

Ernane Rosa Martins
(Organizador)

Morris Charts

Line Chart



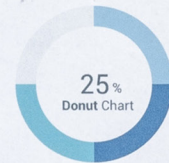
Area Chart



Bar Chart

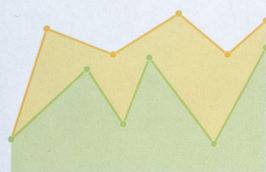


Donut Chart

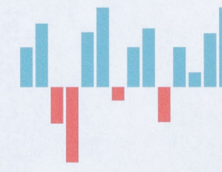


Sparkline Charts

Line Chart



Bar Chart



Pie Chart



Easy Pie Charts



Pesquisa Operacional
e sua Atuação Multidisciplinar

Ernane Rosa Martins

(Organizador)

Pesquisa Operacional e sua Atuação Multidisciplinar

**Atena Editora
2019**

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P474	Pesquisa operacional e sua atuação multidisciplinar [recurso eletrônico] / Organizador Ernane Rosa Martins. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-478-8 DOI 10.22533/at.ed.788191107 1. Pesquisa operacional. I. Martins, Ernane Rosa. CDD 658.51
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A Pesquisa Operacional (PO) utiliza a matemática, a estatística e a computação para auxiliar na solução de problemas reais, com foco na tomada das melhores decisões nas mais diversas áreas científicas e de atuação humana, buscando otimizar e melhorar suas performances. Através do uso de técnicas de modelagem matemática e eficientes algoritmos computacionais, a PO vem cada vez mais atuando na análise dos mais variados aspectos e situações de problemas complexos em demandas de inúmeras áreas, principalmente por conta de sua flexibilidade de aplicação e interação multidisciplinar, permitindo a tomada de decisões efetivas e a construção de sistemas mais produtivos.

Esta obra reúne importantes trabalhos que envolvem o uso de PO, realizados em diversas instituições de ensino do Brasil, abordando assuntos atuais e relevantes, tais como: modelos matemáticos; otimização multiobjectivo; heurísticas; algoritmos; otimização geométrica; metodologia SODA; soft systems methodology; strategic choice approach; procedimentos metodológicos de análise estatística; jogos cooperativos; algoritmos genéticos; método VIKOR; regressão linear múltipla; algoritmos de aprendizado de máquina; análise de decisão multicritério e composição probabilística de preferências.

A importância desta coletânea está na excelência dos trabalhos apresentados e na contribuição dos seus autores em temas de experiências e vivências. A socialização destes estudos no meio acadêmico, permite ampla análise e inúmeras discussões sobre diversos assuntos pertinentes referentes a atuação multidisciplinar da PO. Por fim, agradeço a todos que contribuíram na construção desta belíssima obra e desejo a todos os leitores, boas reflexões sobre os assuntos abordados.

Ernane Rosa Martins

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
UMA ABORDAGEM MULTIOBJETIVO EM UM PROBLEMA DE PRODUÇÃO COM ESTOQUE INTERMEDIÁRIO E TESTE DE FUNCIONALIDADE	
Sander Joner Neida Maria Patias Volpi Joyce Rodrigues da Silva Tulipa Gabriela Guilhermina Juvenal da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.7881911071	
CAPÍTULO 2	16
SOLUÇÕES INTEIRAS PARA O PROBLEMA DE CORTE DE ESTOQUE UNIDIMENSIONAL	
Gonçalo Renildo Lima Cerqueira Sérgio da Silva Aguiar Marlos Marques	
DOI 10.22533/at.ed.7881911072	
CAPÍTULO 3	28
OTIMIZAÇÃO GEOMÉTRICA DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS CARGUEIRAS VIA ECOLOCALIZAÇÃO	
Guilherme Aparecido Barbosa Pereira Ivo Chaves da Silva Júnior Luiz Rogério Andrade de Oliveira Carlos Henrique Sant'Ana da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.7881911073	
CAPÍTULO 4	41
O CASO DA INDÚSTRIA CRIATIVA DO CARNAVAL SOB O ENFOQUE DO SODA	
Ailson Renan Santos Picanço Adjame Alexandre Oliveira Mischel C.N. Belderrain Nissia Carvalho Rosa Bergiante	
DOI 10.22533/at.ed.7881911074	
CAPÍTULO 5	55
MODELO DE NEGÓCIO EM UMA COMUNIDADE AGRÍCOLA: APLICAÇÃO DE <i>SOFT SYSTEMS METHODOLOGY</i> E <i>STRATEGIC CHOICE APPROACH</i>	
Michelle Carvalho Galvão Silva Pinto Bandeira Raquel Issa Mattos Mischel Carmen Neyra Belderrain Anderson Ribeiro Correia John Bernhard Kleba	
DOI 10.22533/at.ed.7881911075	
CAPÍTULO 6	72
MODELAGEM MATEMÁTICA PARA GERAÇÃO DE ESCALAS DE TURNO	
Laiz de Carvalho Nogueira Tiago Araújo Neves	
DOI 10.22533/at.ed.7881911076	

CAPÍTULO 7	87
METODOLOGIA ADOTADA PELA ARCELORMITTAL BRASIL PARA CERTIFICAÇÃO DE PADRÕES SECUNDÁRIOS PARA ANÁLISES QUÍMICAS EM AMOSTRAS DE MINÉRIO DE FERRO DA MINA DE SERRA AZUL EM MINAS GERAIS	
Antonio Fernando Pêgo e Silva Juliana Cecília C R Vieira Luiz Paulo de Carvalho Serrano	
DOI 10.22533/at.ed.7881911077	
CAPÍTULO 8	100
JOGOS COOPERATIVOS NA ALOCAÇÃO DE CUSTOS DE ESTOQUES DE PEÇAS COMPARTILHADOS	
Bernardo Santos Aflalo Natália Nogueira Ferreira Souza Takashi Yoneyama	
DOI 10.22533/at.ed.7881911078	
CAPÍTULO 9	112
BIASED RANDOM-KEY GENETIC ALGORITHM ACCORDING TO LEVY DISTRIBUTION FOR GLOBAL OPTIMIZATION	
Mariana Alves Moura Ricardo Martins de Abreu Silva	
DOI 10.22533/at.ed.7881911079	
CAPÍTULO 10	126
AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DA QUALIDADE DA INFORMAÇÃO CONTÁBIL	
Alini da Silva Nelson Hein Adriana Kroenke	
DOI 10.22533/at.ed.78819110710	
CAPÍTULO 11	142
AVALIAÇÃO DE MODELOS COMPUTACIONAIS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA PARA DETECÇÃO REATIVA E PREVENTIVA DE BOTNETS	
Vinicius Oliveira de Souza Sidney Cunha de Lucena	
DOI 10.22533/at.ed.78819110711	
CAPÍTULO 12	158
AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS ESTATÍSTICOS NA DETECÇÃO DE ATAQUES DDOS BASEADA EM APRENDIZADO DE MÁQUINA	
Eduardo da Costa da Silva Sidney Cunha de Lucena	
DOI 10.22533/at.ed.78819110712	

CAPÍTULO 13	173
ABORDAGEM PROBABILÍSTICA À ESCOLHA DE PRODUTOS DE DEFESA: UMA APLICAÇÃO DA COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS NA AQUISIÇÃO DE BLINDADOS	
Luiz Octávio Gavião	
Annibal Parracho Sant'Anna	
Gilson Brito Alves Lima	
Pauli Adriano de Almada Garcia	
DOI 10.22533/at.ed.78819110713	
CAPÍTULO 14	189
A STOCHASTIC DYNAMIC MODEL FOR SUPPORT OF THE MANAGEMENT OF NEW PRODUCT DEVELOPMENT PORTFOLIOS	
Samuel Martins Drei	
Thiago Augusto de Oliveira Silva	
Marco Antonio Bonelli Júnior	
Luciana Paula Reis	
Matheus Correia Teixeira	
DOI 10.22533/at.ed.78819110714	
CAPÍTULO 15	205
A RELAXED FLOW-BASED FORMULATION FOR THE OPEN CAPACITATED ARC ROUTING PROBLEM	
Rafael Kendy Arakaki	
Fábio Luiz Usberti	
DOI 10.22533/at.ed.78819110715	
CAPÍTULO 16	217
A COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS COM MEDIDAS DE DESIGUALDADE: CORRELAÇÕES COM OS PONTOS DE VISTA PROGRESSISTA E CONSERVADOR	
Luiz Octávio Gavião	
Annibal Parracho Sant'Anna	
Gilson Brito Alves Lima	
DOI 10.22533/at.ed.78819110716	
SOBRE O ORGANIZADOR	233

ABORDAGEM PROBABILÍSTICA À ESCOLHA DE PRODUTOS DE DEFESA: UMA APLICAÇÃO DA COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS NA AQUISIÇÃO DE BLINDADOS

Luiz Octávio Gavião

Escola Superior de Guerra
Rio de Janeiro – RJ

Annibal Parracho Sant'Anna

Universidade Federal Fluminense
Niterói – RJ

Gilson Brito Alves Lima

Universidade Federal Fluminense
Niterói – RJ

Pauli Adriano de Almada Garcia

Universidade Federal Fluminense
Volta Redonda – RJ

RESUMO: Este artigo apresenta uma abordagem probabilística ao problema de escolha de Produtos de Defesa (PRODE). Esse problema pode ser tratado sob o escopo do apoio à decisão multicritério (MCDA). Os atributos de desempenho dos produtos, em diferentes critérios, podem ser estruturados em uma matriz de decisão e avaliados à luz de métodos MCDA. A opção por um método probabilístico se deve à imprecisão das medidas de manual ou resultantes de testes operacionais, diante de situações de combate. Esta pesquisa utilizou a Composição Probabilística de Preferências (CPP) para apoiar a decisão de escolha de um blindado, de uma lista de dez alternativas, avaliadas em 35 critérios. O uso de um método

quantitativo eliminou a subjetividade do apoio à decisão, enquanto a abordagem probabilística contribuiu ao maior realismo à escolha de um PRODE.

PALAVRAS-CHAVE: Produto de Defesa. Blindados. Composição Probabilística de Preferências.

ABSTRACT: This paper presents a probabilistic approach to the problem of choosing defense products. This problem can be addressed under the scope of a multicriteria decision aid (MCDA). Product attributes in different criteria can be structured in a decision matrix and evaluated by MCDA methods. The option for a probabilistic method is due to the inaccuracy of data driven by operational publications or field tests, in contrast with combat situations. This research used the Composition of Probabilistic Preferences (CPP) to support the decision, from a list of ten alternatives, evaluated in 35 criteria. The use of a quantitative method eliminated the subjectivity of decision support, while the probabilistic approach contributed to the greater realism of choosing a defense product.

KEYWORDS: Defense Products. Tanks. Composition of Probabilistic Preferences.

1 | INTRODUÇÃO

O Processo de A escolha de produtos de defesa (PRODE) pode ser tratada sob o escopo de um problema de apoio à decisão multicritério (*Multiple Criteria Decision Aid* - MCDA). Diferentes atributos de desempenho dos PRODE podem ser utilizados para a comparação entre os produtos selecionados. Quando um PRODE apresenta o melhor desempenho no conjunto de atributos levantados, o processo de escolha é simplificado. Entretanto, na maioria das vezes, os PRODE apresentam desempenhos altos ou baixos para as características selecionadas, tornando complexa a imediata identificação da alternativa que melhor atenda às necessidades do problema. Nesse caso, os métodos MCDA podem auxiliar na escolha do PRODE com desempenho mais satisfatório que os demais.

As decisões multicritério estão presentes em diversos procedimentos na área de Defesa e Segurança Pública (D&SP). Aqui cabe ilustrar processos rotineiros de auxílio à decisão em problemas militares. Diferentes estratégias podem ser avaliadas sob as expressões componentes do Poder Nacional (i.e. Política, Econômica, Militar, Científico-Tecnológica e Psicossocial). Linhas de ação tático-operacionais podem ser submetidas aos Fatores da Decisão (i.e. Missão, Inimigo, Terreno, Meios, Tempo Disponível) e/ou aos Princípios de Guerra (i.e. Unidade de Comando, Surpresa, Simplicidade, Massa, entre outros), durante a etapa inicial do Exame de Situação. No nível tático, as alternativas à localização de Postos de Comando e de áreas de apoio logístico também são frequentemente avaliadas sob critérios específicos (i.e. distâncias de apoio, facilidade de comunicações, orientação ao esforço principal, entre outros). Dessa forma, verifica-se que um problema militar, que requeira a comparação entre duas ou mais alternativas, à luz de dois ou mais critérios, se assemelha à estrutura dos métodos MCDA. Essa similaridade se confirma em manuais doutrinários, ao sugerirem métodos MCDA para a solução de processos decisórios (BRASIL, 2011, 2014, 2015).

Em relação aos manuais citados, o EMA-332 (BRASIL, 2015) apresenta a maior abordagem acerca dos métodos MCDA. Este manual cita diferentes técnicas que poderiam ser exploradas no apoio ao processo decisório (i.e. AHP, Borda, Condorcet, família ELECTRE e PROMETHÉE). Embora o escopo dessa publicação não envolva o aprofundamento em procedimentos de cálculo desses métodos, cabe destacar que as referências representam modelos MCDA determinísticos. Em outras palavras, os métodos citados produzem resultados com base em avaliações exatas das alternativas. Isto significa assumir que as alternativas, diante de eventuais critérios, apresentam desempenhos constantes diante de grandezas imprecisas (i.e. consumo de combustível, custos de manutenção ao longo da vida útil, alcance dos sistemas de armas, entre outros).

A incerteza que envolve as avaliações de desempenho no mercado de defesa é um aspecto a ser considerado. As condições ambientais, o estado de conservação e manutenção dos sistemas e as características do engajamento entre as forças, com

reflexo direto sobre os recursos humanos que operam os sistemas de armas, são apenas alguns aspectos condicionantes que influenciam o desempenho dos PRODE. Por maior que seja o controle de variáveis nos testes operacionais realizados com os meios sob avaliação, os resultados não devem ser admitidos como valores exatos. Dados dos fabricantes tampouco devem ser admitidos com precisão em situações de combate. Assim, é razoável considerar as avaliações por medidas imprecisas. Pensadores, historiadores e estrategistas militares já alertavam sobre a influência de fatores imponderáveis em combate, que conferem incerteza ao fenômeno da guerra (CLAUSEWITZ, 1976; ECHEVARRIA, 2003; GRAY, 2005; STRACHAN, 2013).

A incerteza aqui mencionada pode ser associada a variáveis aleatórias contínuas, cujo comportamento se traduz em distribuições de probabilidades. Assim, os valores exatos dos manuais dos fabricantes são transformados em parâmetros de posição (i.e. média, moda, mediana) de uma distribuição de probabilidade que melhor se adequa ao contexto do problema. Para ilustrar esse procedimento de “aleatorização”, o alcance máximo de 1800 metros de um morteiro 60mm, com o tubo nivelado a 45 graus, pode ser assumido como o valor mais frequente de uma distribuição simétrica (i.e. Normal) ou assimétrica (i.e. Beta, Gama, triangular, entre outras). Essa transformação traz maior aderência ao uso das tabelas de manuais doutrinários a problemas reais, por admitir a variabilidade de desempenho dos sistemas de armas em situações complexas de serem descritas e modeladas.

Entretanto, um problema de apoio à decisão com base de dados representada por variáveis aleatórias impõe o uso de um método capaz de lidar com a imprecisão das informações. A Composição Probabilística de Preferências (CPP) é um método MCDA adequado a esse contexto. O CPP foi inicialmente proposto por (SANT’ANNA; SANT’ANNA, 2001) recebendo novas aplicações em (SANT’ANNA, 2015). O CPP atende aos propósitos típicos dos problemas MCDA (i.e. ordenação, classificação, avaliação dinâmica, entre outras), com variantes de composição probabilística que ampliam as perspectivas do apoio à decisão. O método é versátil na aplicação de composições mais simples (i.e. soma ponderada de probabilidades), intermediárias (i.e. composições por eixos), a mais complexas (i.e. composição por capacidades e integrais de Choquet).

Este artigo tem por finalidade reavaliar um problema acadêmico de aquisição de blindados, à luz do CPP. Os dados originais do exercício de Estudo de Estado-Maior (EEM) foram “aleatorizados” e submetidos às três formas de composição das preferências apresentadas por (SANT’ANNA, 2015): por soma ponderada, por eixos e por capacidades agregadas por integrais de Choquet. O uso de um método MCDA quantitativo contribuiu para contemplar quantitativamente as incertezas associadas à subjetividade do procedimento de escolha do blindado que melhor atende ao contexto do problema. O uso do CPP trouxe maior aderência do exercício ao ambiente real, indicando uma nova abordagem aos problemas de EEM. As diferentes composições probabilísticas contribuem com novas perspectivas à tomada de decisão.

O artigo se estrutura em quatro Seções. Após a seção introdutória, a Seção 2 resume o método CPP e os procedimentos de cálculo das composições probabilísticas. A Seção 3 reavalia o problema acadêmico, à luz do CPP. Por fim, a Seção 4 traz as considerações finais desta pesquisa. Os cálculos foram efetuados no software “R” (R-CORE-TEAM, 2018).

2 | O MÉTODO CPP

O CPP é um método MCDA que explora o conceito-chave da “aleatorização” das alternativas. No CPP, as avaliações exatas das alternativas são consideradas medidas de posição (i.e. média, moda, mediana) de uma variável aleatória contínua. Essa transformação permite o tratamento estatístico das avaliações por funções de probabilidade. Nesta pesquisa são utilizadas distribuições Normais. Isto indica a possibilidade de desvios equivalentes tanto para mais quanto para menos, em torno dos valores exatos da base de dados original. As funções de probabilidade (i.e. densidade, cumulativa, cumulativa inversa e randômica) de uma distribuição Normal se encontram embarcadas no software “R” (R-CORE-TEAM, 2018).

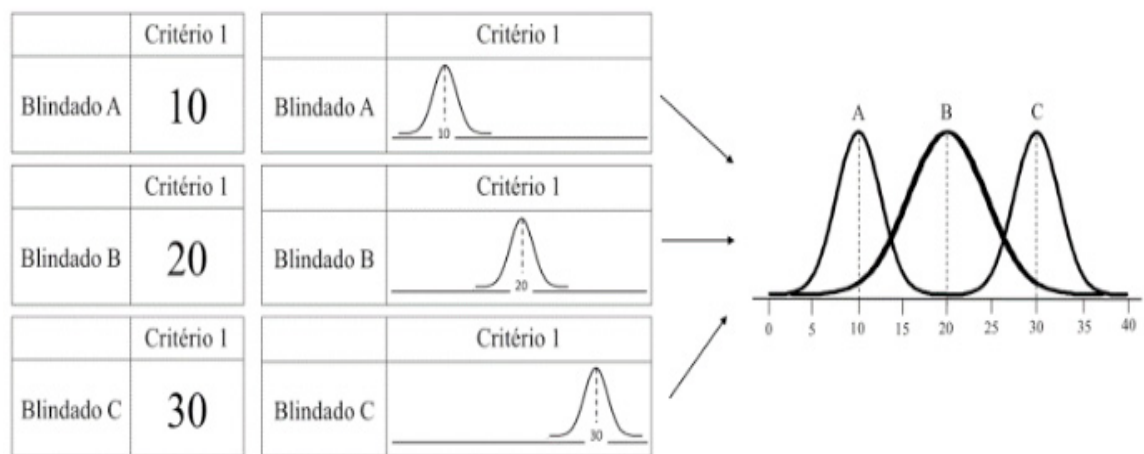


Fig. 1 – “Aleatorização” das avaliações

A Fig. 1 ilustra a “aleatorização” de três alternativas genéricas, que possuem valores modais e desvios-padrão diferentes. Nos quadros à esquerda, são observados os valores exatos da base de dados e, nos quadros à direita, a transformação desses valores nas distribuições normais.

Após o processo de “aleatorização”, são calculadas as probabilidades de cada alternativa i ser superior (M_{ij}) e inferior (m_{ij}) às demais, em cada critério j . Nas equações (1) e (2), um vetor aleatório, “X”, simboliza as alternativas do problema. As funções relativas à i -ésima alternativa são indexadas por “ i ” e as demais por “-”. As notações F_x , f_x e D_{x_i} são, respectivamente, a função distribuição cumulativa (cdf), a função densidade de probabilidade (pdf) e o domínio da variável aleatória “X” (SANT’ANNA et al., 2012).

$$M_{ij} = \int_{D_{x_i}} \left[\prod F_{x_{-i}}(x_{-i}) \right] f_{x_i}(x_i) dx_i \quad (1)$$

$$m_{ij} = \int_{D_{x_i}} \left[\prod (1 - F_{x_{-i}}(x_{-i})) \right] f_{x_i}(x_i) dx_i \quad (2)$$

Após os cálculos das probabilidades “ M_{ij} ” e “ m_{ij} ”, efetua-se o último procedimento do CPP. Esses valores de “ M_{ij} ” e “ m_{ij} ” precisam ser compostos para a obtenção do escore final de cada alternativa, cuja dimensão define a ordem de preferência do CPP. Em (SANT’ANNA, 2015), três formas de composição das preferências são apresentadas: soma ponderada, eixos e capacidades agregadas por integrais de Choquet.

2.1 A Composição por Soma Ponderada

A composição por soma ponderada (SP) é a mais simples, sendo também utilizada em diversos métodos MCDA. Esse modelo clássico é atribuído a (KEENEY; RAIFFA, 1976). Pesos são arbitrados aos critérios e os escores finais são compostos por soma ponderada, a partir das probabilidades de maximizar as avaliações. Essas probabilidades, obtidas em etapa anterior, proporcionam a normalização das escalas, evitando distorções decorrentes de eventuais diferenças entre as unidades de medida dos critérios. O procedimento de combinação linear é também explorado em outros métodos (i.e. Borda, Condorcet, AHP, entre outros).

A Equação (3) descreve essa combinação linear. A notação $p_j(A)$ indica a probabilidade de escolha da alternativa A no j-ésimo critério e $p(B_j)$ o peso arbitrado ao mesmo critério, de um total de n critérios.

$$p(A) = \sum_{j=1}^n p_j(A) p(B_j) \quad (3)$$

Diversas técnicas podem auxiliar a obtenção dos pesos, conforme descrevem (POMEROL; BARBA-ROMERO, 2012). Nesta pesquisa, foram calculados pesos a partir do modelo de entropia, proposto por (SHANNON, 1949). Esse modelo associa a variância das avaliações em cada critério como fator de importância. Assim, o critério com maior dispersão dos dados recebe o maior peso entre [0;1].

Inicialmente, os valores originais “ a_{ij} ” da base de dados devem ser normalizados. O procedimento mais usual é dividir cada valor “ a_{ij} ” pela soma dos valores, em cada critério. Em seguida são calculadas as entropias E , conforme a Equação (4). O valor k é uma constante, obtida a partir da quantidade m de alternativas, conforme a Equação (5). Em decorrência dos resultados de E serem próximos de “1”, para valores de “ a_{ij} ” com reduzida variância, torna-se necessário efetuar o cálculo do poder discriminatório

D do j -ésimo critério, conforme a Equação (6). Por fim, os pesos w são obtidos por normalização, conforme a Equação (7). Essas etapas de cálculo dos pesos por entropia estão detalhadas em (POMEROL; BARBA-ROMERO, 2012).

$$E_j = -k \sum_i a_{ij} \log(a_{ij}) \quad (4)$$

$$k = 1 / \log(m) \quad (5)$$

$$D_j = 1 - E_j \quad (6)$$

$$w_j = D_j / \sum_j D_j \quad (7)$$

A redução de subjetividade na escolha dos pesos por entropia, por explorar exclusivamente as características dos dados, pode divergir do julgamento de valor do decisor. Nesse caso, (POMEROL; BARBA-ROMERO, 2012) sugerem procedimentos para a adoção de valores intermediários, que atendam a solução de compromisso entre a subjetividade e a objetividade da escolha dos pesos aos critérios. Outras limitações inerentes ao uso de métodos aditivos estão descritas em (ALMEIDA, 2013).

2.2 A Composição por Eixos

Essa abordagem é mais intuitiva que as demais, não incorre em eventual arbitrariedade na atribuição dos pesos e apresenta complexidade intermediária entre as três composições do CPP aqui exploradas. Em relação aos eixos, (SANT'ANNA, 2015) definiu um eixo progressista-conservador para associar diferentes pontos de vista ao contexto da tomada de decisão. As composições com base em " M_{ij} " são denominadas progressistas, por associar a decisão à maximização de ganhos. Nesse caso, os ganhos estão associados às probabilidades de maximizar as preferências. As composições com base em " m_{ij} " são denominadas conservadoras, por associar a decisão à minimização de perdas, representadas pelas probabilidades de minimizar as preferências. As composições que requerem a maximização " M_{ij} " e a minimização " m_{ij} " simultânea em todos os critérios são denominadas pessimistas, enquanto as otimistas são satisfeitas com a máxima ou mínima preferência em ao menos um critério.

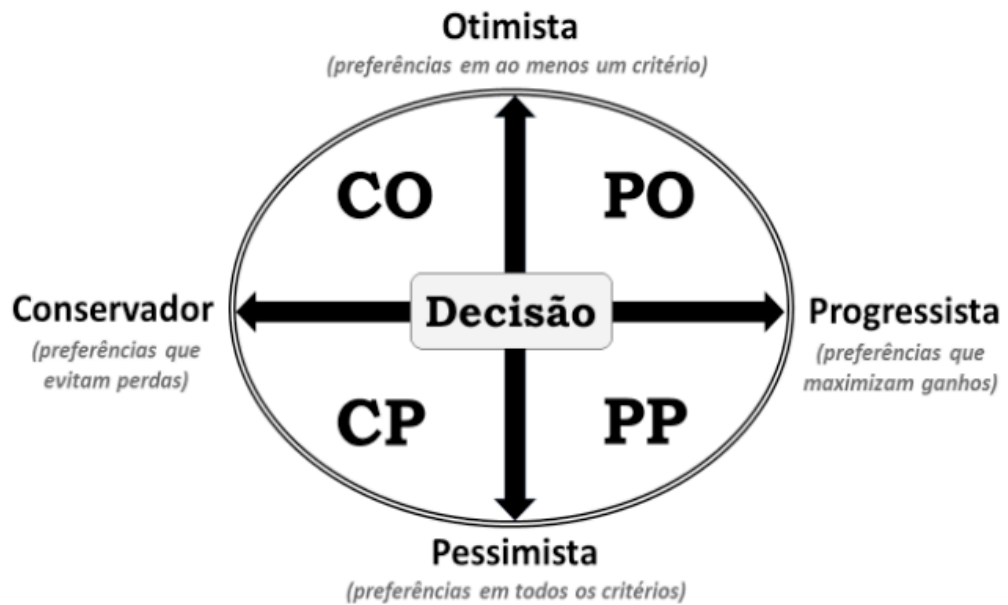


Fig. 2 – Composição por Eixos

Fonte: (GAVIÃO et al., 2016).

Nesse tipo de composição do CPP, é possível associar a tomada de decisão a quatro pontos de vista, gerados a partir da interseção dos eixos progressista-conservador e otimista-pessimista, conforme descrito na Fig.2. Em síntese, as probabilidades “ M_{ij} ” e “ m_{ij} ” são compostas em escores globais, para diferentes pontos de vista do decisor. O maior dos escores indica a alternativa recomendada à tomada de decisão para cada ponto de vista.

Outro aspecto que a composição por eixo leva em consideração é a possibilidade de admitir relações de dependência entre os critérios. O conceito de independência das variáveis é considerado “muito importante”, em função da simplicidade proporcionada no cálculo da probabilidade conjunta de variáveis, equivalendo ao produto de suas probabilidades marginais e sendo amplamente explorado nos mais diversos métodos estatísticos (LARSON, 1982).

Ponto de vista	Independência	Máxima dependência
Progressista-Pessimista	(8) $PP_i = \prod M_{ij}$	(12) $PP_i = \min M_{ij}$
Progressista-Otimista	(9) $PO_i = 1 - \prod (1 - M_{ij})$	(13) $PO_i = \max M_{ij}$
Conservador-Pessimista	(10) $CP_i = \prod (1 - m_{ij})$	(14) $CP_i = 1 - \max m_{ij}$
Conservador-Otimista	(11) $CO_i = 1 - \prod m_{ij}$	(15) $CO_i = 1 - \min m_{ij}$

Quadro 1 – Composição por eixos

Fonte: (SANT’ANNA, 2015).

Nesse contexto, (SANT’ANNA, 2015) formulou hipóteses de independência e

máxima dependência entre os critérios, na composição por eixo, conforme descreve o Quadro 1. Na hipótese mais simples de independência das avaliações, o decisor objetiva selecionar a alternativa com a melhor performance segundo o conjunto de critérios. Essa composição, denominada Progressista-Pessimista (PP), conforme a Equação (8), é obtida com o produto dos “ M_{ij} ” da i -ésima alternativa na totalidade dos critérios, com a seleção do maior score global. A composição Progressista-Otimista (PO), conforme a Equação (9), ordena as alternativas por melhor performance em ao menos um critério. A composição Conservadora-Pessimista (CP), conforme a Equação (10), ordena as alternativas sob a condição de que não apresentem a pior performance segundo o conjunto de critérios. Por fim, a composição Conservadora-Otimista (CO), conforme a Equação (11) permite ordenar as alternativas que não apresentem a pior performance em ao menos um critério. As Equações (12) a (15) se referem aos cálculos para a relação de máxima dependência entre os critérios.

2.3 A composição por capacidades e integrais de Choquet

A composição por capacidades e integrais de Choquet é a mais complexa do CPP. Entretanto, essa composição inclui mais informação para a tomada de decisão. Os modelos MCDA utilizam, em geral, algoritmos com base no desempenho das alternativas isoladamente em cada critério (POMEROL; BARBA-ROMERO, 2012). Na prática, entretanto, a tomada de decisão pode envolver avaliações decorrentes de interações dos critérios. Nesse contexto, a teoria das capacidades de (CHOQUET, 1953) foi adaptada com sucesso em problemas MCDA, com ampla variedade de aplicações (GRABISCH; ROUBENS, 2000; GRABISCH; LABREUCHE, 2010; MERAD et al., 2013)].

Sob o ponto de vista MCDA, uma “capacidade” pode ser interpretada como pesos atribuídos aos subconjuntos de critérios do problema, sendo agregados por integrais de Choquet para a obtenção de um score final de cada alternativa, que indica uma ordem de preferências para a tomada de decisão (GRABISCH et al., 2006).

A expressão “CPP-Choquet” é aqui utilizada para denominar o uso do CPP na composição por capacidades e integrais de Choquet, para a ordenação de alternativas em problemas MCDA. O CPP-Choquet usa o cálculo da probabilidade de união dos critérios para definir as capacidades dos subconjuntos que eles formam. Dessa forma, os scores de probabilidade refletem a interação entre os critérios. Esse cálculo probabilístico se aplica tanto a pares de critérios quanto a maior quantidade de interações.

Após as etapas iniciais de “aleatorização” da base de dados e cômputo de “ M_{ij} ” e “ m_{ij} ”, são efetuados o cálculo das capacidades dos subconjuntos de critérios e a composição das integrais de Choquet para as alternativas. Dessa forma, já é possível ordenar as alternativas, conforme os valores das integrais de Choquet. Se necessário, efetua-se o cálculo dos índices de Shapley dos critérios, de forma a identificar seus

respectivos graus de importância (SHAPLEY, 1953).

As capacidades para os conjuntos de critérios são derivadas das probabilidades dos conjuntos de alternativas. Para um conjunto N de n critérios, devem ser calculadas as capacidades μ para 2^n subconjuntos de critérios. As capacidades pertencem ao intervalo [0,1] e devem satisfazer as condições: $\mu(\{\emptyset\}) = 0$, $\mu(\{N\}) = 1$ e, para quaisquer subconjuntos E e $F \subset N$, se $E \subset F$, então $\mu(E) \leq \mu(F)$. Essa etapa envolve três passos. Inicialmente, para cada S, subconjunto de N com s critérios, $S = \{C_1, \dots, C_s\}$, são calculadas as probabilidades conjuntas de maximizar as preferências em ao menos um critério do subconjunto, usando a Equação (16), em que, para cada i, P_{ai} denota a avaliação da alternativa a pelo critério C_i . Esse cálculo representa um escore do ponto de vista progressista-otimista do CPP, para avaliações independentes (SANT'ANNA, 2015).

$$P(\{C_1, \dots, C_s\}) = 1 - [(1 - P_{a1}) \cdot (1 - P_{a2}) \dots (1 - P_{as})] \quad (16)$$

Em seguida, são selecionados os valores máximos das probabilidades de cada subconjunto, entre os resultados da aplicação da Equação (16) para as alternativas, conforme a Equação (17). Esses valores máximos são, por fim, padronizados, tornando-os proporções do de maior valor, indicado por U, conforme a Equação (18). Os resultados são associados a capacidades $\mu(S)$ dos subconjuntos dos critérios, utilizadas nos cálculos subsequentes.

$$U = \text{Max}\{C_1, \dots, C_s\} = \max_a \{1 - [(1 - P_{a1}) \cdot (1 - P_{a2}) \dots (1 - P_{as})]\} \quad (17)$$

$$\mu(\{C_1, \dots, C_s\}) = P(\{C_1, \dots, C_s\}) / P(U) \quad (18)$$

As avaliações probabilísticas das alternativas são compostas por integrais de Choquet. O maior resultado entre os escores finais define a preferência para a tomada de decisão.

$$CH_{\mu}(A) = \sum_{j=1}^n p_{\tau(j)}(A) - p_{\tau(j-1)}(A) \mu(\{\tau(j), \dots, \tau(n)\}) \quad (19)$$

O escore final "CH" pode ser obtido a partir da Equação (19). A notação descreve a integral de Choquet da alternativa A, em j critérios, em relação à capacidade μ em S, considerando ainda que τ é uma permutação de S satisfazendo $p_{\tau(j)}(A) > p_{\tau(j-1)}(A)$ e arbitrando $p_{\tau(0)}(A) = 0$. Mais detalhes também podem ser obtidos em (SANT'ANNA, 2015).

2.4 Agregação das composições do CPP

As formas de composição do CPP, para uma base de dados, podem produzir rankings diferentes. Embora (SANT'ANNA, 2015) também aplique o CPP em bases de dados ordinais, em que as avaliações são compostas por rankings das alternativas, optou-se pela agregação por outro método MCDA, de forma a evitar o uso repetido de alguma forma de composição do CPP, explorada nas etapas anteriores. Esta pesquisa optou pelo método Borda, por simplicidade. Nesse método, o ranking decorre da soma dos coeficientes relativos a cada ordem ocupada pelas alternativas. A menor soma indica que a alternativa obteve a menor soma de classificações em cada critério.

3 | APLICAÇÃO

Este artigo reavaliou um problema acadêmico de aquisição de blindados, à luz do CPP. Os dados foram importados do exercício de Estudo de Estado-Maior (EEM), realizado na Escola de Guerra Naval (EGN). O trabalho acadêmico teve por finalidade aplicar a metodologia do EEM, de forma a propor uma solução para a aquisição de 24 unidades de blindados sobre rodas (SR). Naquele trabalho, dez modelos blindados SR foram avaliados em cinco grupos (i.e. dados dos fabricantes, capacidade anfíbia, custos, capacidade logística dos fabricantes e avaliação operacional), totalizando 35 critérios. Dez desses critérios foram selecionados como Requisitos de Alto Nível de Sistemas (RANS), seguindo o processo de aquisição de PRODE, conforme descrito no exercício. Dessa forma, os RANS consistiram em um grupo específico para os cálculos do CPP.

A base de dados também discrimina os critérios com impacto positivo (i.e. quanto maior melhor) e negativo (i.e. quanto menor melhor) para a solução do problema. Também estão indicados os pesos por entropia de cada critério. Em seguida foram calculadas as " M_{ij} " e " m_{ij} ". Por necessidade de concisão do texto, a base de dados e as probabilidades de maximizar e minimizar as avaliações foram reduzidas a códigos QR, no Apêndice. Cabe ainda ressaltar que os dados técnicos dos dez blindados SR foram elaborados pela Escola para fins de aplicação acadêmica.

Os cálculos foram efetuados para os três tipos de composição descritos neste artigo. Além disso, para cada composição, foram efetuados os cálculos para o conjunto de 35 critérios e para os seis grupos de critérios, separadamente. Com a finalidade de padronizar as escalas dos resultados e facilitar eventuais comparações, as tabelas aqui expostas apresentam os rankings de cada blindado nos grupos de critérios. Os valores fracionários indicam empates entre ordens adjacentes, sendo considerada a média aritmética das posições de empate.

A agregação dos rankings das tabelas foi efetuada com o método Borda, através de coeficientes unitários. Os resultados foram divididos em várias tabelas para simplificar a visualização, sendo analisados ao final.

Alt	CPP SP	CPP Eixo PP	CPP Eixo PO	CPP Eixo CP	CPP Eixo CO	CPP Choquet	Borda	Rank
Bld A	1	4	1	9	1	2	18	1
Bld B	2	2	6	4	1	4,5	19,5	2
Bld C	4	5	3	3	1	4,5	20,5	3
Bld D	10	7	5	5	1	1	29	5
Bld E	6	9	2	8	1	3	29	5
Bld F	3	10	7	10	1	6	37	8
Bld G	5	3	9	1	1	10	29	5
Bld H	9	8	10	7	1	9	44	10
Bld I	8	6	8	6	1	8	37	8
Bld J	7	1	4	2	1	7	22	4

Tabela 2 – Resultados do conjunto de 35 critérios

Alt	CPP SP	CPP Eixo PP	CPP Eixo PO	CPP Eixo CP	CPP Eixo CO	CPP Choquet	Borda	Rank
Bld A	1	2	2	3	2	2	12	1
Bld B	6	1	3	1	2	4	17	2
Bld C	2	9	8	8	8	7	42	8
Bld D	8	3	1	5	2	1	20	3
Bld E	4	8	5	9	9	3	38	6
Bld F	10	10	10	10	10	8	58	10
Bld G	5	6	7	6	6	9	39	7
Bld H	9	7	9	7	7	10	49	9
Bld I	3	4	6	2	5	6	26	4
Bld J	7	5	4	4	4	5	29	5

Tabela 3 – Resultados do Grupo 1 (dados dos fabricantes)

Alt	CPP SP	CPP Eixo PP	CPP Eixo PO	CPP Eixo CP	CPP Eixo CO	CPP Choquet	Borda	Rank
Bld A	5	1	1	1	1	1	10	1
Bld B	4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	16,5	3
Bld C	1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	13,5	2
Bld D	9	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	51,5	9
Bld E	8	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	50,5	8
Bld F	10	10	10	10	10	10	60	10
Bld G	7	5	5	5	5	5	32	5
Bld H	2	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	34,5	6
Bld I	6	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	38,5	7
Bld J	3	4	4	4	4	4	23	4

Tabela 4 – Resultados do Grupo 2 (capacidade anfíbia)

Alt	CPP SP	CPP Eixo PP	CPP Eixo PO	CPP Eixo CP	CPP Eixo CO	CPP Choquet	Borda	Rank
Bld A	1	1	1	1	1	1	6	1
Bld B	8	7	8	7	7	9	46	8
Bld C	3	2	2	3	2	2	14	2
Bld D	2	3	4	4	3	4	20	3
Bld E	6	9	6	9	9	5	44	7
Bld F	10	10	10	10	10	10	60	10
Bld G	7	6	7	2	6	8	36	6
Bld H	5	5	5	5	5	6	31	5
Bld I	9	8	9	8	8	7	49	9
Bld J	4	4	3	6	4	3	24	4

Tabela 5 – Resultados do Grupo 3 (Custos)

Alt	CPP SP	CPP Eixo PP	CPP Eixo PO	CPP Eixo CP	CPP Eixo CO	CPP Choquet	Borda	Rank
Bld A	1	10	1	10	2	1	25	4
Bld B	6	4	5	5	5	6	31	5
Bld C	2	1	2	1	1	4	11	1
Bld D	7	5	6	6	6	7	37	6
Bld E	4	3	4	3	4	5	23	3
Bld F	5	6	8	8	7	8	42	7
Bld G	9	8	10	4	10	10	51	9
Bld H	10	7	9	7	9	9	51	9
Bld I	8	9	7	9	8	2	43	8
Bld J	3	2	3	2	3	3	16	2

Tabela 6 – Resultados do Grupo 4 (capacidade logística dos fabricantes)

Alt	CPP SP	CPP Eixo PP	CPP Eixo PO	CPP Eixo CP	CPP Eixo CO	CPP Choquet	Borda	Rank
Bld A	7	10	10	10	10	10	57	10
Bld B	10	8	6	8	2	4	38	6
Bld C	8	4	4	4	5	5,5	30,5	4
Bld D	6	7	8	5	8	7	41	8
Bld E	1	1	1	1	2	1	7	1
Bld F	2	2	2	7	2	2	17	2
Bld G	9	5	7	2	7	8	38	6
Bld H	5	9	9	9	9	9	50	9
Bld I	4	3	3	3	4	3	20	3
Bld J	3	6	5	6	6	5,5	31,5	5

Tabela 7 – Resultados do Grupo 5 (avaliação operacional)

Alt	CPP SP	CPP Eixo PP	CPP Eixo PO	CPP Eixo CP	CPP Eixo CO	CPP Choquet	Borda	Rank
Bld A	2	10	9	10	10	9	50	9
Bld B	10	6	6	6	3	6	37	7
Bld C	1	7	4	3	3	4	22	3
Bld D	9	5	7	5	8	7	41	8
Bld E	4	1	1	9	3	1	19	1
Bld F	8	9	2	7	3	2	31	5
Bld G	7	3	8	1	7	8	34	6
Bld H	5	8	10	8	9	10	50	9
Bld I	3	4	5	4	6	5	27	4
Bld J	6	2	3	2	3	3	19	1

Tabela 8 – Resultados do Grupo 6 (RANS)

Alt	Geral	Gp 1	Gp 2	Gp 3	Gp 4	Gp 5	Gp 6	Borda	Rank
Bld A	1	1	1	1	4	10	9	27	3
Bld B	2	2	3	8	5	6	7	33	5
Bld C	3	8	2	2	1	4	3	23	1
Bld D	5	3	9	3	6	8	8	42	6
Bld E	5	6	8	7	3	1	1	31	4
Bld F	8	10	10	10	7	2	5	52	9
Bld G	5	7	5	6	9	6	6	44	8
Bld H	10	9	6	5	9	9	9	57	10
Bld I	8	4	7	9	8	3	4	43	7
Bld J	4	5	4	4	2	5	1	25	2

Tabela 9 – Resultados Globais

Os resultados dos rankings para os diferentes grupos de critérios não indicam uma alternativa com o melhor desempenho em todas as avaliações. De fato, o Blindado C, com o desempenho mais satisfatório sob o ponto de vista global, foi o melhor classificado somente no grupo 4 (Capacidade logística dos fabricantes). Isto demonstra a complexidade de um processo decisório com tal dimensão de critérios e avaliações. A irregularidade de desempenho da alternativa C também se verifica nas demais, o que indica a necessidade de uma metodologia capaz de lidar com essas oscilações nas avaliações. Os métodos MCDA se adequam a esse contexto.

O Blindado J também apresentou desempenho similar ao do Blindado C, obtendo a melhor classificação somente em um conjunto de critérios (i.e. RANS). Por outro lado, o Blindado A obteve a melhor classificação em quatro conjuntos, o que não a contraindicaria para uma eventual escolha pelo decisor. Entretanto, os desempenhos insatisfatórios no Grupo 5 e no RANS comprometeram a classificação pelo método Borda. Isto não impede que outra forma de agregação dos rankings indique outra alternativa como mais satisfatória. Em resumo, a unanimidade de rankings não é uma característica comum em métodos MCDA, ou, nesse caso, aos diversos tipos de

composição do CPP. Os métodos MCDA não se destinam à busca de uma solução ótima, mas soluções satisfatórias ao problema.

No problema sob análise, a interpretação dos resultados deve considerar que o Blindado C reúne as condições e propriedades mais satisfatórias para a escolha do decisor. Isto não impede a escolha da 2ª ou 3ª alternativas, que também apresentaram bons resultados parciais nos grupos de critérios. De fato, os métodos MCDA se destinam ao apoio à decisão. Por outro lado, é razoável admitir que as opções F, G, H e I são insatisfatórias. Sob o ponto de vista global, os desempenhos desses blindados foram inferiores aos demais, o que os contraindica para a solução do problema. Essa informação parcial já contribui sobremaneira ao tomador de decisão, que tem diante de si um portfólio de dez opções avaliadas em 35 critérios. A eliminação das alternativas insatisfatórias também consiste em valiosa informação ao processo decisório.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve por finalidade reavaliar um problema acadêmico de EEM, sob a ótica do CPP. O uso de um método MCDA probabilístico se mostrou adequado à natureza do problema, em face da importância de se considerar a imprecisão das medidas de desempenho. Essa abordagem trouxe maior realismo à escolha de um PRODE. Diversos atributos de desempenho de meios militares não costumam retratar informações precisas. Dados imprecisos podem ser melhor representados e modelados através de distribuições de probabilidade. Mesmo com dados gerados a partir de avaliações operacionais dos meios, os resultados obtidos não devem ser considerados constantes. O uso do CPP permitiu ordenar as alternativas, reduzindo a subjetividade da escolha do tomador de decisão.

Do problema acadêmico foram considerados somente os dados referentes ao desempenho dos blindados nas 35 variáveis. Esta pesquisa não efetuou comparações com os resultados obtidos a partir do método EEM. Tampouco foi obtido o tempo médio de análise do problema à luz do EEM. Entretanto é possível assumir que a natureza qualitativa do EEM tende a ampliar o tempo de análise, principalmente em se tratando de contextos complexos, com tal dimensão de critérios. A aplicação do CPP, através dos algoritmos implementados no software R, produz resultados quase instantaneamente, o que pode atender a eventuais urgências do tomador de decisão.

Algumas futuras pesquisas podem decorrer desta. A utilização de coeficientes unitários no método Borda assumiu um comportamento linear dos rankings. A atribuição de coeficientes que privilegiem as melhores posições confere não-linearidade ao processo e pode trazer informações diferentes ao processo decisório. A análise de correlações ordinais entre as diferentes composições também pode ser implementada. Isto permite avaliar o efeito dos resultados gerais das avaliações nos 35 critérios com os obtidos em cada grupo de critérios. Isto pode ser útil à análise dos RANS, de forma a verificar qual grupo apresenta maior aderência a esses requisitos.

5 | AGRADECIMENTOS

Aos Instrutores da disciplina de EEM da Escola de Guerra Naval (EGN), pela cessão dos dados do exercício realizado no Curso de Estado-Maior para Oficiais Superiores (C-EMOS 2016).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. T. de. **Processo de Decisão nas Organizações: construindo modelos de decisão multicritério**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2013.
- BRASIL. **MD30-M-01 - Doutrina de Operações Conjuntas (II Vol)**. Brasília-DF: Ministério da Defesa, 2011.
- BRASIL. **EB20-MC-10.211 Processo de Planejamento e Condução das Operações Terrestres**. [s.l.: s.n.]
- BRASIL. **EMA-332 - Processo Decisório e Estudo de Estado-Maior (I Rev)**. Brasília-DF, Brasil: Marinha do Brasil - Estado Maior da Armada, 2015.
- CHOQUET, G. Theory of capacities. In: Annales de l'institut Fourier, **Anais...** Institut Fourier, 1953.
- CLAUSEWITZ, C. von. **On War**, trans. **Michael Howard and Peter Paret**. New York: Princeton: Princeton University Press, 1976.
- ECHEVARRIA, A. J. **Globalization and the Nature of War**. Carlisle Barracks, PA: U.S Army War College, Strategic Studies Institute, 2003. .
- GAVIÃO, L. O.; SILVA, R. F. da; SANT'ANNA, A. P.; LIMA, G. B. A. Ordenação de Municípios por Potencial de Contaminação de Águas com Fármacos Oncológicos por Composição Probabilística de Preferências [Powerpoint slides in Portuguese]. In: XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Vitória. **Anais...** Vitória: 2016.
- GRABISCH, M.; KOJADINOVIC, I.; NANTES, S. P.; MEYER, P. Using the Kappalab R package for capacity identification in Choquet integral based MAUT. In: 11th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-based Systems, **Anais...**2006. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.107.905&rep=rep1&type=pdf>>.
- GRABISCH, M.; LABREUCHE, C. A decade of application of the Choquet and Sugeno integrals in multi-criteria decision aid. **Annals of Operations Research**, v. 175, n. 1, p. 247–290, 2010.
- GRABISCH, M.; ROUBENS, M. Application of the Choquet integral in multicriteria decision making. **Fuzzy Measures and Integrals-Theory and Applications**, p. 348–374, 2000.
- GRAY, C. S. How has war changed since the end of the Cold War? **Parameters**, v. 35, n. 1, p. 14–26, 2005.
- KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs**. New York: John Wiley & Sons, 1976.
- LARSON, H. **Introduction to probability theory and statistical inference**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1982.
- MERAD, M.; DECHY, N.; SERIR, L.; GRABISCH, M.; MARCEL, F. Using a multi-criteria decision aid methodology to implement sustainable development principles within an organization. **European**

Journal of Operational Research, v. 224, n. 3, p. 603–613, 2013.

POMEROL, J.-C.; BARBA-ROMERO, S. **Multicriterion decision in management: principles and practice**. New York: Springer, 2012.

R-CORE-TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. <http://www.R-project.org> Vienna, Austria, 2018. .

SANT'ANNA, A. P. **Probabilistic Composition of Preferences, Theory and Applications**. New York: Springer, 2015.

SANT'ANNA, A. P.; GOMES, L. F. A. M.; COSTA, F. F. da; RANGEL, L. A. D.; FARIA, M. J. da S.; FERREIRA, R. G.; FILHO, R. M. M.; RIBEIRO, R. O. A.; SENNA, V. de. Análise multicritério baseada em probabilidades de preferência. In: OLIVEIRA, V. F. DE; CAVENAGHI, V.; MÁSCULO, F. S. (Ed.). **Tópicos emergentes e desafios metodológicos em Engenharia de Produção: casos, experiências e proposições - Volume V**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2012. p. 258.

SANT'ANNA, A. P.; SANT'ANNA, L. A. F. P. Randomization as a stage in criteria combining. In: International Conference on Industrial Engineering and Operations Management - VII ICIEOM, Salvador. **Anais...** Salvador: 2001.

SHANNON, C. E. Communication theory of secrecy systems. **Bell system technical journal**, v. 28, n. 4, p. 656–715, 1949.

SHAPLEY, L. S. A Value for n-person games. In Kuhn, H.W. and Tucker, A.W. (Eds). Contributions to the Theory of Games. vol II. **Annals of Mathematics Studies**, v. 28, p. 307–317, 1953.

STRACHAN, H. **The direction of war: contemporary strategy in historical perspective**. [s.l.] Cambridge University Press, 2013.

SOBRE O ORGANIZADOR

Ernane Rosa Martins - Doutorado em andamento em Ciência da Informação com ênfase em Sistemas, Tecnologias e Gestão da Informação, na Universidade Fernando Pessoa, em Porto/Portugal. Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, possui Pós-Graduação em Tecnologia em Gestão da Informação, Graduação em Ciência da Computação e Graduação em Sistemas de Informação. Professor de Informática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG (Câmpus Luziânia), ministrando disciplinas nas áreas de Engenharia de Software, Desenvolvimento de Sistemas, Linguagens de Programação, Banco de Dados e Gestão em Tecnologia da Informação. Pesquisador do Núcleo de Inovação, Tecnologia e Educação (NITE), certificado pelo IFG no CNPq.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-478-8

