltiplos critérios (técnicos, logísticos, industriais, dentre outros).

Dito isto, a Seção 1.3 define os objetivos a serem alcançados com a presente pesquisa.

1.3 Objetivos

A presente pesquisa tem por objetivo contribuir com o processo de aquisição nacional e internacional de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM). Isto posto, a Seção 1.3.1 descreve o objetivo geral e, este, encontra-se desdobrado em objetivos específicos, conforme a Seção 1.3.2.

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver e aplicar um método que permita a seleção e a avaliação de equipamentos prontos para o uso, ou submetidos a pequenas modificações, conhecidos como *Military-Off-The-Shelf* (MOTS) para o setor da Defesa. O modelo ao receber como entradas as Especificações Técnicas dos equipamentos candidatos e os Requisitos Técnicos, Logísticos e Industriais (RTLI)

estabelecidos pelo Exército, deve gerar como saída uma ordenação decrescente dos equipamentos em função do grau de aderência àqueles requisitos.

1.3.2 Objetivos específicos

Foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos que representam marcos na condução do trabalho para o atingimento do Objetivo geral detalhado na Seção 1.3.1:

OE1: modelar os processos relacionados ao objetivo desta pesquisa por meio da notação de modelo de negócios *Business Process Model and Notation* (BPMN);

OE2: estabelecer a transcrição de uma linguagem natural dos Requisitos do usuário e das Especificações Técnicas dos produtos para uma classificação estruturada legível por máquina;

OE3: selecionar e aplicar Método de Auxílio à Tomada de Decisão Multicritério adequado para o ranqueamento de preferências; e

OE4: avaliar o método;

Isto posto, por intermédio da Seção 1.4, disponível a seguir, foi possível estabelecer a justificativa deste trabalho.

1.4 Justificativa

Processos de aquisição de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM), ou Produtos de Defesa (PRODE), segundo o Ministério da Defesa (MD), envolvem a alocação de grandes montantes de recursos financeiros públicos a fim de manter ou preencher lacunas de capacidade de Defesa.

Os processos de aquisição contemplam a análise de extensa documentação em linguagem natural e carecem de um método para avaliação e seleção de SMEM que considere simultaneamente as características operacionais, técnicas, logísticas e industriais, dentre outras, pré-definidas pela organização.

Uma gestão otimizada dos requisitos e das especificações técnicas dos equipamentos ofertados, haja vista o alto volume de dados trocados em linguagem natural, bem como uma solução eficaz para auxiliar a decisão em cenários multicritérios, com muitos requisitos a serem verificados, indubitavelmente contribui para a redução dos riscos relacionados ao aumento do custo da Gestão do Ciclo de Vida.

Portanto, em face do exposto, é relevante a busca de uma solução científica, construída com base metodológica, que contribua com o aprimoramento da fase de análise das propostas em um contexto de aquisição para uma organização do Setor da Defesa.

A Seção 1.5 apresenta as delimitações da presente pesquisa.

1.5 Delimitações da pesquisa

Essa pesquisa limitou-se a: sistemas ou materiais comerciais disponíveis no mercado de Defesa, notadamente conhecidos por *Commercial-Off-The-Shelf* (COTS) ou *Military-Off-The-Shelf* (MOTS), de aplicação militar, ou dual (civil e militar), que pela sua especificidade devem ser definidos por meio de requisitos verificáveis por normas técnicas internacionais de qualidade, ou normas militares (*Military Standards MIL-STD*) e que, eventualmente, são passíveis de modificações de pequena monta a fim de atender às necessidades do cliente, como por exemplo compatibilidade com sistemas nacionais, pintura nas cores definidas pelo cliente, manuais na linguagem estabelecida pelo cliente, integração com subsistemas da nação adquirente, dentre outras.

Não fará parte desse método toda a amplitude de possibilidades que a metodologia apresentada no Capítulo três permite, quando desmembrada em áreas de atuação ou seus elementos.

Desta forma, ao abordar esse assunto de forma acadêmica como um modelo de processo, leva-se em consideração a percepção de que cada sistema possui suas especificidades, dentro da complexidade tecnológica a qual está imersa, situação que impede que seja abarcado, com nível de segurança satisfatório, todas as lacunas no contexto da Gestão do Ciclo de Vida do produto.

Com base nessa premissa, optou-se por um método geral a fim de ser empregado como um guia técnico, referencial em alto nível e adaptável à natureza do sistema ou material de acordo com a experiência do responsável técnico ou especialista no COLOG.

Por meio da Seção 1.6 a estrutura do trabalho é descrita e apresentada graficamente.

1.6 Estrutura do trabalho

O trabalho encontra-se dividido em cinco Capítulos a seguir descritos.

O primeiro deles, que se encerra nesta Seção, aborda aspectos influenciadores e motivacionais, que contribuíram para o delineamento dessa pesquisa. O cenário onde o problema de pesquisa está inserido é explorado, o surgimento da oportunidade de pesquisa, aspectos motivacionais e consequenciais que ressaltaram a importância do tema proposto, a justificativa, as delimitações da pesquisa e, por fim, a estrutura do trabalho.

O Capítulo dois encontra-se dividido em duas partes. Na primeira delas, é apresentada a fundamentação teórica com os conceitos essenciais e abordagens acerca dos assuntos pertinentes à compreensão e desenvolvimento do trabalho, relacionando os assuntos pesquisados com seus principais e mais relevantes aspectos, envolvendo modelagem de processos, gerenciamento de requisitos e abordagens de auxílio à decisão multicritério. Na segunda parte, o Estado da Arte ou borda do conhecimento é explorado por meio do levantamento das pesquisas mais próximas alinhadas ao tema e os limites da pesquisa.

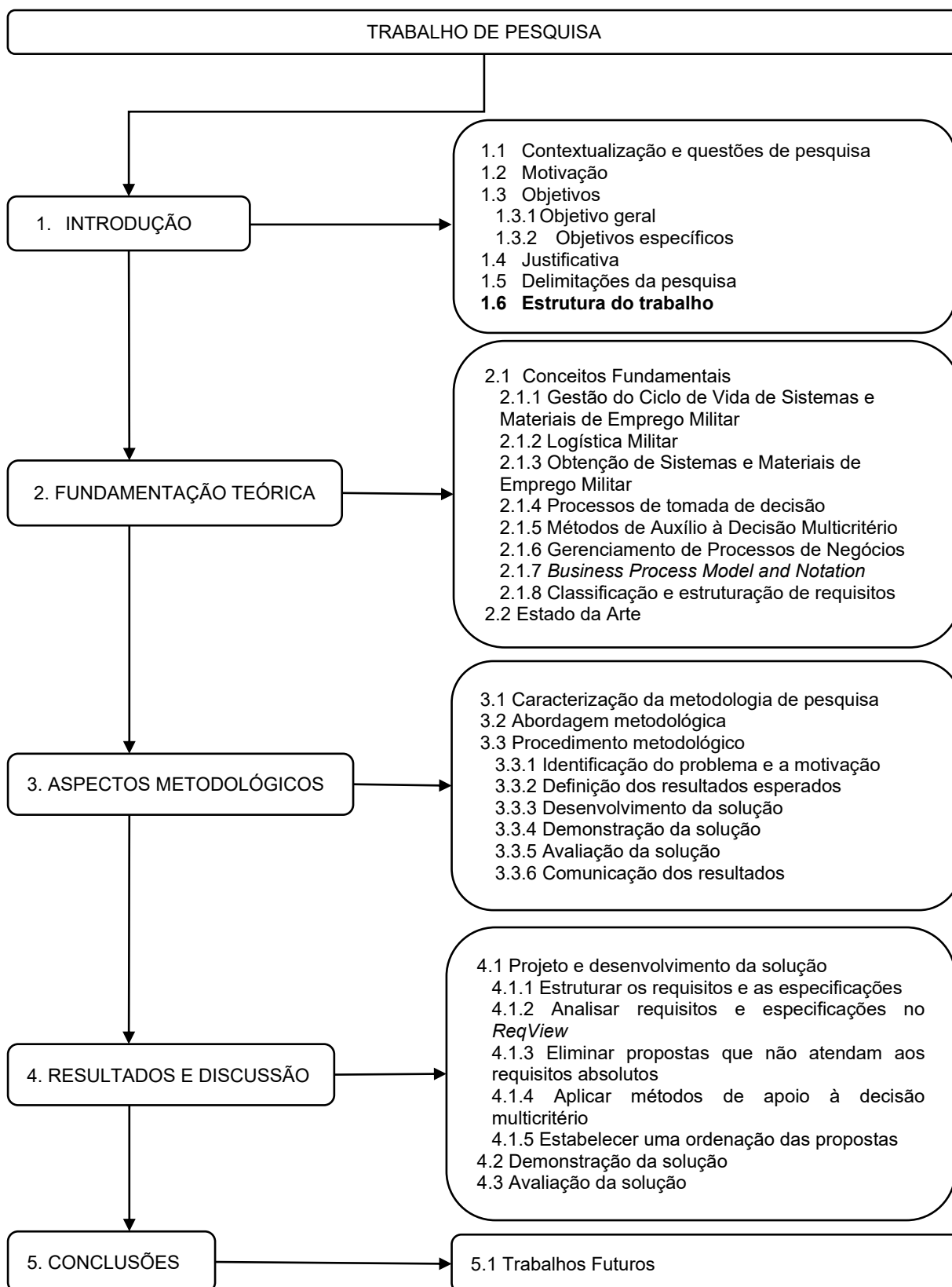
O terceiro capítulo, por sua vez, apresenta os aspectos metodológicos com a caracterização da pesquisa e os procedimentos utilizados neste estudo, como o *framework* metodológico DSRM (*Design Science Research Methodology*) e as etapas adotadas para o projeto e desenvolvimento da solução da pesquisa.

O Capítulo quatro traz os resultados e discussões. Nele, são encontradas as explicações pela escolha dos processos e análises realizadas. É neste momento que são apresentadas todas as respostas obtidas por meio do presente estudo e os procedimentos adotados para a obtenção de tais resultados. Na sequência, a solução é demonstrada, bem como a identificação das limitações, a avaliação do modelo e, finalmente, a comunicação dos resultados.

O quinto capítulo e último traz a conclusão que expõe de forma resumida toda a execução desse trabalho acadêmico e a apresentação das propostas para trabalhos futuros.

Com vistas a tornar visual a estrutura dos assuntos relacionados ao presente trabalho, um mapa com a estrutura do trabalho foi desenhado na Figura 1.

Figura 1 - Estrutura do trabalho



Fonte: o Autor

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o intuito de contribuir com assuntos julgados necessários à compreensão do tema desta pesquisa, o presente Capítulo apresenta a fundamentação teórica que contém o arcabouço de estudos que alicerçaram esse trabalho. Na primeira parte do Capítulo, por meio da Seção 2.1, são apresentados os conceitos fundamentais e as principais publicações acerca dos assuntos pertinentes ao tema. Essa primeira parte encontra-se dividida em 7 (sete) Seções terciárias. A segunda parte do presente Capítulo, inaugurada pela Seção 2.2, por sua vez, traz o Estado da Arte, ou a borda do conhecimento, contendo as publicações mais recentes alinhadas à essa pesquisa.

2.1 Conceitos Fundamentais

A fim de permitir a compreensão das etapas do desenvolvimento desse trabalho, alguns assuntos julgados fundamentais serão apresentados. Dito isto, nas próximas Seções o leitor encontrará conceitos, definições, análises e um portfólio de estudos que norteiam a presente pesquisa.

2.1.1 Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (GCVSMEM)

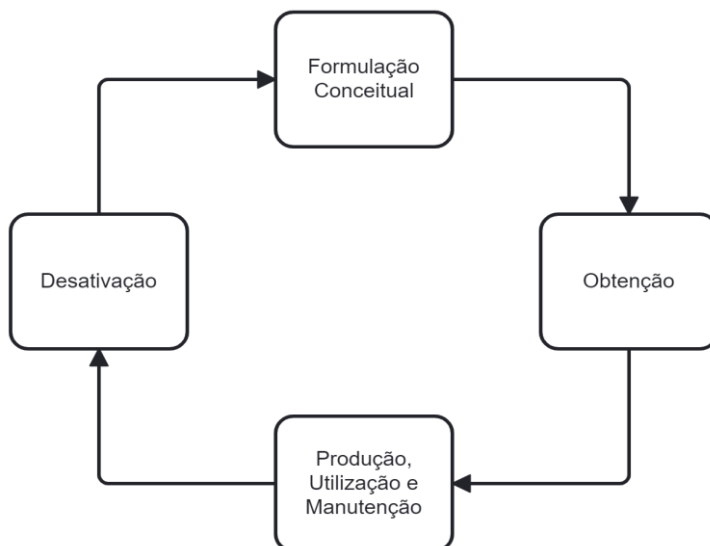
Os Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM) são sistemas militares, tais como armamentos, munições, equipamentos de uso militar, meios navais, aéreos, etc. São sistemas empregados operacionalmente pelas Forças Armadas. No âmbito do Ministério da Defesa (MD), os SMEM são denominados PRODE (Produto de Defesa).

No tocante ao gerenciamento do desempenho dos sistemas militares ao longo de sua vida útil esperada, emprega-se conceitos e ferramentas da Engenharia de Sistemas. Em um conceito sistêmico, utiliza-se a abordagem por ciclo de vida que consiste na definição de processos e procedimentos de gestão a serem relacionados a todas as fases da vida útil de um sistema, desde a sua “concepção” até seu “descarte”, com especial ênfase nas fases de produção, operação e suporte logístico (Blanchard; Fabrycky, 2006).

Para o Exército Brasileiro (EB), fases, procedimentos, atividades, relacionadas ao ciclo de vida dos SMEM são reguladas nas Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar - EB10-IG-

01.018 (Brasil, 2022a). Isto posto, com base nesse documento, é possível observar as fases da Gestão do Ciclo de Vida do SMEM, de acordo com a Figura 2.

Figura 2 - Fases da Gestão do Ciclo de Vida do SMEM



Fonte: o Autor

No modelo de ciclo de vida (Figura 2), são concebidas 4 (quatro) fases, a saber:

- 1) **Formulação Conceitual;**
- 2) **Obtenção;**
- 3) **Produção, Utilização e Manutenção;** e
- 4) **Desativação.**

Na **Fase de Formulação Conceitual**, são elaborados os principais documentos que definirão as características do SMEM a ser obtido, de forma que seja possível satisfazer as demandas operacionais da Força Terrestre. A fase inicia-se pela confecção da Compreensão das Operações (COMOP) – documento que descreve as Capacidades Operativas (CO) necessárias, com ênfase na sua missão, no ambiente operacional, tipos de operação, funcionalidades e desempenhos esperados. Nesta etapa, é estudada a maneira de se obter essas capacidades, em particular, quais SMEM serão necessários para se atingir esse objetivo (Brasil, 2022a).

A partir da formalização da COMOP, é elaborada a Diretriz de Iniciação do Projeto e, posteriormente, conduz-se a Concepção Integrada, etapa em que se procura, de forma ampla, vislumbrar os sistemas e materiais necessários ao

atendimento das capacidades operacionais requeridas pelos usuários militares. Por meio da coordenação do Estado-Maior do Exército (EME), o trabalho é realizado com a participação de representantes dos diversos ODS (Órgãos de Direção Setorial) que tenham relação com essas capacidades, bem como de potenciais usuários (Brasil, 2022a).

Durante a Concepção Integrada, para cada um dos SMEM julgados necessários ao atingimento das capacidades operacionais são elaborados os seguintes documentos: CONDOP (Condicionantes Doutrinárias e Operacionais), RO (Requisitos Operacionais), RTLI (Requisitos Técnicos, Logísticos e Industriais), Mapa de Tecnologias (MAPATEC) e os projetos conceituais dos SMEM necessários (Brasil, 2022a).

A partir desses documentos, são confeccionadas as PMO (Propostas de Modelo de Obtenção) dos SMEM, quando é apresentado um estudo de viabilidade, bem como seus modelos de obtenção, ou seja, objetiva-se concluir se as obtenções são compensadoras e, caso sejam, qual seria a melhor forma para tal: Aquisição, PD&I (Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação) ou de forma híbrida (Aquisição com PD&I). A aquisição é a compra de um COTS, ou produto de prateleira, disponível no mercado. A PD&I, por sua vez, busca-se um sistema ou material inovador, fruto de pesquisa e desenvolvimento, projetado para o atendimento de requisitos específicos do cliente militar, opção geralmente adotada na ocasião em que não é possível o preenchimento da lacuna por meio de equipamento comercial disponibilizado pela Base Industrial de Defesa mundial. A forma híbrida, por dedução, pesquisa, desenvolve e inova parte do sistema ou subsistema, enquanto que outra parte é suprida por COTS (Brasil, 2022a).

Ao longo dessas etapas da Fase de Formulação Conceitual, o Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) é bastante presente, contribuindo de forma muito satisfatória na elaboração de todos os documentos citados. Cabe destaque que, embora não pareça ser tão clara a necessidade de sua atuação, os órgãos logísticos são fundamentais nesta fase, a fim de anteciparem demandas que somente surgirão, na prática, na Fase 3. No entanto, caso não planejadas ou visualizadas de forma antecipada, podem gerar aumentos significativos no custo logístico do SMEM, bem como na sustentabilidade logística do sistema ou material.

Na **Fase de Obtenção**, a partir, principalmente, dos documentos gerados na

Concepção Integrada, e considerando o Modelo de Obtenção definido pelo Estado-Maior do Exército, na 1ª Reunião Decisória, são iniciadas as tratativas para a obtenção dos SMEM necessários para a obtenção das capacidades operacionais requeridas. Conforme já mencionado, essa obtenção pode ocorrer por meio de PD&I e/ou Aquisição (Brasil, 2022a).

No caso de **Obtenção por PD&I**, o Sistema de CT&I atua de forma efetiva, por intermédio do DCT (Departamento de Ciência e Tecnologia) e suas OMDS (Organizações Militares Diretamente Subordinadas). Usualmente, esse processo se dá a partir de contratos celebrados com empresas de tecnologia na área de Defesa, principalmente da BID (Base Industrial de Defesa).

Alternativamente, alguns SMEM podem ser totalmente desenvolvidos no Sistema de CT&I, embora não seja o usual (Brasil, 2022a).

No tocante à **obtenção por Aquisição**, modelo de obtenção mais comum adotado pelo Exército, o processo é usualmente conduzido pelo órgão gestor daquele tipo de material. Neste caso, o órgão designado fará uma compra direta do SMEM, junto a um determinado fornecedor/fabricante (Brasil, 2022a). Para este modelo de obtenção, não se espera a participação do Sistema de CT&I. No contexto deste modelo de obtenção, há diversos exemplos possíveis de serem citados, tais como: viaturas transporte não especializadas diversas (Agrale Marruá Cargo, Mercedes Benz ATEGO, dentre outros), Sistema Míssil RBS 70 (adquirido junto à empresa sueca SAAB), dentre outros. Cabe, ainda, mencionar que, eventualmente, pode haver casos de Obtenção por meio da combinação de PD&I e Aquisição. Isto ocorre, principalmente, em casos de sistemas com maior nível de complexidade, onde é comum designar o SMEM como um “sistema de sistemas”. Um caso recente é o próprio desenvolvimento da VBTPMSR GUARANI, a qual a sua plataforma veicular foi desenvolvida pelo Sistema de CT&I, em parceria com a empresa IVECO. Na versão com canhão automatizado 30 mm, recebeu um modelo desse sistema de armas (UT-30) adquirido da empresa ELBIT, “de prateleira” (*off-the-shelf*), para integração na viatura. Percebe-se que, embora seja um sistema de armas comercial, mesmo assim o modelo fornecido teve uma alteração de nomenclatura para “UT-30BR” porque requereu alguns ajustes na concepção original de forma a permitir a integração à plataforma veicular e, principalmente, para atender os requisitos estabelecidos pelo Exército.

Para a conclusão do processo de Obtenção, faz-se necessária a realização da Avaliação do SMEM. Este processo, é conduzido pelo CAEx (Centro de Avaliações do Exército), OMDS do DCT. Durante a Avaliação, são verificados, por meio de inspeções e testes ou, eventualmente, a partir de outras ferramentas de análise (modelagem e simulação, análise documental etc.) se o SMEM satisfaz seus requisitos operacionais e técnicos. Embora seja um processo essencialmente de certificação, ele também aponta oportunidades de melhoria no projeto do SMEM, ou seja, mesmo no caso de materiais obtidos a partir de Aquisição, acaba sendo uma oportunidade de o Sistema de CT&I contribuir com o desenvolvimento do produto e, eventualmente, com suas características logísticas (Brasil, 2022a).

A Fase de Produção, Utilização e Manutenção é quando se processa a vida útil do SMEM, iniciando pela distribuição do sistema militar às OM usuárias. Os exemplares obtidos são produzidos junto às empresas fornecedoras, ou mesmo em OM fabris (Arsenais de Guerra), e distribuídos por intermédio da cadeia logística, considerando o Plano de Obtenção e Distribuição, elaborado pelo ODG (Órgão de Direção Geral), ou seja, o EME (Estado-Maior do Exército) (Brasil, 2022a).

No início desta fase, deve ser providenciada a elaboração de todos os manuais pertinentes ao SMEM; execução dos programas de capacitação de instrutores, monitores e usuários (operacionais e logísticos); e catalogação do sistema/material adquirido. Estes procedimentos devem ocorrer antes ou, ao menos, de forma concomitante à produção do SMEM, de forma que, por ocasião da entrega dos primeiros exemplares obtidos, seja viável seu emprego operacional quase que de imediato. Ressalta-se que tanto a Produção dos exemplares do SMEM, quanto o Recebimento e a Distribuição são atribuições dos Órgãos Logísticos. Apesar de ser importante a participação em fases anteriores, percebe-se que, a partir deste momento, a Logística passa a ter papel decisivo no Ciclo de Vida do SMEM.

No prosseguimento, inicia-se a utilização do sistema/material pelos usuários, demandando dos órgãos logísticos, em particular dos gestores do material, acompanhamento do seu desempenho. Importante salientar que aspectos relacionados à sustentabilidade logística do SMEM ao longo de seu Ciclo de Vida ficarão latentes a partir de então, uma vez que seus exemplares, em quantidade agora representativa, serão empregados de forma contínua pelas OM operacionais. Esse acompanhamento será procedido com o apoio dos RDM (Relatórios de Desempenho de Material), elaborados pelas OM usuárias (Brasil, 2022a).

Adicionalmente, nesta fase são conduzidos os trabalhos de Manutenção do SMEM, sejam preventivas ou corretivas, também a cargo dos órgãos logísticos.

Esse trabalho de acompanhamento de desempenho é realizado ao longo de toda a vida útil. Durante esse período, são elaborados o Estudo de Desempenho Logístico (órgãos de gestão logística), o Estudo de Desempenho Técnico (órgãos de CT&I) e o Estudo de Desempenho Doutrinário (ODG). A partir desses Estudos, além de eventuais RDM emitidos, pode-se decidir pelo fim da vida útil do SMEM, ou seja, por sua desativação. Neste caso, poderá ocorrer seu desfazimento ou a possibilidade de o SMEM ser revitalizado, repotencializado ou modernizado. Em cada um desses três casos, será expedida uma Diretriz (de Revitalização, de Repotencialização ou de Modernização). Deve-se ressaltar que, nas situações em que se decida pela Repotencialização ou pela Modernização, há a necessidade de retorno à Fase de Formulação Conceitual com forte demanda de ferramentas de Engenharia para a consecução dos objetivos previstos e, conseqüentemente, do Sistema de CT&I (Brasil, 2022a).

Por fim, na **Fase de Desativação**, caso opte-se pela descontinuação, elabora-se o Plano de Desativação que irá definir a coordenação do recolhimento dos exemplares do SMEM ainda distribuídos, assim como o desfazimento propriamente dito. Esses procedimentos estão previstos para também serem executados pelos órgãos logísticos (Brasil, 2022a).

Em consequência, de acordo com TR-SAS-076 (2012), o grande esforço da Logística está concentrado na Fase de Produção, Utilização e Manutenção que, por sua vez, constitui-se na fase do ciclo de vida mais extensa e mais dispendiosa (Figura 3), não só em termos financeiros (cerca de 2/3 do valor da aquisição), mas também no que tange ao emprego de material, requerendo elevado esforço dos órgãos logísticos para sua condução, de forma a contribuir para a maximização da capacidade operacional proporcionada pelos sistemas militares distribuídos às organizações militares.

Figura 3 - Iceberg do Custo do Ciclo de Vida



Fonte: Traduzido de TR-SAS-076 (2012)

Portanto, entende-se que a CT&I pode proporcionar uma série de ações conjuntas com a Logística, em particular pela interação dos seus órgãos, desde fases anteriores, antecipando problemas futuros, até o transcurso da vida útil do SMEM. Um processo de aquisição conduzido com a finalidade de proporcionar a aquisição do melhor equipamento em face dos requisitos pré-estabelecidos, contribui sobremaneira para a economicidade de recursos dispendidos nas fases que se sucedem, e que não devem exceder dois terços do custo da aquisição. A próxima Seção introduz o assunto Logística Militar e a sua importância para a disponibilidade dos SMEM ao longo do Ciclo de Vida.

2.1.2 Logística Militar

A Política de Logística de Defesa (PLD) (Brasil, 2006), cuja origem remete à Política Nacional de Defesa (Brasil, 2020), é o documento de mais alto nível do planejamento logístico, no âmbito do Ministério da Defesa.

Na PLD (Política de Logística de Defesa), são definidos os objetivos e as ações estratégicas da Logística de Defesa, cabendo destacar as seguintes premissas a serem buscadas: redução do hiato tecnológico, na área de Defesa, em relação aos países desenvolvidos; redução da dependência internacional em produtos de defesa;

capacitação das Forças Armadas para a absorção de meios a serem disponibilizados, inclusive pela mobilização; e aumento da eficiência dos sistemas logísticos existentes e de sua interoperabilidade. A PLD estabelece, como macro objetivo a ser buscado, proporcionar à Expressão Militar do Poder Nacional um sistema de apoio logístico adequado e contínuo desde a situação de normalidade até a de guerra. Para o atingimento desse macro objetivo, são propostos cinco objetivos específicos, cabendo destaque aos seguintes (Brasil, 2006):

- a) **objetivo nº 3** - independência progressiva na obtenção de produtos de defesa; e
- b) **objetivo nº 4** - desenvolvimento da capacidade logística de defesa.

No contexto do **objetivo nº 3**, mencionam-se as seguintes ações estratégicas para sua consecução: priorizar as aquisições de produtos de defesa na BID nacional; aperfeiçoar o gerenciamento e a capacitação técnica das instalações industriais das Forças Armadas; incrementar a nacionalização de produtos de defesa e seus componentes, atuando nas esferas do Governo Federal e no setor produtivo; e incentivar o desenvolvimento conjunto de produtos estratégicos de defesa pelos órgãos de ciência e tecnologia e industriais das 3 (três) Forças Singulares (Brasil, 2006).

Adicionalmente, no **objetivo nº 4**, dentre as ações estratégicas propostas, merece menção o estímulo para contribuir para a integração dos sistemas logísticos com os sistemas de ciência e tecnologia e de mobilização (Brasil, 2006).

Essas ações demonstram que o incremento da interação entre a Logística e a Ciência, Tecnologia e Inovação está alinhado com a Política de Logística de Defesa.

No contexto das Forças Armadas Brasileiras, a Logística Militar é descrita na Doutrina de Logística Militar – MD42-M-02, do Ministério da Defesa. Nesse documento, é apresentado o Sistema Logístico de Defesa (SISLOGD), caracterizando-se pela sinergia de pessoal, instalações, equipamentos, doutrinas, procedimentos e informações, com o devido suporte da infraestrutura de tecnologia da informação e comunicações, de forma a congrega os meios logísticos das Forças Armadas e dos órgãos da Administração Central do Ministério da Defesa, proporcionando adequado e contínuo apoio logístico à Expressão Militar do Poder Nacional.

A Logística Militar, para conseguir sincronizar e compartilhar as capacidades necessárias a prover um suporte logístico conjunto das Forças Armadas, requer, além

do emprego dos meios das Forças Singulares, fazer uso de operações interagências, bem como articular-se com a Base Industrial de Defesa (Brasil, 2006).

As Fases Básicas para consecução da Logística Militar são as seguintes:

Determinação das Necessidades, Obtenção e Distribuição.

Na **Fase de Determinação das Necessidades**, são levantadas as demandas,

em termos de quantidades e especificações dos meios necessários, bem como em que local elas deverão estar disponíveis, previstas nos planos logísticos para a realização das operações e ações previstas. Ressalta-se a relevância de que essas necessidades sejam determinadas nas fases iniciais dos planejamentos de forma a compatibilizar a mobilização dos meios com as operações a serem executadas (Brasil, 2006).

Na **Fase de Obtenção**, são definidas as medidas necessárias para se conseguir todos os meios necessários para a condução da logística, desde aquisição e recebimento de recursos visualizados como necessários, até a obtenção de pessoal, infraestrutura adequada e contratação de serviços. Na Doutrina Logística Militar é salientado que, na obtenção de recursos materiais, deve-se buscar a catalogação, a pesquisa, o desenvolvimento, a produção e o gerenciamento desses meios (Brasil, 2006).

Na **Fase de Distribuição**, busca-se fazer chegar aos usuários todos os recursos levantados na Fase de Determinação das Necessidades, de forma oportuna e eficaz. A distribuição mencionada é processada por meio do recebimento, armazenamento, transporte e entrega ao usuário dos recursos necessários. É possível visualizar um alinhamento de objetivos dessas funções básicas da Logística Militar com as fases do Ciclo de Vida dos SMEM, evidenciando a importância dos órgãos logísticos permanecerem envolvidos desde o início dos processos atinentes à concepção dos sistemas ou materiais (Brasil, 2006).

As funções logísticas estabelecidas na Logística Militar são as seguintes: Recursos Humanos, Saúde, Suprimento, Manutenção, Engenharia, Transporte e Salvamento. Em cada uma dessas funções, é previsto um conjunto de atividades logísticas afins e de mesma natureza (Brasil, 2006). Dentre essas funções logísticas, destacam-se, o Suprimento e a Manutenção como oportunidades de contribuição, de forma efetiva, com a Logística, em particular na gestão do ciclo de vida dos SMEM (Brasil, 2006).

A função logística Suprimento compreende todas as atividades relacionadas à previsão e à provisão de material necessário às organizações e forças apoiadas. Na condução da função Suprimento, destacam-se as seguintes atividades: levantamento das necessidades, obtenção e distribuição, ou seja, as próprias fases básicas previstas para a Logística Militar. Depreende-se a relevância dessa função para toda a Logística Militar, sendo, portanto, importante alicerce para as demais funções (Brasil, 2006).

A função logística Manutenção tem o objetivo de manter o material na melhor condição de emprego ou, caso esteja indisponível para utilização, reconduzi-lo à condição de emprego. A Manutenção compreende as seguintes atividades: levantamento das necessidades, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção modificadora e manutenção corretiva. Em função de suas complexidades técnicas de execução, as ações de manutenção são estruturadas nos seguintes escalões (Brasil, 2006):

- a) **Manutenção de 1º escalão (nível orgânico)** – a ser realizada pelo usuário, na OM responsável pelo material, com seus meios;
- b) **Manutenção de 2º escalão (nível intermediário)** – a ser realizada em OM de manutenção, quando a capacidade demandada ultrapassa os meios orgânicos da OM responsável pelo material;
- c) **Manutenção de 3º escalão (nível avançado)** – quando as ações de manutenção necessárias demandam recursos superiores aos disponíveis nos escalões inferiores, sendo realizadas em organizações militares especializadas da Força; e
- d) **Manutenção de 4º escalão (nível indústria)** – ações de manutenção que requerem instalações fabris da Força, do fabricante ou representante designado, com a devida capacidade industrial.

No âmbito do Exército Brasileiro, a Logística é apresentada no Manual de Campanha EB70-MC-10.238 Logística Militar Terrestre (Brasil, 2022b). Nesse manual, é destacado que a Logística Nacional é a principal fonte de obtenção de meios logísticos para a Logística Militar. Também é enfatizado que a BID é de fundamental importância para os planejamentos logísticos.

Nesse contexto, é ressaltado que nos processos de aquisição no âmbito do EB deve ser considerado o nível de nacionalização do PRODE (Produtos de Defesa),

de forma a minimizar a dependência de empresas estrangeiras, garantindo a sustentabilidade logística ao longo do ciclo de vida dos SMEM e, portanto, não trazendo dificuldades ao apoio logístico a ser proporcionado às operações da Força Terrestre.

A Logística Militar Terrestre também reforça a importância da Mobilização como ferramenta do Estado para prover os recursos logísticos necessários, devendo, no planejamento da mobilização, considerar a Logística como o ponto de partida.

No que tange à organização da Logística Militar Terrestre, é mencionado que as OM Logísticas devem fazer uso de um amplo portfólio de tecnologias, de forma a viabilizar a otimização dos seus processos e a capacitação continuada de seus recursos humanos.

No Manual de Campanha mencionado, é destacado que as aquisições de sistemas de armas e equipamentos devem considerar a periodicidade e a simplicidade das técnicas de e procedimentos de manutenção, uma vez influenciarem decisivamente nos seus índices de disponibilidade. Também é ressaltado que a gestão da cadeia de suprimento de peças e conjuntos para reparo impactam significativamente na condução das atividades de manutenção.

No que tange ao escalonamento da manutenção, a Logística Militar Terrestre segue os mesmos princípios previstos na Doutrina de Logística Militar definida pelo Ministério da Defesa. No âmbito organizacional do EB, esses escalões são executados pela seguintes OM:

- a) **1º escalão** – OM usuárias;
- b) **2º escalão** – Batalhões Logísticos;
- c) **3º escalão** – Parques Regionais de Manutenção ou Batalhões de Manutenção; e
- d) **4º escalão** – Arsenais de Guerra (instalações fabris do EB), podendo ser também executado pelo fabricante ou representante autorizado.

Importante mencionar que as atividades de manutenção de 4º escalão são, essencialmente, de natureza de manutenção modificadora, com ênfase na reconstrução e/ou modernização de SMEM, demandando projetos e outras ferramentas de engenharia. São, portanto, correlacionadas às atividades de revitalização, repotencialização, modernização e fabricação de SMEM e componentes.

Os Arsenais de Guerra, OM fabris do EB responsáveis por conduzir as atividades de manutenção no quarto escalão, demandam, portanto, a existência de instalações industriais, com capacidades de fabricação, controle de qualidade e gestão de processos de manufatura e projetos. No intuito de cumprir com essa exigência, o Exército Brasileiro possui 3 (três) Arsenais de Guerra: Arsenal de Guerra do Rio, Arsenal de Guerra General Câmara e Arsenal de Guerra de São Paulo. Essas OM são subordinadas à Diretoria de Fabricação, pertencente ao Departamento de Ciência e Tecnologia, constituindo-se, portanto, nos principais elementos organizacionais, no âmbito do EB, de conexão entre o Sistema de CT&I e a Logística.

O ODS (Órgão de Direção Setorial) responsável pela coordenação da grande maioria das funções logísticas do Sistema Logístico do Exército é o COLOG (Comando Logístico).

Do exposto, foi possível depreender que, no âmbito do EB, a CT&I juntamente com a Logística, desempenham papel importante na incorporação de sistemas e materiais de emprego militar, bem como a manutenção da sua disponibilidade ao longo do Ciclo de Vida.

O presente trabalho apresenta uma solução no sentido de otimizar a fase de aquisição de SMEM, em consonância com os conceitos e diretrizes aqui apresentados. Na próxima Seção, são apresentadas as formas de obtenção de SMEM, conhecimento imprescindível para a compreensão dos processos em curso que correspondem ao campo de aplicação dessa pesquisa.

2.1.3 Obtenção de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM)

O Estado Brasileiro possui documentos regulatórios para a estrutura de defesa do país. Esses instrumentos servem para nortear os trabalhos a serem desenvolvidos, bem como orientam esforços para o crescimento da base industrial de defesa da nação. A partir da promulgação da Constituição Federal de 1988, os documentos de defesa nortearam o planejamento estratégico da defesa nacional, nos seus diversos escopos (Fremdling Farias Júnior; Guttoski Lemos, 2021).

Os assuntos atinentes à Defesa Nacional são controversos e polêmicos. Essas temáticas parecem ganhar ainda mais densidade quando se trata de alguns conceitos específicos, tal como a ideia de Base Industrial de Defesa (BID). O termo BID é complexo em sua definição, uma vez que ele não se relaciona estritamente com

o que a empresa produz, mas ao fim a que se destina o produto e se ele atende aos interesses de Defesa Nacional (Araújo et al., 2011).

No contexto do ciclo de vida do SMEM, o Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação é bastante atuante e participativo nas primeiras fases, vale dizer, nas fases conceitual e de obtenção, sendo que, nessa última fase mencionada, sua atuação é mais contundente quando a obtenção é por PD&I. Vislumbra-se que, em um primeiro momento, nos processos de obtenção por Aquisição, há um risco mais acentuado para a ocorrência de problemas logísticos futuros, de difícil equacionamento, se não adequadamente tratados durante o seu planejamento. Contudo, mesmo os processos de obtenção por PD&I, eventualmente, podem trazer dificuldades logísticas futuras se não houver o devido tratamento, embora, usualmente, de forma atenuada quando comparado com os processos de Aquisição.

2.1.3.1 Obtenção de SMEM nacional pela Base Industrial de Defesa (BID)

A Base Industrial de Defesa (BID) é definida na Política Nacional de Indústria de Defesa (Brasil, 2005) como “o conjunto das empresas estatais e privadas, bem como organizações civis e militares, que participem de uma ou mais das etapas de pesquisa, desenvolvimento, produção, distribuição e manutenção de produtos estratégicos de defesa”. As empresas da BID se congregam de forma associativa, na Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Defesa e Segurança (ABIMDE), representando 2,9 milhões de empregos diretos e indiretos, respondendo por 4,78% do PIB brasileiro (ABIMDE, 2021). Nesse sentido, para auferir os benefícios para a defesa e o desenvolvimento nacional, faz-se necessário o melhor entendimento da dinâmica do setor, bem como a sua inserção no processo de internacionalização.

2.1.3.2 Obtenção de SMEM de BID no exterior pela CEBW

As licitações e contratações internacionais demandadas pelos Órgãos Importadores (OI) do Comando do Exército serão realizadas, preferencialmente, no Brasil, sendo conduzidas pela Comissão do Exército Brasileiro em Washington (CEBW) **quando não houver serviços ou bens produzidos no País**, de acordo com as especificações técnicas, tecnológicas e necessidades operacionais da Força Terrestre, devidamente justificadas em conformidade com os estudos técnicos preliminares (ETP) (Brasil, 2023).

Portanto, a Comissão do Exército Brasileiro em Washington (CEBW) executa procedimentos relativos à aquisição no exterior e atua na remessa de bens e serviços ao Brasil, solicitados pelos diversos Órgãos Importadores (OI). Além disso, recebe e gerencia, no exterior, os recursos financeiros do Exército Brasileiro. Trata-se de uma Comissão subordinada diretamente ao Comandante do Exército, por intermédio de seu gabinete (Brasil, 2023).

Os certames licitatórios são preferencialmente na modalidade pregão eletrônico, ou compra direta. A CEBW também é a responsável pelo planejamento, coordenação e condução dos processos de transporte do material adquirido das empresas do exterior (Brasil, 2023).

Especial atenção deve ser dispensada à análise dos objetos das contratações, devendo os mesmos serem bens e serviços bélicos e militares destinados ao uso finalístico, bem como materiais e serviços relacionados a infraestrutura de defesa e materiais destinados à pesquisa e ao desenvolvimento, no âmbito do MD. Tal justificativa deverá ser incluída no ETP (Brasil, 2023).

A CEBW não pode realizar aquisições no exterior para atender demanda de órgãos e entidades não integrantes da estrutura regimental do ministério da defesa, exceto quando houver autorização do presidente da república (Brasil, 2023).

São Órgãos Importadores do Exército (Brasil, 2023):

- a. Estado Maior do Exército (EME);
- b. Secretaria de Economia e Finanças (SEF);
- c. Comando de Operações Terrestres (COTER);
- d. Departamento de Educação e Cultura do Exército (DECEX);
- e. Departamento de Engenharia e Construção (DEC);
- f. Departamento-Geral de Pessoal (DGP);
- g. Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT);
- h. Comando Logístico (COLOG)
- i. Centro de Inteligência do Exército (CIE); e
- j. Gabinete do Comandante do Exército (Gab Cmt Ex).

Tabela 1 - Fases do Processo de Aquisição Internacional

Fases	Responsável	Ação
1 ^a	OI/Requisitante	Elaboração do ETP e do PCI
2 ^a	CEBW	Elaboração do RFI com base no PCI
3 ^a	CEBW	Remessa das cotações recebidas ao OI
4 ^a	OI	Finalização do ETP, Elaboração do Quadro de Importação (QI)
5 ^a	CEBW	Elaboração do RFQ com base no QI
6 ^a	CEBW	Remessa da parte técnica das cotações ao OI
7 ^a	OI/Requisitante	Análise Técnica da parte técnica das cotações recebidas e elaboração da Ata de Análise Técnica com as propostas habilitadas.
8 ^a	CEBW	Condução do <i>Online Reverse Bid Auction</i>
9 ^a	CEBW	Assinatura do contrato (convencional ou <i>Framework Agreement</i>) e planejamento do transporte, desembaraço alfandegário e destinação final do bem

Fonte: o Autor

1^a Fase: o processo de Aquisição Internacional inicia-se com confecção de um Estudo Técnico Preliminar (ETP), que analisa a viabilidade da licitação e que será finalizado após a obtenção dos orçamentos das empresas. O Órgão Importador (OI), que representa os interesses do requisitante, elabora um Pedido de Cotação Inicial (PCI). O PCI é um documento preenchido no sistema de compras Internacional (SICol) e visa a obtenção de um orçamento estimado para fins de planejamento da licitação, bem como o atendimento ao disposto na legislação de regência. O PCI é um documento que impulsiona a pesquisa de mercado. O PCI é preenchido pelo órgão requisitante e remetido à CEBW até **1º de abril**. É composto pelo Termo de Referência simplificado, com a descrição suficiente do objeto que se pretende adquirir, e uma relação contendo outros itens (Brasil, 2023).

2^a Fase: de posse do PCI, a CEBW elabora o *Request For Information* (RFI), que é um pedido de informações às empresas do ramo do objeto. São solicitadas no RFI as especificações técnicas, preços, prazos de produção e de entrega, dentre outras informações (Brasil, 2023).

3^a Fase: as cotações recebidas dos fornecedores contribuirão para verificar a viabilidade da licitação, bem como para a conclusão do Estudo Técnico Preliminar

(ETP), que teve seu início juntamente com o PCI. O ETP é o documento constitutivo da primeira etapa do planejamento de uma contratação que caracteriza o interesse público envolvido e a sua melhor solução. Ele dá suporte ao anteprojeto, ao termo de referência e/ou ao projeto básico a serem elaborados, caso se conclua pela viabilidade da contratação. O estudo em questão é a base para a confecção do Termo de Referência (Brasil, 2023).

A confecção do ETP tem início antes do PCI e é finalizado antes do envio do QI à CEBW, no caso de ser necessário aguardar as cotações iniciais das empresas em resposta ao *Request For Information* (RFI) para a obtenção de dados que deverão constar do estudo. O ETP é elaborado conjuntamente por servidores da área técnica e requisitante ou, quando houver, pela equipe de planejamento da contratação. Nesse contexto, o ETP, também, deverá concluir sobre a viabilidade da licitação, concluindo, entre outros, que os preceitos existentes nos parágrafos de 1 a 4 do Art 1º do Anexo II da Port 5.175, de 15 de dezembro de 2021 foram atendidos (Brasil, 2023).

Esse aspecto é importante, pois caso uma empresa brasileira apresente proposta no prosseguimento do processo, a licitação será suspensa para reanálise do OI quanto a necessidade de aquisição no exterior, atrasando o certame (Brasil, 2023).

4ª Fase: após a sua conclusão, o ETP deverá ser anexado ao SiCol por ocasião da remessa do QI à CEBW, juntamente com os demais documentos previstos, tais como o Termo de Referência; especificações técnicas adicionais; Termo de Justificativa Técnica de Marca/Modelo; Planilha de Riscos; *Off Set Plan*; Relatório de Pesquisa de Preço e etc. A documentação prevista na Lei 14.133 que embasa o ETP deve ser instruída e os autos remetidos para a CEBW, junto do QI (Brasil, 2023b).

O gerenciamento de risco no planejamento das contratações, conforme previsto na Instrução Normativa nº 5, de 25 de maio de 2017, é importante para as contratações internacionais e é materializado pelo mapa de riscos que deve ser confeccionado e encaminhado junto com os demais documentos, por ocasião do envio do envio do QI para a CEBW (Brasil, 2023).

O QI é um documento de responsabilidade do Órgão Importador, contendo informações sobre bens ou serviços a serem importados. Ele é assinado pelo dirigente máximo do OI, devendo ser remetido à Comissão, **até 31 de julho**, por meio do SiCol. O OI deverá atentar para a descrição completa das especificações técnicas do objeto da aquisição ou contratação e o critério da aceitação das propostas (Brasil, 2023).

5ª Fase: o *Request For Quotation* (RFQ) é o documento de convocação dos fornecedores, sendo semelhante a um edital de licitação. Ele é confeccionado no idioma inglês pela CEBW e assinado pelo Chefe da Comissão. Descreve detalhadamente todos os termos e condições envolvidos no processo de licitação e no fornecimento dos itens, sendo elaborado com base na legislação de regência, nas normas do comércio internacional, na legislação local e na documentação remetida pelos OI por ocasião da remessa do QI. O RFQ é divulgado no site da CEBW e remetido via e-mail para todos os fornecedores cadastrados no grupo classe dos itens a serem comprados, bem como serão divulgadas informações do edital no Portal Nacional de Contratações Públicas (PNCP). Isso contribui para que outros fornecedores possam participar desde que cumpram as exigências de cadastro. O aviso de licitação é publicado no Diário Oficial da União (DOU) (Brasil, 2023).

Caso seja necessário realizar alguma pré-qualificação técnica/comercial adicional dos licitantes, o OI precisa alertar a CEBW fazendo constar tal exigência no campo “Observação” do dos dados para aquisição do Termo de Referência confeccionado no SICOI. É recomendável que a pré-qualificação conste desde o PCI. Caso alguma especificação técnica ou exigência relevante seja alterada, novo PCI e QI deverá ser remetido (Brasil, 2023).

6ª Fase: a cotação resposta é o documento confeccionado pelos fornecedores em resposta ao RFQ. Apresenta os preços (parte comercial), as condições de fornecimentos dos itens demandados e a descrição técnica (parte técnica). As especificações das propostas são remetidas para o OI avaliar e emitir a Ata de Análise Técnica (Brasil, 2023).

7ª Fase: a Ata de Análise Técnica é confeccionada pelo Órgão Importador/Requisitante e indica quais cotações atendem aos requisitos técnicos demandados. Cabe destacar, que a participação do licitante ao certame está condicionada, obrigatoriamente, a aprovação técnica e comercial do bem pretendido pelo OI e pela CEBW. As propostas serão julgadas conforme o previsto nos Art. 36. e Art. 37. do Anexo II da Port MD 5.175/2021, cabendo à CEBW a avaliação comercial da proposta. O parecer do OI precisa ser claro e objetivo, constando as palavras: **CLASSIFICADO/ATENDE** ou **DESCCLASSIFICADO/NÃO ATENDE** na conclusão do parecer de cada item (Brasil, 2023).

Nos pareceres não devem constar classificações condicionadas a alguma verificação a ser realizada pela CEBW após a emissão da ata, tendo em vista os

prazos e, principalmente, o fato de que da Comissão não possuir corpo técnico habilitado para avaliar as respostas encaminhadas pelos fornecedores. Caso o OI precise de alguma informação adicional, solicita-se que a demanda seja enviada por e-mail/DIEx, a fim de que a CEBW possa dirigir tal questionamento à empresa postulante **antes** da emissão da Ata (Brasil, 2023).

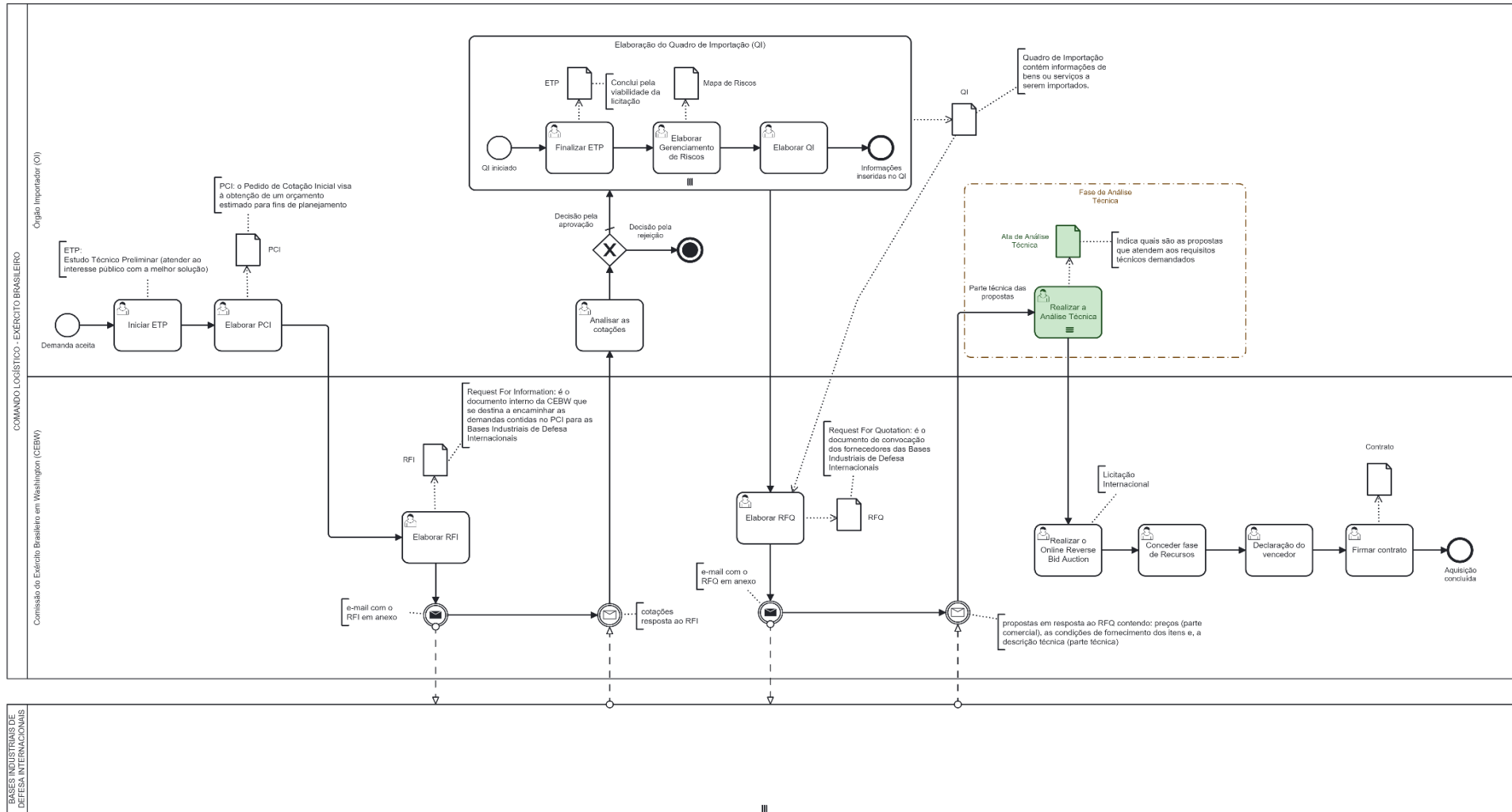
É muito importante que durante a avaliação técnica das propostas sejam observados se todas as características técnicas constantes do edital estão sendo atendidas pelos produtos ofertados. Eventualmente, um fornecedor pode cotar um produto com características inferiores aos requisitos aprovados e a proposta ser aprovada junto de outras que atenderam plenamente o edital. Como consequência, a oferta inferior possivelmente terá o preço menor e vencerá a licitação. Nesse caso, os princípios da Vinculação ao Instrumento Convocatório, do Julgamento Objetivo, entre outros não estarão sendo atendidos (Brasil, 2023).

Quando algum item for desclassificado, a justificativa deve ser clara e embasada nas especificações técnicas constantes do RFQ e não em justificativas genéricas. O OI deve indicar qual especificação não foi atendida. Da mesma forma, o avaliador **não** pode exigir especificações técnicas **além daquelas contidas no edital**, como por exemplo, desclassificar uma lanterna devido ao tipo de bateria utilizado, sendo que não foi especificado qual tipo seria aceito (Brasil, 2023).

Caso seja verificado que a especificação inicial do produto não atenderá a demanda, o OI pode solicitar que o processo de aquisição seja revogado (antes do certame) ou que se tente remediar a licitação de acordo com o previsto na legislação (Brasil, 2023).

O processo de aquisição internacional conduzido pela CEBW encontra-se modelado conforme Figura 4 na notação BPMN.

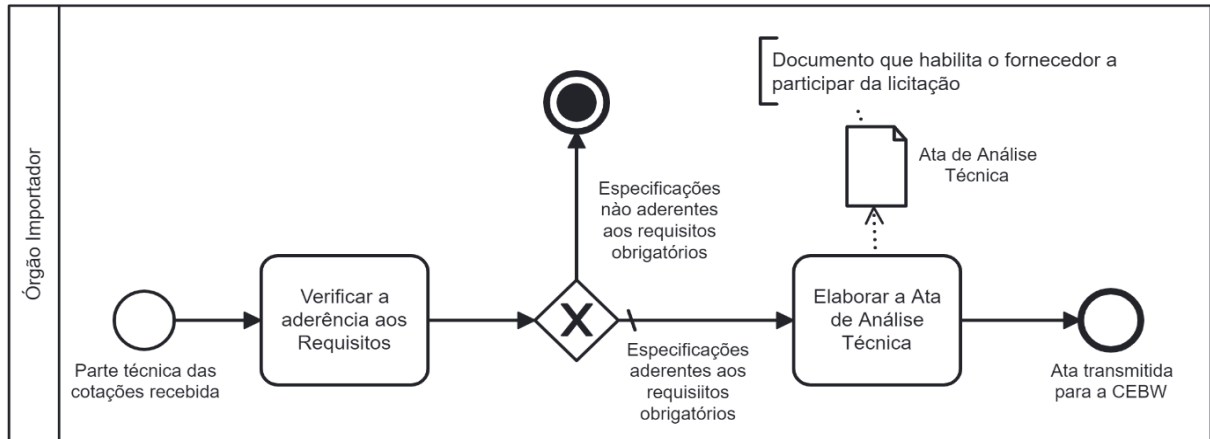
Figura 4 - Processo de Aquisição Internacional (As Is)



Fonte: o Autor

A fase de análise das propostas, denominada fase de análise técnica neste processo que envolve a CEBW, encontra-se modelada conforme Figura 5.

Figura 5 - Fase na Análise Técnica (As Is)



Fonte: o Autor

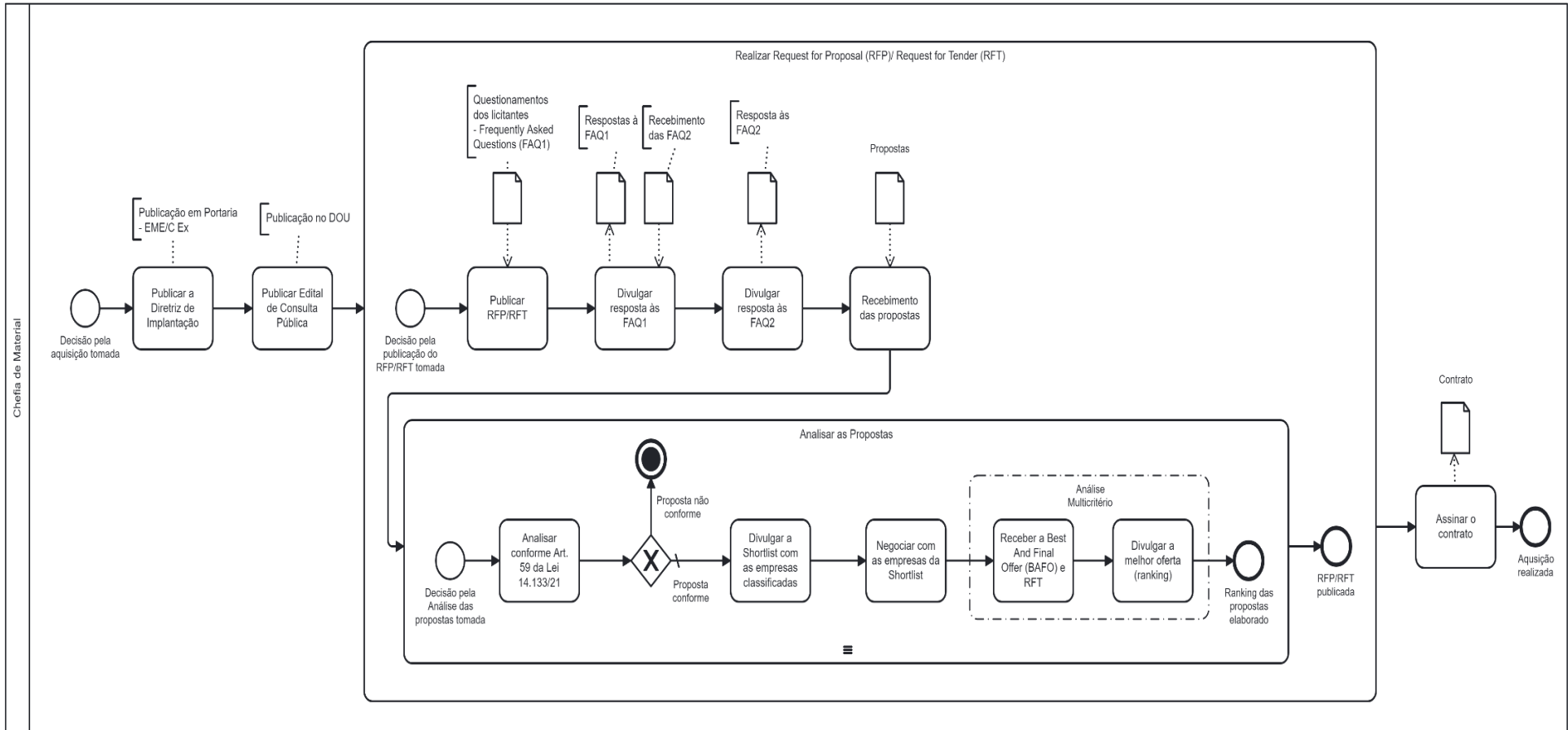
Nesta fase, a parte técnica das propostas candidatas são comparadas com os requisitos do órgão, em seguida a aderência aos mesmos requisitos é verificada, por fim, elabora-se uma Ata de Análise Técnica, com a classificação “**HABILITADA**” ou “**DESABILITADA**”, neste último caso, o motivo da desabilitação. A Ata é então transmitida à CEBW para que seja possível prosseguir com a aquisição. Neste processo, geralmente são considerados apenas os requisitos obrigatórios para o equipamento que se deseja adquirir (Brasil, 2023).

A seguir, será detalhada a forma de obtenção nacional, por intermédio do Comando Logístico.

2.1.3.3 Obtenção de SMEM de BID no exterior pelo COLOG

No caso de obtenção de Sistemas Complexos, o Comando Logístico (COLOG) vem adotando um procedimento para a aquisição que contempla técnica e preço na licitação (Figura 6). A fase de análise das propostas contempla uma etapa de análise multicritério para verificar a técnica dos equipamentos à luz dos requisitos estabelecidos pelo Exército. Na aquisição desses Sistemas Complexos, a licitação é do tipo técnica e preço.

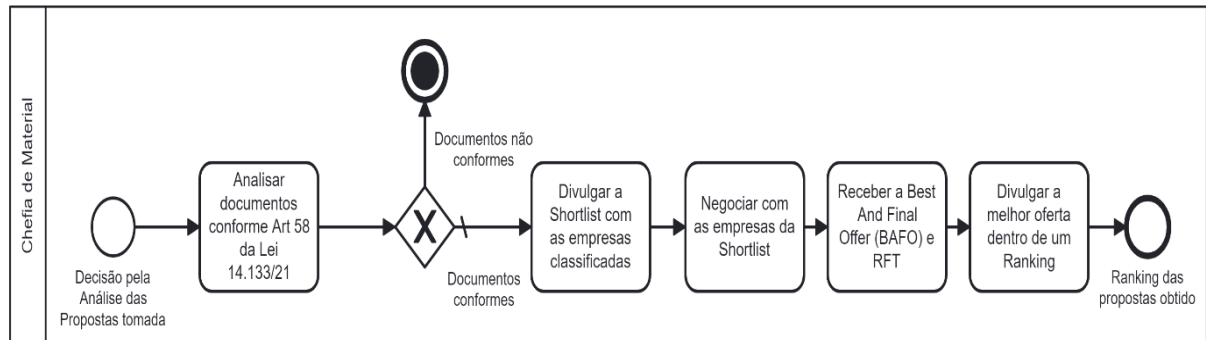
Figura 6 - Processo de Aquisição Nacional (As Is)



Fonte: o Autor

Por meio da Figura 7, disponível a seguir, é possível verificar a fase de análise das propostas. É nesta fase que as especificações são analisadas à luz dos requisitos pré-estabelecidos.

Figura 7 - Fase de Análise das Propostas (As Is)



Fonte: o Autor

Essa fase inicia-se com uma análise conforme Art. 59 da Lei 14.133/21, lei de licitações e contratos administrativos, em que são verificados eventuais vícios e conformidade com o Termo de Referência. Após as fases de negociação e recebimento das ofertas, é realizada uma análise multicritério a fim de ranquear as propostas à luz dos requisitos contidos no Termo de Referência.

Na próxima Seção são abordados assuntos relacionados ao processo de tomada de decisão e métodos que auxiliam o processo decisório.

2.1.4 Processos de tomada de decisão

De acordo com Chiavenato (2007), as decisões tomadas em uma organização são realizadas em conformidade com a percepção das pessoas diante das situações observadas. Ao passo que para Vercellis (2009), tomada de decisão é o processo no qual um indivíduo busca solucionar uma diferença existente entre o estado operacional atual de um sistema e suas condições desejadas.

As decisões devem ser tomadas considerando a maior quantidade de informações relativas ao processo. Assim, deve-se estudar o problema a partir de dados levantados, estabelecer possíveis soluções, escolher a melhor solução, viabilizá-la e então, implementá-la e analisar os resultados obtidos (Chiavenato, 2006).

Ainda de acordo com Chiavenato (2007), seis elementos básicos estão envolvidos nos processos de tomada de decisão:

- 1) o tomador de decisão;
- 2) os objetivos a serem alcançados;
- 3) critérios de escolha;
- 4) estratégia adotada e sequencia de ações;
- 5) aspectos ambientais vivenciados pelo tomador de decisão; e,
- 6) o resultado proveniente da estratégia adotada.

As decisões ainda podem ser relacionadas aos níveis organizacionais, sendo elas decisões estratégicas, as quais afetam a organização como um todo, decisões táticas, as quais estão focadas na gestão de processos de uma parte da organização, e decisões operacionais, as quais referem-se a atividades específicas (Vercellis, 2009).

Devido ao cenário competitivo a que as organizações estão inseridas, faz-se necessário tomar decisões de maneira rápida, segura e estratégica para se obter vantagem no mercado. Para isso, torna-se necessário contar com sistemas que apoiem a análise de dados e as tomadas de decisão (Rautenberg; Carmo, 2019). A Seção 2.1.5, disponível a seguir, inaugura métodos de auxílio à decisão.

2.1.5 Métodos de Auxílio à Decisão Multicritério (MADM)

Em cenários de decisões complexas, nas quais os decisores se deparam com múltiplas variáveis, propõe-se a utilização de métodos de auxílio à decisão multicritério (MADM) (Saaty, 2013). Esses métodos foram inicialmente abordados de forma científica por meio da atividade de pesquisa operacional nos serviços militares prestados durante a Segunda Guerra Mundial. Em razão do empreendimento da guerra, os altos escalões militares precisavam de um método elaborado e efetivo para decidir como e onde alocar os escassos recursos bélicos nas distintas operações militares (Hillier; Lieberman, 2006).

Uma série de métodos de auxílio à decisão foi desenvolvida para resolver problemas complexos envolvendo múltiplos critérios ou objetivos (Köksalan; Wallenius; Zionts, 2013). De acordo com Doumpos e Zopounidis (2004), existem problemáticas de decisão que influenciam a escolha do método adequado: a saber:

- a) Escolha: o decisor pretende escolher uma alternativa dentre várias;

- b) Classificação: o decisor pretende classificar as alternativas em grupos;
- c) Ordenação: o decisor busca ordenar as alternativas da mais preferível à menos preferível;
- d) Descrição: o decisor busca estudar os aspectos das alternativas; e
- e) Portifólio: o decisor, sob determinadas restrições, cria um grupo de alternativas.

Segundo Ishizaka e Nemery (2013), os seguintes métodos podem ser utilizados para solucionar problemas de ordenação: AHP; ANP; MAUT/UTA; MACBETH; PROMETHEE; ELECTRE III; TOPSIS e DEA.

Isto posto, dentre os mais utilizados para problemas de priorização, destacam-se o método AHP (do inglês *Analytic Hierarchy Process*) (Saaty, 1977; 1987; 1990; 2013), que representa o problema com estrutura hierárquica, e o método TOPSIS (do inglês *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) (Hwang, 1981; Hwang; Lai; Liu, 1993), estruturado a partir de uma matriz de avaliação formada pelas alternativas e pelos critérios ou objetivos a serem considerados.

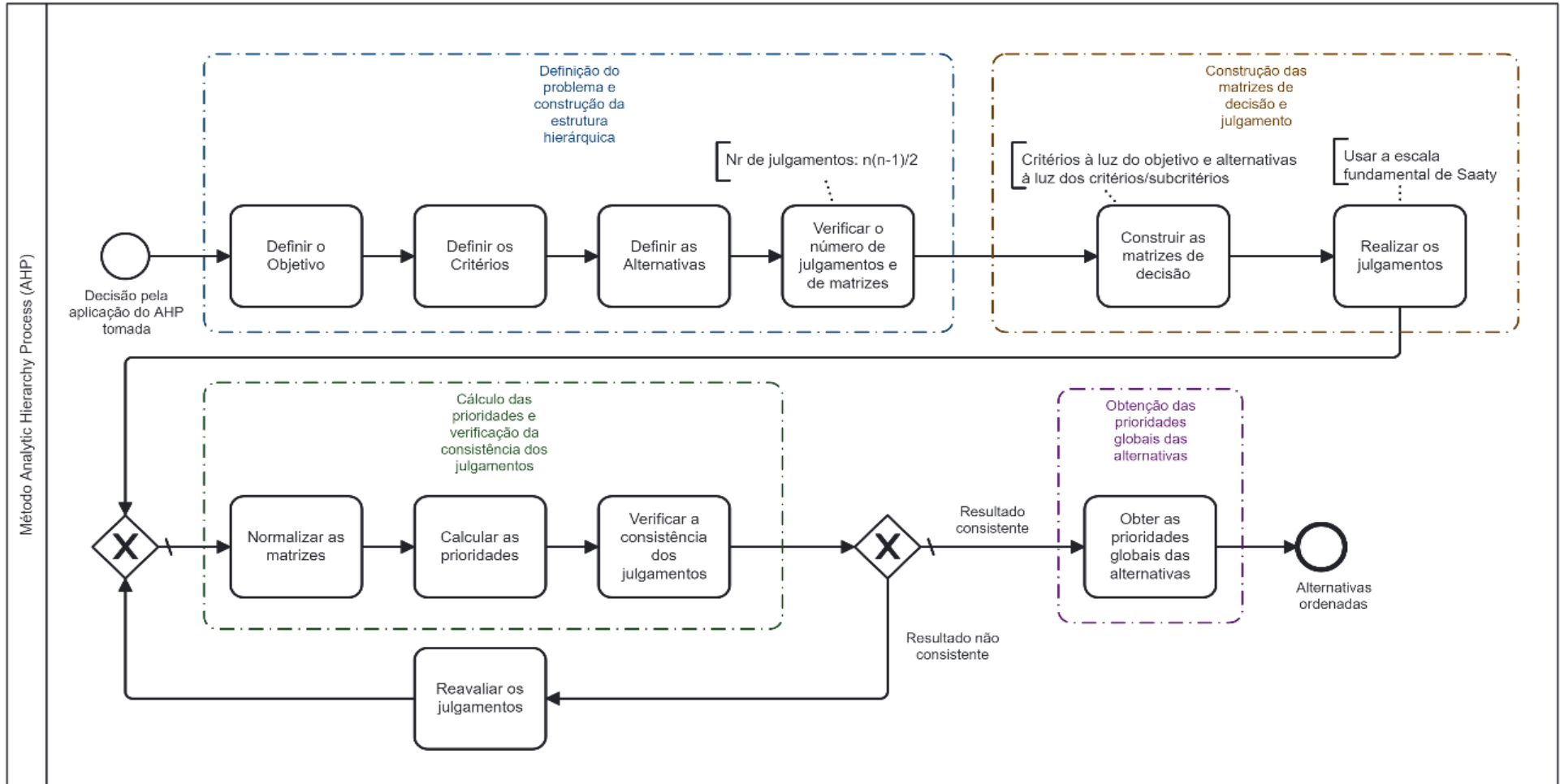
2.1.5.1AHP

O método de auxílio à decisão multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP), proposto por Saaty (1977), tem sido amplamente aplicado em uma gama de setores, como economia, agronegócios, meio ambiente, saúde, tecnologia da informação, engenharias e defesa (Ho; Ma, 2018).

De acordo com o estudo de Emrouznejad e Marra (2017), de 1979 a 2017, foram publicados mais de 8441 (oito mil quatrocentos e quarenta e um) estudos sobre AHP em diversas áreas do conhecimento, e também do método AHP híbrido com: TOPSIS; DEAHP; análise SWOT; QFD; dentre outros. É adequado para vários domínios e problemas multifatoriais e multiníveis (Yi; Guo, 2023).

O método é empregado em problemas de ordenação quando são considerados múltiplos critérios e objetivos. Uma das vantagens do método é que ele se baseia na comparação pareada das alternativas, facilitando o julgamento e a comparação, o que conduz a resultados acurados (Millet, 1997). Outra vantagem é a modelagem hierárquica do problema e a realização de julgamentos verbais, e a consistência desses julgamentos (Ishizaka; Labib, 2011). A sequência de resolução do método AHP encontra-se apresentado no fluxograma da Figura 8.

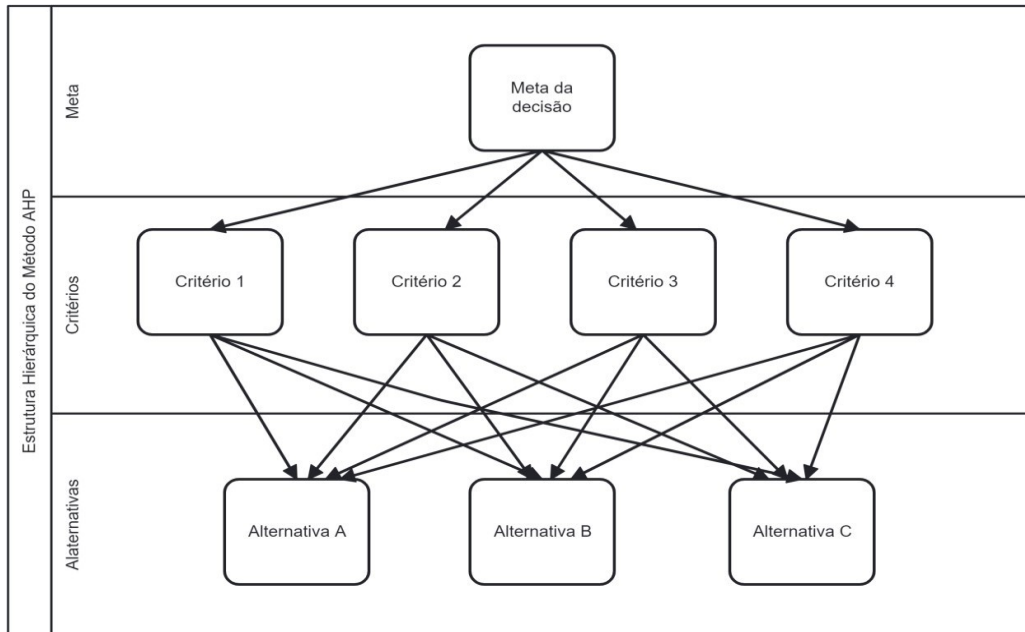
Figura 8 - Aplicação do método AHP



Fonte: Adaptado de Saaty (1990)

Na primeira etapa, realiza-se a estruturação do problema em níveis hierárquicos, compostos por metas, critérios e alternativas conforme ilustra a Figura 9.

Figura 9 - Estrutura hierárquica do método AHP



Fonte: Adaptado de Saaty (1977)

Na segunda etapa, avaliam-se os critérios por meio de comparação pareada, utilizando-se a escala de Saaty (1990), apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Escala de Saaty

Intensidade de importância	Definição	Explicação da intensidade
1	Igual importância entre as variáveis	Dois variáveis (critérios ou alternativas) contribuem igualmente para a meta da decisão (objetivo)
3	Importância pequena de uma sobre a outra	Julgamento levemente favorável de uma sobre a outra
5	Importância grande ou essencial	Julgamento fortemente favorável de uma sobre a outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma variável é muito fortemente favorável sobre a outra. A dominância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta de uma sobre a outra	A evidência favorável de uma variável sobre a outra é do mais alto grau possível. A dominância é absoluta
2,4,6,8	Valores intermediários de importância	Quando o compromisso é necessário

Fonte: Adaptado de Saaty (1990)

As comparações pareadas geram como resultado uma matriz “A” ($n \times n$) de avaliação, conforme Equação (1):

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & 1 & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

As seguintes condições devem ser atendidas: $a_{ij} = \alpha$; $a_{ji} = \frac{1}{\alpha}$; e $a_{ii} = 1$ onde: $-a_{ij}$ = comparação par a par dos critérios/alternativas i e j ; e $-\alpha$ = valor de intensidade de importância.

Na terceira etapa, gera-se o grau de importância do i -ésimo critério/alternativa, denominado W_i (autovetor de prioridades), por meio da resolução da matriz “A”, conforme Equação (2).

$$W_i = \frac{(\prod_{j=1}^n a_{ij})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n (\prod_{j=1}^n a_{ij})^{\frac{1}{n}}}, i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

Na quarta etapa, avalia-se a consistência dos julgamentos realizados na comparação pareada, denominada Razão de Consistência (RC). De acordo com Saaty (1990), a RC deve ter valor menor do que 0,1. Quando esse valor é superado, os julgamentos são revistos e nova matriz de avaliação deve ser construída. Nesta ocasião, o valor da RC é novamente verificado. Esse ciclo ocorre até que o valor da RC seja menor que 0,1. A Equação (3) expressa a RC (Alonso; Lamata, 2006).

$$RC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{2.7699n - 4.3513 - n} \quad (3)$$

Onde: - “ $\lambda_{m\acute{a}x}$ ” representa o autovalor principal da matriz A ; e “ n ” é a dimensão da matriz. De acordo com Saaty (2000), $\lambda_{m\acute{a}x}$ pode ser calculado por meio da Equação (4) que se segue.

$$\lambda_{M\acute{a}x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[Aw]_i}{w_i} \quad (4)$$

Saaty (1977) introduziu o seguinte índice, conforme Equação (5) para mensurar a consistência:

$$IC = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - n)}{(n - 1)} \quad (5)$$

O cálculo da razão de consistência *RC* também pode ser calculada por meio da divisão do *IC*, obtido da Equação (5), por um valor denominado índice randômico *IR*, valor tabelado para matrizes com até 15 elementos, conforme Tabela 2 (Saaty, 2000).

Tabela 2 - Índice Randômico

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>IR</i>	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: Adaptado de Saaty (2000)

Na quinta e última etapa, obtém-se o valor das alternativas com o somatório do produto dos pesos calculados pelos valores em cada critério.

A flexibilidade do método AHP se mostrou útil para aplicação no processo de seleção de fornecedores (Chan et al., 2008; Chan e Kumar, 2007; Che, 2010; LABIB, 2011; Tsai e Hung, 2009; Vahdani e Zandieh, 2010).

2.1.5.2 TOPSIS

O método TOPSIS, acrônimo para o termo em inglês *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* foi desenvolvido por Hwang e Yoon (1981) com o objetivo de solucionar problemas de priorização com múltiplos critérios e objetivos. Diversos trabalhos têm empregado esse método na solução de problemas multicritério complexos (Behzadian et al., 2012). É compensatório na medida em que permite a identificação da melhor alternativa em um conjunto de alternativas viáveis. O método compensatório permite o compromisso entre diferentes critérios, em que um resultado ruim em determinado critério pode ser compensado por um bom resultado em outro critério (Khosravi et al., 2011).

Esse método, oriundo da escola americana, baseia-se no conceito de que a melhor alternativa possui a menor distância geométrica de uma Solução Ideal Positiva (SIP) e, similarmente, a maior distância da Solução Ideal Negativa (SIN), empregando

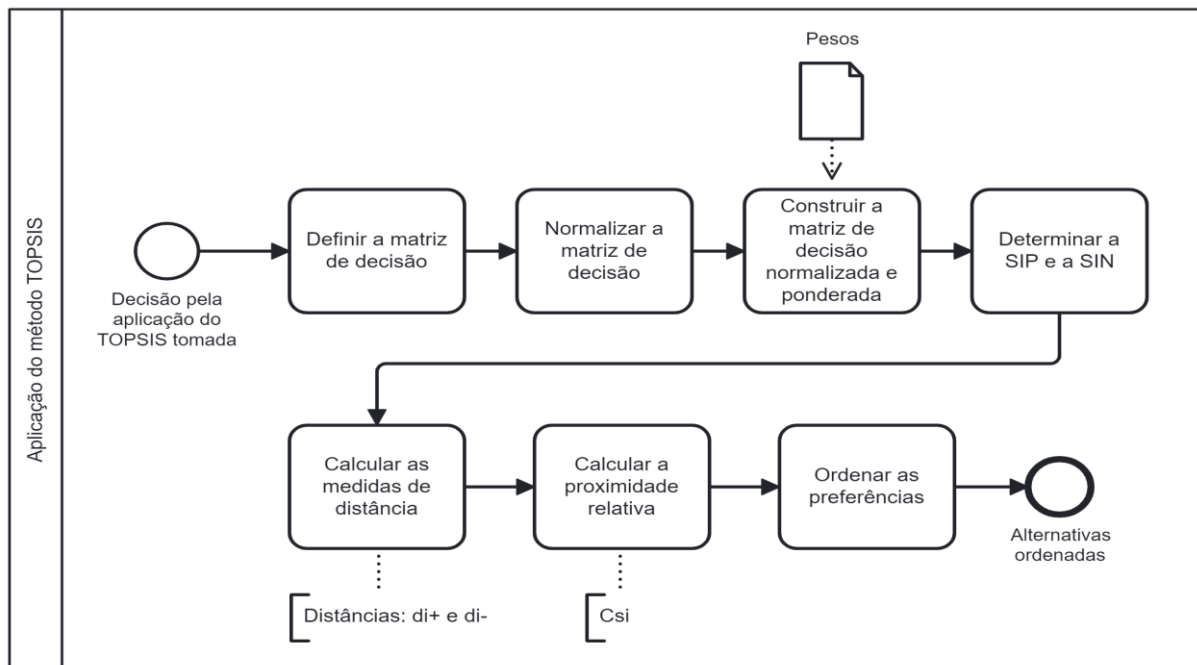
a técnica de medição da distância euclidiana (Olson, 2004). São considerados na solução os pesos dos critérios e se estes atribuem custo ou benefício na avaliação (Sánchez-Lozano; García-Cascales; Lamata, 2016).

As alternativas são inicialmente classificadas com base em sua semelhança com uma solução ideal, que é a melhor solução em todos os critérios e, portanto, não existe. A alternativa que apresenta maior similaridade com a solução ideal positiva possui maior avaliação do que as alternativas com menor valor de similaridade (Thakkar, 2021).

Basicamente, a abordagem TOPSIS envolve identificar a distância de cada alternativa da solução ideal e a escolha da melhor alternativa com base nesta distância. A metodologia geral envolve a comparação de um conjunto de alternativas com base em pesos atribuídos a cada critério de avaliação e, em seguida, calcula-se os valores normalizados dessas pontuações, que são então utilizados para calcular a distância geométrica de uma solução ideal (Thakkar, 2021).

O método TOPSIS pode ser executado em sete etapas conforme a Figura 10:

Figura 10 - Aplicação do método TOPSIS



Fonte: Adaptado de Thakkar (2021)

Na primeira etapa, é necessário definir a matriz de decisão D , usando a Equação (6), que é composta por alternativas e critérios, em que A_1, A_2, \dots, A_m são as

alternativas, C_1, C_2, \dots, C_m são os critérios, e x_{ij} indica o *rating*, que traduz-se no desempenho da alternativa A_i em relação ao critério C_j .

$$D = \begin{matrix} & C_1 & \dots & C_n \\ A_1 & x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{matrix} \quad (6)$$

Cada critério possui um determinado peso definido pelo tomador de decisão em questão, representado pelo vetor $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, sendo w_j um peso para o critério C_j satisfazendo $\sum_{i=1}^n w = 1$.

Em geral os critérios são classificados em dois tipos de critérios monotônicos, os critérios de custo e de benefício. Critérios de custo, quanto menor o *rating*, melhor, enquanto que para critérios de benefício, quanto maior o *rating* melhor.

Na segunda etapa, a matriz D , depois de ser preenchida, necessita ser normalizada em uma matriz $R = [r_{ij}]_{m \times n}$, isso permite a comparação entre todos os critérios. Para normalizar o rating x_{ij} aplica-se a Equação (7):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (7)$$

Na terceira etapa, após a normalização dos *ratings*, os valores da matriz R devem ser ponderados pelo vetor W gerando uma nova matriz $P = [p_{ij}]_{m \times n}$ oriunda da seguinte multiplicação: $p_{ij} = w_j \cdot r_{ij}$.

Na quarta etapa, são identificadas a Solução Ideal Positiva (SIP) e a Solução Ideal Negativa (SIN), como mostrado a seguir nas Equações (8), (9), (10) e (11):

$$A^+ = (p_1^+, p_2^+, \dots, p_n^+) \quad (8)$$

$$A^- = (p_1^-, p_2^-, \dots, p_n^-) \quad (9)$$

Onde:

$$p_j^+ = \begin{cases} \max_i(p_{ij}), & \text{se o critério for de benefício} \\ \min_i(p_{ij}), & \text{se o critério for de custo} \end{cases} \quad (10)$$

$$p_j^- = \begin{cases} \min_i(p_{ij}), & \text{se o critério for de benefício} \\ \max_i(p_{ij}), & \text{se o critério for de custo} \end{cases} \quad (11)$$

Na quinta etapa, deve-se calcular para cada alternativa A_i a distância euclidiana de cada *rating* para o vetor de soluções positivas A^+ e para o vetor de soluções ideais negativas A^- , conforme Equações (12), (13), (14) e (15):

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (d_{ij}^+)^2} \quad (12)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (d_{ij}^-)^2} \quad (13)$$

Onde:

$$d_{ij}^+ = p_{ij} - p_j^+ \quad (14)$$

$$d_{ij}^- = p_{ij} - p_j^- \quad (15)$$

Na sexta etapa, após calculadas as distâncias da etapa anterior, o próximo passo é determinar a proximidade relativa. A ideia é escolher como melhor alternativa aquela mais próxima da Solução Ideal Positiva (SIP) e mais distante da Solução Ideal Negativa (SIN). Para isso, procedemos com a Equação (16):

$$\xi_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \text{ onde } 0 < \xi_i < 1 \quad (16)$$

Observação: Nota-se que se d_i^- aumentar, d_i^+ tende a diminuir, fazendo com que a razão tenda a 1. Isso indica que a alternativa em questão está se afastando de A^- e se aproximando de A^+ . De modo análogo, se d_i^- diminuir, d_i^+ vai aumentar fazendo

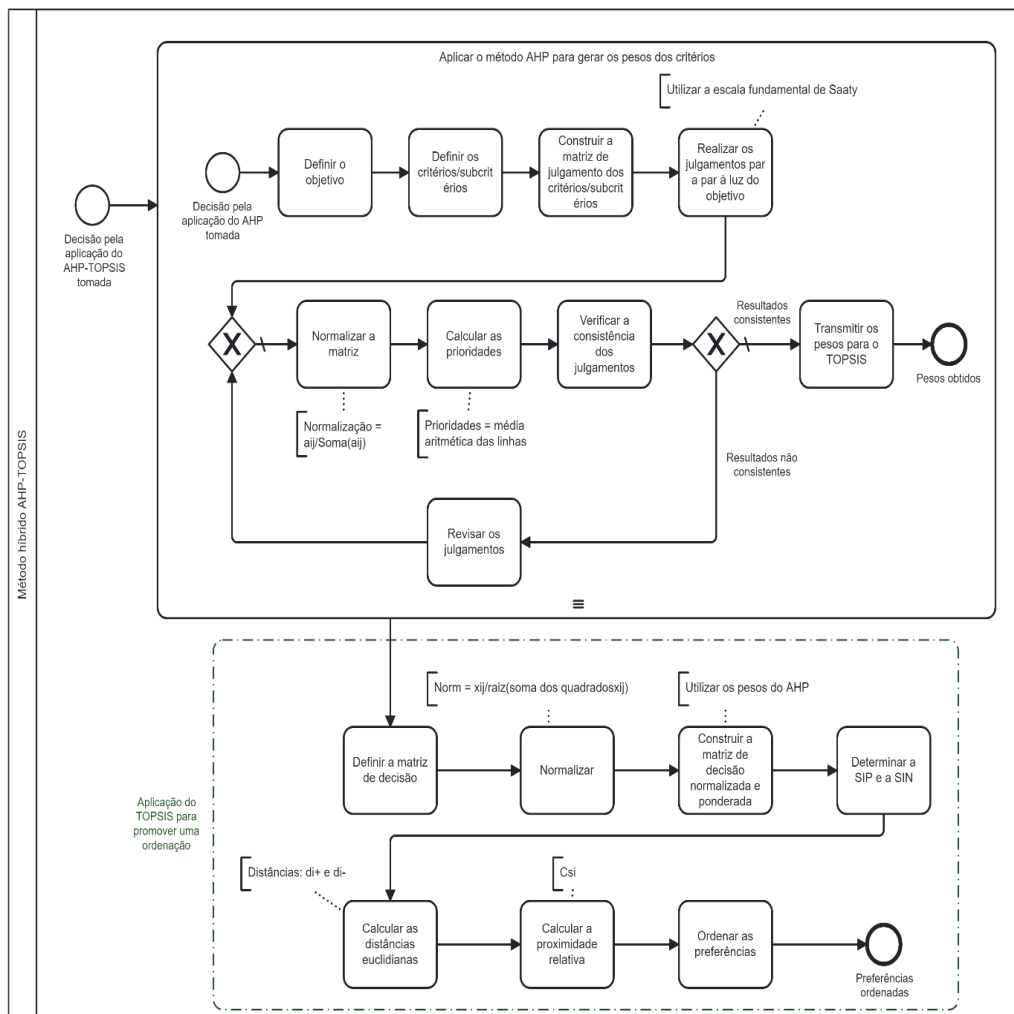
com que a razão tenda a zero. Isso indica que a alternativa está se afastando de A^+ e se aproximando de A^- .

Na sétima e última etapa, faz-se a ordenação das alternativas tomando-se por base o vetor ξ_i . As melhores alternativas são aquelas com os maiores valores de ξ_i e devem ser escolhidas, haja vista a proximidade com a solução ideal.

2.1.5.3 Método híbrido AHP-TOPSIS

O método híbrido AHP-TOPSIS consiste da inserção dos pesos dos critérios obtidos por meio do método AHP no método TOPSIS (de agregação) para a obtenção da ordenação das preferências. Um modelo com as etapas desse método híbrido, encontra-se na Figura 11.

Figura 11 - Aplicação do método híbrido AHP-TOPSIS



Fonte: o Autor

2.1.5.4 AHP-TOPSIS-2N

O método híbrido AHP-TOPSIS-2N foi desenvolvido por De Souza, Gomes e De Barros (2018), e propõe-se a gerar duas possibilidades de ordenação de prioridades alinhadas à situação estratégica da organização. Além da normalização tradicionalmente utilizada por Hwang e Yoon, (1981) no método TOPSIS, conforme Equação (7), utiliza-se também a normalização dada pela Equação (17):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \text{mín}(x_{ij})}{\text{máx}(x_{ij}) - \text{mín}(x_{ij})} \quad (17)$$

Ao empregar essa segunda normalização, os valores para a proximidade relativa (Equação (16)) se alteram, ocasião em que a ordenação das preferências também pode sofrer modificação. Contudo, caso a ordenação das preferências se mantenham inalteradas, o método proposto, de acordo com De Souza, Gomes e De Barros, (2018b) demonstra-se robusto para a aplicação realizada, isto é, a ordenação é resistente a pequenas variações dos parâmetros geradas ao utilizar-se outra forma de normalização - Equação (17).

2.1.6 Gerenciamento de Processos de Negócios

Um Processo de Negócio, ou do inglês *Business Process* (BP), pode ser definido como um conjunto de eventos, atividades e pontos de decisão inter-relacionados que envolvem diversos atores e objetos, que coletivamente, levam a um resultado de valor para ao menos um cliente (Dumas et al., 2018). Essas atividades realizam conjuntamente uma meta de negócio. Cada processo de negócio é executado por uma única organização, mas pode interagir com processos de negócios executados por outras organizações (Weske, 2007).

A partir da definição de Processo de Negócio, é possível conceituar o Gerenciamento de Processos de Negócios, ou do inglês *Business Process Management* (BPM), como o conjunto de métodos, técnicas e ferramentas para descobrir, analisar, redesenhar, executar e monitorar processos de negócios (Dumas et al., 2018). O BPM pode ser compreendido como um sistema abrangente para gerenciar e transformar as operações organizacionais, tomando-se por base o que é

indiscutivelmente o primeiro conjunto de novas ideias sobre o desempenho organizacional desde a Revolução Industrial (Rosemann; Vom Brocke, 2010).

Ainda de acordo com Weske (2007), o Gerenciamento dos Processos de Negócios parte da premissa de que cada produto de uma empresa oferece ao mercado é o resultado de uma série de atividades executadas. Os processos de negócios são fundamentais para organizar essas atividades e para otimizar a compreensão de suas inter-relações.

Para que seja possível o gerenciamento de uma empresa por meio dos seus processos, faz-se importante identificar: a missão da empresa; os processos críticos do negócio; os recursos necessários para criar seus produtos; o que a empresa oferece para seus clientes; e, finalmente, a forma de gerenciar esse fluxo de informações, atividades e produtos, almejando a satisfação dos seus clientes (Barbara, 2008).

Conforme Vaisman (2013), a modelagem dos Processos de Negócios é a atividade para representar os processos de uma organização, para que sejam passíveis de análise e otimização.

Na atualidade, os modelos de negócios tornaram-se um conceito de gestão integrada. A implementação bem sucedida do modelo culmina diretamente no sucesso de um negócio (Wirtz, 2020).

Conforme Entringer, Da Silva Ferreira e De Oliveira Nascimento (2021), UML, EPC, IDEF e BPMN são as principais metodologias encontradas por meio de pesquisa na base de dados da Scopus em 2021. O *Business Process Model and Notation* (BPMN) representa cerca de 55% dos trabalhos publicados, seguido pela *Unified Modeling Language* (UML), com 21%; *Event-driven Process Chain* (EPC) com 12% e, finalmente; o *Integrated Definition for Process Modeling* (IDEF) com 7%.

Isto posto, a UML é uma linguagem de modelagem, originariamente projetada para o desenvolvimento de software, que representa de maneira visual o comportamento e a estrutura de um sistema ou processo. Assim, a UML contribui no sentido de indicar eventuais erros nas estruturas de aplicativos, no comportamento dos sistemas e de outros processos de negócios. Surgiu pela primeira vez em 1990 no intuito de se desenvolver uma maneira menos caótica de representar o desenvolvimento de software cada vez mais complexo, e de separar a metodologia do processo. Trata-se de uma linguagem que abrange todas as visões necessárias ao desenvolvimento e implantação desses sistemas. Os objetivos da UML são:

especificação, documentação, estruturação para sub visualização e maior visualização lógica do desenvolvimento completo de um sistema de informação (Jacobson; Booch; Rumbaugh, 1999).

A Cadeia de Processos Orientada a Eventos, ou do inglês, *Event-driven Process Chain* (EPC), é uma espécie de fluxograma para a modelagem de processos de negócios, empregado para configurar a execução do planejamento de recursos empresariais e para a otimização de processos de negócios, com representação de dependências temporais e lógicas de atividades de um processo de negócio (Mendling, 2008). Um dos principais pontos fortes do EPC é a sua simplicidade e notação amigável ao usuário. Isto torna o EPC uma técnica amplamente aceitável para representar processos de negócios.

Ao passo que o IDEF, ou do inglês *Integration Definition*, é uma família de linguagens de modelagem na área de engenharia de sistemas e software. Originariamente foi desenvolvido com financiamento da Força Aérea dos Estados Unidos, e atualmente são de domínio público. A família de linguagens de modelagem cobre uma ampla gama de funcionalidades, desde modelagem funcional até dados, simulação, análise/projeto orientado a objetos e aquisição de conhecimento (Dorador; Young, 2000). Os métodos IDEF foram definidos de IDEF0 a IDEF14.

Ante o exposto, o *Business Process Model and Notation* (BPMN), notação de modelagem de processos escolhida por esta pesquisa, e também a mais utilizada atualmente será apresentada em detalhes na Seção 2.1.7, disponível a seguir.

2.1.7 Business Process Model and Notation (BPMN)

A notação BPMN foi criada inicialmente pelo NWG (*Notation Working Group*), entidade que posteriormente fundiu-se com o OMG (*Object Management Group*). No entanto a notação só passou a se tornar um padrão após a incorporação em 2005, pelo OMG, da BPMI (*Business Process Management Initiative*), com a absorção das experiências desta terceira entidade (Cruz, 2008; Oliveira; Almeida Neto, 2009).

Empresas de ferramentas de modelagem, simulação e automação de processos chegaram a um consenso no tocante à padronização da notação utilizada em suas ferramentas (Oliveira; Almeida Neto, 2009). O intuito foi facilitar o entendimento e treinamento do usuário final, além de permitir o intercâmbio de diagramas entre ferramentas. Para Oliveira e Almeida Neto (2009), o BPMN é uma das notações mais ricas no que se refere à oferta de elementos de modelagem, o que

a torna muito vantajosa. É possível citar alguns dos benefícios do BPMN (Oliveira; Almeida Neto, 2009):

- a) Padrão de notação com suporte em diversas ferramentas;
- b) Permite evolução para o padrão *XML for Process Definition Language* (XPDL 2.0), que é uma linguagem de descrição de fluxo;
- c) Permite a conversão direta (e automática) para *Business Process Execution Language* (BPEL), reduzindo assim a lacuna entre o desenho do processo e a sua implementação ou automação;
- d) Incorpora facilidades de técnicas como UML e IDEF;
- e) Notação de fácil compreensão e utilizada por todos os envolvidos nos processos de negócio.

Entretanto, é possível citar como limitações do BPMN (Oliveira; Almeida Neto, 2009):

- a) Integração do BPMN em outras ferramentas é parcialmente atendida, haja vista tratar-se de uma notação gráfica que depende da sua representação textual;
- e
- b) Por ser focado em processos, dificulta o manuseio de diferentes visões.

É possível, com o BPMN, gerar três tipos de modelos (OMG, 2009):

1) Processos de negócios privados (internos): representam processos internos de uma organização específica. O fluxo sequencial do processo é modelado em “piscina” única e apenas o fluxo de mensagens pode transpor as fronteiras da “piscina” para apresentar interações entre processos de negócios privados separados;

2) Processos abstratos (públicos): representam interações entre um processo privado e outro processo ou participante. Somente as atividades que possuem comunicação com objetos externos são representadas, as demais atividades ficam ocultas; e

3) Processos colaborativos (globais): representam as interações entre duas ou mais entidades de negócios. Semelhantemente aos processos públicos, exhibe as interações entre as partes. Diferentemente dos públicos, exhibe as atividades que se comunicam em ambas as partes, ao invés de uma parte apenas.

Dito isto, uma gama de diagramas pode ser elaborada usando uma combinação dos modelos de processos disponíveis. No entanto, nem sempre o resultado gerado pode ser um mapeamento em linguagem executável. Na linha da

execução, ou automação, do processo de negócio mapeado com BPMN cabe ressaltar que existem diferenças entre o mapeamento para o negócio, e o técnico, voltado à automação (Chang, 2016).

Por ser o BPMN uma das notações mais facilmente compreendidas e utilizadas (desde os estrategistas e analistas de negócio, até os técnicos responsáveis pela implantação da tecnologia que conferirá suporte à gestão por processos) é possível inferir que é criada uma conexão de integração padronizada que facilita a comunicação entre o diagrama de negócio e a implantação no ambiente operacional. Conforme pontuou Chang (2016), essa conexão é criada pelo emprego da mesma notação pelos diversos participantes, mitigando problemas de conversão de notações.

Em face de todo o exposto, afirma-se que por intermédio da notação BPMN é possível promover a transparência da estratégia e a estrutura dos processos de uma empresa, possibilitando a visão ampla de como tudo funciona na organização, o que contribui sobremaneira para o aprimoramento da eficiência operacional do negócio.

Além disso, o BPMN é uma notação padrão em instituições de Estado, como o Exército Brasileiro, que adota essa padronização por intermédio do seu Manual Técnico EB 20-MT-11.001, Padrão de Modelagem de Processos do Exército Brasileiro – Nível Descritivo, 1ª Edição, 2015 (Brasil, 2015).

Na Seção 2.1.8 a temática acerca da classificação e estruturação dos requisitos será abordada de forma detalhada.

2.1.8 Classificação e estruturação de requisitos

O *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology* define requisitos como uma representação documentada da condição ou capacidade (necessária para um usuário solucionar um determinado problema, ou alcançar determinado objetivo).

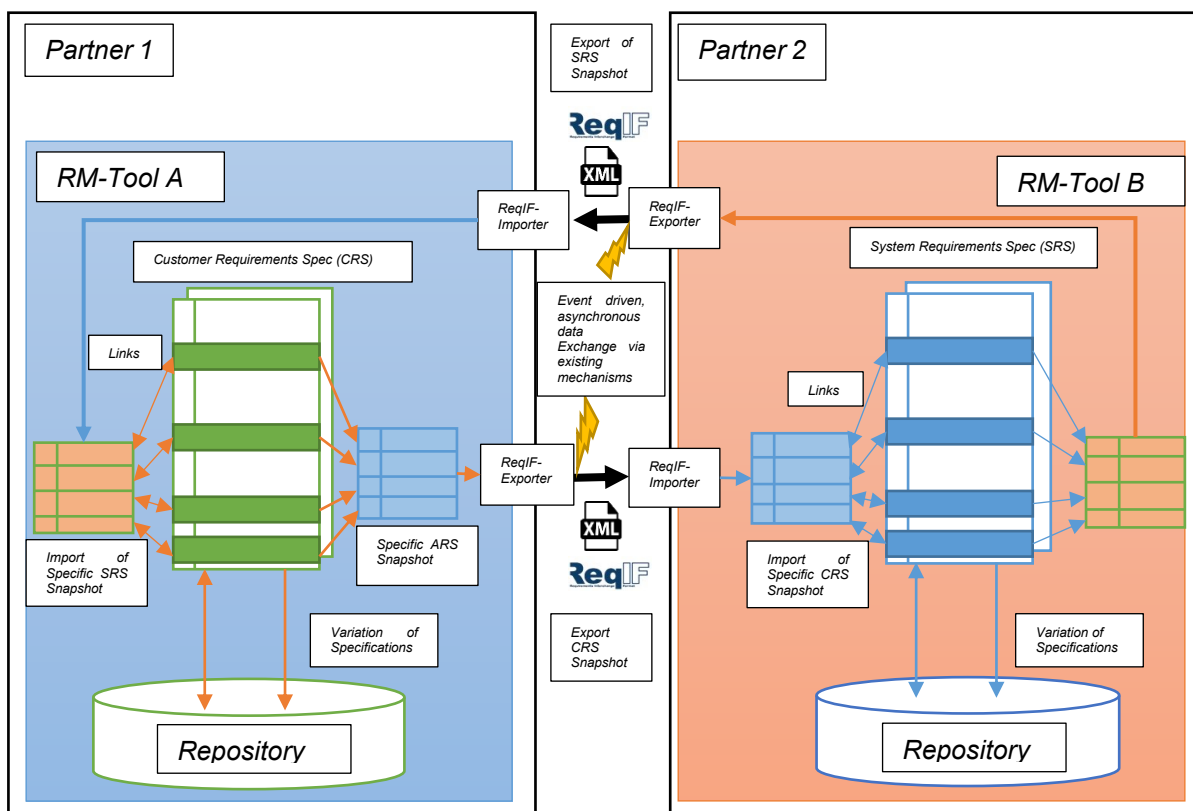
Os requisitos de um Sistema são escritos em linguagem natural, e publicados em portaria, passíveis de download no formato PDF (*Portable Document Format*). Entretanto, para que esses requisitos sejam marcados em linguagem de máquina, eles precisam passar por um processo de estruturação. Uma vez estruturados, por exemplo no formato XML (*Extensible Markup Language*), os requisitos podem ser transmitidos e recebidos, ou seja, trocados juntamente com seus metadados, por intermédio de ferramentas de requisitos ou repositórios de requisitos. Os arquivos em padrão ReqIF (*Requirements Interchange Format*) são um bom exemplo de arquivos

XML, que assim como a Nota Fiscal Eletrônica (NF-e), substituem o documento impresso (OMG, 2023a).

O ReqIF é um formato padronizado baseado em XML destinado a suportar a troca de requisitos, bem como seus metadados associados, entre diferentes ferramentas de gerenciamento (Adedjouma; Dubois; Terrier, 2011). Esse formato não proprietário atende às necessidades da indústria de troca de dados de requisitos entre diferentes empresas sem a necessidade de compartilhar as mesmas ferramentas de gestão (OMG, 2023a).

O ReqIF é suportado por quase todas as ferramentas de gerenciamento de requisitos existentes e é amplamente utilizado. Um modelo ReqIF é composto de objetos de especificação, chamados *SpecObject*, para representar os requisitos. Esses objetos contêm vários atributos definidos pelo usuário e as relações entre diferentes objetos também são representadas (OMG, 2023a). A Figura 12 ilustra um possível cenário para troca de requisitos.

Figura 12 - Exemplo de um cenário de troca de requisitos



Fonte: Adaptado de OMG (2023)

Com efeito, a Figura 12 representa um cenário tradicional de como as especificações de requisitos são trocadas entre parceiros. É possível notar que ambos os parceiros no cenário utilizam diferentes ferramentas de gerenciamento de requisitos (RM) para criar, gerenciar e avaliar suas especificações dos requisitos (OMG, 2023a).

O processo comumente é iniciado pelo Parceiro 1. Os requisitos do cliente de interesse do Parceiro 2 são consolidados em um documento instantâneo. O documento instantâneo CRS (*Customer Requirements Specs*) específico do Parceiro 2 é exportado da *RM-Tool A* por meio do *ReqIF-Exporter* e transferido de forma assíncrona para o Parceiro 2 por meio de mecanismos de transferência de dados existentes. O resultado dessa exportação é um documento XML compatível com ReqIF que representa o documento instantâneo CRS específico (OMG, 2023a). O mecanismo como se dá a transferência de dados encontra-se fora do escopo do ReqIF, e por esse motivo não será abordado neste trabalho.

Ao receber o instantâneo CRS exportado, o Parceiro 2 importa as informações para a *RM-Tool B*, e a partir de então, possui a capacidade de analisar os requisitos do cliente, definidos pelo Parceiro 1. Por razões de rastreabilidade, o Parceiro 2 estabelece uma conexão entre os requisitos do cliente que foram recebidos aos correspondentes requisitos do sistema (OMG, 2023a).

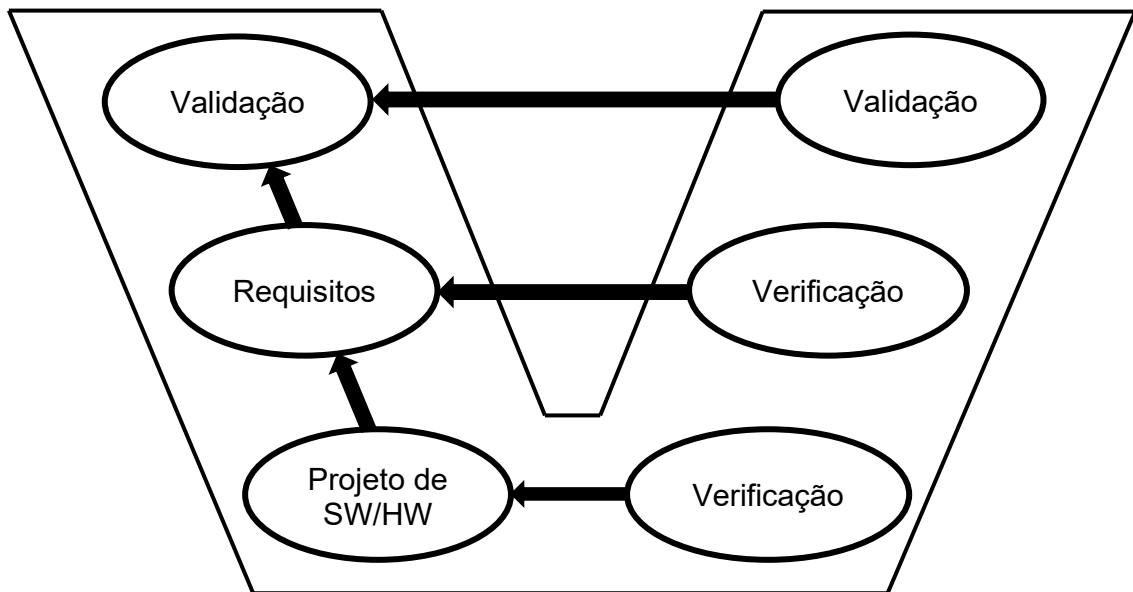
Como resposta aos requisitos do cliente, o Parceiro 2 cria um documento instantâneo SRS (*Systems Requirements Specs*) consolidado que contém os requisitos do sistema que atendem aos requisitos determinados pelo cliente, ou seja, o Parceiro 1. O documento instantâneo SRS é devolvido ao Parceiro 1 na forma de um documento XML exportado compatível com ReqIF (OMG, 2023a).

Ao importar o documento instantâneo SRS, o Parceiro 1, por meio de sua *RM-Tool A*, possui a capacidade de analisar a forma como os requisitos do cliente são atendidos pelos requisitos do sistema especificados pelo Parceiro 2. À medida que os requisitos e as especificações evoluem com o tempo, versões são geradas e armazenadas em repositório de dados. Essas versões podem ser recuperadas e modificadas para aplicações futuras. Portanto, a troca via ReqIF é uma troca de dados orientada por eventos e também assíncrona, ou seja, que não se efetiva de maneira instantânea (OMG, 2023a).

A *RM-Tool* utilizada neste trabalho, haja vista a disponibilidade, foi o software ReqView, que é uma ferramenta de gerenciamento de requisitos para sistemas

hardware/software (HW/SW). O ReqView foi projetado para engenheiros de software e sistemas, permite o desenvolvimento por intermédio do processo V-Model com verificações formais, rastreabilidade de ponta a ponta e trilhas completas de auditoria. Além disso, cumpre padrões de segurança crítica, bem como de segurança da informação. A Figura 13 ilustra o processo V-Model com os relacionamentos.

Figura 13 - Processo V-Model

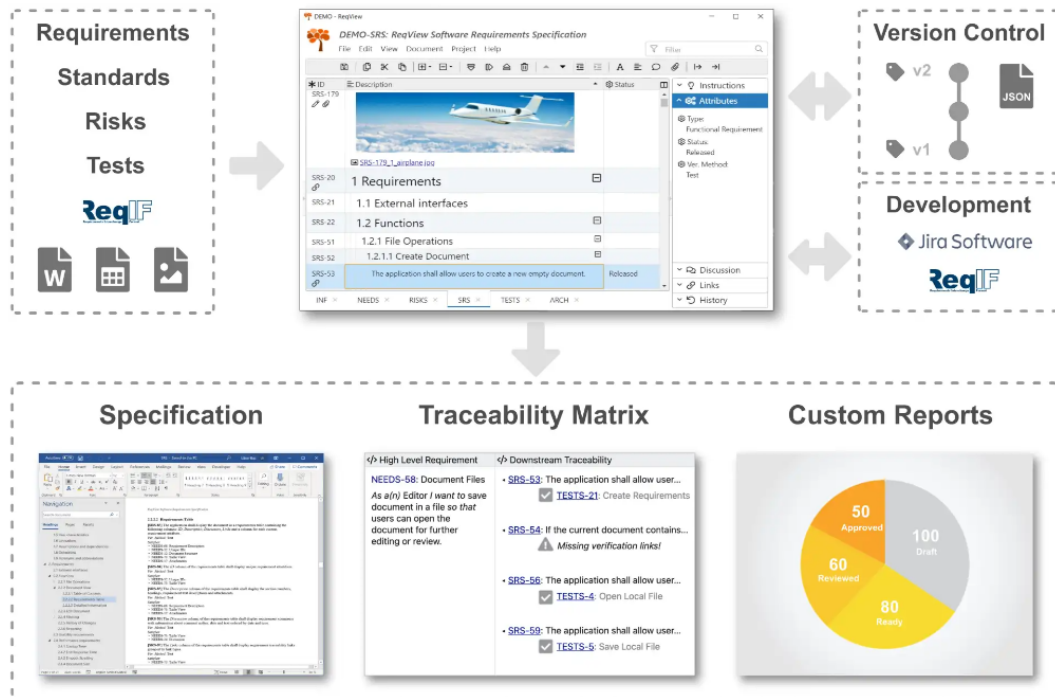


Fonte: Traduzido de (OMG, 2023b)

O processo V-Model, como modelo conceitual de Engenharia de Sistemas/Desenvolvimento de produto pode ser compreendido como uma otimização ao problema de reatividade do modelo em cascata. Por meio do V-Model, é possível durante a integração de um sistema nos seus diferentes níveis que os testes sejam realizados com os próprios requisitos do componente/interface que é objeto de teste, diferentemente de modelos anteriores, os quais realizavam testes dos componentes com suas respectivas especificações. O Modelo V tornou-se um padrão da indústria de software depois de 1980 e, após o surgimento da Engenharia de Sistemas, um conceito padrão em todos os domínios da indústria.

Por meio da ferramenta de gerenciamento de requisitos ReqView, o usuário importa os documentos de interesse e elabora os requisitos do sistema (Figura 14).

Figura 14 - Funcionalidades do ReqView como ferramenta de gerenciamento de requisitos



Fonte: Retirado de (OMG, 2023b)

À medida que avança, é possível acompanhar as alterações do projeto por meio de um mecanismo de controle de versões, o que garante a consistência dos dados. Finalmente, é possível exportar especificações, relatórios de rastreabilidade ou personalizados e compartilhar essas informações com as partes interessadas.

A seguir, por meio da Seção 2.2, o Estado da Arte é explorado para o contexto da presente pesquisa.

2.2 Estado da Arte

Em face desse portfólio de conceitos e ferramentas, faz-se necessária a análise da borda do conhecimento, ou seja, descobrir quais pesquisas mais se aproximaram do propósito do presente trabalho de pesquisa.

Com efeito, Martins et al. (2020) propuseram a aplicação do método híbrido AHP-TOPSIS-2N, que considera duas normalizações, para a seleção de uma Viatura Blindada Multitarefa sobre Rodas para o Exército Brasileiro dentre pretensos candidatos em um processo licitatório. A ordenação permanecendo a mesma para os dois tipos de normalização ratifica a robustez do método multicritério.

Maêda et al. (2020) utilizaram o AHP-TOPSIS-2N para selecionar um helicóptero de ataque para a Marinha do Brasil. O método híbrido gerou duas listas

de ordenamento e priorização de helicópteros, haja vista as normalizações utilizadas, proporcionando uma análise de sensibilidade mais rica e robusta, o que trouxe maior segurança, transparência e simplicidade ao processo decisório.

Camilo; Gavião e Kostin (2020) propuseram a utilização do método AHP para a priorização de projetos estratégicos do segmento espacial. O método se mostrou eficaz no programa considerado de elevado custo ao país e à sociedade, tendo em vista que a tecnologia espacial se caracteriza pelo alto valor agregado dos produtos empregados.

Lopes e França (2022) utilizaram o método híbrido multicritério AHP-TOPSIS na avaliação de criticidade tecnológica em um estudo de caso do Sistema Míssil Tático de Cruzeiro lançado pelo Sistema ASTROS 2020. O caso foi analisado e estruturado em níveis hierárquicos, com a obtenção dos pesos pelo método AHP, posteriormente foram avaliadas as tecnologias por meio do algoritmo completo do método TOPSIS, como resultado foi obtido um ranqueamento das tecnologias com uma escala de criticidade. Cabe destacar que o método escolhido é de fácil implementação em planilhas do *Microsoft Excel* e, portanto, não requer o uso de softwares específicos.

Muito embora o método multicritério tenha sido utilizado nesses trabalhos de pesquisa mais recentes, não foi possível identificar a aplicação de alguma ferramenta que reduzisse a troca de dados em linguagem natural como forma de otimizar a gestão dos requisitos.

Na pesquisa conduzida por Sun et al. (2023), foi proposta uma metodologia para a construção do esquema de projeto de uma aeronave. A definição dos requisitos de projeto da aeronave é composta por documentos elaborados por diferentes ferramentas de gerenciamento de requisitos, mas armazenadas em arquivos compatíveis com o padrão ReqIF.

Bajzek et al. (2021) apresentaram o ReqIF como um possível formato de troca de requisitos para garantir a consistência das informações, na medida em que evita a perda de dados trocados, e possibilita a rastreabilidade de informações atualizadas, especialmente na etapa de desenvolvimento. O método ReqIF mostrou-se eficiente para a troca de informações entre uma Organização (cliente) e seus fornecedores.

Assim, diante das análises apresentadas nesta seção, identificamos os estudos primordiais que se encontram na vanguarda do conhecimento e que serviram de inspiração para a presente pesquisa.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Após a abordagem dos assuntos introdutórios e da fundamentação teórica, nos Capítulos 1 e 2, respectivamente, dá-se início a apresentação do procedimento metodológico utilizado nessa pesquisa acadêmica.

Isto posto, o presente Capítulo delinea a estratégia escolhida para solucionar o problema de pesquisa por intermédio da construção da solução indicada no objetivo geral desse trabalho, disponível no Capítulo 1. A Seção 3.1 apresenta a caracterização da metodologia utilizada, seguida pela Seção 3.2, em que a abordagem metodológica é detalhada. Por fim, a Seção 3.3 descreve o procedimento metodológico que foi adotado.

3.1 Caracterização da metodologia de pesquisa

As pesquisas científicas quanto ao critério objetivo, podem ser classificadas como descritivas ou prescritivas. As pesquisas descritivas contribuem com a descrição de fenômenos, sem propor uma solução nem a criação de hipóteses. Por intermédio dessa contribuição, o conhecimento é gerado com o direcionamento da investigação do problema, e não pela busca da solução (Bonat, 2009).

Em contrapartida, de acordo com os autores (Hevner; Chatterjee, 2010a; Bonat, 2009), as pesquisas prescritivas objetivam propor uma solução face ao problema identificado e diagnosticado, essas pesquisas buscam compreender e descrever determinados fenômenos, por meio da análise de valores reais para o desenvolvimento de teorias ou hipóteses, por isso são de maior complexidade. Tais pesquisas também podem prescrever um modelo teórico ideal para delimitar conceitos que serão empregados como respostas diretas.

Assim, em consonância com os objetivos apresentados na Seção 1.3, essa pesquisa científica pode ser caracterizada como prescritiva, uma vez que pretende desenvolver um artefato capaz de avaliar e selecionar Sistemas e Materiais de Emprego Militar, cujas entradas são os Requisitos Técnicos, Logísticos e Industriais (RTLII) do Órgão, como também as Especificações Técnicas dos equipamentos candidatos, com o propósito de promover, como saída, uma ordenação desses equipamentos à luz daqueles Requisitos pré-estabelecidos. Com isso, deseja-se conferir transparência e segurança para a tomada de decisão inerente ao processo de obtenção de Produtos de Defesa.

Ante o exposto, neste trabalho adota-se o framework metodológico *Design Science Research Methodology* (DSRM) como método de pesquisa prescritiva, melhor detalhado na Seção 3.2.

3.2 Abordagem metodológica

O *framework* metodológico DSRM possui como pilares fundamentais a validade científica e pragmática ao propor o atendimento do necessário rigor teórico e metodológico, como também a garantia da utilidade da solução desenvolvida para o problema identificado (Dresch; Lacerda; Antunes, 2015).

O DSRM possui a *Design Science* como base epistemológica¹, cuja ênfase está na conexão do conhecimento e da prática a fim de produzir saber científico por meio do projeto de coisas úteis (Wieringa, 2009).

Dito isto, o DSRM visa contribuir com novas pesquisas e auxilia no projeto e desenvolvimento de artefatos a partir da identificação e diagnóstico de problemas, na definição dos objetivos, na demonstração, avaliação da solução e na comunicação dos resultados (Peppers et al. 2007; Simon; Laird, 2019).

De acordo com Simon e Laird (2019), artefatos opõem-se a algo natural, sendo portanto, definidos como algo produzido pelo ser humano, ou segundo Simon e Laird (2019), como algo artificial. Artefatos são projetados com o objetivo de alterar alguma coisa em um sistema, objetivando solução de problemas ou melhoria do desempenho. A *Design Science*, portanto, é a ciência que se ocupa do projeto (Dresch; Lacerda; Antunes, 2015).

Ainda, segundo os autores Dresch et al. (2015), o artefato pode ser caracterizado como: constructo; modelo; método; instanciação; e *design propositions*.

De acordo com March e Smith (1995), os artefatos constructos (i.e., símbolo e vocabulário de um domínio) definem os termos utilizados ao descrever e pensar sobre tarefas e podem ser valiosos tanto para profissionais quanto para pesquisadores.

Os modelos (i.e.; representações e abstrações), segunda classe de artefatos, podem ser compreendidos como um conjunto de proposições ou declarações que

¹ EPISTEMOLOGIA. Estudo crítico das premissas, das conclusões e dos métodos dos diferentes ramos do conhecimento científico, das teorias e das práticas; teoria da ciência. Dicionário Michaelis. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/epistemologia>. Acesso em 10 Dez. 2023.

expressam relações entre constructos. Modelos podem ser considerados representações da realidade, que apresentam as variáveis e relações de um sistema. O modelo embora possa por vezes ser impreciso no tocante ao detalhamento de uma situação real, deve ser capaz de capturar a estrutura global dessa realidade, a fim de garantir a sua utilidade (March; Smith, 1995).

Por sua vez, os métodos (i.e., boas práticas e algoritmos), terceira classe de artefatos, podem ser compreendidos como um conjunto de etapas necessárias a realização de determinadas tarefas. Podem ser representados graficamente ou encapsulados em heurísticas (regras básicas) e algoritmos específicos. Os artefatos do método podem ser vinculados aos modelos porque as etapas do método podem usar partes dos modelos como entradas que os compõem. Os métodos favorecem tanto a construção como a representação das necessidades de melhoria de um determinado sistema, além disso, favorecem a transformação dos sistemas, visando o seu aperfeiçoamento. Os métodos são criações típicas da pesquisa baseada na *Design Science* (March; Smith, 1995).

Já o quarto tipo de artefato, denominado instanciação (i.e., protótipos e implementações de sistemas, que faz uso de constructos, modelos e métodos), trata da realização de um artefato em seu ambiente. Instanciações são os artefatos que operacionalizam outros artefatos (construções, modelos, métodos). Essa operacionalização objetiva demonstrar a viabilidade e a eficácia dos artefatos concebidos. Portanto, as instanciações informam ao usuário como implementar ou utilizar um determinado artefato e seus resultados. É possível afirmar que a instanciação de artefatos consiste em um conjunto coerente de regras que orientam o uso de artefatos (constructos, modelos e métodos) em determinado ambiente real (March; Smith, 1995).

Por fim, o quinto e último tipo de artefato refere-se às contribuições teóricas que podem ser feitas por meio da aplicação da *Design Science Research*. Esses artefatos são chamados de *Design Propositions* (i.e., generalização de uma solução para uma determinada classe de problemas). De acordo com Van Aken (2004), as *Design Propositions* correspondem a um modelo genérico que pode ser usado para desenvolver soluções para uma determinada classe de problemas (March; Smith, 1995).

Segundo Van Aken (2004), o princípio fundamental da pesquisa em *Design Science* (DS) é que: o conhecimento, a compreensão e a solução de um problema de

pesquisa são obtidos por meio da construção e da aplicação de um artefato. Por conseguinte, a abordagem objetiva aperfeiçoar a percepção de profissionais em suas áreas de atuação, permitindo-os solucionar problemas (Simon; Laird, 2019).

Ante o exposto, o presente trabalho propõe a construção de um método científico. O método proposto será representado por meio de modelagem na notação padrão de negócios. Para Lacerda et al. (2013), modelos são conjuntos de proposições ou declarações que descrevem, ou seja, representam um cenário real, ao passo que para Andery et al. (2021), os métodos de pesquisa consistem em um conjunto de regras e procedimentos, aceitos pela comunidade acadêmica, para a construção do conhecimento científico.

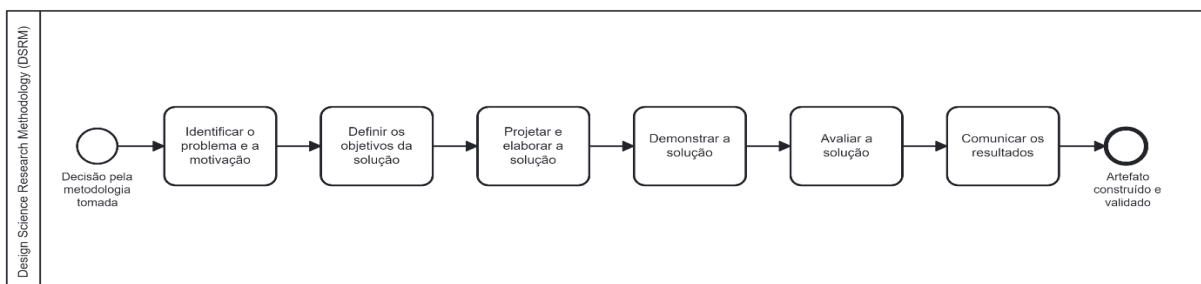
Ainda segundo Lacerda et al. (2013), a construção do método com base na DSRM deve estar direcionada à sua funcionalidade e a pesquisa deve caminhar para a generalização da solução, a fim de que seja possível a aplicação ampliada a uma classe correlacionada de problemas.

De acordo com Peffers et al. (2007), para a criação de um artefato consolidado, o *framework* DSRM define as seguintes etapas que devem ser seguidas:

- i. Identificação do problema e motivação;
- ii. Definição dos objetivos da Solução;
- iii. Projeto e desenvolvimento da Solução;
- iv. Demonstração da Solução;
- v. Avaliação da Solução; e
- vi. Comunicação da Solução.

Um modelo de processo com as fases do *framework* metodológico DSRM é apresentado na Figura 15, disponível a seguir.

Figura 15 – Fases do *framework* metodológico DSRM



Fonte: Adaptado de Peffers et al. (2007)

Por oportuno, é possível verificar o detalhamento de cada uma das fases que compõem a estrutura metodológica desse *framework*, como se segue.

Fase 1 – Identificar o problema e a motivação: essa etapa é constituída da definição do problema de pesquisa específico e da justificativa para a solução proposta. Nesta fase a lacuna de pesquisa identificada por meio da análise bibliométrica atua como entrada, e as perguntas de pesquisa são as respectivas saídas.

Fase 2 – Definir os objetivos da solução: deve-se, nessa fase, inferir os objetivos da solução a partir da definição do problema e do entendimento do que é possível e viável. Nesta segunda fase, as perguntas de pesquisa tornam-se entradas e a caracterização do artefato a sua saída.

Fase 3 – Projetar e desenvolver a solução: consiste em criar o artefato, determinar a funcionalidade desejada e planejar a sua arquitetura. Portanto a caracterização do artefato atua como entrada e o artefato, propriamente dito, a sua saída.

Fase 4 – Demonstrar a solução: utilização do artefato para resolver uma ou mais instâncias do problema, i.e. experimentação, simulação, prova, estudo de caso ou outra atividade julgada adequada. Nesta quarta fase, o artefato construído é a entrada e o artefato funcional, ou seja, aquele que atende à necessidade originalmente identificada, atua como saída.

Fase 5 – Avaliar a solução: nessa fase deve-se comparar os objetivos da solução com os resultados obtidos por meio da sua demonstração, observando e aferindo o quão bem o artefato auxilia na solução do problema. O artefato funcional é a entrada desta fase, enquanto que a saída é a sua avaliação em relação aos critérios definidos com a finalidade de se responder a seguinte pergunta: funciona de forma satisfatória?

Isto posto, para Van Aken (2004) e Hevner; Chatterjee (2010), a avaliação pode ser:

- Observacional (estudo de caso e estudo de campo);
- Analítica (análise estática, análise de arquitetura, otimização e análise dinâmica);
- Experimental (experimento controlado e simulação);
- Teste (funcional; caixa preta e estrutural; caixa branca); e

- Descritiva (argumento informado e cenários).

Por meio da avaliação observacional, o comportamento do artefato no seu ambiente real é verificado com profundidade. O pesquisador observa e, portanto, não interage com esse ambiente. Já na avaliação analítica, verifica-se o desempenho do artefato e a otimização do sistema com a sua agregação. A avaliação experimental refere-se à representação do ambiente para que seja possível avaliar o comportamento desempenhado pelo artefato. O teste, por sua vez, objetiva a funcionalidade e a utilidade do artefato, não há a necessidade, portanto, de se compreender sua estrutura interna. Por fim, a avaliação descritiva verifica a utilidade do artefato em variados contextos.

Fase 6 – Comunicar os resultados: nessa etapa deve-se comunicar o problema e a sua relevância, o artefato, a funcionalidade e a novidade, a sua eficácia para os pesquisadores e o público de interesse. A entrada é o artefato avaliado quanto a sua funcionalidade e a saída pode ser compreendida como a publicação do conhecimento científico.

Além da aplicação em pesquisas, a DSRM contribui para a geração de conhecimento que pode ser empregada na solução de problemas. O artefato desta pesquisa é um método que pode ser entendido como um conjunto de passos julgados necessários ao desempenho de determinada tarefa (March; Smith, 1995).

Com efeito, cada uma das atividades desse procedimento encontra-se detalhada na Seção 3.3. Isto é, deseja-se apresentar o passo a passo adotado para a construção do artefato e a propositura da solução do problema desta pesquisa acadêmica.

3.3 Procedimento metodológico

As subseções, a seguir, apresentam em detalhes a execução de cada uma das etapas do *framework* metodológico DSRM aplicado à temática desse trabalho, ou seja, à avaliação e seleção de Sistemas e Materiais de Emprego Militar de prateleira.

3.3.1 Identificação do problema e a motivação

A identificação do problema e a motivação, primeira etapa do *framework* metodológico DSRM (Seção 3.2), é responsável pela definição do problema de pesquisa, que contribuirá para o desenvolvimento do artefato que possa efetivamente

fornecer uma solução útil. Para tanto, faz-se necessário analisar o problema conceitualmente para que a solução possa capturar a sua complexidade. Ao justificar o valor de uma solução, é possível compreender o raciocínio associado à análise do problema pelo pesquisador.

Isto posto, a fim de se identificar o problema de pesquisa, foi imprescindível a condução de um processo de revisão estruturada da literatura, haja vista a necessidade de se mapear, classificar e avaliar um grande volume de informações.

Pesquisas foram realizadas em busca do estado da arte (borda do conhecimento) no tocante à avaliação e seleção de equipamentos de prateleira, ou *Commercial-Off-The-Shelf* (COTS), para o setor da defesa em um contexto de obtenção desses sistemas ou materiais.

A revisão da literatura abarcou uma análise bibliométrica, sistêmica e morfológica. Após a conclusão dessa revisão, foi possível identificar lacunas de pesquisa em potencial de trivial representação por meio de uma matriz de consistência cruzada no contexto de uma análise morfológica, e finalmente, propor futuros tópicos de pesquisa para o preenchimento dessas lacunas.

O artigo científico de Fontenelle e Borsato (2022) detalha toda a sistemática da revisão da literatura que alicerçou esse trabalho acadêmico.

Segundo os autores, o emprego de equipamentos prontos para uso, ou COTS, em aplicações complexas tornou-se uma prática predominante. O comprometimento de gestores de engenharia em reduzir custos associados ao ciclo de vida para a mesma utilização operacional é um dos motivos dessa adoção, que se dá em detrimento de um novo material oriundo de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Ainda, conforme o artigo, a aquisição bem sucedida de equipamentos COTS está relacionada a metodologias práticas de avaliação e seleção dos potenciais candidatos. A análise e seleção são realizadas de acordo com os requisitos do cliente para permitir a seleção do portfólio de equipamentos COTS apropriado.

Alguns estudos, no campo da Pesquisa Operacional, propõe o uso de métodos *Multi-Criteria Decision-Making* (MCDM) para o ranqueamento de preferências à luz de critérios pré-definidos, a fim de se escolher a melhor opção.

Ademais, na literatura foi possível constatar o uso do padrão ReqIF como formato padrão, a fim de facilitar a troca, sem perdas, de requisitos e metadados associados entre fornecedores, parceiros e clientes em um ambiente de negócios ou

organizacional. Dessa forma, a troca de dados em linguagem natural tende a ser desestimulada.

O BPMN é um padrão *de facto* no mundo dos negócios, além de ser a notação mais utilizada no mundo. Organizações governamentais e órgãos de Estado, como o Exército Brasileiro, adotam internamente esse padrão de modelagem em seus processos, haja vista a sua amplitude, rastreabilidade, flexibilidade e clareza na criação de fluxos de trabalho. O BPMN possui uma função estratégica, na medida em que consolida objetivos de gestão. O processo pode ser modelado para uma simples representação, como também pode permitir a automatização desse mesmo processo, que ocorre por meio de ferramentas de sistemas de automação de fluxos de trabalho, a fim de se monitorar e interferir em etapas sensíveis do processo, com vistas a sua otimização.

Em face do exposto, não foi possível identificar estudos vocacionados à otimização da fase de análise das propostas no contexto da aquisição de Sistemas ou Materiais de Emprego Militar de prateleira, que empregassem ao mesmo tempo métodos de estruturação de requisitos, de análise multicritério, e que pudessem ser representados por notação *de facto* para modelo de negócios.

A forma de obtenção de Sistemas e Materiais de Emprego Militar denominada aquisição foi identificada e explorada nesta pesquisa acadêmica. É por meio da aquisição que se busca internalizar, no inventário organizacional, um sistema ou material disponível no mercado interno ou externo, para atender à necessidade original levantada, podendo haver uma avaliação específica, cuja finalidade é verificar a conformidade do sistema ou material a ser adquirido com os padrões e as exigências técnicas, operacionais, logísticas e industriais estabelecidas.

Isto posto, o processo de aquisição contempla uma fase técnica, denominada análise das propostas. É nessa fase que as especificações técnicas de pretensos candidatos são analisadas à luz dos requisitos previamente estabelecidos para o sistema ou material que se deseja adquirir. Os equipamentos que não atendem aos requisitos absolutos (obrigatórios) devem ser desclassificados.

A fase de análise das propostas é caracterizada pela troca de um grande volume de documentação técnica em linguagem natural, situação que introduz uma variável de risco na medida em que a falta do adequado tratamento às informações pode resultar na aceitação de equipamentos não conformes, o que pode comprometer

a fase de produção, utilização e manutenção, e elevar o custo da Gestão do Ciclo de Vida do sistema ou material.

Outra oportunidade identificada para a otimização dessa fase é a necessidade de se promover a visualização do processo, preferencialmente por meio de uma modelagem numa linguagem padrão de negócios, também de dotação da Organização.

Face ao exposto, a lacuna de pesquisa escolhida para esse trabalho foi: **A ausência de estudos relacionados à otimização do processo de avaliação e seleção de Sistemas e Materiais de Emprego Militar que integre padrão de troca de requisitos, métodos de auxílio à decisão multicritério e notação padrão para modelagem, com a finalidade de conferir maior transparência e rastreabilidade do processo, bem como prover segurança ao tomador de decisão em um contexto de aquisição para o Setor da Defesa.**

A partir dessa lacuna de pesquisa que foi identificada e escolhida para ser explorada nesse trabalho, foi possível propor as seguintes questões de pesquisa associadas:

QP1: Como a solução pode ser representada?

QP2: De que forma é possível mitigar a troca de dados em linguagem natural?

QP3: De que maneira é possível obter uma ordenação de preferências em cenário multicritério?

QP4: Como a solução pode ser avaliada?

Ao passo em que a revisão da literatura delimitou o problema de pesquisa, também foi de fundamental importância a experiência profissional de 12 (doze anos) na área logística e/ou tecnológica pelo exercício da função de Engenheiro Militar em Organizações Militares do Exército Brasileiro, bagagem que contribuiu sobremaneira como vetor motivacional para a condução dessa pesquisa.

Ademais, em consonância com o que foi dito na Seção 1.2, o tema de pesquisa encontra-se alinhado à otimização da Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (GCVSMEM), que se inicia com a formulação conceitual, seguida pela **obtenção**, produção, utilização e manutenção, e por fim, a desativação do sistema ou material de defesa após finda a sua vida útil, conforme detalhado na Figura 2.

3.3.2 Definição dos resultados esperados

Essa Seção busca explicar como as perguntas de pesquisa contribuíram para a definição da estrutura do artefato, ou melhor, da sua caracterização.

No tocante aos resultados esperados, a partir da identificação da oportunidade de pesquisa e da sua motivação, foi possível concluir que um artefato pode solucionar a problemática de se avaliar e selecionar equipamentos COTS à luz dos requisitos previamente estabelecidos.

O artefato proposto nesse projeto se amolda à definição de um método, na medida em que favorece a construção da necessidade de melhoria de um sistema, com fulcro no seu aperfeiçoamento.

Isto posto, deseja-se, por meio do método, promover a otimização da fase de análise das propostas no contexto de um Processo de Aquisição para um Órgão do Setor da Defesa.

O artefato pode ser caracterizado em tarefas sequenciais de múltiplas instâncias conforme modelo da Figura 16.

Figura 16 - Atividades que caracterizam o artefato



Fonte: o Autor

Com efeito, espera-se que o artefato a ser concebido, de acordo com o *framework* metodológico DSRM, possua como requisitos (**R**):

R1: Permitir a estruturação de dados de uma linguagem natural para uma linguagem estruturada;

R2: Possibilitar a troca de dados e metadados ainda que cliente e fornecedor utilizem diferentes ferramentas de gerenciamento de requisitos;

R3: Possibilitar a avaliação e a gestão inteligente dos requisitos e especificações de equipamentos trocados entre cliente e fornecedor;

R4: Promover a seleção por intermédio de um ranqueamento de preferências;

R5: Prover subsídios para uma licitação técnica e preço;

R6: Ser rastreável, auditável e transparente; e

R7: Ser aplicável em diferentes contextos de obtenção para uma organização desde que o objeto, de prateleira, possa ser expresso na forma de requisitos;

3.3.3 Desenvolvimento da solução

A caracterização do artefato, entrada da presente fase, foi explorada e analisada, nesta Seção, a fim de gerar como saída o artefato propriamente dito.

É nesta fase do *framework* DSRM em que é apresentada a maneira como o artefato foi construído a fim de se atingir os objetivos da pesquisa descritos na Seção 1.3.

A partir da caracterização do artefato, que se deu por meio dos 7 (sete) requisitos, que foram discriminados na Seção 3.3.2 Definição dos resultados esperados, torna-se de grande importância conhecer a sequência do processo de análise das propostas, o qual constitui o ambiente de aplicação do artefato (método).

Dito isto, a fase de análise das propostas é iniciada com o recebimento das variadas propostas oriundas dos licitantes, ou pretensos fornecedores, que contém as especificações técnicas dos objetos que foram ofertados.

Em sequência, toda essa documentação é analisada à luz dos requisitos. Busca-se, portanto, nesta ocasião, verificar a aderência das especificações em relação aos requisitos pré-definidos pelo órgão.

Ao se eliminar as propostas não aderentes àqueles requisitos obrigatórios, ou seja, que são inegociáveis, e devem necessariamente integrar o objeto, procede-se com a avaliação dos requisitos desejáveis.

Com base nesses requisitos desejáveis, o artefato (método) deverá promover, como saída, uma ordenação das propostas mais interessantes ao órgão e possibilitar a seleção e permitir a contratação do melhor objeto pela administração.

3.3.4 Demonstração da solução

Nesta etapa da metodologia do DSRM, o artefato criado é colocado à prova no que tange à sua funcionalidade. Para a demonstração do artefato (método), foi escolhido, como prova de conceito, um caso de aquisição de um Sistema ou Material de Emprego Militar (SMEM) do Exército Brasileiro (EB).

O cenário escolhido foi o processo de aquisição de Sistema ou Material de Emprego Militar de responsabilidade da Chefia de material (C Mat), Órgão Importador (OI) do Comando Logístico (COLOG), que é um Órgão de Direção Setorial (ODS) de assessoramento direto ao Comandante do Exército (Cmt Ex).

O COLOG foi concebido para dotar o Sistema Logístico Militar Terrestre (SLMT) de um órgão central capaz de, em melhores condições, cumprir a missão de orientar e coordenar o apoio logístico ao preparo e emprego da Força Terrestre, prevendo e provendo, no campo das funções logísticas de suprimento, manutenção e transporte, os recursos necessários ao Exército e às necessidades de mobilização dessas funções, além da coordenação das atividades de fiscalização de produtos controlados pelo Exército e de remonta e veterinária.

A sua visão de futuro é o reconhecimento como um órgão de excelência na gestão logística, por meio da utilização de práticas modernas e com meios atualizados.

A Chefia de Material (C Mat), que é uma Organização Militar subordinada ao COLOG, por sua vez, atua como Gestora do Ciclo de Vida de SMEM das Classes V e IX (armamentos e viaturas blindadas e não blindadas), além de Órgão Importador daquele Comando. Anualmente são consumidos montantes elevados de recursos financeiros, disponíveis no orçamento, por ocasião da contratação de equipamentos e serviços no intuito de preencher ou manter lacunas de capacidades da Força Terrestre e da pujante Logística Militar Terrestre.

Assim, o SMEM escolhido como prova de conceito, ou do inglês *proof of concept* (PoC), foi uma viatura blindada de Gestão da Classe V – Armamento, da C Mat, denominada Obuseiro sob rodas. Esse tipo de viatura blindada possui características como elevada mobilidade, velocidade, poder de fogo e proteção blindada, o que possibilita o cumprimento das operações de guerra previstas pela Doutrina Militar Terrestre (DMT).

O obuseiro sob rodas é um Sistema Complexo, haja vista a integração de outros subsistemas (i.e., Sistema de Armas, Comunicações, Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear, Sistema de Proteção Balística, Sistema Veicular, dentre outros). Os requisitos que expressam as intenções do Exército acerca do equipamento são validados por meio da realização de testes de qualidade que atendem a normas padrões militares (*Military Standards MIL-STD*). A aprovação

nesses testes pode ser comprovada pela apresentação de certificados emitidos por órgãos de certificação internacional.

Diversas empresas da Base Industrial de Defesa de vários países detêm a capacidade de fabricação desse Sistema Complexo, de prateleira. Apesar de ser um sistema de prateleira, a depender das particularidades de cada cliente, pequenas modificações podem ser requeridas a fim de atender a requisitos específicos, geralmente de pequena monta.

Isto posto, essa prova de conceito escolhida é adequada a aplicação do método proposto, haja vista sua concepção poder ser escrita na forma de requisitos que podem ser verificáveis por testes pautados em normas padronizadas internacionalmente, o fato de ser um Sistema de prateleira e de possuir pluralidade de ofertas por diferentes fabricantes internacionais.

Ante o exposto, o método permitirá a escolha do melhor equipamento à luz dos requisitos estabelecidos pelo Exército, que expressa o desejo acerca do desempenho do Sistema para o seu Ciclo de Vida planejado.

3.3.5 Avaliação da solução

Para que o método proposto na DSRM tenha sido objeto de avaliação, alguns critérios de avaliação foram aplicados. Foram comparados os resultados alcançados pelo método com os resultados esperados definidos na seção 0 deste trabalho.

O artefato (método) para a seleção e avaliação de SMEM, modelado numa notação padrão *de facto* (BPMN) na área de negócios, assim como os métodos que o integram (ReqIF e AHP-TOPSIS) foram objeto de análise.

Além disso, importante destacar que a avaliação foi conduzida com os próprios usuários e as respostas reproduzem a percepção acerca do bom ou do mau funcionamento do artefato (método) no âmbito organizacional.

Portanto, foi distribuído um questionário com 15 (quinze) perguntas abertas e fechadas para 10 (dez) especialistas da Chefia de Material, Comando Logístico, Exército Brasileiro, conforme o Questionário de pesquisa.

No tocante aos critérios das perguntas, em conformidade com os autores March e Smith (1995), o modelo na notação *Business Process Model and Notation* (BPMN) utilizado neste artefato foi avaliado conforme a(o):

- a) Finalidade: se o modelo corresponde fielmente ao modelo físico, ou seja, se representa de forma fidedigna as atividades relacionadas ao Processo de Aquisição de SMEM da Chefia de Material;
- b) Plenitude: se o modelo está completo, íntegro, a fim de alcançar plenamente os resultados esperados para o modelo físico (Processo de Aquisição) adotado pelo Exército Brasileiro;
- c) Nível de detalhamento: se aquilo que foi modelado atende de maneira detalhada às necessidades do usuário (cliente militar), ou se falta alguma informação que não foi detalhada;
- d) Robustez: avaliada por meio da persistência das características para o sistema;
- e) Consistência interna: se o modelo é confiável;
- f) Facilidade de uso: se o modelo é fácil operação, e;
- g) Operacionalidade: se o modelo atende às suas necessidades.

Ainda de acordo com os autores March e Smith (1995), no que diz respeito aos métodos (ReqIF e AHP-TOPSIS), foram utilizados como critérios a:

- a) Operacionalidade: a capacidade que o método tem em realizar as tarefas pretendidas ou no caso desta pesquisa dos usuários serem capazes de seguir as etapas propostas no método e chegarem ao mesmo resultado;
- b) Eficiência: está relacionada com a forma correta em seguir os passos do método e chegar ao objetivo final;
- c) Generalidade: trata-se da amplitude de aplicação do método, se é possível aplicar esse artefato em outro processo de aquisição de SMEM e;
- d) Facilidade de uso: por meio da facilidade de uso avalia-se pelo lado *user friendly*, se o artefato apresenta uma usabilidade amigável para o usuário.

Além das perguntas acerca dos critérios que permitiram a avaliação dos métodos e do modelo empregados, foram selecionados respondentes que atuam diretamente na função técnica dos processos de importação da Chefia de Material (C Mat), que é o Órgão Importador (OI) do Comando Logístico (COLOG), Exército Brasileiro (EB).

O perfil desejado dos respondentes abarcou profissionais que possuam ao menos 2 (dois) anos de experiência nas áreas tecnológica ou logística do Exército. Com esse tempo mínimo, o profissional teve a oportunidade, no primeiro ano, de

planejar e executar todas as etapas do processo de aquisição do Sistema ou Material e, no segundo ano, acompanhar eventuais testes de aceitação necessários (*Factory Acceptance Tests - FAT*), no Brasil ou no exterior, bem como o recebimento definitivo do objeto contratado. Essa bagagem de *know-how* institucional foi determinante para a escolha do público alvo e qualidade das respostas obtidas por meio do questionário aplicado.

3.3.6 Comunicação dos resultados

Com a conclusão das etapas da DSRM, a comunicação apresenta-se como vetor de fundamental importância para a divulgação dos resultados da pesquisa científica. Foram realizadas apresentações dos resultados desse trabalho para clientes da Chefia de Material (C Mat), Órgão Importador (OI) do Comando Logístico (COLOG), Exército Brasileiro (EB).

Um artigo de revisão da bibliografia que alicerçou esse estudo, de autoria de Fontenelle e Borsato (2022), foi aprovado e publicado na *Revista Product Management & Development – An International Journal for Transdisciplinary Research in Innovation*, que é uma plataforma de publicação internacional e de acesso aberto vocacionada à divulgação de pesquisas originais, interdisciplinares e transdisciplinares sobre o tema inovação.

Nesse diapasão, o texto dessa dissertação, quando revisado e aceito em definitivo pela biblioteca da universidade, atuará também como um vetor de comunicação do conhecimento à comunidade acadêmica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo encontram-se os resultados obtidos por meio dessa pesquisa acadêmica. Esses resultados estão em conformidade com as etapas do *framework* metodológico DSRM detalhadas no Capítulo dos Aspectos Metodológicos, tomando-se por referência a prova de conceito escolhida.

Na primeira etapa do DSRM, que busca a identificação do problema e sua motivação, foi encontrada a oportunidade de melhoria da fase de avaliação das propostas no contexto de aquisição de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM) da Chefia de Material (C Mat), Órgão Importador (OI) do Comando Logístico (COLOG), Exército Brasileiro (EB).

Enquanto que na definição dos objetivos para a solução, segunda etapa do DSRM, a solução proposta foi definida como um método que deve promover um ordenamento de preferências entre alternativas de equipamentos para o Exército com base nos requisitos desejáveis do sistema ou material, e que utiliza métodos de estruturação de requisitos e das especificações técnicas, como também ferramentas de auxílio à decisão multicritério. Importante destacar que a solução busca contemplar não apenas os requisitos que dizem respeito à funcionalidade do equipamento, mas também aqueles relacionados aos aspectos operacionais, logísticos e industriais.

A primeira e segunda etapas foram apresentadas ainda no primeiro Capítulo deste trabalho, que foi responsável pela contextualização do tema e pela apresentação dos objetivos da solução proposta nesta pesquisa.

Em face do exposto, será possível dar início à terceira etapa do DSRM, que é o projeto e desenvolvimento da solução propriamente dita, ou seja, aplicada à prova de conceito escolhida.

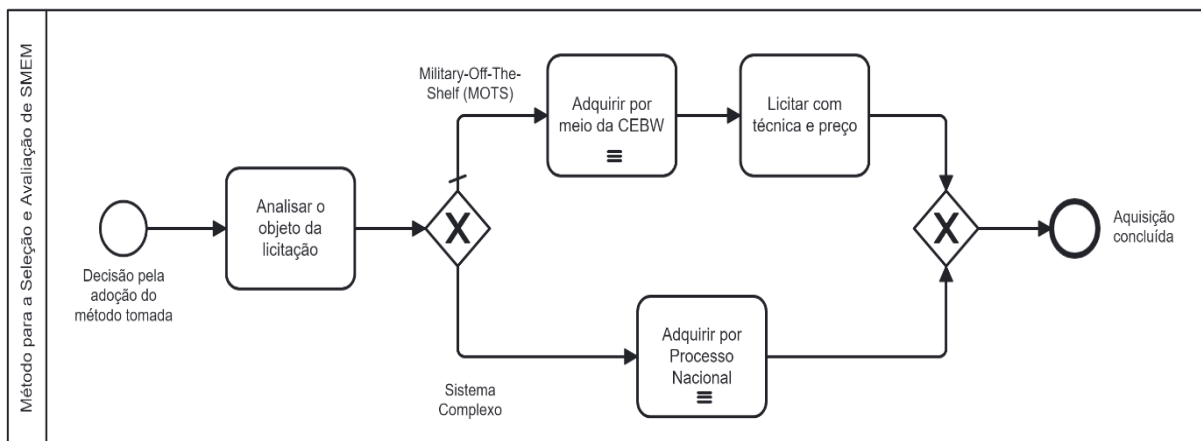
4.1 Projeto e desenvolvimento da solução

O artefato foi projetado para ser empregado nos dois possíveis cenários de aquisição de sistemas ou materiais para o Exército Brasileiro (EB). A primeira delas, é o caso da aquisição internacional de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM) pela Comissão do Exército Brasileiro em Washington (CEBW), Organização Militar (OM) com expertise pela aquisição de itens de prateleira (*off-the-shelf*) de uso militar, como optrônicos, armamentos leves, equipamentos de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (DQBRN), além de itens de suprimento com

correspondente *Nato Stock Number* (NSN) ou *Part Number* (PN), enquanto que o outro cenário contempla o processo de aquisição nacional, conduzido pelo Comando Logístico (COLOG), destinado predominantemente à equipamentos de Defesa de indústrias nacionais, ou Sistemas Complexos, que podem ser compreendidos como sistemas que integram outros sistemas a exemplo dos Carros de Combate, Obuseiros, Viaturas Blindadas, Sistemas de Mísseis, dentre outros sistemas de armas.

A fim de permitir a visualização desses possíveis cenários de aquisição dos sistemas ou materiais que são de atribuição da Chefia de Material (C Mat), foi desenvolvido um modelo de processo antecessor ao método, conforme Figura 17, que utiliza a notação BPMN e apresenta as respectivas atividades de interesse em função do objeto que se pretende adquirir.

Figura 17 - Etapas para a criação do artefato



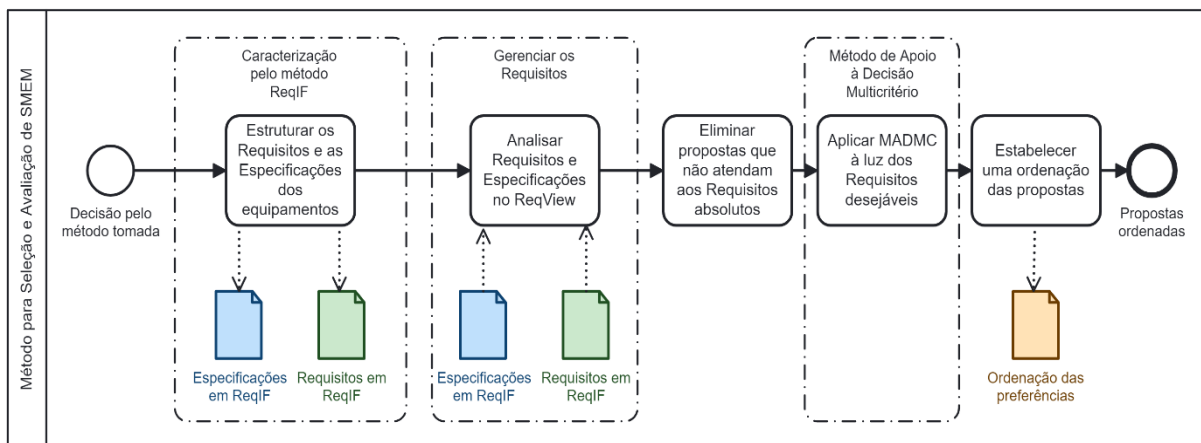
Fonte: o Autor

O primeiro passo após a decisão pela aplicação do método, é proceder com a análise do objeto descrito no termo de referência do edital de licitação. Caso o objeto seja um *Military-Off-The-Shelf* (MOTS) de fabricação internacional, ou seja, um produto de prateleira de uso militar de baixa complexidade, usualmente adota-se o Processo de Aquisição Internacional conduzido pela Comissão do Exército Brasileiro em Washington (CEBW) que possui expertise na aquisição desses produtos comerciais notadamente de fabricação estrangeira (Figura 4). Vale destacar que somente após o Estudo Técnico Preliminar concluir pela viabilidade da aquisição, excluindo, portanto, a possibilidade dessa necessidade ser suprida por fornecedor nacional para o sistema ou material, é que o processo de aquisição pode prosseguir ao longo das suas etapas a cargo da CEBW.

Por outro lado, o Processo Nacional usualmente adquire Sistemas Complexos, que de acordo com (Hobday, 2000), são caracterizados como de elevado custo, alta tecnologia, interfaces complexas, componentes customizados, necessidade de integração de competências e de sistemas, e elevado foco no design e no desenvolvimento do produto. Neste processo, há a necessidade da integração de especialistas de várias áreas do conhecimento (técnica, logística, comercial, industrial, etc.) que contribuem em suas esferas de competência com conhecimento para o sucesso da melhor aquisição para a organização. É possível perceber pela Figura 17 que, o processo de aquisição de *Military-Off-The-Shelf* (MOTS), haja vista o custo associado, é mais frequente, situação que foi representada pela simbologia do fluxo padrão (*default*) na notação BPMN. Em ambos os processos, atualmente em vigor, busca-se promover a melhor aquisição para a Força Terrestre à luz dos requisitos pré-definidos no Termo de Referência do edital de licitação, cuja finalidade é descrever minuciosamente o objeto (Figura 6).

Dito isto, o artefato para avaliar e selecionar SMEM, que é um método que integra outros métodos, pode ser decomposto em 5 (cinco) etapas, conforme a modelagem do processo (Figura 18).

Figura 18 – Método modelado em BPMN



Fonte: o Autor

Nos demais subitens que se seguem, serão detalhadas cada uma dessas 5 (cinco) etapas da solução, a saber:

- Estruturar os Requisitos e as Especificações dos equipamentos;
- Analisar os Requisitos e as Especificações no *ReqView*;

- Eliminar as propostas que não atendem aos Requisitos absolutos;
- Aplicar Métodos de Apoio à Tomada de Decisão Multicritério (MCDM) à luz dos Requisitos desejáveis; e
- Estabelecer uma ordenação das propostas.

Na sequência, por intermédio da Seção 4.1.1, encontra-se detalhada a maneira com que os Requisitos e as Especificações Técnicas passarão de uma linguagem natural para uma linguagem estruturada, legível por máquina, aberta e não proprietária, avaliada como de facto na indústria, a fim de facilitar a troca de dados entre cliente e seus fornecedores.

4.1.1 Estruturar os Requisitos e as Especificações dos equipamentos

Assim como no processo de aquisição internacional, bem como no processo de aquisição nacional, há a necessidade de se eliminar a troca de dados em documentos com linguagem natural (pex: arquivos do tipo PDF escaneados) a fim de promover uma gestão otimizada dos requisitos. Cabe destacar que a análise de um grande volume de dados em linguagem natural é um trabalho hercúleo e que pode inserir riscos adicionais ao processo. Um exemplo para ilustrar um risco iminente é a aceitação de um equipamento que não atenda a algum requisito obrigatório em decorrência de falha no tratamento do dado fornecido em linguagem natural, situação que pode resultar na aquisição de um equipamento que não satisfaça as necessidades do cliente militar.

Dito isto, com a finalidade de aprimorar a gestão dos requisitos e das especificações técnicas dos equipamentos ao eliminar a troca de dados demasiados na linguagem natural, faz-se necessária a estruturação, com o uso do método ReqIF, dos Requisitos do equipamento que o Exército pretende introduzir no seu inventário, e das Especificações Técnicas dos equipamentos candidatos que foram ofertados pelos fornecedores. Assim, a troca dessas Especificações e Requisitos pode ser otimizada, sem perda de dados, ainda que sejam utilizadas diferentes ferramentas de gerenciamento de requisitos, trazendo eficiência ao processo e segurança ao tomador de decisão. Cabe destaque para o fato de que a ferramenta de gerenciamento do cliente não precisa ser a mesma utilizada pelo fornecedor, o padrão ReqIF se encarrega dessa compatibilidade. Os arquivos em XML gerados pelas ferramentas

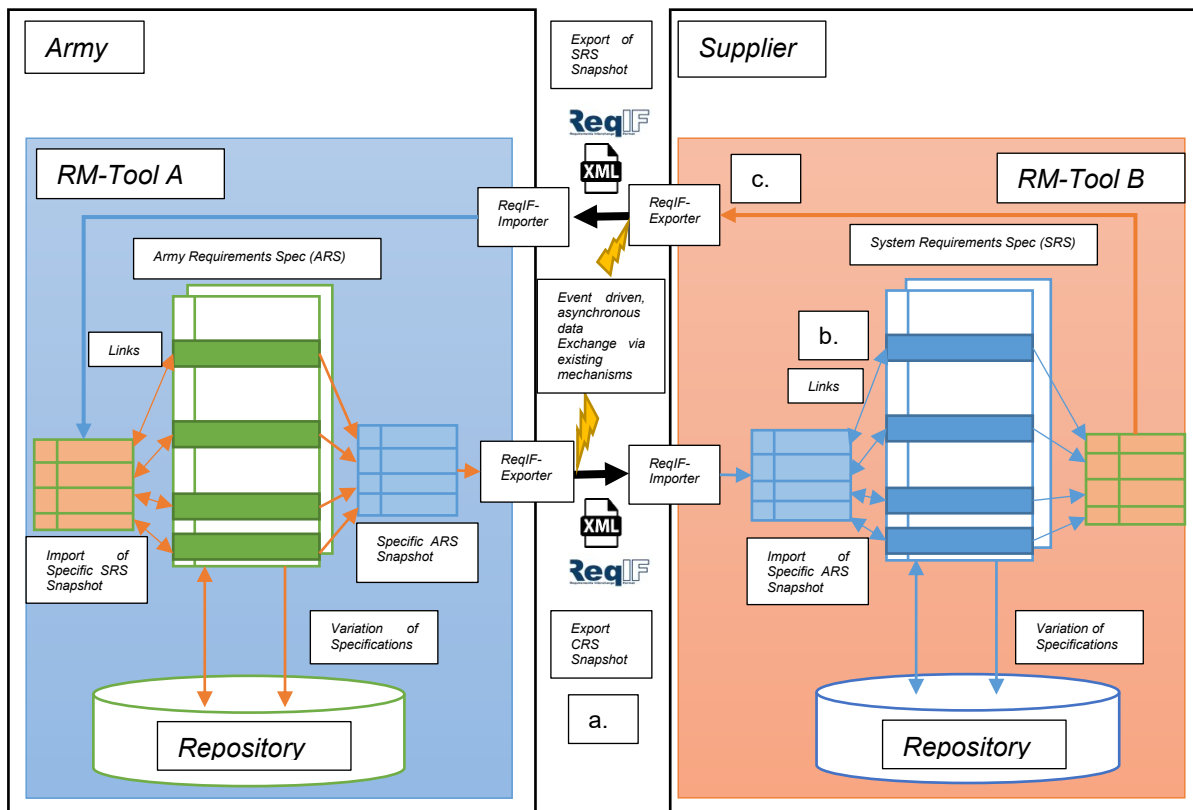
precisam possuir compatibilidade com o padrão ReqIF para possibilitar a leitura em diferentes *softwares* de gerenciamento de requisitos.

A medida em que os requisitos são convertidos de uma linguagem natural para uma linguagem estruturada, legível por máquina, a fim que preservar dados e metadados associados, é possível armazenar essas informações em um repositório de requisitos da organização. De modo análogo, os fornecedores podem fazer uso do mesmo mecanismo para salvaguardar as especificações de seus objetos. Assim, para futuras aquisições desse mesmo objeto, basta resgatar determinado documento já estruturado e realizar pequenas modificações, caso seja necessário, a fim de adequá-lo.

Dito isto, para dar início ao processo de estruturação dos requisitos, deve-se avaliar se os Requisitos operacionais, técnicos, logísticos e Industriais já estão estruturados. A situação em que já se encontram estruturado pode ocorrer na hipótese de se resgatar esses requisitos de um repositório de requisitos, a fim de se realizar uma nova aquisição do mesmo material, por exemplo. Outra situação pode corresponder à necessidade para que o Exército proceda com a estruturação dos Requisitos antes de enviá-los aos candidatos participantes do certame licitatório.

Com os Requisitos estruturados em linguagem de máquina, por intermédio de uma ferramenta de gerenciamento de requisitos, é possível exportar esses requisitos e seus metadados em arquivo XML compatível com o formato ReqIF aos fornecedores interessados. Ao receberem o arquivo XML do Exército (cliente) e, por meio de sua ferramenta própria de gerenciamento de requisitos, os fornecedores terão condições de construir as especificações do equipamento que será ofertado, e exportar essas Especificações Técnicas, com seus metadados, em outro arquivo XML de volta ao Exército. Por meio da Figura 19, disponível a seguir, é possível verificar como ocorre a troca de dados (requisitos, atributos, arquivos adicionais como imagens, dentre outros).

Figura 19 - Sistemática para troca de requisitos e seus metadados²



Fonte: o Autor

A sistemática de troca de dados entre cliente e seus fornecedores, portanto, ocorre da seguinte forma:

- i. A troca tem início no Exército: os requisitos do cliente (Army Requirements Spec – ARS) que são relevantes (de interesse) ao Fornecedor são consolidados em um documento instantâneo (a.). O documento contendo os requisitos do cliente (Exército) é exportado da Ferramenta de Gerenciamento A (RM-Tool A) por meio do exportador em ReqIF (ReqIF – Exporter) e transferido de forma assíncrona para o Fornecedor por intermédio de mecanismos de transferência de dados existente. O resultado da exportação é um documento XML compatível com ReqIF que representa um documento instantâneo que contém os requisitos do cliente;
- ii. Fornecedor recebe o XML: ao receber esse documento, o fornecedor importa as informações para a Ferramenta de Gerenciamento B (RM-Tool B)

² METADADOS, São dados que fornecem informações sobre outros dados. Disponível em: <https://www.metadados.pt/oquesaometadados/>. Acesso em: 02 Dez. 2023.

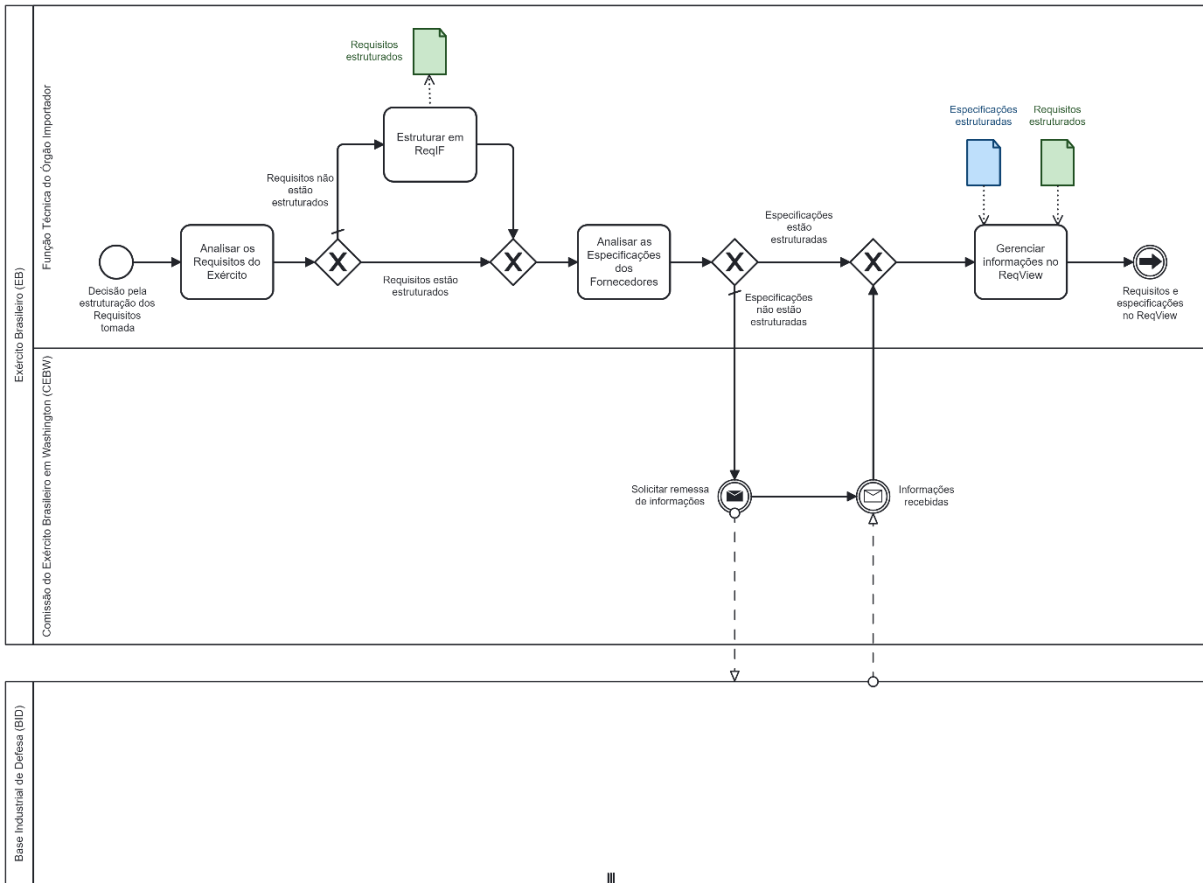
com a finalidade de analisar os requisitos do cliente. Por razões de rastreabilidade, o Fornecedor liga os requisitos do cliente recebidos aos requisitos do sistema correspondente (b.);

- iii. Como resposta aos requisitos do cliente, o Fornecedor cria um documento instantâneo *System Requirements Spec* (SRS) consolidado que contém as Especificações do sistema que atendem aos requisitos impostos pelo cliente (Exército);
- iv. O documento instantâneo *System Requirements Spec* (SRS) é enviado de volta ao cliente (Exército) na forma de um documento XML exportado compatível com ReqIF (c.);
- v. Ao importar o documento instantâneo *System Requirements Spec* (SRS), o Exército tem condições de analisar, por intermédio da sua Ferramenta de Gerenciamento A (RM-Tool A), a maneira como os seus requisitos estão sendo cumpridos pelas especificações do sistema ou material ofertado pelo Fornecedor;
- vi. Assim, a troca de arquivos no formato ReqIF é uma troca de dados assíncrona e orientada por eventos.

Isto posto, por meio de um repositório de especificações, torna-se possível acondicionar versões de requisitos a fim de servir como um ponto de partida para novos requisitos. De maneira análoga, o fornecedor pode fazer uso também do seu repositório de Especificações para seus sistemas e atuar de modo mais eficiente na situação em que o sistema venha a sofrer alguma modificação.

Para o caso de aquisição internacional, por intermédio da CEBW, um modelo de processo (Figura 20) detalha a sistemática para estruturar os requisitos e as especificações técnicas a fim de possibilitar a execução da próxima etapa, que é o gerenciamento.

Figura 20 – Estruturação dos Requisitos e das Especificações (Aquisição Internacional)



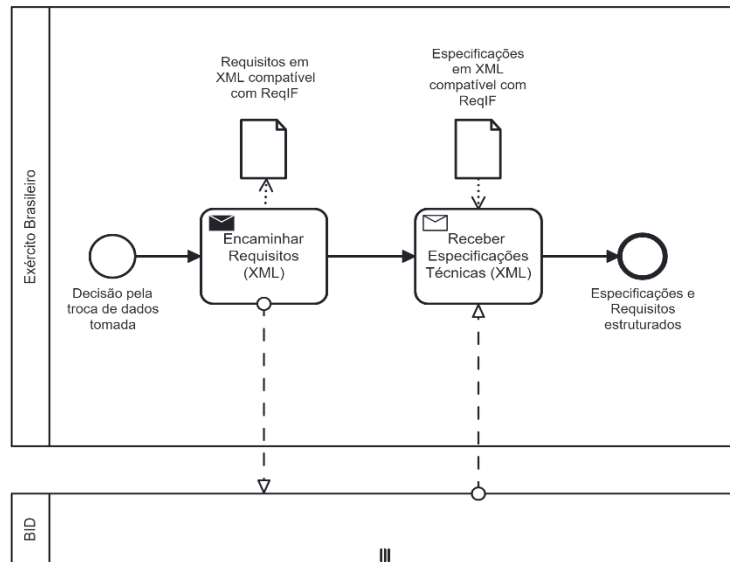
Fonte: o Autor

Ao decidir pela estruturação dos requisitos, deve-se analisá-los conforme tarefa “Analisar os Requisitos do Exército”, em sequência, o desvio condicional exclusivo (XOR) pode ramificar para uma tarefa denominada “Estruturar os Requisitos”, gerando os requisitos estruturados, ou, na situação em que possa resgatá-los de um repositório, e neste caso, portanto, já se encontram estruturados, analisa-se uma próxima tarefa denominada “Analisar as Especificações dos Fornecedores”. Caso as especificações já se encontrem estruturadas, será possível gerenciá-las juntamente com os requisitos, caso contrário, o Exército solicita essas informações à Base Industrial de Defesa que deve executar essa tarefa de estruturar suas especificações. Por fim, com os requisitos e especificações estruturados, é possível realizar gestões por meio de uma ferramenta de gerenciamento de requisitos.

No que se refere à aquisição Nacional, a estruturação dos requisitos e especificações dá-se de maneira parecida, contudo sem a participação da “piscina”

denominada Comissão do Exército Brasileiro em Washington (CEBW), conforme verifica-se na Figura 21.

Figura 21 – Estruturação dos Requisitos e das Especificações (Aquisição Nacional)



Fonte: o Autor

Assim como na aquisição internacional, o Exército transmite seus requisitos estruturados para os fornecedores da Base Industrial de Defesa e recebe as especificações estruturadas desses fornecedores interessados no objeto da licitação.

Ante o exposto, com os Requisitos e as Especificações Técnicas estruturadas em linguagem de máquina, será possível avançar para a próxima etapa (Seção 4.1.2) qual seja a análise desses dados em uma ferramenta de gerenciamento de requisitos, no caso em comento, foi utilizado o software *ReqView*.

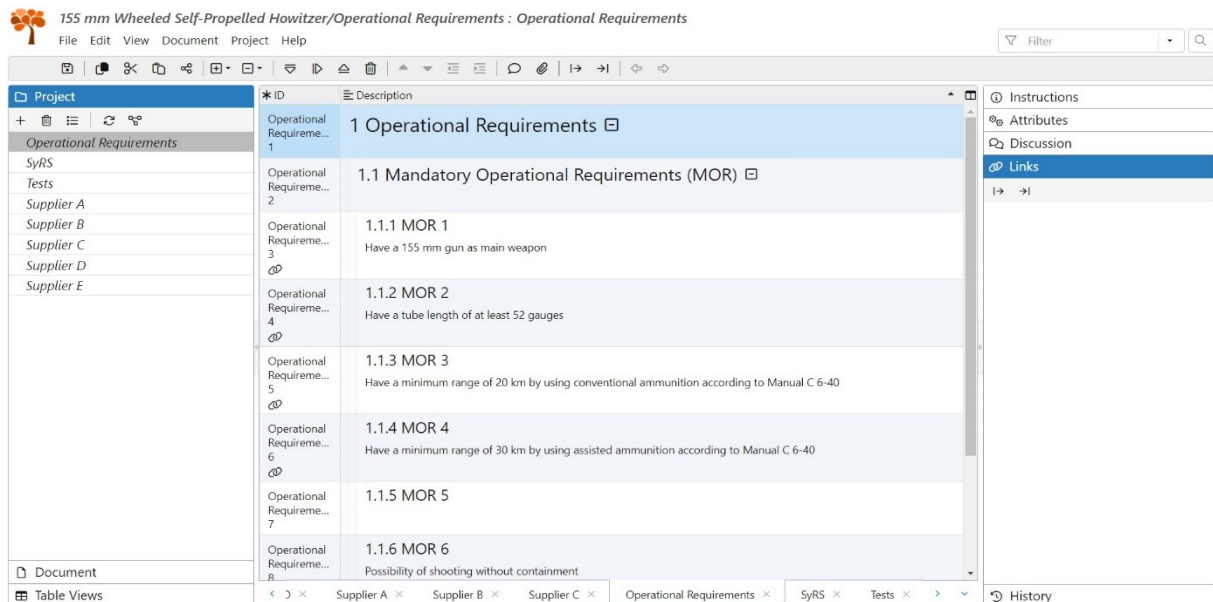
4.1.2 Analisar Requisitos e Especificações no *ReqView*

A análise da aderência das especificações em relação aos requisitos é uma das fases mais importantes para o atingimento da efetiva seleção do objeto da licitação na fase de análise das propostas. Os objetos ofertados cujas especificações não se encontram em conformidade com os requisitos absolutos definidos pelo Exército devem ser desclassificados. Os requisitos absolutos, por definição, são indispensáveis e incontestáveis que, se não forem todos alcançados, tornam o material inaceitável pelo Exército. Portanto, caso o equipamento não atenda a algum requisito absoluto, ele não deverá ser aceito.

Os requisitos desejáveis, por sua vez, são requisitos que por definição indicam o desejo de evoluções futuras com vistas a atingir um melhor desempenho do sistema ou material. O não atendimento desses requisitos desejáveis não torna o sistema ou material não conforme para o Exército Brasileiro.

Isto posto, ao receber os arquivos XML compatíveis com ReqIF e contendo as especificações técnicas dos equipamentos candidatos ofertados pelos fornecedores, o técnico do Exército deverá abrir esse arquivo em alguma ferramenta de gerenciamento de requisitos, neste caso foi utilizado o ReqView, e dessa forma, analisar a aderência em relação aos requisitos obrigatórios, como demonstrado na Figura 22 a seguir.

Figura 22 - Requisitos Operacionais no ReqView



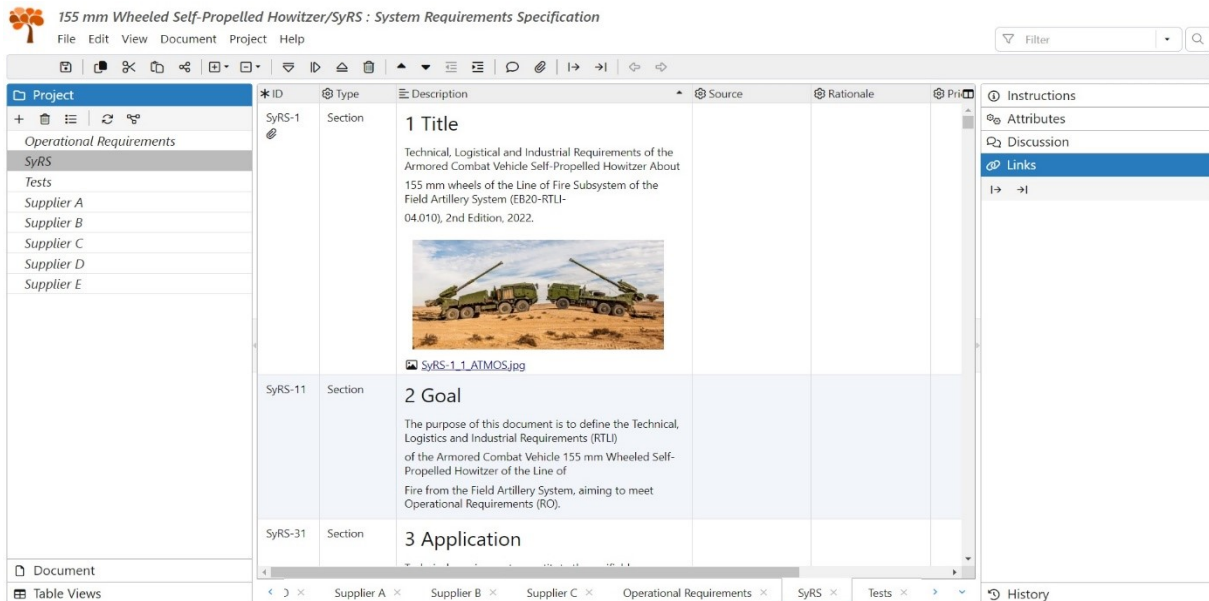
Fonte: o Autor

Ainda na Figura 22, na coluna da esquerda, na pasta Project, é possível encontrar os Requisitos Operacionais (RO), Requisitos do Sistema (SyRS), Testes e Especificações Técnicas dos equipamentos candidatos (*Supplier A, B, C ...*). Esses termos e suas relações encontram-se conforme modelo-V (Figura YZ).

Os Requisitos Operacionais (Figura 22) são os Requisitos do cliente definidos na Fase de Concepção Integrada do SMEM e revelam, na forma de requisitos, as Capacidade Operativas (CO) necessárias, com ênfase na sua missão, no ambiente operacional, tipos de operação, funcionalidades e desempenhos esperados.

Já os Requisitos do Sistema (SyRS), disponíveis na Figura 23, além de indicar o objetivo, a aplicação, definições, referências, acrônimos, estabelece todos os requisitos técnicos, logísticos e industriais que traduzem de forma técnica as necessidades dos clientes (Requisitos Operacionais) para o equipamento que se pretende adquirir.

Figura 23 – Requisitos do Sistema no ReqView



Fonte: o Autor

São esses Requisitos do Sistema (SyRS) que são encaminhados via arquivo XML compatível com o ReqIF de modo que os fornecedores possam, após análise, ofertar seus equipamentos, indicando, também em linguagem estruturada, o cumprimento ou não dos requisitos do cliente.

Por ocasião das informações utilizadas na prova de conceito terem sido retiradas de um sistema cujos requisitos encontram-se num documento próprio do Exército, que são os Requisitos Técnicos, Logísticos e Industriais (RTL), optou-se por manter o mesmo *template* desses RTL.

Entretanto, caso a Organização achar conveniente utilizar um *template* padronizado internacionalmente, como o ISO/IEC/IEEE 29148:2018, não há nenhum prejuízo para a aplicação desse método.

Com efeito, o padrão ISO/IEC/IEEE 29148:2018 é voltado à Engenharia de Sistemas e Software, ele especifica os processos necessários implementados nas atividades de engenharia que resultam em requisitos para sistemas e produtos de

software (incluindo serviços) ao longo do ciclo de vida. O padrão também fornece diretrizes para aplicação dos requisitos e processos relacionados a requisitos descritos na ISO/IEC/IEEE 15288, que estabelece uma estrutura comum de descrições de processos para descrever o ciclo de vida de sistemas criados por humanos, e ISO/IEC/IEEE 12207, que é um padrão internacional para processos de ciclo de vida de software.

O padrão ISO/IEC/IEEE 29148:2018 atua ainda no sentido de:

- i. especificar os itens de informação necessários produzidos por meio da implementação dos processos de requisitos;
- ii. especificar o conteúdo exigido dos itens de informação exigidos;
- iii. fornecer as diretrizes para o formato dos itens de informação necessários e relacionados.

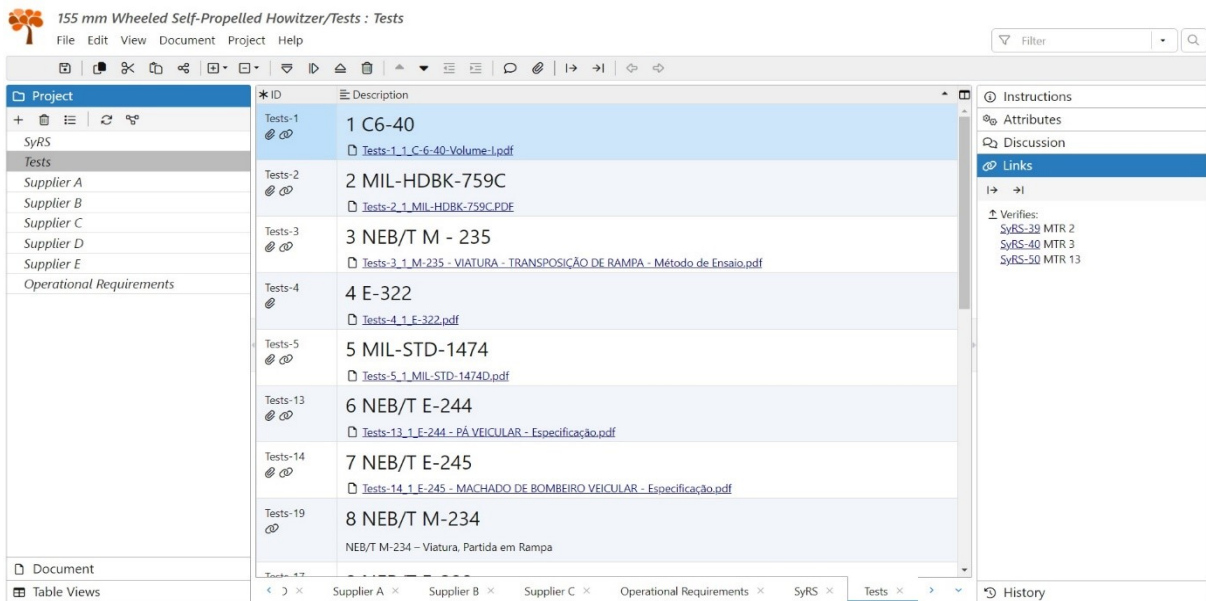
Dito isto, conforme adiantado, o *template* utilizado neste trabalho foi a própria sequência adotada pelo Exército para os Requisitos Técnicos, Logísticos e Industriais (RTLII), da viatura blindada, conforme se segue:

- a) Título: descreve o COTS ou MOTS;
- b) Objetivo: define o cliente que receberá o COTS;
- c) Aplicação: define a razão dos requisitos, a possibilidade de avaliação posterior pelo Centro de Avaliações do Exército e, elementos contratuais a serem satisfeitos pelas partes;
- d) Referências: referência as normas adotadas no documento;
- e) Definições: estabelece definições de termos adotados no documento;
- f) Acrônimos: estabelece o significado dos acrônimos utilizados no documento;
- g) Descrição dos Requisitos Técnicos (absolutos e desejáveis): descreve quais são os requisitos absolutos, que devem necessariamente integrar o equipamento, assim como os requisitos desejáveis, que são uma preferência do Exército Brasileiro visando à uma otimização do equipamento/sistema;
- h) Requisitos Logísticos: descreve quais requisitos devem ser cumpridos sob a ótica da boa logística, tais como manutenibilidade, ciclo de vida, pessoal e treinamento, material de apoio à manutenção, etc.; e

- i) Requisitos Industriais: define os requisitos atinentes à fabricação, como garantia técnica, da qualidade, etc.

Os testes, conforme modelo-V, são elementos de verificação dos Requisitos do Sistema. Tratam-se de normas padrão militar (MIL-STD), manuais operacionais, normas técnicas do Exército, dentre outras normas internacionais jugadas pertinentes (Figura 24).

Figura 24 – Testes no ReqView



Fonte: o Autor

Pela Figura 24, na coluna da direita, em *links*, é possível verificar que a especificação técnica *2.1 Main Armament* cumpre com o requisito MTR 1 (Figura 25). Todos os requisitos devem ser analisados e as propostas que não atenderem aos Requisitos Absolutos, que são obrigatórios e inegociáveis, deverão ser desclassificadas do certame licitatório. Esse raciocínio vale para todas as ofertas de equipamentos dos demais fornecedores.

Figura 25 - Especificações Técnicas do equipamento do fornecedor A

The screenshot displays a software application window titled "155 mm Wheeled Self-Propelled Howitzer/Supplier A : Supplier A". The interface is divided into several sections:

- Project Tree (Left):** Lists various project components including "Operational Requirements", "SyRS", "Tests", and "Supplier A" (which is currently selected).
- Main Table (Center):** A table with columns for "ID" and "Description". It lists technical specifications for Supplier A:

ID	Description
Supplier A-2	2 Specification
Supplier A-3	2.1 Main Armament 155 mm Gun, 52 caliber
Supplier A-4	2.2 Transverse +- 60 degrees , for fire + - 40 degrees
Supplier A-5	2.3 Rate of Fire In automatic mode: 5 rounds in the 1st minute In manual mode: 13 rounds in 3 minutes 2 rounds per minute
Supplier A-6	2.4 Range of Fire, Maximun (at 450 elevation) 41 + km when using ERFB-BB shells
Supplier A-7	2.5 Range of Fire, minimum
- Right Sidebar:** Contains navigation and information panels such as "Instructions", "Attributes", "Discussion", and "Links". The "Links" panel shows a section titled "Supplier A-2 Specification" and a compliance note "SyRS:38 MTR 1".
- Bottom:** A document viewer and a set of tabs for different suppliers and requirements.

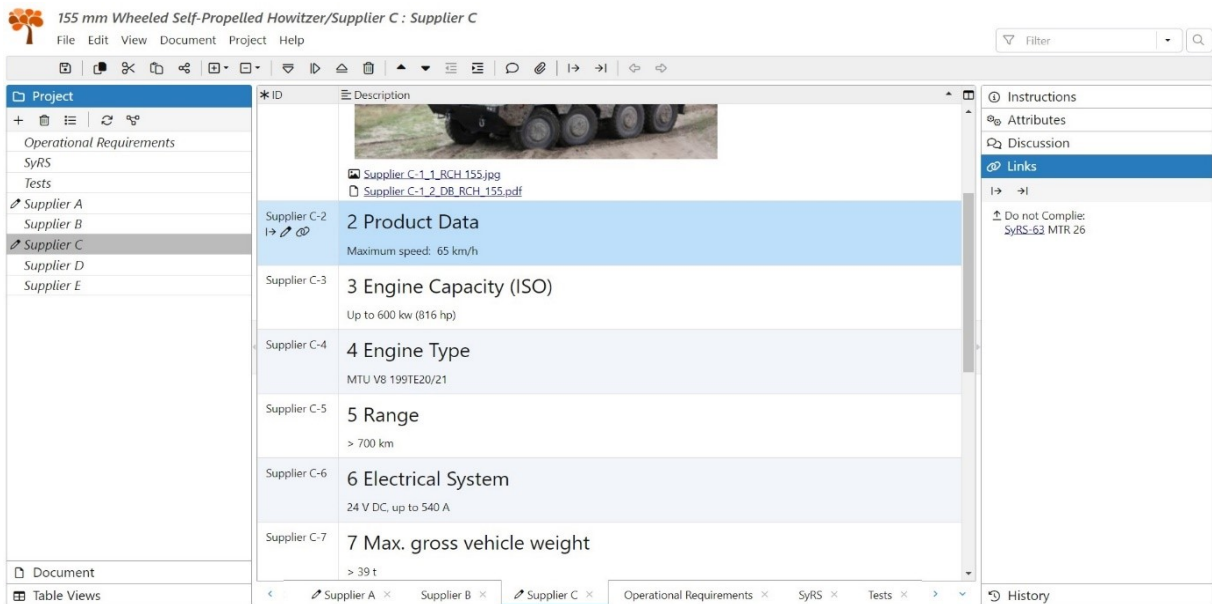
Fonte: Autor

A seguir, na Seção 4.1.3, é demonstrada a forma de se analisar e detectar o não cumprimento dos requisitos obrigatórios.

4.1.3 Eliminar propostas que não atendam aos requisitos absolutos

Nesta etapa, os candidatos que não cumprem com os requisitos absolutos devem ser eliminados, haja vista a característica inegociável do requisito. Por meio da Figura 26, é possível verificar a indicação do não cumprimento de um requisito absoluto por parte do fornecedor. Neste caso a velocidade mínima exigida era de 70 km/h, contudo o sistema desenvolve no máximo 65 km/h.

Figura 26 - Especificação que não cumpre um requisito absoluto



Fonte: o Autor

Na situação em que isso ocorra com o requisito desejável, pode haver uma modulação associada à uma determinada porcentagem da pontuação conferida àquele requisito. A título de exemplo, supondo que um requisito desejável seja o atingimento de uma velocidade máxima em km/h, a pontuação global do requisito (supondo que seja de 6 pontos) pode ser modulada para as características apresentadas pelos candidatos. Com efeito, caso um SMEM A desenvolva velocidade máxima de 120 km/h, um SMEM B uma velocidade de 105 km/h e um SMEM C, uma velocidade de 98 km/h, a modulação pode ser aplicada conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Modulação da pontuação para determinado requisito desejável

SMEM	Velocidade (km/h)	Modulação da pontuação em função da característica
SMEM A	120	6 (100%)
SMEM B	105	4 (66%)
SMEM C	98	2 (33%)

Fonte: o Autor

Na próxima Seção, será demonstrado como o método de apoio à decisão multicritério auxilia a ordenar preferências à luz de requisitos desejáveis.

4.1.4 Aplicar Métodos de Apoio à Decisão Multicritério à luz dos requisitos desejáveis

Face às propostas remanescentes, ou seja, aquelas cujas especificações técnicas cumpriram com os requisitos absolutos, deve-se nesta penúltima etapa do método para avaliação e seleção de SMEM, aplicar o método híbrido AHP-TOPSIS-2N para ordenar preferências.

Inicialmente, há a necessidade de se identificar os requisitos desejáveis e de se avaliar a necessidade de clusterização a fim de agrupar requisitos similares e conferir uma denominação. Isso por vezes é necessário para se seja possível aplicar o AHP, com a finalidade de se obter pesos dos critérios, sem que haja quebra da consistência do método. No caso do método AHP, critérios e alternativas em número superior a nove possuem alta probabilidade de gerar inconsistências dos julgamentos. Caso ocorra inconsistência, contudo os julgamentos expressam a realidade, mediante essa justificativa é possível proceder para a próxima etapa (ordenação).

4.1.5 Estabelecer uma ordenação das propostas

Por meio da ordenação das preferências, última etapa do método, é possível visualizar quais equipamentos, com suas particulares especificações técnicas, melhor atendem aos requisitos do cliente. A aplicação do AHP-TOPSIS-2N e o ordenamento podem subsidiar uma licitação técnica e preço, o que promove a melhor escolha no contexto da otimização da Gestão do Ciclo de Vida de SMEM.

Nesta última etapa, por meio da utilização de um editor de planilhas, foi desenvolvida uma forma dinâmica (planilha dinâmica) para a inserção das pontuações em cada critério. Dessa forma, todos os cálculos são feitos na célula com fórmulas previamente elaboradas. A planilha dinâmica pode ser observada por meio da Figura 27.

Figura 27 - Planilha dinâmica para o método AHP-TOPSIS

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)																							
		Pesos											Melhor										
		Tipo											Pior										
Ranking	Similaridade	Alternativas	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1	Alt.	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1
2	0,593	1	62,50%	66,07%	50,00%	6	40	5	30	45	20	100%	1	0,168	0,096	0,018	0,018	0,045	0,012	0,010	0,007	0,024	0,065
3	0,577	2	56,94%	69,64%	50,00%	6	35	10	15	40	10	80%	2	0,153	0,101	0,018	0,018	0,039	0,024	0,005	0,006	0,012	0,052
4	0,418	3	34,72%	75,00%	100,00%	12	50	10	15	50	10	90%	3	0,093	0,109	0,036	0,036	0,056	0,024	0,005	0,008	0,012	0,058
5	0,341	4	30,56%	80,36%	50,00%	6	45	5	20	50	20	70%	4	0,082	0,117	0,018	0,018	0,051	0,012	0,007	0,008	0,024	0,045
1	0,627	5	61,11%	75,00%	50,00%	6	40	10	30	50	20	80%	5	0,164	0,109	0,018	0,018	0,045	0,024	0,010	0,008	0,024	0,052

Fonte: Autor

4.2 Demonstração da solução

As etapas descritas nas Seções 4.1.1 a 4.1.3 podem ser aproveitadas como etapas predecessoras nesta demonstração. Assim a demonstração inicia com o método híbrido AHP-TOPSIS-2N na Seção 4.1.4 para a viatura blindada, objeto da aquisição.

Dito isto, ao eliminar as propostas não aderentes aos requisitos absolutos (Seção 4.1.3), o próximo passo é analisar os requisitos desejáveis dos veículos blindados, ou seja, aqueles que o Exército espera como melhor desempenho do sistema ou material. Para tanto, foi utilizado o software editor de planilhas *MS Excel* para análise e visualização de dados. Foram inseridas em uma planilha todos os requisitos desejáveis (Tabela 4; Tabela 5 e Tabela 6).

Tabela 4 – Requisitos Técnicos Desejáveis

Requisitos Técnicos Desejáveis (RTD)			
DTR (Nr.)	Descrição	Ref.	pts
1	Desenvolver, com peso de combate, velocidade igual ou superior a 90 km/h (noventa quilômetros por hora) em estrada plana horizontal e de piso consistente, com inclinação longitudinal máxima de 1% (um por cento), de acordo com o procedimento de ensaio da norma DIN 70020.	ROD 3	6
2	Desenvolver a velocidade de, pelo menos, 12 km/h (doze quilômetros por hora) em qualquer terreno.	ROD 4	6
3	Possuir camuflagem que proporcione proteção visual, térmica e contra detecção de radar.	ROD 9	6

Fonte: Adaptado de EB20-RTLI-04.010

Tabela 4 – Requisitos Técnicos Desejáveis (continuação)

Requisitos Técnicos Desejáveis (RTD)			
DTR (Nr.)	Descrição	Ref.	pts
4	<p>Dispor de um sistema de proteção QBRN com as seguintes características:</p> <p>a) Possuir filtros QBRN com as seguintes características:</p> <p>1) Eficiência de 99,97% (noventa e nove vírgula noventa e sete por cento) a 0,3 µm (zero vírgula três micrômetros).</p> <p>2) Fluxo de ar (ventilação/filtro) de 100/50 m³/h (cem barra cinquenta metros cúbicos por hora).</p> <p>3) Capacidade de absorção <i>Decomposition of Dimethyl Methyl Phosphonate</i> (DMMP) > 775.000 mg.min/m³ (setecentos e setenta e cinco mil miligramas vezes minuto por metro cúbico).</p> <p>4) Capacidade de absorção <i>Creatine Kinase</i> (CK) > 170.000 mg.min/m³ (cento e setenta mil miligramas vezes minuto por metro cúbico).</p> <p>b) Possuir sistema de pressão positiva no compartimento da guarnição e tropa embarcada evitando a penetração de ar contaminado.</p> <p>c) Possuir saídas de ar purificado através de uma válvula de sobrepressão, que regule a pressão positiva no compartimento da guarnição e tropa embarcada.</p>	ROD 6	5
5	<p>Possuir blindagem básica que ofereça proteção contra a explosão de minas de até 6 Kg (seis quilogramas) de alto-explosivo (<i>High Explosive</i> - HE) sob o centro do veículo.</p>	ROD 10	6
6	<p>A viatura deve possuir aspectos ergonômicos em conformidade com o estabelecido nas Normas MIL-HDBK-759C e MIL-STD-1472G, relativos à operação dos seguintes componentes:</p> <p>a) pedais, manivelas, controles e comandos; b) botoeiras;</p> <p>c) mostradores, painéis e escalas;</p> <p>d) nível de iluminação interna;</p> <p>e) iluminação e visibilidade dos mostradores;</p> <p>f) nível de radiação dos monitores; e</p> <p>g) sistema de armas.</p>	ROD 14	5

Fonte: Adaptado de EB20-RTLI-04.010

Tabela 4 – Requisitos Técnicos Desejáveis (continuação)

Requisitos Técnicos Desejáveis (RTD)			
DTR (Nr.)	Descrição	Ref.	pts
7	Possuir arranjo físico interno que propicie conforto e segurança à tropa embarcada, conforme MIL-HDBK 759 e MIL-STD-1472G.	ROD 14	5
8	Possuir, em todos os bancos, cinto de segurança com fixação em 3 (três) ou mais pontos.	-	6
9	Possuir nível de ruído interno que propicie a comunicação interna entre os ocupantes, sem intercomunicador, conforme prescrito na norma MIL-STD-1474.	-	6
10	Ser equipada com sistemas de ar-condicionado e de ventilação compatíveis com os requisitos da norma SAE J 1503, mantendo, no interior dos compartimentos habitados, as condições de conforto térmico da guarnição e de funcionamento adequado dos equipamentos eletrônicos.	ROD 15	6
11	Possuir um sistema central para controle da pressão dos pneus, com acionamento comandado no compartimento do motorista, tendo opções de regulagem para estrada asfaltada, para qualquer terreno, para areia e para emergência (situação de imobilização por falta de aderência); com o veículo parado ou em movimento.	ROD 13	6
12	Atender aos preceitos regulamentares dos órgãos oficiais nacionais de trânsito nos aspectos relacionados a iluminação, sinalização e segurança, conforme a Resolução CONTRAN nº 227, de 9 FEV 07 e/ou atualizações.	-	6
13	Possuir orientação e navegação por satélite <i>Global Positioning System</i> (GPS) ou equivalente, além de sistema de navegação inercial, integráveis ao sistema de comunicações do SAC, possibilitando a transmissão de dados de posição e condições da peça.	ROD 16	6
14	Possuir sistema automático de detecção e combate a incêndios no compartimento do motor.	-	5
15	Possuir equipamento passivo de visão noturna no compartimento de combate para o motorista.	-	5

Fonte: Adaptado de EB20-RTLI-04.010

Tabela 4 – Requisitos Técnicos Desejáveis (continuação)

Requisitos Técnicos Desejáveis (RTD)			
DTR (Nr.)	Descrição	Ref.	pts
16	Possuir sistema lançador de fumígenos.	ROD 7	5
17	Possuir sistema de comunicações que permita: a) a intercomunicação entre o motorista e p chefe da viatura; e b) a ligação com demais subsistemas, por meio de sistema de comunicações integrado à viatura em condições de transmitir voz e dados.	ROD 8	6
18	Permitir a operação da central de tiro convencional no interior da viatura.	-	5
19	Possuir sistema automático de posicionamento do tubo, com registro dos elementos de tiro (deriva e elevação).	ROD 18	5
20	Possuir motor multicom bustível.	-	4
21	Possuir baixa assinatura térmica e de radar.	ROD 11	5
22	Possuir alças dianteiras e traseiras que permitam tracionar ou ser tracionada por outra viatura de mesmo tipo e peso.	ROD 12	6
23	Possuir capacidade de transpor vau, de no mínimo 1,20 m (um vírgula vinte metros) de profundidade, sem preparação.	ROD 5	5
24	Possuir dispositivos para drenagem de água que porventura penetre na viatura durante a travessia de vau.	-	6
25	Possuir, no compartimento de combate, proteção contra o impacto de projetis 7,62 x 51 mm (sete vírgula sessenta e dois por cinquenta e um milímetros), perfurantes, especificados na NEB/T E-194, disparados com elevação de 0 a 30° (zero a trinta graus), a uma distância de 30 m (trinta metros) da viatura, conforme procedimento de ensaio descrito para as fases 2, 3 e 4 da norma NATO - STANAG – AEP 55 Volume 1.	ROD 17	6
26	Possuir meios de comunicações que permitam a integração com o subsistema de comunicações do SAC.	ROD 8	6
27	Possuir dimensões, alças e/ou outros dispositivos externos destinados ao seu içamento e a sua amarração, em conformidade com as normas NEB/T E-298, NEB/T Pd-6 e NEB/T Pd-8, de maneira a proporcionar o embarque e o transporte em aeronaves de transporte orgânicas da Força Aérea Brasileira.	ROD 20	6

Fonte: Adaptado de EB20-RTLI-04.010

Os requisitos técnicos desejáveis referem-se ao que se espera em relação à funcionalidade da viatura blindada. Como esse veículo deve se comportar em estrada, no campo, como são seus sistemas de comunicação, sistemas de armas, sistemas de proteção, como é transportada e içada, qual o desempenho para superar obstáculos, dentre outros.

Tabela 5 - Requisitos Logísticos Desejáveis

Requisitos Logísticos Desejáveis (RLD)			
RLD (Nr.)	Descrição	Ref.	pts
1	É desejável que a vida em serviço do sistema seja de 20 (vinte) anos de operação, com uma expectativa de utilização máxima anual de 15.000 km (quinze mil quilômetros).	-	-
2	É desejável que os EA sejam também disponibilizados para tensão de 110 V (cento e dez volts).	-	-
3	É desejável que os cursos sejam ministrados no idioma português.	-	-
4	É desejável que todo os softwares utilizados na viatura e nos seus sistemas (Sistemas de Armas, optrônicos, Sistemas de Comando e Controle) sejam desenvolvidos ou adaptados de maneira a permitir o conhecimento e domínio pelo Exército Brasileiro e/ou por empresa brasileira.	-	-
5	É desejável que os projetos da viatura, acessórios e ferramental, dispensem o uso de produtos de alta toxicidade e/ou radiativos em sua operação e manutenção, de forma a minimizar a necessidade de equipamentos de proteção individual e a possibilidade de danos ambientais.	-	-
		Soma	-

Fonte: Adaptado de EB20-RTLI-04.010

No tocante aos requisitos logísticos desejáveis, estabelece-se o que se deseja em relação ao conceito de manutenção, uso de softwares, tempo de vida em serviço, alimentação dos equipamentos elétricos e eletrônicos, dentre outros. A seguir, por meio da Tabela 6, encontram-se os Requisitos Industriais Desejáveis.

Tabela 6 - Requisito Industrial Desejável

Requisito Industrial Desejável (RID)			
RID (Nr.)	Descrição	Ref.	pts
1	É desejável que o fornecedor estrangeiro participe de reuniões e/ou encontros com entidades regionais, tais como associações de classe, comissões representativas de empresas, consórcios empresariais, visando identificar o potencial e oportunidades para a participação efetiva de empresas da Base Industrial de Defesa. É desejável que a implementação da compensação ocorra durante a vigência do contrato do Projeto.	-	-
		Soma	-

Fonte: Adaptado de EB20-RTLI-04.010

Em relação aos requisitos industriais desejáveis, o Exército espera um acordo de compensação, ou *Offset proposal*, comum em aquisições de Sistemas Complexos, haja vista a quantidade de recursos alocados no contrato com fornecedor estrangeiro.

Do exposto, é possível notar que os Requisitos Técnicos, Logísticos e Industriais (RTLI) não trazem distribuição de pesos (pontuação) para os critérios logísticos, nem para o critério industrial. Assim, será necessário a aplicação do AHP para a geração desses pesos. O método pode ser aplicado à quantidade de decisores que o órgão julgar pertinente.

A clusterização torna-se outra necessidade, em decorrência da grande quantidade de requisitos. Buscou-se aglutinar requisitos desejáveis em função da similaridade das suas características. No caso desta prova de conceito, o primeiro cluster **Características Veiculares** aglutinou os requisitos (RTD 1; RTD 2; RTD 11; RTD 12; RTD 13; RTD 15; RTD 16; RTD 18; RTD 19; RTD 20; RTD 21; RTD 23; RTD 24) que dizem respeito às características de desempenho veicular. De modo análogo, foram aglutinados requisitos que representassem o *cluster* **Conforto e Proteção da Tripulação** e assim sucessivamente.

Ao passo que a clusterização é importante para a aplicação consistente do AHP, faz-se necessário também a identificação das lacunas dos pesos para que seja possível aplicar o método multicritério. Esse trabalho de clusterização e de identificação dos pesos encontra-se representado na Tabela 7.

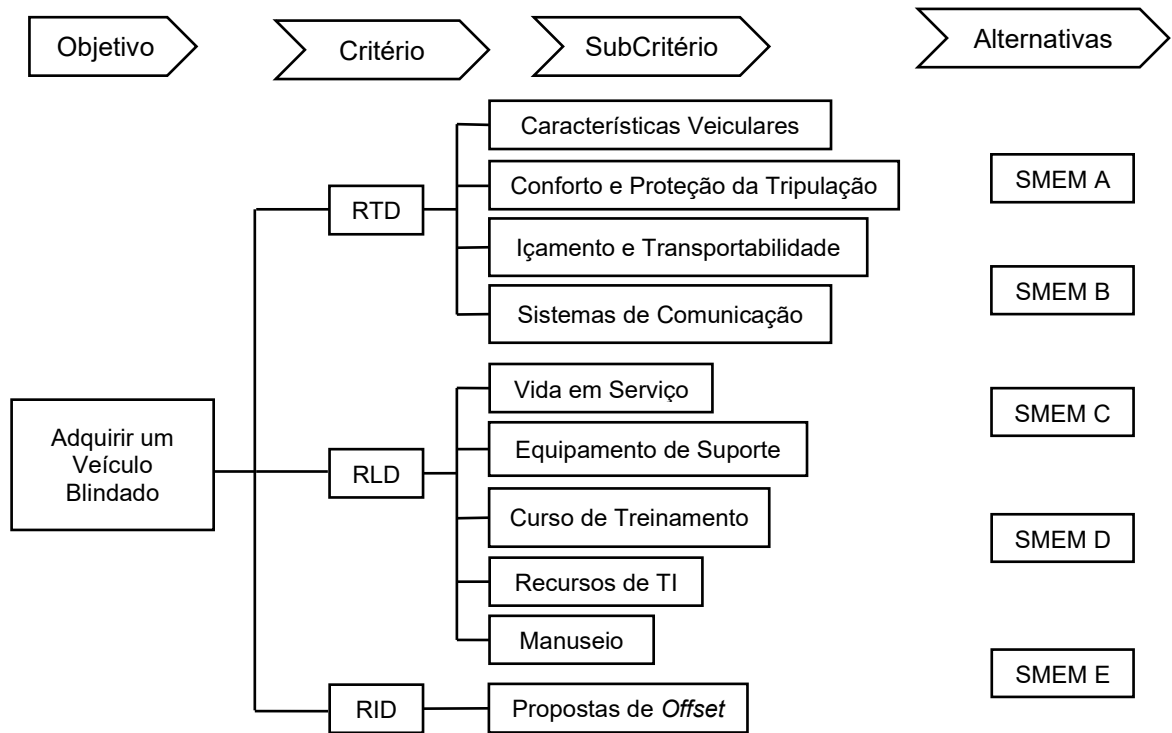
Tabela 7 - Clusterização e identificação das lacunas dos pesos

	Porcentagem	Clusters	Requisitos Desejáveis	Pontuação total dos Requisitos	Prioridade local
DTR	-	Características Veiculares	RTD 1; RTD 2; RTD 11; RTD 12; RTD 13; RTD 15; RTD 16; RTD 18; RTD 19; RTD 20; RTD 21; RTD 23; RTD 24	72	47%
		Conforto e Proteção da Tripulação	RTD 3; RTD 4; RTD 5; RTD 6; RTD 7; RTD 8; RTD 9; RTD 10; RTD 14; RTD 25	56	37%
		Içamento e Transportabilidade	RTD 22; RTD 27	12	8%
		Sistemas de Comunicação	RTD 17; RTD 26	12	8%
DLR	-	Vida em Serviço	RLD 1	-	-
		Equipamento de Suporte	RLD 2	-	-
		Curso de Treinamento	RLD 3	-	-
		Recursos de TI	RLD 4	-	-
		Manuseio	RLD 5	-	-
DIR	-	Propostas de Offset	RID 1	-	-
Total	-	-	-	152	100%

Fonte: o Autor

Para melhor representar o objetivo, os critérios, subcritérios e alternativas escolhidas, faz-se interessante a construção de uma estrutura hierárquica (Figura 28) a fim de se organizar objetivo, critérios e alternativas.

Figura 28 – Estrutura Hierárquica dos Requisitos Desejáveis



Fonte: Autor

Por meio da Estrutura Hierárquica da Figura 28, verifica-se que vinculado ao critério RTD (Requisitos Técnicos Desejáveis), encontram-se 4 (quatro) clusters de requisitos técnicos. De modo análogo, 5 (cinco) clusters de requisitos estão vinculados aos RLD (Requisitos Logísticos Desejáveis) e, por fim, um cluster relaciona-se ao RID (Requisito Industrial Desejável).

Em face do exposto na Tabela 7 e na Estrutura Hierárquica da Figura 28, foi possível notar a necessidade de se preencher os pesos dos 3 (três) critérios e dos subcritérios associados aos RLD e RID, haja vista essa lacuna no documento RTLI dessa viatura blindada.

Com efeito, partimos para a aplicação do método AHP para obter os pesos.

Deve-se perguntar ao decisor: Qual critério é mais importante? E na sequência, qual a intensidade dessa importância?

Assim, por meio da comparação par a par, utilizando a escala de Saaty (Tabela 1) constrói-se a Tabela 8.

Tabela 8 - Comparação par a par a luz do objetivo

Comparação a luz do objetivo			
	RTD	RLD	RID
RTD	1	3	5
RLD	1/3	1	2
RID	1/5	1/2	1

Fonte: o Autor

A seguir, procede-se com a normalização da matriz de comparação par a par. Cada *rating* é dividido pelo somatório dos valores da coluna para se obter a matriz normalizada. Com isso, é possível obter o vetor prioridade de cada critério, por meio da média dos valores de cada linha (Tabela 9).

Tabela 9 – Normalização e vetores prioridade dos critérios

Normalização				
	RTD	RLD	RID	Vetor prioridade
RTD	0,652	0,667	0,625	0,648
RLD	0,217	0,222	0,250	0,230
RID	0,130	0,111	0,125	0,122
Soma	1,000	1,000	1,000	

Fonte: o Autor

Os julgamentos devem ser verificados antes de se adotar cada um dos vetores prioridade. Dito isto, a verificação da consistência dos julgamentos pode ser calculada utilizando-se a Equação (4):

$$\lambda_{Máx} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \frac{[Aw]_i}{w_i}$$

$$\lambda_{Max} = \frac{1}{3} \left[\left(\frac{0,648 + 3 \times 0,230 + 5 \times 0,122}{0,648} \right) + \left(\frac{0,333 \times 0,648 + 0,230 + 2 \times 0,122}{0,230} \right) + \left(\frac{0,2 \times 0,648 + 0,5 \times 0,230 + 0,122}{0,122} \right) \right] = 3,0037$$

$$IC = (\lambda_{Max} - n) / (n - 1)$$

$$IC = \frac{3,0037 - 3}{3 - 1} = 0,00185$$

Com isso, atesta-se a consistência dos julgamentos, pois o índice de consistência está abaixo de 5% conforme informações consolidadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Consistência dos julgamentos dos critérios

$\lambda_{Max} = 3,0037$	$IR = 0,52$
$n = 3$	$CR = 0,00355$
$IC = 0,00185$	< 5%

Fonte: o Autor

De maneira análoga, a fim de se obter pesos para os requisitos logísticos, deve-se perguntar ao decisor: Qual critério é mais importante? E na sequência, qual a intensidade dessa importância?

Em face das respostas a essas perguntas, foi possível construir a matriz de comparação par a par à luz dos requisitos logísticos desejáveis da Tabela 11.

Tabela 11 – Comparação par a par à luz dos critérios

Comparação a luz do RLD					
	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5
C2.1	1	3	5	5	3
C2.2	1/3	1	3	3	1
C2.3	1/5	1/3	1	1	1/3
C2.4	1/5	1/3	1	1	1/3
C2.5	1/3	1	3	3	1

Fonte: o Autor

Depois, deve-se normalizar a matriz de comparação par a par. Cada *rating* é dividido pelo somatório dos valores de cada coluna. O vetor prioridade é obtido pela média de cada linha, conforme Tabela 12.

Tabela 12 - Normalização e vetores prioridade dos subcritérios

Normalização						
DLR	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	Vetor prioridade
C2.1	0,484	0,529	0,385	0,385	0,529	0,462
C2.2	0,161	0,176	0,231	0,231	0,176	0,195
C2.3	0,097	0,059	0,077	0,077	0,059	0,074
C2.4	0,097	0,059	0,077	0,077	0,059	0,074
C2.5	0,161	0,176	0,231	0,231	0,176	0,195
Soma	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Fonte: o Autor

A consistência desses julgamentos deve ser verificada conforme a Tabela 13. O índice de consistência nesta comparação par a par desses 5 (cinco) critérios foi inferior à 10%, ratificando a consistência e a utilização desses pesos para as próximas etapas do método.

Tabela 13 - Consistência dos julgamentos dos subcritérios

$\lambda_{Max} = 5,0055$	$IR = 1,11$
$n = 5$	$CR = 0,01251$
$IC = 0,001389$	< 10%

Fonte: o Autor

Obtidos os pesos dos critérios e subcritérios, é possível preencher a estrutura da aquisição por clusters com os pesos que faltaram (percentuais nas células com cor ouro). É possível notar que em relação ao critério RID (Requisitos Industriais Desejáveis), como há apenas um critério, esse recebeu a pontuação local de 100%. Por meio da Tabela 14, é possível verificar a estrutura da aquisição por clusters preenchida com os respectivos valores percentuais. Ressalta-se que os pesos obtidos para os RTD, RLD e RID foram obtidos com a comparação par a par do método AHP, assim como as prioridades locais dos cinco RLD. No tocante às prioridades locais dos quatro clusters relativos aos RTD, os valores foram obtidos em função da pontuação constante do RTLI (EB20-RTLI-04.010). Na hipótese do documento contendo os requisitos não possuir pontuações, basta aplicar o método AHP para obter-se as prioridades locais, após a comparação par a par dos critérios.

Tabela 14 - Estrutura da aquisição por *clusters*

	Porcentagem	Clusters	Requisitos Desejáveis	Pontuação total dos Requisitos	Prioridades Locais	Prioridades Globais
RTD	64,79%	Características veiculares	RTD 1; RTD 2; RTD 11; RTD 12; RTD 13; RTD 15; RTD 16; RTD 18; RTD 19; RTD 20; RTD 21; RTD 23; RTD 24	72	47,37%	30,69%
		Conforto e Proteção da Tripulação	RTD 3; RTD 4; RTD 5; RTD 6; RTD 7; RTD 8; RTD 9; RTD 10; RTD 14; RTD 25	56	36,84%	23,87%
		Içamento e Transportabilidade	RTD 22; RTD 27	12	7,89%	5,12%
		Sistemas de Comunicação	RTD 17; RTD 26	12	7,89%	5,12%
RLD	22,99%	Vida em Serviço	RLD 1	-	46,24%	10,63%
		Equipamento de Suporte	RLD 2	-	19,52%	4,49%
		Curso de Treinamento	RLD 3	-	7,37%	1,69%
		Recursos de TI	RLD 4	-	7,37%	1,69%
		Manuseio	RLD 5	-	19,52%	4,49%
RID	12,22%	Propostas de <i>Offset</i>	RID 1	-	100%	12,22%
Total	100,00%			152	300%	100,00%

Fonte: o Autor

Após a utilização do método AHP para a geração dos pesos dos critérios faltantes, é possível desenvolver o método TOPSIS para o ranqueamento ou ordenação de preferências.

Deve-se verificar a aderência de cada uma das especificações relacionadas aos requisitos desejáveis a fim de se verificar o cumprimento total, parcial, ou o não cumprimento do requisito. Com isso, é possível inferir um *rating* que indica o grau de cumprimento de determinado requisito.

Com efeito, a seguir, encontram-se as 7 (sete) etapas do método TOPSIS que utiliza, em seu método, os pesos obtidos na AHP.

Etapa 1: Definição da Matriz de Decisão

A matriz de decisão expõe as 5 (cinco) alternativas (SMEM A; SMEM B; SMEM C; SMEM D; SMEM E) e seus respectivos *ratings* (x_{ij}) para os 10 (dez) critérios

definidos (C1.1; C1.2; C1.3; C1.4; C2.1; C2.2; C2.3; C2.4; C2.5; C3.1), conforme Tabela 15.

Tabela 15 - Matriz de Decisão

	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1
SMEM A	62,50%	66,07%	50,00%	50,00%	40	5	30	45	20	100%
SMEM B	56,94%	69,64%	100,00%	50,00%	35	10	15	40	10	80%
SMEM C	34,72%	75,00%	50,00%	100,00%	50	10	15	50	10	70%
SMEM D	30,56%	80,36%	100,00%	50,00%	45	5	20	50	20	90%
SMEM E	61,11%	75,00%	50,00%	50,00%	40	10	30	50	20	80%

Fonte: Autor

É possível notar que os *ratings* (x_{ij}) estão expressos em percentual ou quantidade de pontos. Na **Etapa 2**, será demonstrada como foi realizada a normalização para que os valores permaneçam adimensionais.

Etapa 2: Matriz de Decisão Normalizada

Para a normalização da matriz de decisão, empregou-se a norma do método TOPSIS original, qual seja a raiz do somatório dos quadrados de cada coluna:

$N = \sqrt{\sum_{i=1}^n (r_{ij})^2}$ (denominador da Equação (7)), de acordo com a Tabela 16.

Tabela 16 – Matriz de Decisão com a Norma

	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1
SMEM A	62,50%	66,07%	50,00%	50,00%	40	5	30	45	20	1
SMEM B	56,94%	69,64%	100,00%	50,00%	35	10	15	40	10	0,8
SMEM C	34,72%	75,00%	50,00%	100,00%	50	10	15	50	10	0,7
SMEM D	30,56%	80,36%	100,00%	50,00%	45	5	20	50	20	0,9
SMEM E	61,11%	75,00%	50,00%	50,00%	40	10	30	50	20	0,8
N	1,141	1,641	1,658	1,414	94,604	18,708	51,478	105,475	37,417	1,892

Fonte: Autor

Assim, cada *rating* normalizado é obtido por meio do seu valor original dividido pela norma calculada (Tabela 17), utilizando a Equação (7).

Tabela 17 – Matriz de Decisão Normalizada completa

	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1
SMEM A	0,548	0,403	0,302	0,354	0,423	0,267	0,583	0,427	0,535	0,529
SMEM B	0,499	0,424	0,603	0,354	0,370	0,535	0,291	0,379	0,267	0,423
SMEM C	0,304	0,457	0,302	0,707	0,529	0,535	0,291	0,474	0,267	0,370
SMEM D	0,268	0,490	0,603	0,354	0,476	0,267	0,389	0,474	0,535	0,476
SMEM E	0,536	0,457	0,302	0,354	0,423	0,535	0,583	0,474	0,535	0,423

Fonte: o Autor

Ao utilizar-se a Equação (17) para o cálculo da norma, a Matriz de Decisão Normalizada completa (2N) fica conforme a Tabela 18, que se segue.

Tabela 18 - Matriz de Decisão Normalizada completa (2N)

	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1
SMEM A	1,000	0,000	0,000	0,000	0,333	0,000	1,000	0,500	1,000	1,000
SMEM B	0,826	0,250	1,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,333
SMEM C	0,130	0,625	0,000	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000	0,000	0,000
SMEM D	0,000	1,000	1,000	0,000	0,667	0,000	0,333	1,000	1,000	0,667
SMEM E	0,957	0,625	0,000	0,000	0,333	1,000	1,000	1,000	1,000	0,333

Fonte: o Autor

Com a matriz de decisão normalizada, para a próxima etapa (**Etapa 3**), deve-se resgatar os pesos obtidos pelo método AHP, conforme última linha da Tabela 19. Importante destacar que o somatório dos pesos deve corresponder a 1 ou 100%.

Etapa 3: Construção da Matriz de Decisão Normalizada e Ponderada

Tabela 19 - Matriz de Decisão Normalizada e Pesos oriundos do AHP

	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1
SMEM A	0,548	0,403	0,302	0,354	0,423	0,267	0,583	0,427	0,535	0,529
SMEM B	0,499	0,424	0,603	0,354	0,370	0,535	0,291	0,379	0,267	0,423
SMEM C	0,304	0,457	0,302	0,707	0,529	0,535	0,291	0,474	0,267	0,370
SMEM D	0,268	0,490	0,603	0,354	0,476	0,267	0,389	0,474	0,535	0,476
SMEM E	0,536	0,457	0,302	0,354	0,423	0,535	0,583	0,474	0,535	0,423
Pesos	30,69%	23,87%	5,12%	5,12%	10,63%	4,49%	1,69%	1,69%	4,49%	12,22%

Fonte: o Autor

A partir do peso de cada critério (w_{ij}), para a obtenção da matriz de decisão normalizada e ponderada, basta multiplicar esse peso (w_{ij}) por cada *rating* (r_{ij}), da

coluna a fim de se obter os elementos ($v_{ij} = w_{ij} \times r_{ij}$), da Matriz de Decisão Normalizada e Ponderada (Tabela 20).

Tabela 20 - Matriz de Decisão Normalizada e Ponderada

	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1
SMEM A	0,168	0,096	0,015	0,018	0,045	0,012	0,010	0,007	0,024	0,065
SMEM B	0,153	0,101	0,031	0,018	0,039	0,024	0,005	0,006	0,012	0,052
SMEM C	0,093	0,109	0,015	0,036	0,056	0,024	0,005	0,008	0,012	0,045
SMEM D	0,082	0,117	0,031	0,018	0,051	0,012	0,007	0,008	0,024	0,058
SMEM E	0,164	0,109	0,015	0,018	0,045	0,024	0,010	0,008	0,024	0,052

Fonte: o Autor

Com a aplicação desse procedimento, utilizando os mesmos pesos obtidos pelo método AHP, para a Matriz de Decisão Normalizada e Ponderada (2N), temos a Tabela 21:

Tabela 21 - Matriz de Decisão Normalizada (2N) e Ponderada

	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1
SMEM A	0,307	0,000	0,000	0,000	0,035	0,000	0,017	0,008	0,045	0,122
SMEM B	0,254	0,060	0,051	0,000	0,000	0,045	0,000	0,000	0,000	0,041
SMEM C	0,040	0,149	0,000	0,051	0,106	0,045	0,000	0,017	0,000	0,000
SMEM D	0,000	0,239	0,051	0,000	0,071	0,000	0,006	0,017	0,045	0,081
SMEM E	0,294	0,149	0,000	0,000	0,035	0,045	0,017	0,017	0,045	0,041

Fonte: o Autor

Na etapa subsequente, com a utilização das matrizes de decisão normalizada e ponderada é possível determinar a Solução Ideal Positiva (SIP) e a Solução Ideal Negativa (SIN).

Etapa 4: Determinação da SIP e da SIN

Por meio da Tabela 22, determina-se a SIP e a SIN em função do critério monotônico de custo ou benefício. Neste caso, todos os critérios monotônicos são de benefício, portanto a SIP representa o maior valor de cada critério, enquanto a SIN representa o menor valor.

Tabela 22 – Determinação da SIP e SIN

		C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1
	SMEM A	0,168	0,096	0,015	0,018	0,045	0,012	0,010	0,007	0,024	0,065
	SMEM B	0,153	0,101	0,031	0,018	0,039	0,024	0,005	0,006	0,012	0,052
	SMEM C	0,093	0,109	0,015	0,036	0,056	0,024	0,005	0,008	0,012	0,045
	SMEM D	0,082	0,117	0,031	0,018	0,051	0,012	0,007	0,008	0,024	0,058
	SMEM E	0,164	0,109	0,015	0,018	0,045	0,024	0,010	0,008	0,024	0,052
	Tipo	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
SIP	A+	0,168	0,117	0,031	0,036	0,056	0,024	0,010	0,008	0,024	0,065
SIN	A-	0,082	0,096	0,015	0,018	0,039	0,012	0,005	0,006	0,012	0,045

Fonte: o Autor

A determinação de SIP e SIN utilizando a Matriz de Decisão Normalizada (2N) e Ponderada, temos a Tabela 23:

Tabela 23 - Determinação da SIP e SIN para a Matriz de Decisão (2N)

		C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1
	SMEM A	0,307	0,000	0,000	0,000	0,035	0,000	0,017	0,008	0,045	0,122
	SMEM B	0,254	0,060	0,051	0,000	0,000	0,045	0,000	0,000	0,000	0,041
	SMEM C	0,040	0,149	0,000	0,051	0,106	0,045	0,000	0,017	0,000	0,000
	SMEM D	0,000	0,239	0,051	0,000	0,071	0,000	0,006	0,017	0,045	0,081
	SMEM E	0,294	0,149	0,000	0,000	0,035	0,045	0,017	0,017	0,045	0,041
	Tipo	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
SIP	A+	0,307	0,239	0,051	0,051	0,106	0,045	0,017	0,017	0,045	0,122
SIN	A-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Fonte: o Autor

A determinação da SIP e SIN é uma etapa predecessora da do cálculo das distâncias euclidianas (**Etapa 5**).

Etapa 5: Cálculo das Distâncias

As distâncias euclidianas são calculadas conforme as Equações (12) e (13). Deve-se extrair a raiz quadrada do somatório dos quadrados da diferença de cada *rating* v_{ij} pelo valor de PIS e NIS correspondente de cada linha. Assim, conforme Tabela 24, tem-se calculadas as distâncias euclidianas d_i^+ e d_i^- das respectivas Soluções Ideais.

Tabela 24 – Cálculo das distâncias

		C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1	d_i^+	d_i^-
	SMEM A	0,168	0,096	0,015	0,018	0,045	0,012	0,010	0,007	0,024	0,065	0,036	0,089
	SMEM B	0,153	0,101	0,031	0,018	0,039	0,024	0,005	0,006	0,012	0,052	0,038	0,074
	SMEM C	0,093	0,109	0,015	0,036	0,056	0,024	0,005	0,008	0,012	0,045	0,080	0,032
	SMEM D	0,082	0,117	0,031	0,018	0,051	0,012	0,007	0,008	0,024	0,058	0,089	0,033
	SMEM E	0,164	0,109	0,015	0,018	0,045	0,024	0,010	0,008	0,024	0,052	0,031	0,085
	Tipo	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX		
SIP	A+	0,168	0,117	0,031	0,036	0,056	0,024	0,010	0,008	0,024	0,065		
SIN	A-	0,082	0,096	0,015	0,018	0,039	0,012	0,005	0,006	0,012	0,045		

Fonte: o Autor

O cálculo das distâncias utilizando a segunda normalização é demonstrado na Tabela 25 que se segue.

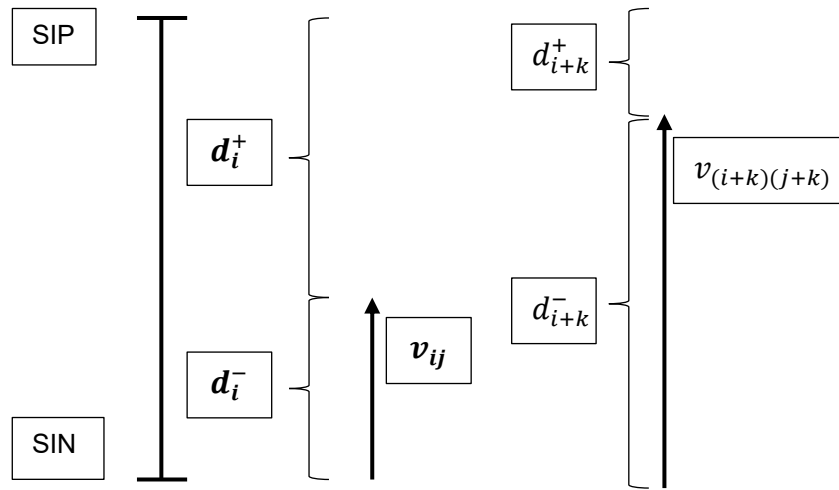
Tabela 25 - Cálculo das distâncias (2N)

		C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1	d_i^+	d_i^-
	SMEM A	0,307	0,000	0,000	0,000	0,035	0,000	0,017	0,008	0,045	0,122	0,263	0,336
	SMEM B	0,254	0,060	0,051	0,000	0,000	0,045	0,000	0,000	0,000	0,041	0,241	0,272
	SMEM C	0,040	0,149	0,000	0,051	0,106	0,045	0,000	0,017	0,000	0,000	0,315	0,200
	SMEM D	0,000	0,239	0,051	0,000	0,071	0,000	0,006	0,017	0,045	0,081	0,319	0,271
	SMEM E	0,294	0,149	0,000	0,000	0,035	0,045	0,017	0,017	0,045	0,041	0,158	0,341
	Tipo	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX		
SIP	A+	0,307	0,239	0,051	0,051	0,106	0,045	0,017	0,017	0,045	0,122		
SIN	A-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		

Fonte: o Autor

A fim de ilustrar os valores das distâncias euclidianas d_i^+ e d_i^- , a Figura 29 contribui com um exemplo comparativo para o caso unidimensional.

Figura 29 - Ilustração das distâncias euclidianas no caso unidimensional



Fonte: o Autor

Com efeito, por meio da Figura 29, é possível verificar a norma de dois vetores $v_{(i+k)(j+k)}$ e v_{ij} , com i, j e $k \in \mathbb{Z}^+$. É possível identificar que a distância euclidiana d_i^+ é maior que a d_{i+k}^+ e, similarmente, d_i^- é menor do que d_{i+k}^- . Com isso, é possível afirmar que $v_{(i+k)(j+k)}$ é a opção mais próxima da Solução Ideal Positiva (SIP).

Etapa 6: Cálculo da Proximidade Relativa

Nos casos multidimensionais (A similaridade é dada pela fórmula $\xi_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$ e $0 < \xi_i < 1$. Logo quanto mais próximo da unidade for o valor de ξ_i , mais próxima a alternativa se encontra da PIS (Tabela 26).

Tabela 26 – Cálculo da Proximidade Relativa

		C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1	di+	di-	Csi
	SMEM A	0,168	0,096	0,015	0,018	0,045	0,012	0,010	0,007	0,024	0,065	0,036	0,089	0,715
	SMEM B	0,153	0,101	0,031	0,018	0,039	0,024	0,005	0,006	0,012	0,052	0,038	0,074	0,663
	SMEM C	0,093	0,109	0,015	0,036	0,056	0,024	0,005	0,008	0,012	0,045	0,080	0,032	0,288
	SMEM D	0,082	0,117	0,031	0,018	0,051	0,012	0,007	0,008	0,024	0,058	0,089	0,033	0,272
	SMEM E	0,164	0,109	0,015	0,018	0,045	0,024	0,010	0,008	0,024	0,052	0,031	0,085	0,737
	Tipo	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX			
SIP	A+	0,168	0,117	0,031	0,036	0,056	0,024	0,010	0,008	0,024	0,065			
SIN	A-	0,082	0,096	0,015	0,018	0,039	0,012	0,005	0,006	0,012	0,045			

Fonte: o Autor

Para a segunda normalização, o cálculo da proximidade relativa fica conforme Tabela 27, disponibilizada a seguir:

Tabela 27 - Cálculo da Proximidade Relativa (2N)

		C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1	di+	di-	CSI
	SMEM A	0,307	0,000	0,000	0,000	0,035	0,000	0,017	0,008	0,045	0,122	0,263	0,336	0,561
	SMEM B	0,254	0,060	0,051	0,000	0,000	0,045	0,000	0,000	0,000	0,041	0,241	0,272	0,531
	SMEM C	0,040	0,149	0,000	0,051	0,106	0,045	0,000	0,017	0,000	0,000	0,315	0,200	0,389
	SMEM D	0,000	0,239	0,051	0,000	0,071	0,000	0,006	0,017	0,045	0,081	0,319	0,271	0,459
	SMEM E	0,294	0,149	0,000	0,000	0,035	0,045	0,017	0,017	0,045	0,041	0,158	0,341	0,683
	Tipo	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX			
SIP	A+	0,307	0,239	0,051	0,051	0,106	0,045	0,017	0,017	0,045	0,122			
SIN	A-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			

Fonte: o Autor

Com os valores calculados para ξ_i , é possível proceder com a ordenação das preferências (**Etapa 7**).

Etapa 7: Ordenação das Preferências

O valor mais elevado de ξ_i é a primeira ordem, e assim sucessivamente. Com isso, obtém-se um ordenamento das propostas à luz dos requisitos (Tabela 28).

Tabela 28 - Ordenação das Preferências

		C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1	di+	di-	Csi	Ordem
	SMEM A	0,168	0,096	0,015	0,018	0,045	0,012	0,010	0,007	0,024	0,065	0,036	0,089	0,715	2
	SMEM B	0,153	0,101	0,031	0,018	0,039	0,024	0,005	0,006	0,012	0,052	0,038	0,074	0,663	3
	SMEM C	0,093	0,109	0,015	0,036	0,056	0,024	0,005	0,008	0,012	0,045	0,080	0,032	0,288	4
	SMEM D	0,082	0,117	0,031	0,018	0,051	0,012	0,007	0,008	0,024	0,058	0,089	0,033	0,272	5
	SMEM E	0,164	0,109	0,015	0,018	0,045	0,024	0,010	0,008	0,024	0,052	0,031	0,085	0,737	1
	Tipo	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX				
SIP	A+	0,168	0,117	0,031	0,036	0,056	0,024	0,010	0,008	0,024	0,065				
SIN	A-	0,082	0,096	0,015	0,018	0,039	0,012	0,005	0,006	0,012	0,045				

Fonte: o Autor

A ordenação das preferências considerando a segunda opção de normalização pode ser visualizada na Tabela 29

Tabela 29 – Ordenação das Preferências (2N)

		C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C3.1	di+	di-	CSI	Ordem
	SMEM A	0,307	0,000	0,000	0,000	0,035	0,000	0,017	0,008	0,045	0,122	0,263	0,336	0,561	2
	SMEM B	0,254	0,060	0,051	0,000	0,000	0,045	0,000	0,000	0,000	0,041	0,241	0,272	0,531	3
	SMEM C	0,040	0,149	0,000	0,051	0,106	0,045	0,000	0,017	0,000	0,000	0,315	0,200	0,389	5
	SMEM D	0,000	0,239	0,051	0,000	0,071	0,000	0,006	0,017	0,045	0,081	0,319	0,271	0,459	4
	SMEM E	0,294	0,149	0,000	0,000	0,035	0,045	0,017	0,017	0,045	0,041	0,158	0,341	0,683	1
	Tipo	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX				
SIP	A+	0,307	0,239	0,051	0,051	0,106	0,045	0,017	0,017	0,045	0,122				
SIN	A-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				

Fonte: o Autor

A ilustra o ordenamento das melhores opções da viatura blindada para o Exército, como resultado do método desta pesquisa (Tabela 30).

Tabela 30 - Ordenação das preferências para duas normalizações

Primeira Normalização			Segunda Normalização		
SMEM	Classificação	CSI	SMEM	Classificação	CSI
E	1º	0,737	E	1º	0,683
A	2º	0,715	A	2º	0,561
B	3º	0,663	B	3º	0,531
C	4º	0,288	D	4º	0,459
D	5º	0,272	C	5º	0,389

Fonte: o Autor

Pela interpretação da Tabela 30, é possível perceber uma alteração na ordenação obtida com Equação (7), que é a normalização padrão do método TOPSIS. Ao utilizar-se a segunda normalização (Equação (17)), o SMEM D saiu da 5ª posição e passou a ocupar a 4ª posição, enquanto que o SMEM C deixou de ocupar a 4ª posição para assumir a 5ª posição, para os demais SMEM a ordenação manteve-se inalterada.

Pela aplicação do AHP-TOPSIS-2N, nota-se a existência de dois *Clusters* de pontuações (CSI):

Cluster 1: contempla as alternativas com pontuações (CSI) entre 0,663 e 0,737 na primeira normalização e entre 0,531 e 0,683 na segunda normalização

(Equação (17)). Ressalta-se que os SMEM E, A e B, respectivamente, obtiveram as melhores pontuações, podendo ser considerados as melhores alternativas de Sistemas a serem adquiridos pelo Exército Brasileiro à luz dos requisitos previamente estabelecidos.

Cluster 2: compreende as alternativas com pontuações entre 0,272 e 0,288 na primeira normalização e entre 0,389 e 0,459 na segunda normalização. Compreende a pontuação dos SMEM C e D.

Pela análise dos resultados obtidos, os SMEM E, A e B, apresentaram as melhores classificações nos dois processos de normalização, haja vista possuírem os melhores desempenhos nos critérios com maiores pesos conferidos pelos decisores (**Características veiculares e Conforto e Proteção da Tripulação**).

Interessante destacar que o SMEM E, líder da classificação em ambos os processos de normalização, obteve as melhores pontuações nos critérios com os maiores pesos 30,69% e 23,87%, respectivamente, **Características veiculares e Conforto e Proteção da Tripulação**.

O SMEM D apresentou a menor nota no critério C1.1, cujo peso foi de 30,69%. O SMEM E, por sua vez, apesar da segunda maior nota nesse mesmo critério (C1.1), obteve a menor nota em outros dois critérios (C1.3 e C1.4) e pontuações baixas em outros critérios, situação que certamente, de forma compensatória, o classificou nas últimas posições. Assim, visualmente contata-se que o AHP-TOPSIS-2N é um método compensatório, ou seja, a classificação final sofre influência da pontuação e do peso obtidos em cada um dos critérios.

4.3 Avaliação da solução

A avaliação do método foi realizada por meio de um questionário com 15 (quinze) perguntas aos especialistas da Chefia de Material (C Mat), de acordo com modelo disponível no Questionário de pesquisa.

Além das perguntas acerca de critérios que permitiram a avaliação dos métodos e do modelo utilizado no artefato, para fins de identificação do perfil, foi perguntado qual a qualificação (arma, quadro ou serviço) a qual o profissional pertence, e o tempo de serviço que atuou em área logística ou tecnológica do Exército.

Dos respondentes, 30% (trinta por cento) possui no mínimo 2 (dois anos) de expertise com aquisições militares, que corresponde ao universo dos oficiais intermediários (capitães). Os 70% (setenta por cento) restantes possuem mais de 14

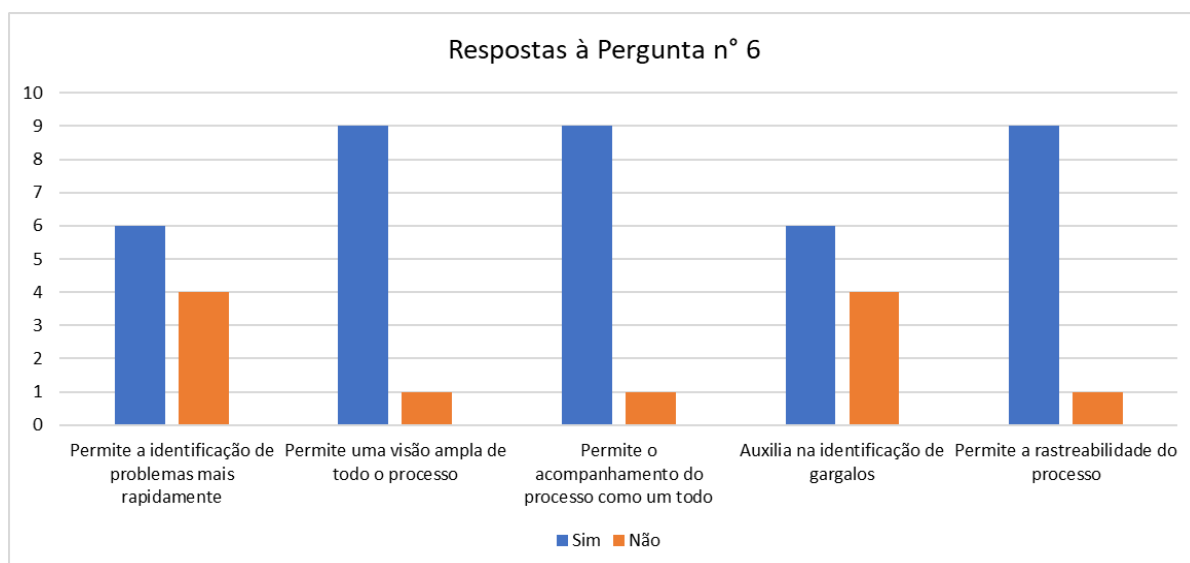
(quatorze anos) nessas áreas de atuação do Exército, com destaque para um dos especialistas com 34 (trinta e quatro) anos de experiência. Esse universo é composto por oficiais superiores (majores, tenentes-coronéis e coronéis).

Dos respondentes, 60% atuam na Classe V – Armamento, responsável pela Gestão do Ciclo de Vida de sistemas de armas, sistemas óticos, optrônicos e de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear. Os 40% restantes atuam na Classe IX – Blindados, responsável pela Gestão do Ciclo de Vida de viaturas blindadas.

Um questionamento norteador dessa pesquisa acadêmica foi avaliado positivamente por unanimidade com grau de importância extremo. Foi perguntado sobre a necessidade de se conferir especial atenção, desde as primeiras ações para a aquisição de um SMEM, às especificações técnicas, operacionais, logísticas e industriais, além dos meios necessários à sustentação do objeto ao longo do Ciclo de Vida. Essa pergunta valida o seguinte pensamento: não basta adquirir o SMEM, o mesmo precisa funcionar bem ao longo da sua vida útil prevista.

No tocante aos critérios de avaliação do modelo utilizado no artefato (método) proposto neste trabalho (Pergunta nº6), foi possível perceber que a maioria dos respondentes entenderam que o modelo contribui de forma eficiente à identificação de problemas, permite o acompanhamento e visualização, auxilia a identificação de gargalos e confere rastreabilidade ao processo (Gráfico 1).

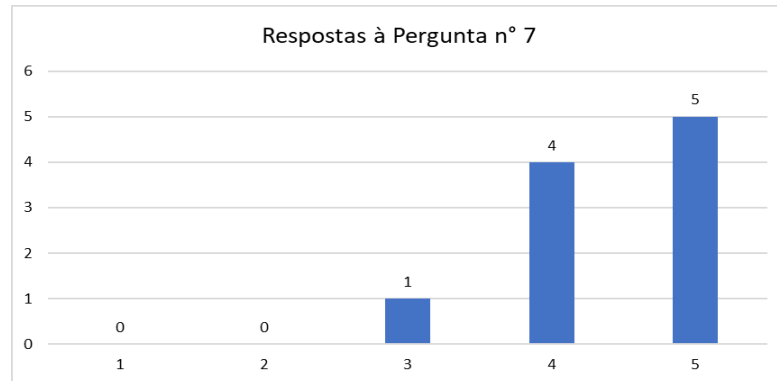
Gráfico 1 - Tratamento estatístico às respostas da Pergunta nº 6



Fonte: o Autor

Quando perguntado sobre a utilização de uma ferramenta para substituir dados de uma linguagem natural para uma linguagem estruturada, legível por máquina, aos moldes como ocorre com a Nota Fiscal Eletrônica, todos os respondentes concordaram em maior ou menor grau tratar-se de relevância à funcionalidade do artefato (Gráfico 2).

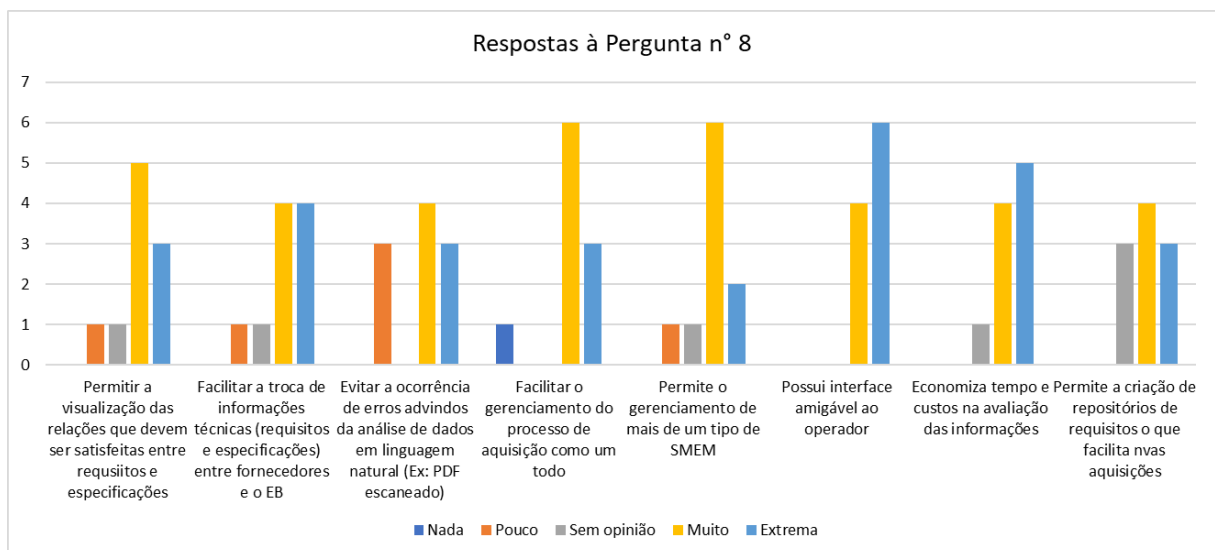
Gráfico 2 - Tratamento estatístico às respostas da Pergunta nº 7



Fonte: o Autor

No tocante à possibilidade de se gerenciar requisitos e especificações técnicas em uma única tela de um software, a maioria dos respondentes concordou “muito” ou “extremamente” relevante à funcionalidade do artefato. Isso corrobora o uso de ferramentas de gerenciamento de requisitos para otimizar a gestão desses dados.

Gráfico 3 - Tratamento estatístico às respostas da Pergunta nº 8

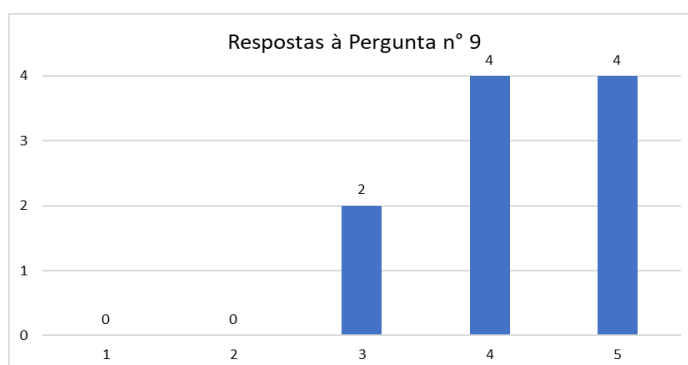


Fonte: o Autor

Também foi direcionada a seguinte pergunta aos especialistas: Quanto a estrutura do modelo-V (conforme figura) utilizado no software que gerencia requisitos, ele é satisfatório para as suas necessidades?

A maioria entendeu que o modelo-V proposto para arquitetar o gerenciamento dos requisitos e especificações atende às necessidades e cumpre com a funcionalidade do artefato (método).

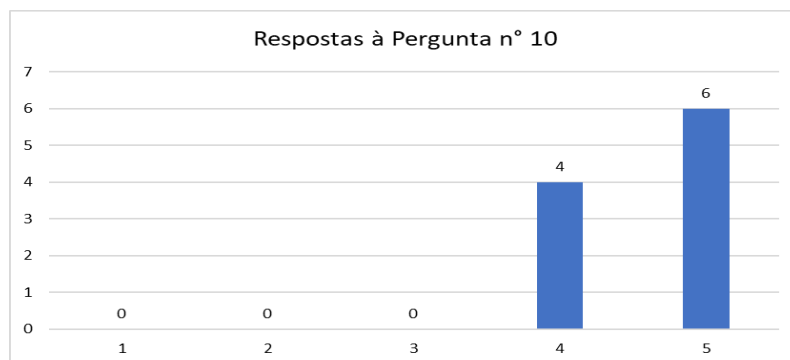
Gráfico 4 - Tratamento estatístico às respostas da Pergunta n° 9



Fonte: o Autor

Acerca dos Métodos de Apoio à Decisão Multicritério (MADMC), foi perguntado, se na opinião do respondente, o ranking (ou ordenamento das preferências) obtido contribui para a execução de uma licitação técnica e preço. Os respondentes indicaram que sim na intensidade “muito” ou “extremamente” da escala *likert* (Gráfico 5). Isso corrobora um dos propósitos do artefato (método) que é subsidiar com elementos, necessários e suficientes, a execução de uma licitação que não apenas considere o menor preço, mas sim outros critérios de grande importância à Gestão do Ciclo de Vida de SMEM.

Gráfico 5 - Tratamento estatístico às respostas da Pergunta n° 10



Fonte: o Autor

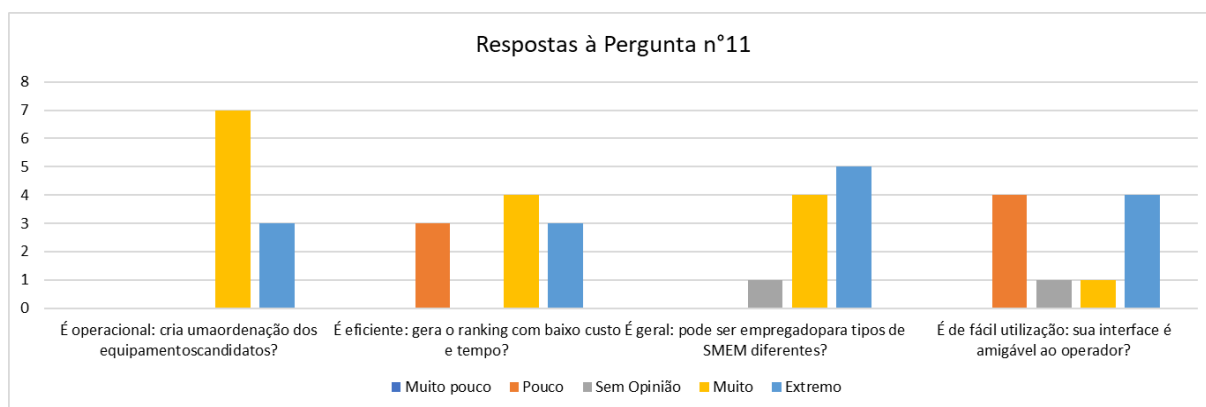
Acerca dos critérios de avaliação do método multicritério, as respostas aos critérios operacional e geral foram satisfatórias, ou seja, atingiram as intensidades “muito” e “extremo” na escala *likert*. Com relação ao critério “eficiência”, 30% entendeu pouco eficiente, enquanto os outros 70% entenderam muito ou extremamente eficiente.

A dinamização das planilhas do *MS Excel* pode contribuir para o aumento da eficiência nesta fase dos cálculos matemáticos dos métodos AHP e TOPSIS.

No que tange à facilidade de uso para o usuário, ou do inglês *user friendly*, 40% dos respondentes entendeu que o método é pouco amigável. Dos demais respondentes, 50% entendeu “muito” ou “extremamente” amigável e 10% não expressou opinião.

Para baixar essa taxa de classificação “pouco amigável”, a proposta de se conduzir um treinamento aos operadores é uma possível solução. A depender do longo prazo que o profissional atua em determinada competência do processo de aquisição, determinadas rotinas são criadas, o que pode corresponder a um limitador da visão do processo como um todo. Portanto, ao sair dessa “situação de conforto”, por intermédio de um treinamento ou capacitação, o profissional torna-se apto a aplicar o método.

Gráfico 6 - Tratamento estatístico às respostas da Pergunta nº 11



Fonte: o Autor

A respeito das perguntas abertas, foram realizados os questionamentos de números 12 e 13 e obtidas as respostas na sequência:

Pergunta n° 12: Sobre os dados obtidos com o uso do Fluxograma do Processo de Aquisição, eles são úteis e suficientes? Falta algum tipo de dado? Se sim, quais seriam e de que forma seriam utilizados?

R1: Sim, são úteis. Verificar se o Material já foi testado e aprovado por outros países.

R2: São úteis, na minha opinião devem ser considerados os Requisitos Técnicos também.

R3: Acredito que faltam aspectos ligados a parte comercial (não somente o preço, mas também as condições) e também a parte de propostas de Acordo de Compensação (offset).

R4: São suficientes. Talvez a análise das diligências técnicas, em que é verificado *in-loco* o material durante o processo de aquisição.

R5: Falta RO, falta fase de flexibilizar os Requisitos Operacionais (RO), falta fase de validação desses requisitos.

Pergunta n° 13: Na sua opinião, o que pode ser melhorado ou adicionado no Fluxograma (Modelo de Processo) e métodos utilizados?

R1: Primeiro eu preciso saber o que desejo (Requisitos) depois abrir para cotação. Após isto acho que poderia ser pensada uma nova rodada para aumentar ou diminuir os requisitos, de acordo com a necessidade inicial (aprimoramento do requisito)

R2: Análise dos Requisitos Técnicos.

R3: Inserir a possibilidade dos aspectos mencionados na resposta anterior como fator de análise multicritério.

R4: Sem sugestões.

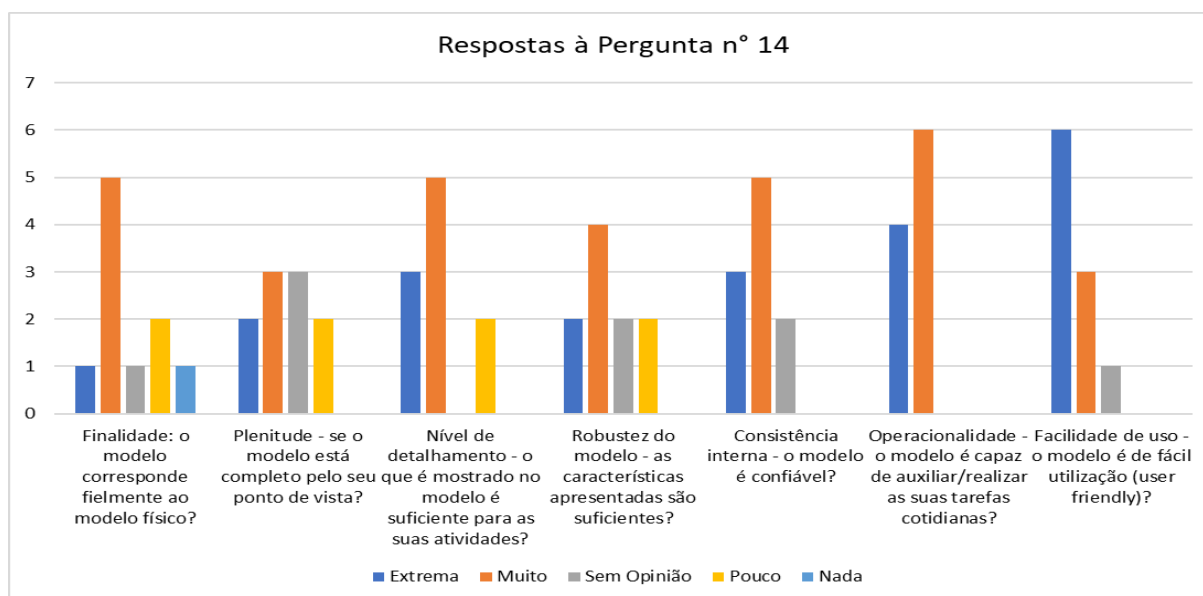
R5: As informações acima.

Isto posto, as respostas às questões abertas contribuem para a otimização do método na medida em que expressa importantes percepções de especialistas que atuam *in loco* no processo de aquisição da C Mat. De fato, uma maneira de aumentar a confiança no sistema ou material é a confirmação de que esse objeto foi testado e aprovado em outros países, em especial, por seus exércitos. Se o Exército do país A adquire o sistema ou material de sua indústria de defesa, certamente esse fato gera confiabilidade. Acerca da possibilidade de utilização de critérios comerciais, o método permite, bastando que seja expresso em forma de critério ou subcritérios. Assim,

entende-se que o método pode transcender a análise técnica pura, contemplando a análise comercial também. No tocante à verificação *in loco*, por meio de diligências técnicas, independentemente da aplicação do método, é um tópico que pode ser tratado no corpo do contrato. O critério analisa documentação, entretanto, a depender da importância de determinado requisito, testes podem ser solicitados e a consequente aprovação para a próxima etapa pode ser estabelecida após o cumprimento satisfatório dessa verificação. Essa situação é comum na ocasião da aquisição de Sistemas Complexos, especialmente quanto aos requisitos relacionados à integração com outros sistemas do Exército.

Acerca dos critérios para avaliação do modelo de processo utilizado no artefato (método), verifica-se que quanto à finalidade, 60% dos respondentes consideram que o modelo corresponde fielmente ao modelo físico. Para o critério plenitude, 50% dos respondentes consideram o modelo completo. No tocante ao nível de detalhamento, 80% acredita que aquilo que foi detalhado é suficiente para a execução das atividades. Dos respondentes, 60% consideram o modelo robusto com características suficientes. No tocante aos critérios de consistência, operacionalidade e facilidade de uso, pelo menos 80% dos respondentes considera muito ou extremamente positivo na escala *likert*.

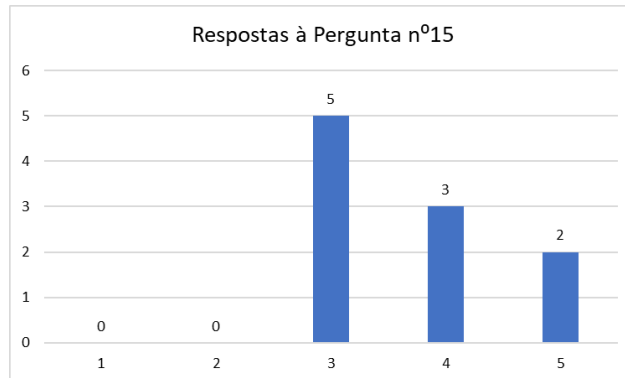
Gráfico 7 - Tratamento estatístico às respostas da Pergunta nº 14



Fonte: o Autor

Por fim, foi realizada a seguinte pergunta: Qual a probabilidade do Sr(a) recomendar o modelo a outra Organização Militar do Exército?

Gráfico 8 - Tratamento estatístico às respostas da Pergunta nº 15



Fonte: o Autor

Como resposta, possível perceber que (50%) dos respondentes recomenda “muito” ou “extremamente”, enquanto que os outros 50%, considera essa possibilidade, embora em um grau menor de intensidade. Uma possível explicação é o fato da necessidade de se adaptar o método para o formato de aquisição e seus objetos.

4.4 Discussão

Esta Seção tem por objetivo apresentar as discussões decorrentes da apresentação dos resultados e da avaliação do método e modelo utilizado na representação do método. São discutidas vantagens, bem como eventuais barreiras e limitações ao uso do método.

4.4.1 Vantagens

Foram identificadas como vantagens:

- i. Indicado para a tomada de decisão que leva em conta aspectos subjetivos, cujas medidas são mais complexas, por serem de caráter pessoal e de difícil externalização da escolha das prioridades entre os critérios que diminuem ou aumentam monotonicamente.
- ii. Aplicável a casos com muitas alternativas, haja vista a não existência de limitação nesse campo.

- iii. Fácil implementação na organização, haja vista o uso de ferramentas de gerenciamento de requisitos e de planilhas *open-source* disponíveis;
- iv. O método contribui para a futura implementação de uma licitação do tipo técnica e preço. Assim busca-se a aquisição dos melhores Sistemas ou Materiais, à luz dos requisitos do Exército, em prol de uma Gestão do Ciclo de Vida otimizada.
- v. Método aplicável a qualquer objeto comercial que possa ser descrito na forma de requisitos, em atendimento às necessidades do cliente, e que passível de verificação por meio de testes.
- vi. Método preciso e imparcial para auxílio ao processo licitatório, haja vista os resultados obtidos a partir de modelos matemáticos.
- vii. Promoção da eficiência na gestão da coisa pública, com melhor direcionamento dos recursos públicos

4.4.2 Barreiras

Foram identificadas como barreiras à aplicação do método:

- i. Aplicável a objetos que possam ser definidos na forma de requisitos e que correspondam a itens comerciais de prateleira, portanto, não aplicável a objetos em desenvolvimento;
- ii. Necessidade de treinamento para operação do método. É necessário conhecer as ferramentas e métodos utilizados no artefato, e possuir expertise no processo de aquisição;
- iii. Não aplicável a critérios que difusos;

4.4.3 Limitações

Foram identificadas como limitações para a aplicação do método:

- i. Emprega apenas critérios quantitativos, com limitação para 15 (quinze) critérios a fim de possibilitar a consistência do método. Cabe destacar que a tolerância de inconsistência não é uma limitação, mas sim um retrato da situação real.
- ii. O julgamento subjetivo dos decisores é determinante para o estabelecimento dos pesos dos critérios pelo uso do método AHP.

Alterando-se o universo dos decisores, é possível que a alteração dos pesos interfira no ordenamento das preferências;

- iii. Para aplicação do método híbrido AHP-TOPSIS-2N foram adotados critérios monotônicos, isto é, que sempre aumentam de valor à medida em que são considerados conjuntos de características maiores. Dois tipos, de custo e benefício, são comumente utilizados no método TOPSIS. Contudo, não foram utilizados critérios monotônicos de custo nesta prova de conceito. Caso fosse utilizado um critério de custo, por exemplo “custo do ciclo de vida”, a SIP receberia o menor valor, enquanto a SIN o maior valor. Pois, em termos de custo, quanto menor, melhor.
- iv. A clusterização, ou agrupamento de dados que possuem alta similaridade, ocorreu a partir de uma classificação não supervisionada de padrões (observações). Foi adotada para conferir viabilidade à aplicação do método AHP, especialmente quando o número de critérios ultrapassa o quantitativo de 9 (nove) (Saaty, 2003) . A comparação par a par de critérios em número superior a nove possui alta probabilidade de resultar em inconsistência dos julgamentos, o que vai de encontro ao recomendado por Saaty mensurado na Equação (3), na aplicação do método AHP.
- v. As decisões ocorrem em função das informações de boa-fé declaradas pelos fornecedores e da documentação apresentada como prova de verificação. Caso seja descoberto, futuramente, algum tipo de fraude nesses dados fornecidos ao Exército, a empresa deverá arcar com todos os prejuízos causados à administração. Essa situação não pode ser barrada durante a aplicação do método, haja vista a coleta e análise de dados ocorrer por declaração dos fornecedores. Caso um determinado critério seja imprescindível de avaliação prévia, o processo de aquisição pode ser modificado a fim de adicionar um teste específico aos equipamentos pré-selecionados, e só após a aprovação neste teste, o processo tem continuidade.
- vi. Ressalta-se que futuramente é possível acrescentar novos critérios de comparação, salvaguardando aqueles dados sigilosos.

- vii. A nova lei de licitações e contratos deve guiar todo o processo a fim de garantir a supremacia do interesse público.

5 CONCLUSÕES

Foi possível concluir por meio do presente trabalho de pesquisa que ainda que conduzida uma análise bibliométrica da literatura acerca do tema: Avaliação e Seleção de SMEM para o setor da Defesa, não foi possível identificar estudos que demonstrassem um método para o ranqueamento de preferências que fosse eficaz, com visão clara e objetiva, para contribuir com a fase de análise das propostas num contexto de um processo licitatório para aquisição de sistema ou material de Defesa.

Neste Capítulo conclusivo, é possível responder objetivamente àquelas questões de pesquisa identificadas no Capítulo introdutório deste trabalho.

Com efeito, a Questão de Pesquisa número um (**QP1**): Como a solução pode ser representada? A resposta para essa pergunta é a modelagem do método (artefato) por meio da notação BPMN, mais utilizada no ambiente de negócios e também comum à organização Exército Brasileiro. Sobre a Questão de Pesquisa dois (**QP2**): De que forma é possível mitigar a troca de dados em linguagem natural? A utilização do método ReqlF para troca de dados responde a essa pergunta, haja vista que o método, aberto e não proprietário, atua como um facilitador na medida em que garante a integridade dos dados, permite a consolidação de repositório de requisitos e de especificações, situação que confere agilidade nas próximas aquisições tanto para a organização quanto para os fornecedores e, além disso, reduz a ocorrência de erros humanos decorrentes da análise de dados em linguagem natural, como arquivos em .PDF escaneados. A Questão de Pesquisa número três (**QP3**): De que maneira é possível obter uma ordenação de preferências em cenário multicritério? A prova de conceito, utilizada neste trabalho, evidenciou de maneira clara e objetiva como foi possível obter a ordenação, ou ranqueamento de preferências, por intermédio do método híbrido AHP-TOPSIS-2N, para critérios monotônicos. Finalmente, a Questão de número quatro (**QP4**): Como pode ser avaliada a solução? A solução foi avaliada por meio de questionário aos especialistas, empregando-se perguntas abertas e fechadas. Assim, a organização tem condições de visualizar quais os melhores equipamentos à luz dos requisitos impostos ao objeto da licitação.

Por meio dos resultados obtidos, afirma-se que os objetivos traçados foram alcançados na medida em que foi possível obter a ordenação de preferências entre potenciais objetos, com a determinação dos SMEM mais adequados a serem

adquiridos pelo EB em atendimento às suas necessidades operacionais, considerando-se os dois cenários de normalização.

A avaliação de duas modalidades de normalização propicia uma análise de sensibilidade mais rica e robusta, viabilizando a observação do comportamento das alternativas em ambos os cenários. Assim, confere-se maior transparência ao processo decisório desse problema complexo.

Isto posto, o AHP-TOPSIS-2N demonstrou sua eficiência na seleção dos melhores SMEM para o EB, pois estabeleceu os pesos ao considerar a opinião dos decisores especialistas, e conferiu robustez pela aplicação do modelo matemático ao analisar as opções mais próximas à Solução Ideal Positiva, e similarmente, mais distantes em relação à Solução Ideal Negativa.

Ademais, este estudo visa contribuir com as Forças Armadas e, a comunidade acadêmica, tendo em vista que aborda um problema real que foi solucionado com o emprego da metodologia apresentada. Assim, possibilita-se a ampliação de conhecimento e maior detalhamento acerca da versatilidade que as ferramentas apresentadas permitem.

Caso a organização opte, dentro da licitação, por um mecanismo que contemple não apenas o menor preço, mas também a técnica, essa ordenação certamente corresponderá a uma entrada nessa etapa futura. Cabe destacar que técnica e preço é o tipo de licitação onde a proposta mais vantajosa para a Administração tem por base a maior média ponderada, onde consideram-se as notas obtidas nas propostas de preço e técnica.

No tocante à originalidade, o presente trabalho inovou ao propor a utilização do método que integra o padrão ReqIF, com modelagem na notação BPMN e métodos de auxílio à decisão multicritério. Adotou-se um objeto como prova de conceito, cuja gestão é de responsabilidade da Chefia de Material, Organização Militar do Exército Brasileiro. Ao longo do desenvolvimento do método, que abarcou apresentações para integrantes da Chefia de Material, e propositura das perguntas por intermédio de questionário de pesquisa, os militares responsáveis envolvidos na área de aquisições de sistemas e materiais de emprego militar demonstraram bastante interesse, haja vista tratar-se de atividade corriqueira e desafiadora da organização. O interesse justificou-se pela necessidade da otimização de determinadas atividades do processo que o tornam árduo e de grande responsabilidade dos envolvidos, principalmente por envolver vultuosos montantes de recursos públicos e a necessidade de se identificar

o objeto que realmente seja o mais interessante em face dos requisitos do órgão. Determinados profissionais, por meio das questões abertas, disponibilizadas no questionário de pesquisa (**APÊNDICE A -**), contribuíram, nas suas esferas de competência, com pontos “chave” para aprimorar o método que estava em desenvolvimento. Suas ponderações foram consideradas antes da conclusão deste trabalho e, certamente, ajudaram a aprimorá-lo.

No que tange à questão da complexidade, o artefato apresentado é um método complexo que se desenvolve por meio de um agrupamento de informações obtidas de variadas fontes. O documento RTLI e as Especificações Técnicas dos equipamentos, ambos em linguagem natural são obtidos da organização e de seus fornecedores. Essas informações são tratadas para linguagem legível por máquina, com a utilização de ferramentas de gerenciamento de requisitos que podem ser diferentes, e posteriormente trocadas por meio de arquivos compatíveis com ReqIF. A análise da compatibilidade com os requisitos obrigatórios se dá na própria ferramenta de gerenciamento de requisitos, sendo possível excluir as propostas que não foram aderentes a esses requisitos inegociáveis. Numa segunda e última etapa, por intermédio de um editor de planilhas, emprega-se o método multicritério para o ranqueamento das preferências com base nos requisitos desejáveis.

A fim de diminuir essa complexidade, conforme apresentado na Seção 4.1.5, foi desenvolvida uma planilha dinâmica, a fim de tornar a interface com o usuário mais amigável. Para tanto basta o usuário preencher os ratings de cada critério que a planilha automaticamente retorna com o ordenamento das preferências. Nessa mesma linha de otimização, o software desenvolvido por Bozza et al. (2020), permite a utilização dos métodos AHP, TOPSIS e AHP-TOPSIS-2N e foi desenvolvido com as linguagens de programação CSS, HTML, JAVA SCRIPT, PHP.

Por fim, sobre a possibilidade da utilização do método em outros contextos, é possível afirmar que o seu emprego não é de exclusividade do campo da seleção e avaliação de sistemas e materiais para a Defesa, podendo, portanto, ser utilizado para qualquer objeto que possa ser descrito na forma de requisitos e submetido a testes de verificação da qualidade, com uma estrutura similar à apresentada no modelo V.

Sugere-se, portanto, a aplicação do método para auxílio à decisão de problemas complexos nas mais diversas áreas do conhecimento, tanto no setor público, como no privado.

5.1 Trabalhos futuros

Para os próximos passos nessa pesquisa, a fim de diminuir a complexidade relacionada a operacionalização das ferramentas utilizadas, quais sejam: gerenciador de requisitos e o editor de planilha eletrônica, faz-se necessário o desenvolvimento de um sistema informatizado para a total operacionalização da avaliação e seleção desses sistemas ou materiais. É interessante, inclusive, que o sistema possa rodar softwares para a análise multicritério dos métodos propostos, isso certamente substituirá o trabalho humano associado à elaboração das fórmulas empregadas na planilha eletrônica.

Outra possibilidade de avanço para essa linha de estudo é a utilização de outros métodos para ranqueamento e avaliar a necessidade de se utilizar métodos para problemática de classificação previamente aos de ranqueamento. Um exemplo é empregar um método de classificação, para separar dois grupos de fornecedores, um que contempla aqueles possuidores de certificação, que estão automaticamente habilitados, e outro grupo, com pendências nesse quesito. Dessa forma, aplica-se um método de ranqueamento apenas no grupo previamente classificado. Isso garante a ordenação dos fornecedores possuidores de certificação para o fornecimento de seus sistemas ou materiais.

REFERÊNCIAS

- ABIMDE. **Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Defesa e Segurança**. São Paulo, 13 dez 2021. Disponível em: <<https://abimde.org.br/pt-br/noticias/nota-de-esclarecimento/>>. Acesso em: 18 jun. 2023.
- ADEDJOUMA, M.; DUBOIS, H.; TERRIER, F. Requirements Exchange: From Specification Documents to Models. **Proceedings of the 16th IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems**, p. 350–354, 2011.
- ALFORD, L. D. The problem with aviation COTS. **IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine**, v. 16, n. 2, p. 33–37, 2001.
- ALONSO, J. A.; LAMATA, M. T. Consistency in the analytic hierarchy process: A new approach. **International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems**, v. 14, n. 4, p. 445–459, 2006.
- BAJZEK, M. et al. Model Based Systems Engineering Concepts. In: **Systems Engineering for Automotive Powertrain Development, Powertrain**. Graz, Austria: Springer Nature Switzerland AG, 2021. p. 1–40.
- BARBARA, S. **Gestão por Processos: Fundamentos, Técnicas e Modelos de Implementação: Foco no Sistema de Gestão da Qualidade com base na ISO 9000:2000**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.
- BASIR, K. et al. TAES-COTS: Thorough Approach for Evaluation & Selection of COTS Products. **2014 12th International Conference on Frontiers of Information Technology**, p. 91–96, dez. 2014.
- BEHZADIAN, M. et al. A State-of the-Art Survey of TOPSIS Applications. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 17, p. 13051–13069, 2012.
- BLANCHARD, B. S.; FABRYCKY, W. J. **Systems Engineering and Analysis**. 5th. ed. London: Pearson Prentice Hall, 2011.
- BONAT, D. **Metodologia da Pesquisa**. 3. ed. Curitiba, PR: IESDE Brasil S.A., 2009.
- BOZZA, G.; RUY, M.; SANTOS, M.; MOREIRA, M.; ROCHA J.; GOMES, C. . **Three Decision Methods (3DM) Software Web (v.1)**. 2020. Disponível em: <<https://www.3decisionmethods.com/3DM/index.html>>.
- BRASIL. EXÉRCITO BRASILEIRO. **Portaria Nr 197 - EME, de 1º setembro de 2015. Aprova o Manual Técnico EB 20-MT-11.001, Padrão de Modelagem de Processos do Exército Brasileiro – Nível Descritivo, 1ª Edição, 2015**. Disponível em: <http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/003_manuais_carater_doutrinario/04_manuais_tecnicos/port_n_197_eme_01set2015.html>. Acesso em: 7 dez. 2023.
- BRASIL. EXÉRCITO BRASILEIRO. **Portaria - C Ex Nr 1.885, de 5 de dezembro de 2022. Aprova as Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (EB10-IG-01.018)**. Brasília, DF, 2022a.
- BRASIL. EXÉRCITO BRASILEIRO. **Portaria - COTER/C Ex Nr 230, de 10 de novembro de 2022. Aprova o Manual de Campanha EX70-MC-10.238 Logística**

Militar Terrestre, 2ª Edição, 2022. Brasília, DF, 2022b. Disponível em: <www.cdoutex.eb.mil.br>

BRASIL. EXÉRCITO BRASILEIRO. **Missão do Comando Logístico (COLOG).** Disponível em: <<https://colog.eb.mil.br/index.php/missao>>. Acesso em: 7 ago. 2023a.

BRASIL. EXÉRCITO BRASILEIRO. **Caderno de Orientação aos Agentes de Aquisição Internacional.** Brasília, DF, 2023b.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. **Política de Logística de Defesa.** Brasília, DF, 2006. Disponível em: <<https://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/123456789/172>>. Acesso em: 8 dez. 2023

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. **Diretriz de Obtenção Conjunta de Produtos de Defesa (PRODE) e de Sistemas de Defesa (SD), Anexo A - Definições.** Disponível em: <<https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/legislaca>>. Acesso em: 30 jun. 2023.

BRASIL. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa.** Brasília, DF, 2020. Disponível em: <http://www.defesa.gov.br/arquivos/estado_e_defesa/END-PND_Optimized.pdf>. Acesso em: 8 dez. 2023

CAMILO, J. A. P.; GAVIÃO, L. O.; KOSTIN, S. Priorização de projetos do segmento espacial por processo de análise hierárquica. **Revista Brasileira de Estudos de Defesa**, v. 7, n. 1, 29 dez. 2020.

CAPELINI BORELLI, P.; DOS REIS PERON, A. E. Defesa e desenvolvimento no governo Lula uma convergência possível? **Revista da Escola de Guerra Naval**, v. 23, n. 2, p. 481–510, 2017.

CHAN, F. et al. Global Supplier Selection: A Fuzzy-AHP Approach. **International Journal of Production Research**, v. 46, p. 3825–3857, 15 jul. 2008.

CHAN, F.; KUMAR, N. Global Supplier Development Considering Risk Factors Using Fuzzy Extended AHP-Based Approach. **Omega**, v. 35, p. 417–431, 1 ago. 2007.

CHANG, J. F. **Business Process Management Systems: strategy and implementation.** 1st. ed. Boca Raton, Fla: Auerbach Publications, 2016.

CHE, Z. Using fuzzy Analytic Hierarchy Process and Particle Swarm Optimisation for Balanced and Defective Supply Chain Problems Considering WEEE/RoHS Directives. **International Journal of Production Research**, v. 48, p. 3355–3381, 1 jun. 2010.

CHIAVENATO, I. **Administração: Teoria, Processo e Prática 4ª edição - Ed. Campus.** 4. ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Câmpus, 2006.

CRUZ, M. M. S. **ANDERY, Maria Amália. et al. Para Compreender a Ciência: uma perspectiva histórica.** 16. ed. Rio de Janeiro, RJ: Garamond, 2012. v. 9

CRUZ, T. **BPM & BPMS. Business Process Management & Business Process Management Systems.** 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Brasport, 2008.

DAĞDEVIREN, M.; YAVUZ, S.; KILINÇ, N. Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. **Expert Systems with Applications**, v.

36, n. 4, p. 8143–8151, 2009.

DE SOUZA, L. P.; GOMES, C. F. S.; DE BARROS, A. P. Implementation of New Hybrid AHP–TOPSIS-2N Method in Sorting and Prioritizing of an it CAPEX Project Portfolio. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, v. 17, n. 04, p. 977–1005, 27 jul. 2018.

DORADOR, J. M.; YOUNG, R. I. M. Application of IDEF0, IDEF3 and UML Methodologies in the Creation of Information Models. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 13, n. 5, p. 430–445, 1 jan. 2000.

DOUMPOS, M.; ZOPOUNIDIS, C. **Multicriteria Decision Aid Classification Methods**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004.

DRESCH, A.; LACERDA, D.; ANTUNES, J. **Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. 1. ed. Brasília, DF: Bookman, 2015.

DUMAS, M. et al. **Fundamentals of Business Process Management**. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2018.

EMROUZNEJAD, A.; MARRA, M. The State of the Art Development of AHP (1979–2017): a literature review with a social network analysis. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 22, p. 6653–6675, 17 nov. 2017.

ENTRINGER, T. C.; DA SILVA FERREIRA, A.; DE OLIVEIRA NASCIMENTO, D. C. Comparative Analysis of the Main Business Process Modeling Methods: a bibliometric study. **Gestão e Produção**, v. 8, n. 2, 2021.

FONTENELLE, F.; BORSATO, M. A Morphological Approach to Reviewing the Literature on Evaluation and Selection of Commercial-Off-The- Shelf Equipment for Defense. **Product Management & Development**, v. 20, n. 2, p. e20230007, 2022.

FREMDLING FARIAS JÚNIOR, J. L.; GUTTOSKI LEMOS, A. C. Os Impactos Econômicos da Política Nacional de Defesa e da Estratégia Nacional de Defesa na Base Industrial de Defesa do Brasil. **Revista Agulhas Negras**, v. 5, n. 5 SE-Artigos Científicos, p. 83–98, 31 ago. 2021.

GALDINO, J. F.; SCHONS, D. L. Maquiavel e a importância do poder militar nacional. **Coleção Meira Mattos**, v. 16, n. 56, p. 353–368, 2022.

GANSLER, J. S. et al. Commercial Off The Shelf (COTS): Doing It Right. **University of Maryland**, v. 1, p. 22, 2008.

HALL, J.; NAFF, R. The cost of COTS. **IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine**, v. 16, n. 8, p. 20–24, 2001.

HEVNER, A.; CHATTERJEE, S. **Design Science Research in Information Systems**. Boston, MA: Springer US, 2010. v. 22

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8 Edição ed. New York, NY: McGrawHill, 2006.

HO, W.; MA, X. The State-of-the-Art Integrations and Applications of the Analytic

- Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, v. 267, n. 2, p. 399–414, 2018.
- HOBDAY, M. Product complexity, innovation and industrial organisation. **Research Policy**, v. 26, n. 6, p. 689–710, fev. 1998.
- HOBDAY, M. The Project-Based Organisation: an Ideal Form for Managing Complex Products and Systems? **Research Policy**, v. 29, n. 7–8, p. 871–893, ago. 2000.
- HODSON, R. F. et al. **Recommendations on Use of Commercial-Off-The-Shelf (COTS) Electrical, Electronic, and Electromechanical (EEE) Parts for NASA Missions**. Disponível em: <<https://ntrs.nasa.gov/citations/20205011579>>. Acesso em: 20 set. 2023.
- HWANG, C.-L.; YOON, K. **Multiple Attribute Decision Making**. Berlin, BE: Springer Berlin Heidelberg, 1981. v. 186
- HWANG, C. L.; LAI, Y. J.; LIU, T. Y. A New Approach for Multiple Objective Decision Making. **Computers and Operations Research**, v. 20, n. 8, p. 889–899, 1993.
- ISHIZAKA, A.; LABIB, A. Review of the Main Developments in the Analytic Hierarchy Process. **Expert Systems with Applications**, v. 38, p. 14336–14345, 1 maio 2011.
- ISHIZAKA, A.; NEMERY, P. **Multi-Criteria Decision Analysis**. 1. ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2013.
- JACOBSON, I.; BOOCH, G.; RUMBAUGH, J. **The Unified Software Development Process**. 1. ed. Boston, MA: Addison-Wesley Professional, 1999.
- JULIAN, C.; LUCY, T.; FARR, J. Commercial-Off-The-Shelf selection process. **EMJ - Engineering Management Journal**, v. 23, n. 2, p. 63–71, 2011.
- KHOSRAVI, J. et al. Application of multiple criteria decision making system compensatory (TOPSIS) in selecting of rice milling system. **World Applied Sciences Journal**, v. 13, p. 2306–2311, 1 jan. 2011.
- KÖKSALAN, M.; WALLENIS, J.; ZIONTS, S. An Early History of Multiple Criteria Decision Making. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 20, n. 1–2, p. 87–94, 2013.
- LABIB, A. A Supplier Selection Model: A Comparison of Fuzzy Logic and the Analytic Hierarchy Process. **International Journal of Production Research**, v. 49, p. 6287–6299, 1 nov. 2011.
- LOPES, DE; FRANÇA, J. Aplicação de Método Híbrido Multicritério AHP-TOPSIS na Avaliação de Criticidade Tecnológica: estudo de caso do Sistema Míssil Tático de Cruzeiro lançado pelo Sistema ASTROS 2020. **Agência de Gestão e Inovação Tecnológica**, p. 182–199, 1 dez. 2022.
- MAÊDA, S. M. DO N. et al. Aplicação do Método Híbrido AHP-TOPSIS-2N para Seleção de um Helicóptero de Ataque a ser adquirido pela Marinha do Brasil. **XVII Congresso Virtual de Administração**, 2020.
- MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information

technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251–266, 1995.

MARTINS, E. et al. Aquisição de uma Viatura Blindada Multitarefa Leve sobre Rodas (VBMT-LR) para o Exército Brasileiro por meio do Método Híbrido AHP-TOPSIS-2N. **Blucher Engineering Proceedings**, v. 7, p. 2987–3001, 2020.

MATHOPO, S.; MARNEWICK, A. Selection Process for Commercial-Off-The-Shelf Products used as Defence Equipment. **IEEE AFRICON 2017**, p. 682–687, 2017.

MENDLING, J. Event-Driven Process Chains (EPC). In: **Lecture Notes in Business Information Processing, vol 6**. Heidelberg, BW: Springer, Berlin, Heidelberg, 2008. p. 17–57.

MILLET, I. The Effectiveness of Alternative Preference Elicitation Methods in the Analytic Hierarchy Process. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 6, n. 1, p. 41–51, 1997.

NATO. NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. **Independent Cost Estimating and the Role of Life Cycle Cost Analysis in Managing the Defence Enterprise (TR-SAS-076)**. Disponível em: <[https://www.sto.nato.int/publications/STO Technical Reports/RTO-TR-SAS-076/STO-TR-SAS-076-ALL.pdf](https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Technical%20Reports/RTO-TR-SAS-076/STO-TR-SAS-076-ALL.pdf)>.

OLIVEIRA, L. G. DE. O desenvolvimento de projetos de sistemas complexos na indústria aeronáutica: o caso de gestão integrada aplicada ao programa Embraer 170. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 7, n. 1, p. 19–33, mar. 2009.

OLIVEIRA, S. B. DE;; ALMEIDA NETO, M. DE A. **Análise e Modelagem de Processos de Negócio: foco na notação BPMN-Business Process Modeling Notation**. 1. ed. São Paulo, SP: ATLAS, 2009.

OLSON, D. L. Comparison of Weights in TOPSIS Models. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 40, n. 7–8, p. 721–727, 2004.

OMG. **Requirements Interchange Format (ReqIF)**. Disponível em: <<http://www.omg.org/spec/ReqIF/1.1/PDF>>. Acesso em: 28 jun. 2023a.

OMG. **V-Model process, 2009**. Disponível em: <<https://www.reqview.com/>>. Acesso em: 28 jun. 2023b.

PEFFERS, K. et al. A design science research methodology for information systems research. **Journal of Management Information Systems**, v. 24, n. 3, p. 45–77, 2007.

RAUTENBERG, S.; CARMO, P. R. V. DO. Big Data e Ciência de Dados. **Brazilian Journal of Information Science: research trends**, v. 13, n. 1, p. 56–67, 2019.

ROSEMANN, M.; VOM BROCKE, J. The Six Core Elements of Business Process Management. In: **Handbook on Business Process Management 1**. 1. ed. Heidelberg, BW: Springer, Berlin, Heidelberg, 2015. p. 107–122.

SAATY, R. W. The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, v. 9, n. 3–5, p. 161–176, 1987.

SAATY, R. W. The Modern Science of Multicriteria Decision Making and its Practical Applications: the AHP/ANP approach. **Operations Research**, v. 61, n. 5, p. 1101–

1118, 2013.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234–281, 1977.

SAATY, T. L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p. 9–26, 1990.

SAATY, T. L. **Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process**. 2. ed. Pittsburgh, PA: RWS Publications, 2000. v. 6

SAATY, T. L. **Rank, Normalization and Idealization in the Analytic Hierarchy Process**. ago. 2003. Disponível em: <<http://www.isahp.org/uploads/p03.pdf>>

SÁNCHEZ-LOZANO, J. M.; GARCÍA-CASCALES, M. S.; LAMATA, M. T. GIS-based Onshore Wind Farm Site Selection Using Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Methods. Evaluating the case of Southeastern Spain. **Applied Energy**, v. 171, n. 2016, p. 86–102, 2016.

SILVA, M. V. M. DA. Política Externa, Segurança e Defesa nos Governos Lula e Cardoso. **Revista Debates**, v. 4, n. 2, p. 159, 28 dez. 2010.

SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. Cambridge, MA: The MIT Press, 2019.

SIMON, H. A.; LAIRD, J. E. **The Sciences of the Artificial, reissue of the third edition with a new introduction by John Laird**. Reissue ed. Cambridge, MA: The MIT Press, 2019.

SUN, X. et al. A Methodology for Constructing the Aircraft Design Schema. **Chinese Journal of Aeronautics**, v. 36, n. 8, p. 148–167, 2023.

TARAWNEH, F. et al. Evaluation and Selection COTS Software Process: the State of the Art. **International Journal of New Computer Architectures and their Applications (IJNCAA)**, v. 2, n. 2, p. 344–357, 1 jan. 2011.

THAKKAR, J. J. Technique for Order Preference and Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). **Multi-Criteria Decision Making**, p. 83–91, 2021.

TSAI, W. H.; HUNG, S.-J. J. A Fuzzy Goal Programming Approach for Green Supply Chain Optimisation under Activity-Based Costing and Performance Evaluation with a Value-Chain Structure. **International Journal of Production Research**, v. 47, n. 18, p. 4991–5017, 15 set. 2009.

VAHDANI, B.; ZANDIEH, M. Selecting Suppliers Using a New Fuzzy Multiple Criteria Decision Model: the fuzzy balancing and ranking method. **International Journal of Production Research**, v. 48, p. 5307–5326, 15 set. 2010.

VAISMAN, A. An Introduction to Business Process Modeling BT - Business Intelligence. **Second European Summer School, eBISS 2012, Brussels, Belgium, July 15-21, 2012, Tutorial Lectures**, p. 29–61, 2013.

VAN AKEN, J. E. Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The Quest for Field-Tested and Grounded Technological Rules. **Journal of Management Studies**, v. 41, n. 2, p. 219–246, 2004.

VERCELLIS, C. **Business Intelligence: Data Mining and Optimization for Decision Making**. 1. ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2009.

WESKE, M. **Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures**. 2. ed. Berlin, BE: Springer Berlin Heidelberg, 2012.

WIERINGA, R. **Design science as nested problem solving**. Engineering, Philosophy. **Anais...**International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology, 1 jan. 2009.

WIRTZ, B. **Business Model Management: Design - Process - Instruments**. 2. ed. New York, NY: Springer, 2020.

YI, J.; GUO, L. AHP-Based Network Security Situation Assessment for Industrial Internet of Things. **Electronics**, v. 12, n. 16, p. 3458, 15 ago. 2023.

APÊNDICE A - Questionário de pesquisa

Caro respondente,

O presente questionário tem por objetivo mensurar e explorar quais as dificuldades envolvidas no processo de aquisição internacional de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM) do Exército Brasileiro, em especial, a fase de análise técnica, em que a parte técnica das propostas candidatas são analisadas à luz dos requisitos previamente definidos para o material que a Força Terrestre deseja adquirir para seus usuários.

As respostas serão utilizadas na dissertação de mestrado do Capitão [Felipe Fontenelle](#), aluno de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais (PPGEM) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), sob a orientação do Prof. Dr. [Milton Borsato](#). Por meio da análise e do tratamento dos dados colhidos, o pesquisador almeja validar um modelo de processo para ser utilizado na avaliação e seleção de SMEM da Chefia de Material, do Comando Logístico, Exército Brasileiro. As respostas serão oportunas até a data de 18 de outubro de 2023.

Os resultados oriundos das perguntas qualitativas e quantitativas receberão tratamento estatístico e serão divulgados por e-mail por ocasião da defesa até o mês de fevereiro de 2024.

Em face do exposto, solicito encarecidamente que as respostas sejam espontâneas e sinceras. A identificação é solicitada apenas para controle da pesquisa. O sigilo das suas respostas será mantido.

1) Qual é a sua arma, quadro ou serviço?

Resposta:

2) Qual é o seu posto/graduação?

Resposta:

3) A quantos anos dedica-se à área logística ou tecnológica no Exército Brasileiro?

Resposta:

4) Qual a sua área de atuação?

<input type="checkbox"/>	Classe de Material V - Armamento
<input type="checkbox"/>	Classe de Material IX - Motomecanização
<input type="checkbox"/>	Classe de Material IX - Blindado
<input type="checkbox"/>	Outra

5) O Sr(a) concorda que, desde as primeiras ações para a aquisição de um SMEM, especial atenção deve ser dada às especificações técnicas, operacionais, logísticas e industriais, bem como os meios necessários à sustentação do equipamento ao longo do Ciclo de Vida.

	1	2	3	4	5	
Nada	()	()	()	()	()	Extremamente

6) Na opinião do Sr(a), a elaboração de fluxogramas dos processos (modelos de processo) para a aquisição de Sistemas Militares possui quais características?

	Sim	Não
Permite a identificação de problemas mais rapidamente	()	()
Permite uma visão mais ampla de todo o processo de aquisição	()	()
Permite o acompanhamento do processo como um todo	()	()
Auxilia na identificação de "gargalos"	()	()
Permite a rastreabilidade do processo	()	()

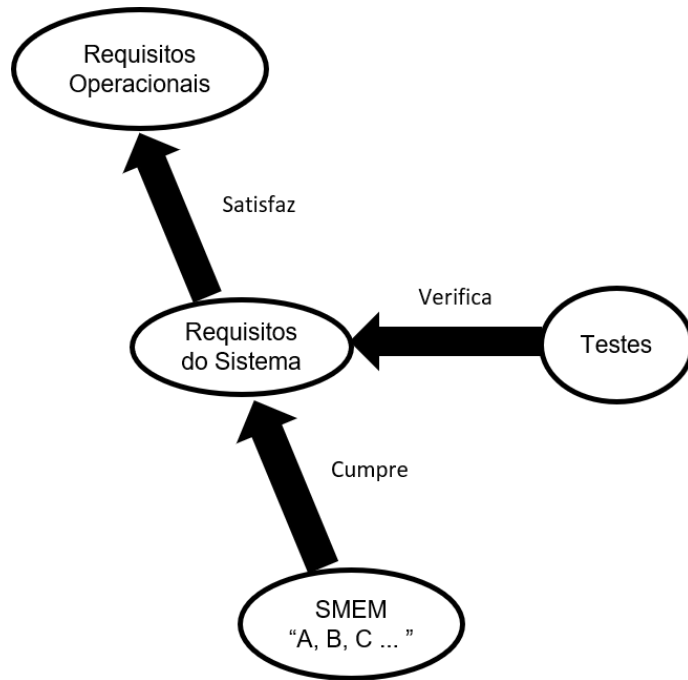
7) Na sua opinião, a utilização de um método que substitui requisitos e especificações técnicas no formato .PDF para um formato legível por máquina pode auxiliar nas suas atividades? (Um exemplo é a Nota Fiscal Eletrônica que substitui a nota física, em papel).

	1	2	3	4	5	
Nada	()	()	()	()	()	Extremamente

8) Ao gerenciar requisitos e as especificações técnicas dos equipamentos candidatos em uma única tela de um software, na sua opinião, em qual grau o Sr(a) concorda com os critérios a seguir:

	Nada	Pouco	Sem Opinião	Muito	Extrema
Permitir a visualização das relações que devem ser satisfeitas entre requisitos e especificações	()	()	()	()	()
Facilitar a troca de informações técnicas (requisitos e especificações) entre os fornecedores e o EB	()	()	()	()	()
Evitar a ocorrência de erros advindos da análise de dados em linguagem natural (pex: .PDF escaneado)	()	()	()	()	()
Facilitar o gerenciamento do processo de aquisição como um todo	()	()	()	()	()
Permite o gerenciamento de mais de um tipo de SMEM	()	()	()	()	()
Possui interface amigável ao operador	()	()	()	()	()
Economiza tempo e custos na avaliação das informações	()	()	()	()	()
Permite a criação de repositórios de requisitos o que facilita novas aquisições	()	()	()	()	()

9) Quanto a estrutura do modelo-V (conforme figura) utilizado no software que gerencia requisitos, ele é satisfatório para as suas necessidades?



	1	2	3	4	5	
Nada	()	()	()	()	()	Muito satisfatório

10) Na sua opinião, em que medida o emprego de métodos de auxílio à decisão multicritério para se obter um ranking das alternativas contribui para uma licitação do tipo técnica e preço?

	1	2	3	4	5	
Muito pouco	()	()	()	()	()	Extremamente

11) Avalie o método de auxílio à decisão multicritério para ranqueamento de alternativas conforme os seguintes critérios:

	Muito pouco	Pouco	Sem Opinião	Muito	Extremo
É operacional: cria uma ordenação dos equipamentos candidatos?	()	()	()	()	()
É eficiente: gera o ranking com baixo custo e tempo?	()	()	()	()	()
É geral: pode ser empregado para tipos de SMEM diferentes?	()	()	()	()	()
É de fácil utilização: sua interface é amigável ao operador?	()	()	()	()	()

12) Sobre os dados obtidos com o uso do Fluxograma do Processo de Aquisição, eles são úteis e suficientes? Falta algum tipo de dado? Se sim, quais seriam e de que forma seriam utilizados?

APÊNDICE B - Acesso aos arquivos

Para acesso a todos os arquivos que subsidiaram a presente pesquisa, utilizar o link abaixo e solicitar permissão.

https://drive.google.com/drive/folders/1JDPIRccU-9fVRJxRWJxeFLo-nw327WqB?usp=drive_link