

A Utilização de métodos de Apoio Multicritério à Decisão na Escolha de Sistemas Espaciais

Resumo – O processo de engenharia de um sistema complexo leva à problemas de decisão, por exemplo, para definir quais objetivos e necessidades devem ser incorporados à arquitetura do sistema e quais alternativas de tecnologias são mais adequadas em relação aos requisitos do sistema elicitados. O problema de decisão deste estudo é para escolher a tecnologia que mais atenda os requisitos, um dos tipos clássicos de problemas de Auxílio Multicritério à Decisão (AMD). Os sistemas espaciais são sistemas complexos; logo, o desempenho de sua arquitetura deve atingir os valores das partes interessadas. Assim, este trabalho mostra como os métodos AMD, podem apoiar a tomada de decisão na escolha de um sistema espacial para um programa estratégico nacional. Ao final, foi selecionada a alternativa que teve o melhor desempenho e o uso do AMD foi relevante para esta escolha quando considerando os requisito como critérios e subcritérios, a hierarquia de decisão em questão.

Palavras-Chave – Engenharia de Sistemas, VFT, AHP.

I. INTRODUÇÃO

De acordo com a Política Nacional de Defesa (PND), o desenvolvimento e domínio de tecnologias aeroespaciais é de suma importância para a Defesa Nacional, pois a grande extensão territorial do Brasil (terrestre e marítima) e a ocupação do espaço, são fatores geopolíticos críticos, além de que há uma tendência mundial de aumento das desigualdades tecnológicas, sendo tecnologias disruptivas um grande causa desta assimetria na área de Defesa [1]. Ainda em consonância com a PND, a Estratégia Nacional de Defesa (END) atribuiu ao Comando da Aeronáutica a responsabilidade pelas operações e desenvolvimento de tecnologias que envolvem sistemas espaciais, como veículos lançadores de satélites, sistemas de solo etc., para as mais diversas órbitas possíveis, se tornando um ator relevante no espaço [2].

Para implementação e manutenção dos Sistemas Espaciais foi criada então, em 2012, a Comissão de Coordenação e Implantação de Sistemas Espaciais (CECISE), que, sob coordenação do Estado Maior da Aeronáutica (EMAER), dirige, coordena as implantações e representa o Comando da Aeronáutica em todos os assuntos relacionados a esses sistemas espaciais [3]. Em 2018 foi publicado pelo Ministério da Defesa o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) que “fornece um alinhamento de alto nível entre as necessidades operacionais, as necessidades programáticas e os recursos necessários para suportar o desenvolvimento do programa” [3]. Há diversos sistemas espaciais previstos no PESE, dentre eles está o satélite Lessonia.

Para desenvolver arquiteturas que possam atender os valores estratégicos da Defesa Nacional, pode-se, através do pensamento sistêmico, focar na oportunidade de articular decisões chave que definam e escolham uma arquitetura que atinja os complexos desafios de todo o contexto [4]. Uma arquitetura de sistema é o caminho para lidar com um problema, que pode ser entendido como a diferença entre o que existe (=estado atual) e o estado que se deseja [5]. As abordagens sistêmicas se baseiam em olhar para o todo, em vez de focar nas partes somente, dando a oportunidade de se

enxergar propriedades que não seriam observadas nas partes de forma isolada [6], possibilitando entender e projetar fenômenos e engenhos complexos.

A Engenharia de Sistemas (ES) é uma das abordagens do pensamento sistêmico e em seu processo há quatro principais componentes: 1) proceder do geral para o específico; 2) pensar em todas as variáveis possíveis de se enxergar, procurando, consistentemente por alternativas; 3) estruturar o processo de desenvolvimento e implementação do sistema de forma faseada; e 4) aplicar o pensamento lógico e guiado por procedimentos formais de resolução de problemas [5]. Em suas diversas fases, durante o processo de ES, podem surgir problemas de decisão e, com isso em mente, este trabalho busca então aplicar métodos da Pesquisa Operacional (PO) para lidar com o problema de escolha de um produto espacial durante o processo de Engenharia de Sistemas, aplicando o *Value-Focused Thinking* (VFT) para estruturar uma hierarquia de decisão, construindo uma árvore de valor com os requisitos capturados e os métodos *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e *Combinative Distance-Based Assessment* (CODAS) para apoiar a decisão, numa problemática de escolha.

Este artigo está dividido em quatro seções. A primeira, introduziu o contexto do problema – escolha de um produto espacial e estratégico para Defesa Nacional – e a multimetodologia adotada – utilização de métodos da PO para estruturação do problema de decisão e Apoio Multicritério a Decisão (AMD) no processo de Engenharia de Sistemas. Na seção está a fundamentação teórica da proposta aqui tratada. E a terceira seção mostrará a aplicação para escolha do produto Lessonia previsto no PESE. Por fim, conclui-se o trabalho com os principais pontos aqui explorados e com algumas reflexões e sugestões para trabalhos futuros.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

[7] defendem que a Engenharia de Sistemas é um meta-modelo, a qual integra atividades de diferentes disciplinas, tendo como principal característica não envolver somente engenheiros – no sentido de lidar com desafios sociotécnicos numa intervenção. Eles evocam o conceito da Transdisciplinaridade:

“Transdisciplinaridade conota uma estratégia que passa por diversas disciplinas para criar uma abordagem holística. Por exemplo, na Engenharia de Sistemas de Defesa e Aeroespacial, é comum a prática envolver tantos usuários operacionais e especialistas e fatores humanos e psicologia, ao formar os conceitos operacionais, requisitos de usuário e interface homem-máquina. No geral, uma abordagem transdisciplinar possibilita inputs e participação de grupos de stakeholders técnicos e não técnicos e facilita um caminho sistêmico de tratar os desafios.” [7]

Diversas abordagens sistêmicas interagem e contribuem com a ES [5], dentre elas está a *System Dynamics* (SD) e a *Soft Systems Methodology* (SSM) que também é considerado um Método de Estruturação de Problemas (PSM) da PO *Soft*. Peter Checkland é o autor que desenvolveu essa metodologia em 1972 e teve parte de sua carreira como professor e praticante da ES [6]. A trajetória de Checkland é um indicativo da forte relação entre as abordagens sistêmicas e a PO. Corroborando com esta afirmação, pode se resgatar os trabalhos de Ackoff, o qual, por exemplo, em *The Future of Operational Research is Past* [8], mostra a relação entre o pensamento sistêmico – do inglês *systems thinking*, podendo também ser traduzido como pensamento de sistemas – e a PO.

[9] e [4] trazem em suas obras diferentes abordagens para lidar com problemas de decisão durante o processo de engenharia de sistemas. O primeiro, mostra que se deve selecionar a melhor alternativa de arquitetura pela avaliação da que oferecer o melhor trade-off comparando o mérito de cada alternativa numa análise quantitativa multicritério [9], já o segundo trata, inclusive, o problema de modelagem da arquitetura de um sistema como um processo de tomada de decisão [4].

O pensamento focado em valores (do inglês, *Value-Focused Thinking* – VFT) pode ser utilizado durante o processo de engenharia de sistemas, dentro de um sistema de toma de decisão [10] [11] para encontrar conceitos de sistemas que pudessem satisfazer requisitos operacionais e avaliar, escolher, sistemas para um determinado propósito. [5] argumentam que somente quando o problema está bem estruturado e claramente definido pelas partes interessadas, faz sentido uma investigação qualitativa e quantitativa dos detalhes e projetar e desenvolver sistematicamente o contorno do espaço da solução, uma justificativa para do “geral para princípio específico” no modelo de processo de engenharia de sistema.

Para originar um novo sistema, é necessário primeiro realizar a análise de necessidades e este processo deve produzir argumentos que apoiem a motivação para o projeto, respondendo: por que o sistema é necessário? A descrição da capacidade inicial é um produto desta tarefa de determinar as necessidades para que a definição dos requisitos operacionais emerge desta análise [12]. As necessidades de um sistema são descritas em uma estrutura hierárquica de objetivos, que representa os limites do espaço de solução e os benefícios de fazer algo para lidar com o risco, como oposto a não fazer nada [13]. Assim, dando forma e apontando o que precisa para fazer na análise das necessidades.

O VFT é capaz de organizar os requisitos em forma de árvore de valor para que se possam avaliar as alternativas de arquiteturas. Assim, neste estudo, se utilizou o VFT também para tal fim e Apoio Multicritério a Decisão (AMD) para escolha de um produto espacial previsto no PESE. Cabe ressaltar que a estruturação do problema para definição dos objetivos e critérios de decisão, também faz parte de um processo de AMD [14]. A seguir, será descrito então o VFT e os métodos AHP e CODAS utilizados na fase de AMD.

A) *Value-Focused Thinking (VFT)*

O pensamento focado em valores é fundamental para tudo o que as pessoas desejam realizar e deve ser foco de esforço na tomada de decisões e ele pode ser utilizado no contexto de estruturação de problemas [15] [16] [17] [18] [19] [20]. Esse foco em valores é o maior diferencial do VFT, pois se concentra em duas atividades principais: definir o que o(s) tomador(es) de decisão deseja e explorar como alcançá-lo [19].

Os valores são usados para avaliar as alternativas reais ou potenciais propostas [21] e podem ser apresentados por objetivos, que devem ser alcançados e são compostos por um verbo no infinitivo e um objeto. Esses objetivos são “pedaços de valor”, orientando o processo de tomada de decisão e criando oportunidades de decisão – maneira que o autor chama os problemas de decisão quando olhados sob a ótica do pensamento focado em valores [15][19]

As interações são necessárias durante a realização de uma abordagem VFT. Nessas interações, o analista – ou facilitador, como defendido por [22] – elicia os objetivos por meio de alguns dispositivos perguntas que norteiam a entrevista, para estimular os interesses e desejos mais profundos. A saída do processo é a hierarquia de objetivos fundamentais e rede meios-fins. Os objetivos fundamentais são a tradução das consequências desejáveis com as quais os stakeholders estão realmente preocupados e são usados para avaliar as alternativas, ao passo que os objetivos dos meios influenciam, em algum grau, a realização de tais objetivos fundamentais [15].

Uma importante tarefa traçada por Keeney [15] [16] [19] é a especificação dos objetivos fundamentais, que deve ser realizada até que as alternativas possam ser avaliadas em relação a eles [16]. Eles devem ser especificados até que um atributo possa ser atribuído a cada um dos objetivos de nível inferior. Se isso não for possível, as alternativas devem ser avaliadas por meio de um atributo natural de um objetivo meio, porém isso não é desejável. É neste ponto que [10] [11] mostram como requisitos podem ser estruturados na forma de uma hierarquia de objetivos fundamentais até o ponto em que se tornam mensuráveis. Os atributos descrevem o grau de realização das consequências e são medidos em cada objetivo [16] e consistem em três tipos: naturais, construtos ou proxy. No trabalho aqui realizado, os requisitos capturados durante um processo de ES foram estruturados na forma de hierarquia de objetivos fundamentais até o nível no qual era possível mensurar o atingimento de um determinado requisito/objetivo fundamental

B) *AMD*

Com tantas soluções possíveis e múltiplos objetivos a serem alcançados, é necessário desenvolver um modelo de auxílio à decisão, que irá considerar as conclusões da aplicação PSM. Assim, deve ser utilizado um método de AMD - apoiar a tomada de decisão com múltiplos objetivos, sendo alguns deles conflitantes [23]. [14] apresentam uma forma de usar o PSM para estruturar o problema antes de especificar alternativas, definir critérios e eliciar valores, pois o problema não é “dado” para ser enfrentado, é uma situação complicada.

Há quatro tipos de problemáticas são definidas por [24]: P. α (problemática de escolha), refere-se à mais tradicional, em que “a melhor opção” é escolhida; P. β (problemática de ranqueamento) alinha cada ação a uma categoria específica - o esforço é direcionado para a determinação dos valores intrínsecos da ação, encontrando sua categoria; P. γ (problemático de classificação), ajudar a classificar ações em ordem de preferências ou construir um procedimento de classificação; e P. δ (problemática de descrição), descrever ações e suas consequências de forma formalizada e sistemática ou desenvolver um procedimento cognitivo.

Há também ainda mais dois tipos apresentados na literatura [14]: a problemática de design, para buscar, identificar e criar alternativas; e problemática de portfólio, para escolher o conjunto de alternativas para atingir os objetivos sujeitos a algumas restrições. Para o problema aqui em pauta foi adotado um modelo aditivo devido ao sentido de compensação entre os critérios trazido pelos *stakeholders*. Além disso, a problemática é de escolha, assim o método AHP foi utilizado para elicitar as constantes de escala e o CODAS para avaliação intra-critério

III. APLICAÇÃO CASO LESSÔNIA

Como discorrido anteriormente, o satélite Lessonia é um dos produtos do PESE. Foi realizado no Centro Espacial ITA (CEI) as fases iniciais do processo de engenharia de sistemas, baseado na metodologia Arcadia [9]. Foram capturados 474 requisitos de sistema durante a modelagem e agrupados em uma hierarquia, modelo de valor, que representassem as consequências desejáveis para a escolha do produto. Assim chegou-se então em quatro objetivos fundamentais, no primeiro nível, que passaram a ser os critérios, são eles: 1) Qualidade de Dados (QLD); 2) Quantidade de Dados (QTD); 3) Flexibilidade Operacional (FXO); e 4) Aderência Estratégica (ADE).

Qualidade de Dados impacta diretamente na qualidade das imagens geradas pela carga útil embarcada no satélite. Quantidade de Dados diz respeito a quantidade de imagens geradas ao longo do tempo de vida do sistema, não somente a sua capacidade no curto período prazo, porém pensando em toda sua vida útil. Flexibilidade Operacional é em relação à adaptabilidade aos sistemas legados, existentes e já operados, e na facilidade para operar os que serão incorporados. E, por fim, Aderência Estratégica é a mensuração de quanto a alternativa impacta outros aspectos, fortalecendo os programas estratégicos da Força, dentre eles o PESE. Eles não são diretamente mensuráveis e os requisitos agrupados especificavam estes objetivos fundamentais de primeiro nível. Assim, eles foram especificados até que as alternativas pudessem ser mensuradas quanto ao atingimento de cada um dos subcritérios de menos nível da hierarquia.

A Figura 1 representa a hierarquia da decisão. O critério QLD foi especificado em oito objetivos – ou subcritérios, considerando que a hierarquia de objetivos fundamentais foi levada para a hierarquia da decisão. Já o critério QTD foi especificado em 11 objetivos. Do critério FXO, foram encontrados outros 13 objetivos que davam significado a ele. Por último, o critério ADE foi especificado em outros 6

objetivos. Assim, cada alternativa pôde ser avaliada, mensurando o atingimento dos valores dos stakeholders. A Figura 2 representa um exemplo da relação a avaliação das alternativas em relação a cada subcritério.

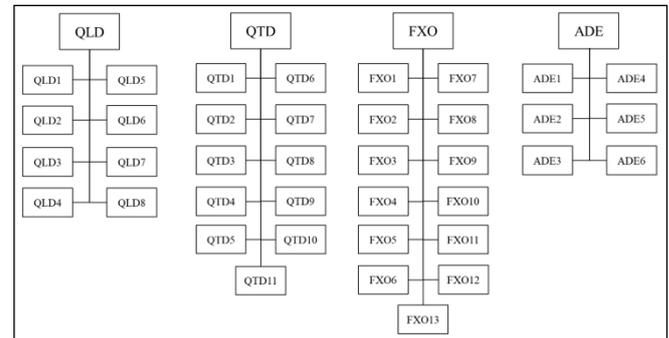


Fig. 1 - Hierarquia da Decisão

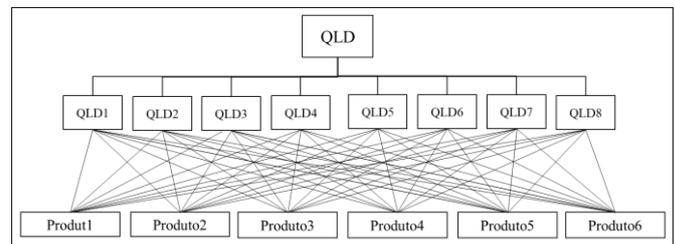


Fig. 2 - Exemplo avaliação alternativas no critério Qualidade de Dados

A característica compensatória da decisão, possibilita a utilização de uma função de valor aditiva representada pela equação (1). Nela k_j é a constante de escala – ou pesos – de um determinado critério. Cada avaliação de alternativa nos subcritérios, é representada por $v_j(x_j)$. Assim, se atinge o valor final de cada alternativa, possibilitando a escolha daquela que obtém o maior valor. Os pesos foram elicidados com o AHP utilizando a Escala Fundamental de Saaty [25]. A Tabela 1 mostra os pesos encontrados para cada critério e seus respectivos subcritérios. É desejável que a Razão de Consistência (RC) é esteja abaixo de 0,1, pois isso mostra que o processo de julgamento foi consistente [25] e no caso, os julgamentos mostram uma RC menor que 10%.

$$V(x) = \sum_{j=1}^n k_j v_j(x_j) \quad (1)$$

Após a avaliação intra-critério, a normalização e função valor foram realizadas utilizando o método CODAS e é descrito em oito passos [26]. O passo 1 é a construção da matriz de consequências (2) para cada subcritério no caso aqui estudado. No passo 2 é realizada a normalização, a depender se o critério é de benefício ou de custo – neste estudo, todos foram considerados de benefício (3) e então construída a matriz normalizada, passo 3 (4).

$$X = [x_{ij}]_{n \times m} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (2)$$

onde $x_{ij} \geq 0$, denota a performance da i -ésima alternativa no j -ésimo critério.

$$n_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} & \text{se } j \in N_b \\ \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} & \text{se } j \in N_c \end{cases} \quad (3)$$

onde N_b e N_c representam os de benefício e custos, respectivamente

$$r_{ij} = w_j n_{ij} \quad (4)$$

O passo 4 define a solução negativa-ideal conforme (4) e (5). Após, no passo 5, são calculadas as duas distâncias que serão combinadas, Euclidiana (7) e Manhattan (8)– também denominada Taxicab. No passo 6 se constrói a matriz de avaliação relativa, mostrado em (9) e (10). Aqui se ressalta o termo τ da equação, denominado parâmetro limiar para utilização da distância Manhattan que deve estar entre 0,01 e 0,05, sendo aqui utilizado 0,02, como sugerido pelos autores. O passo 7 calcula o valor de avaliação (12) e o passo 8, ranqueia as alternativas. Se ressalta que é este valor que é levado para a função de valor aditiva. A Figura 3 mostra as equações de cada passo.

$$ns = [ns_j]_{1 \times m} \quad (5)$$

$$ns_j = \min_i r_{ij} \quad (6)$$

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - ns_j)^2} \quad (7)$$

$$T_i = \sum_{j=1}^m |r_{ij} - ns_j| \quad (8)$$

$$Ra = [h_{ik}]_{n \times n} \quad (9)$$

$$h_{ik} = (E_i - E_k) + (\psi(E_i - E_k) \times (T_i - T_k)) \quad (10)$$

onde $k \in \{1, 2, \dots, n\}$ e ψ denota uma função limite para reconhecer a igualdade das distâncias Euclidianas de 2 alternativas, quando:

$$\psi(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } |x| \geq \tau \\ 0 & \text{se } |x| \leq \tau \end{cases} \quad (11)$$

$$H_i = \sum_{k=1}^n h_{ik} \quad (12)$$

TABELA 1 - PESOS CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS

Qualidade de Dados (QLD)	0,17	QLD1	0,0972	Flexibilidade de Operacional (FXO)	0,33	FXO1	0,0480
		QLD2	0,0924			FXO2	0,0480
		QLD3	0,1498			FXO3	0,1086
		QLD4	0,0649			FXO4	0,0151
		QLD5	0,2151			FXO5	0,0219
		QLD6	0,2430			FXO6	0,1764
		QLD7	0,0988			FXO7	0,0467
		QLD8	0,0386			FXO8	0,0266
Quantidade de Dados (QTD)	0,33	QTD1	0,0477	Aderência Estratégica (ADE)	0,17	FXO9	0,0467
		QTD2	0,0409			FXO10	0,0467
		QTD3	0,1342			FXO11	0,0467
		QTD4	0,1417			FXO12	0,1844
		QTD5	0,0363			FXO13	0,1844
		QTD6	0,1570			ADE1	0,2112
		QTD7	0,0897			ADE2	0,1156
		QTD8	0,1833			ADE3	0,2112
		QTD9	0,0830			ADE4	0,2112
		QTD10	0,0557			ADE5	0,2112
		QTD11	0,0306			ADE6	0,0395

Fonte: os autores

Todos os passos foram aplicados utilizando a linguagem Python em integração com o Google Sheets. O valor de cada alternativa em cada critério é mostrado na Tabela 2. Ao fim, os valores das alternativas, em cada critério, foram levados para a função de valor, ou seja, foram multiplicados pelas respectivas constantes de escala. Assim, obteve-se a alternativa com maior valor, o Produto 4, com o valor de 0,3211, como pode-se visualizar na Tabela 3.

TABELA 2 - VALOR ALTERNATIVAS

QLD	QTD	FXO	ADE	
0,3249	0,3441	0,0425	0,2678	Produto1
0,1046	0,3114	0,3058	0,3979	Produto2
0,2272	0,4293	0,2347	0,1292	Produto3
0,7340	0,5948	0,0067	0,0103	Produto4
0,1537	0,0328	0,3789	1,1452	Produto5
0,3780	0,3358	0,2586	0,3607	Produto6

Fonte: os autores

TABELA 3 - RANKING DOS PRODUTOS

Produto4	0,3211
Produto3	0,1242
Produto2	0,0470
Produto6	-0,0286
Produto1	-0,1101
Produto5	-0,3537

Fonte: os autores

Por fim, o produto 4 foi o produto escolhido para a missão e um contrato firmado para o lançamento dos satélites do projeto Lessonia do PESE, atingindo o maior valor possível frente as preferências elicítadas e requisitos do sistema modelado.

IV. CONCLUSÃO

A Engenharia de Sistemas e a Pesquisa Operacional são áreas correlatas e uma pode potencializar a outra. Peter Checkland é um grande exemplo de autor que perpassou por ambas as áreas. Aqui pôde-se corroborar com a afirmação de que as ferramentas e métodos da PO são benéficos na ES. Foi mostrada uma aplicação na qual utilizou-se o VFT para estruturar o problema e o Apoio Multicritério à Decisão para avaliar as alternativas. Além disso, o estudo de caso mostrou a utilização do método CODAS combinado com o AHP para que se encontrasse as constantes de escala a serem utilizadas no primeiro e na função aditiva de valor, dada a racionalidade compensatória da problemática em pauta.

Uma limitação do estudo está no fato do acesso aos dados sensíveis da aplicação, por ser um produto estratégico da área de Defesa. Entretanto, pode-se considerar que a multimetodologia foi adequada para a situação tratada. Como sugestão para trabalhos futuros há uma exploração mais profunda das relações entre as duas disciplinas e outras aplicações com a multimetodologia proposta

REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Programa Estratégico de Sistemas Espaciais. 1. ed. Brasília: Ministério da Defesa, 2018.
- [2] BRASIL. Política Nacional de Defesa - Estratégia Nacional de Defesa. Brasília: Ministério da Defesa, 2020.
- [3] BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Agência Espacial Brasileira. Programa Nacional de Atividades Espaciais, 2018.
- [4] CRAWLEY, E.; CAMERON, B.; SELVA, D. System Architecture: Strategy and Product Development for Complex Systems. 1. ed. Harlow, England: Pearson, 2016. 481 p. ISBN 978-1-292-11084-4.
- [5] HABERFELLNER, R. et al. Systems engineering: fundamentals and applications. Springer, 2019.
- [6] REYNOLDS, M.; HOLWELL, S. Systems approaches to managing change: A practical guide. 2. ed. Londres. 2020. DOI: 10.1007/978-1-4471-7472-1.
- [7] SILLITTO, H.; GRIEGO, R.; ARNOLD, E.; DORI, D.; MARTIN, J.; MCKINNEY, D.; GODFREY, P. Envisioning Systems Engineering as a Transdisciplinary Venture. 28 Annual INCOSE, Washington, DC, USA, 2018.
- [8] ACKOFF, R.L. The future of operational research is past. Journal of the operational research society. 1979 Feb 1;30(2):93-104.
- [9] ROQUES, P. System Architecture Modeling with the Arcadia Method: A Practical Guide to Capella. Londres: Elsevier, 2018. ISBN 978-1-78548-168-0.
- [10] PARNELL, G. S. et al. Invited Review — Survey of Value-Focused Thinking: Applications, Research Developments and Areas for Future Research. v. 60, n. August 2012, p. 49–60, 2013.
- [11] PARNELL, G. S. et al. Foundations 2025: A value model for evaluating future air and space forces. Management Science, v. 44, n. 10, p. 1336–1350, 1998
- [12] KOSSIAKOFF, A. et al. Systems engineering principles and practice. [s.l.] John Wiley & Sons, 2011. v. 83
- [13] JOHNSTON D. Capabilty Life Cycle Manual (2.1). Australian Defence Force. 2020.
- [14] BELTON, V.; STEWART, T. J. Multiple criteria decision analysis. 1o ed, 2002. DOI: 10.1007/978-1-4615-1495-4.
- [15] KEENEY, R. L. Applying Value-Focused Thinking. Military Operations Research, v. 13, n. 2, p. 7–17, 1 mar. 2008.
- [16] KEENEY, R. L. Developing objectives and attributes. 2007. DOI: 10.1017/CBO9780511611308.008.
- [17] KEENEY, R. L. Identifying, prioritizing, and using multiple objectives. EURO Journal on Decision Processes, v. 1, n. 1–2, p. 45–67, 2013. DOI: 10.1007/s40070-013-0002-9.
- [18] KEENEY, R. L. Value-focused Thinking: a Path to Creative Decisionmaking. 1. ed. London: Harvard University Press, 1992. v. 1
- [19] KEENEY, R. L. Value-focused thinking: Identifying decision opportunities and creating alternatives. European Journal of Operational Research, v. 92, n. 3, p. 537–549, 1996. DOI: 10.1016/0377-2217(96)00004-5.
- [20] FRANÇOZO, R. et al. Value-focused thinking na prática: análise do desenvolvimento e aplicações no período (2010-2018). LI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Anais...Limeira: 2019
- [21] PARNELL, G. S.; WEST, P. D. Value-focused systems decision making. 18th Annual International Symposium of the International Council on Systems Engineering, INCOSE 2008, v. 2, n. May, p. 831–845, 2008. DOI: 10.1002/j.2334-5837.2008.tb00909.x
- [22] FRANCO, L. A.; MONTIBELLER, G. Facilitated modelling in operational research. European Journal of Operational Research, v. 205, n. 3, p. 489–500, 2010.
- [23] De ALMEIDA, A. T. Processo de Decisão nas Organizações. (Atlas, Org.) 2013, São Paulo. p. 256.
- [24] ROY, B. Multicriteria Methodology for Decision Aiding. 1o ed. : Springer Science+Business Media Dordrecht, 1996. DOI: 10.1007/978-1-4757-2500-1.
- [25] 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. DOI: 10.1016/0377-2217(90)90057-1.
- [26] GHORABAE, M.K.; ZAVADSKAS, E.K.; TURSKIS, Z.; ANTUCHEVICIENE, J. A New Combinative Distance-Based Assessment (CODAS) method for Multi-Criteria Decision-Making. Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research, [s. l.], v. 50, n. 3, 2016.