

ANÁLISE DE MODELOS DE AERONAVES NÃO TRIPULADAS (DRONES) PARA EMPREGO NA ATIVIDADE POLICIAL, ATRAVÉS DE MÉTODOS DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO.

Gustavo Soares de Assis¹

Resumo: O presente artigo se propõe a auxiliar os gestores do Grupamento Aeromóvel (GAM) da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro, em relação a seleção do modelo mais adequado de Aeronave Não Tripulada (DRONE) para emprego na atividade policial, através da utilização de método de auxílio multicritério à decisão, uma ramificação da ciência da Pesquisa Operacional.

Palavras-Chave: Aeronave Não Tripulada; Auxílio Multicritério à Decisão; Grupamento Aeromóvel (GAM); Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ); SAPEVO-M.

Abstract: The present article proposes to support the managers of the Air Mobile Unit (GAM) of the Military Police of the Rio de Janeiro State, to select the most suitable Unmanned Aircraft (DRONE) for the police activity, through the use of a multicriteria methodology for decision aiding, a branch of the science of Operational Research.

Keywords: Unmanned Aircraft (DRONE); Multicriteria Methodology for Decision Aiding; Air Mobile Unit (GAM); Military Police of the Rio de Janeiro State (PMERJ); SAPEVO-M.

¹ Major da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro. Artigo produzido como trabalho da disciplina de Tecnologias de Informação aplicadas à Gestão da Cadeia de Suprimentos, do Instituto Militar de Engenharia do Exército Brasileiro (IME), desenvolvido sob a orientação do Prof. Dr. Marcos Santos.

INTRODUÇÃO

O estado do Rio de Janeiro, localizado na região sudeste do país, possui uma área de 43.696 Km² e uma população de aproximadamente 16,46 milhões de habitantes. Em seu território, há inúmeras regiões conflagradas, onde práticas de crime são comumente realizadas, como o tráfico de drogas, por exemplo.

Tais atividades criminosas demandam uma atuação eficiente do Estado, através de ações de inteligência e de policiamento, com o fito de coibir a realização de delitos e manter a ordem pública.

Além dos fatores acima narrados, o Estado possui características importantes que lhe conferem relevância no cenário nacional e mundial e, por isso, recentemente foi sede de grandes eventos como Copa do Mundo de Futebol, Jogos Olímpicos, Encontro Mundial da Juventude, manifestações políticas, entre outros, que demandaram grandes investimentos na área de segurança pública.

Para que o planejamento na área de segurança pública seja realizado com eficiência e eficácia, é premente a utilização de ferramentas que permitam aos órgãos envolvidos uma atuação segura e com inteligência, principalmente através do monitoramento e levantamento de informações.

Dadas as características das práticas de crime e dos eventos que ocorrem na região, se faz necessário um mapeamento das áreas conflagradas, bem como o monitoramento em tempo real de diversas localidades, principalmente quando estiverem ocorrendo operações, a fim de permitir aos policiais uma melhor tomada de decisão, através do abastecimento com informações relevantes.

Atualmente, a Secretaria de Estado de Polícia Militar (SEPM), através do Grupamento Aeromóvel (GAM), realiza monitoramentos com câmeras instaladas em helicópteros, que representam mais de 40% (quarenta por cento) das horas voadas por todas as aeronaves, sendo esta atividade considerada a principal desenvolvida pelo GAM. Entretanto, cabe ao referido Grupamento realizar tal atividade em todo o território estadual, o que demanda capilaridade para o atendimento das

demandas de todas as Unidades da Corporação, que só é possível através da aquisição de equipamentos específicos que tenham a capacidade de realizar o imageamento aéreo.

Além dos helicópteros, a atividade de imageamento aéreo também pode ser realizada por aeronaves não tripuladas (DRONES), com câmeras acopladas, que desempenhariam o mesmo papel dos helicópteros, porém com redução de custos, maior furtividade para preservação do sigilo (menos ruído) e preservação do material humano. Ademais, por se tratar de um equipamento com custo inferior ao de um helicóptero e por requerer uma capacitação bem menos complexa de seu operador, pode aumentar a capacidade de realização do imageamento aéreo à medida que sejam adquiridos equipamentos em quantidade suficiente.

Recentemente, foi criado o Núcleo de Aeronaves Remotamente Pilotadas (NuARP), sediado no GAM, através da publicação no Boletim Ostensivo da SEPM n.º 174, de 19 de setembro de 2017², o qual possui a responsabilidade de assessorar o Estado Maior Geral da SEPM em todos os assuntos relativos às operações das aeronaves remotamente pilotadas, inclusive com relação à capacitação de policiais militares. O NuARP possui, atualmente, 02 (dois) DRONES.

Considerando todo cenário que envolve a segurança pública no Estado e a necessidade de os Órgãos de segurança desenvolverem uma atividade policial eficiente, que entregue um serviço de qualidade ao cidadão, com a preservação da vida de seus policiais e com a redução de índices de criminalidade, verifica-se a importância da aquisição de ferramentas tecnológicas que alcancem tais objetivos, no caso as aeronaves não tripuladas.

Entretanto, considerando que há no mercado diversos modelos de DRONE sendo comercializados, como selecionar aquele que seria mais adequado ao emprego na atividade policial?

Em busca de uma melhor solução para o problema apresentado, foi feita uma entrevista com o NuARP do GAM, que informou os modelos

² PMERJ. Publicação de Resolução. Boletim da Polícia Militar nº 174, 19 de setembro de 2017.

de DRONES que possui, bem como apontou as aeronaves de interesse que atualmente são comercializadas. Do quantitativo total, foram considerados os tipos que ainda são fabricados, o que ensejou uma relação com 05 modelos.

Cabe ressaltar que é necessária a observância aos devidos ritos formais e legais para contratações e aquisições de qualquer produto ou serviço por parte da Administração Pública. Dessa forma, se garante o atendimento ao melhor interesse público e as boas práticas nesse processo, o que se robustece com sistemas e ferramentas que são desenvolvidas para análise precisa e célere, mediante indicação de parâmetros pelo setor técnico. Através deste conjunto de soluções, o processo decisório e ritos administrativos podem ser conduzidos com um modelo referencial que atende as demandas especificadas em objeto próprio, específico e, em regra, com abertura ampla à livre concorrência. Logo, o que se pretende é utilizar o modelo indicado como melhor alternativa para nortear a definição dos requisitos e especificações técnicas necessárias para a elaboração de um Estudo Técnico Preliminar, que dá início a um processo de contratação.

Tendo em vista que se trata de um problema que visa a ordenação entre diversas alternativas, com o objetivo de assessorar tomadores de decisão a selecionar a opção mais adequada ao contexto, em que critérios de análise distintos devem ser considerados, a utilização de um método de auxílio multicritério à decisão, umas das áreas relacionadas à Pesquisa Operacional, surge como um mecanismo confiável para embasar um processo de escolha.

MÉTODO DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

No caso em questão, será utilizado o método **SAPEVO-M**. O SAPEVO (Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors), inicialmente proposto por Gomes, Mury e Gomes (1997), é um método compensatório que estabelece um ranqueamento de alternativas, da mais favorável a menos favorável, podendo utilizar critérios qualitativos e quantitativos. O citado modelo serviu de base para o desenvolvimento

de novos métodos, como o SAPEVO-M (Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors), proposto por Gomes *et al.* (2020), um mecanismo ordinal para solução de problemas do tipo P. γ (ordenação), que possibilita a participação de múltiplos decisores, bem como implementou um procedimento de normalização das matrizes de avaliação, proporcionando um aumento da consistência do método.

O método SAPEVO-M consiste, basicamente, em três processos:

1º - Transformar as preferências ordinais entre os critérios em um vetor de pesos dos critérios;

2º - Transformar as preferências ordinais entre as alternativas para cada critério em pesos parciais das alternativas; e,

3º - Determinar o peso global das alternativas.

Com relação ao primeiro processo, sejam C_i e C_j dois critérios dentro de um conjunto de critérios $C = \{c_1, c_2, \dots, c_i, \dots, c_j, \dots\}$, o grau de preferência entre eles é dado por $\delta_{c_i c_j}$, onde temos:

$$\delta_{c_i c_j} = 1 \leftrightarrow c_i \cong c_j \text{ (}\cong \text{ tão importante quanto)}$$

$$\delta_{c_i c_j} > 1 \leftrightarrow c_i > c_j \text{ (> mais importante)}$$

$$\delta_{c_i c_j} < 1 \leftrightarrow c_i < c_j \text{ (< menos importante)}$$

A relação entre as opções de critérios e alternativas é definida através de uma escala de sete pontos, em que se estabelece a importância entre eles, conforme abaixo:

Tabela 1 – Escala de sete pontos para alternativas e critérios

Escala 1 (símbolo)	Escala 1 (variável / Expressão Linguística Correspondente)	Escala 2
<<<	Absolutamente pior / Absolutamente menos importante	-3
<<	Muito pior / Muito menos importante	-2
<	Pior / Menos importante	-1
\cong	Equivalente / Tão importante quanto	0

>	Melhor / Mais importante	1
>>	Muito melhor / Muito mais importante	2
>>>	Absolutamente melhor / Absolutamente mais importante	3

Fonte: Gomes, Mury e Gomes (1997).

Seja D um conjunto de agentes decisores, $D = \{DM_1, DM_2, \dots, DM_k, \dots, DM_n, \dots\}$, que expressam suas opiniões sobre os critérios em ordem de preferência. Para um agente decisor DM_k , estas informações geram uma matriz de avaliação M_{DM_k} .

A relação entre as duas escalas da tabela acima permite a transformação da matriz $M_{DM_k} = [\delta_{ci c_j}]$ em um vetor coluna $[V_i]$.

Dessa forma, entende-se que inicialmente cada decisor faz a avaliação dos critérios e, posteriormente, é feita a comparação das alternativas em relação à cada critério.

Considerando a necessidade de transformar as preferências de ordinais para cardinais, a fim de possibilitar a agregação das preferências e a ordenação das variáveis, é fundamental padronizar todas as variáveis através do processo de normalização, que se dá através da seguinte equação:

$$v = \frac{\sum a_{ij} - \min a_{ij}}{\max a_{ij} - \min a_{ij}}$$

Quando o peso do critério resulta no valor zero, ele é substituído por 1% do valor imediatamente superior.

Com os resultados obtidos após a normalização, torna-se viável estabelecer as relações de preferências entre as variáveis, conforme tabela a seguir:

Tabela 2 – Relação de preferências entre variáveis

$v_{ij} = 0$	Não há preferência da variável i no critério j
$v_{ij} \cong 0$	Há fraca preferência da variável i no critério j
$v_{ij} \cong 1$	Há forte preferência da variável i no critério j

$v_{ij} = 1$	Há preferência estrita da variável i no critério j
--------------	--------------------------------------------------------

Fonte: Moreira *et al.* (2022)

ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA

Tendo em vista que o método em referência permite a participação de diversos decisores, os quais têm percepções distintas acerca das alternativas e dos critérios, que ao serem incorporadas às avaliações, podem aproximá-las ou afastá-las de um certo parâmetro de confiabilidade, é de suma pertinência a realização de uma análise de consistência ao modelo, conforme Moreira *et al.* (2022):

“Considerando as atribuições realizadas nas avaliações par a par, traz-se a necessidade de uma análise adicional ao modelo, em prol de viabilizar a compreensão da consistência das atribuições determinadas no processo de avaliação. Ressalta-se que dado modelo proposto, não tem por objetivo de restringir ou enviesar uma dada análise de tomada de decisão, mas sim, esclarecer ao tomador de decisão, ou grupo de decisores, a relações de consistência atribuídas ao problema em avaliação.” (Moreira *et al.*, 2022)

Para realizar a análise, utiliza-se a matriz de entrada, composta pelos valores atribuídos às variáveis pelos decisores, como base para a elaboração de uma matriz ideal transitiva, conforme a imagem abaixo:

Figura 1 – Matrizes de entrada para teste de consistência das avaliações par a par

<u>Matriz de Entrada</u>						<u>Matriz Ideal Transitiva</u>					
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>n</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>n</i>	
<i>A</i>	-	a_{21}	a_{31}	a_{41}	a_{n1}	<i>A</i>	-	a_{21}	a_{31}	a_{41}	a_{n1}
<i>B</i>		-	a_{32}	a_{42}	a_{n2}	<i>B</i>	$(-1) a_{21}$	-	a_{ij}	a_{ij}	a_{ij}
<i>C</i>			-	a_{43}	a_{n3}	<i>C</i>	$(-1) a_{31}$		-	a_{ij}	a_{ij}
<i>D</i>				-	a_{n4}	<i>D</i>	$(-1) a_{41}$			-	a_{ij}
<i>n</i>					-	<i>n</i>	$(-1) a_{n1}$				-

Fonte: Moreira *et al.* (2022)

Os valores de a_{ij} da matriz ideal transitivas são obtidos através da seguinte equação:

$$a_{ij} = \begin{cases} -3 & , \text{ se } (a_{1j} + a_{i1}) \leq -3 \\ a_{1j} + a_{i1} & , \text{ se } -3 < (a_{1j} + a_{i1}) < 3 \\ 3 & , \text{ se } (a_{1j} + a_{i1}) \geq 3 \end{cases}$$

Após a elaboração da matriz ideal transitiva, é realizada uma comparação entre ela e a matriz de entrada, o que acarreta em uma nova matriz, chamada de Matriz Binária de Comparação e Consistência, a qual é composta por dados binários {0;1}, conforme exemplo abaixo:

Figura 2 – Matriz Binária de Comparação e Consistência

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>n</i>
<i>A</i>	-	0	0	0	0
<i>B</i>		-	0	0	1
<i>C</i>			-	1	0
<i>D</i>				-	0
<i>n</i>					-

Fonte: Moreira *et al.* (2022)

Elaborada cada matriz binária, é realizada a soma das pontuações binárias de cada uma: $bp = \sum a_{ij}$.

Encontrado o valor de bp , realiza-se o cálculo de consistência (λ), que considera ainda o número de atribuições (n) realizadas em uma avaliação, conforme a equação:

$$\lambda = \frac{bp}{\frac{n(n-1)}{2}}$$

Por fim, compara-se o resultado do cálculo de consistência com a tabela que segue, a fim de ilustrar para o tomador de decisão o nível de consistência das avaliações realizadas, para que o mesmo tenha o embasamento necessário para continuar o processo e realizar a agregação dos resultados ou refazer o método.

Tabela 3 – Relações de consistências

Consistência	Taxa de Inconsistência
Alta	0% - 10%
Média	11% - 20%
Baixa	21% - 30%
Inconsistente	31% - 40%
Muito inconsistente	41% - 100%

Fonte: Moreira *et al.* (2022)

ESTUDO DE CASO

Agora verificaremos na prática a aplicação do SAPEVO-M em auxílio à escolha do modelo de DRONE mais adequado à atividade policial no Rio de Janeiro.

Para a realização da avaliação através do método SAPEVO-M, foi utilizado o aplicativo computacional desenvolvido pelo Instituto Militar de Engenharia (IME) em parceria com a Universidade Federal Fluminense (UFF), disponível no seguinte endereço eletrônico: www.sapevo-m.com

As alternativas (modelos de drones) consideradas foram:

- 1 – Autel EVO 2
- 2 – DJI Matrice 300
- 3 – DJI Matrice M30
- 4 – DJI Mavic 3
- 5 – DJI Mini 3 Pro

Os critérios considerados foram:

- 1 – Custo
- 2 – Autonomia
- 3 – Alcance
- 4 – Peso
- 5 – Resistência

- 6 – Portabilidade
- 7 – Câmera
- 8 – Estabilidade
- 9 – Sensores
- 10 – Transmissão
- 11 – Acessórios
- 12 – Confiabilidade
- 13 – Pós-venda

Para a avaliação em questão, foram consideradas as avaliações dos seguintes decisores:

Tabela 4 – Relação dos decisores do GAM

Posto / Nome	Função
Tenente Coronel Mendes	Comandante
Major Gonçalves	Chefe da Seção de Planejamento Operacional
Major Gustavo Assis	Assessor Adjunto de Projetos e Aquisições
Cap Mazarino	Chefe do NuARP

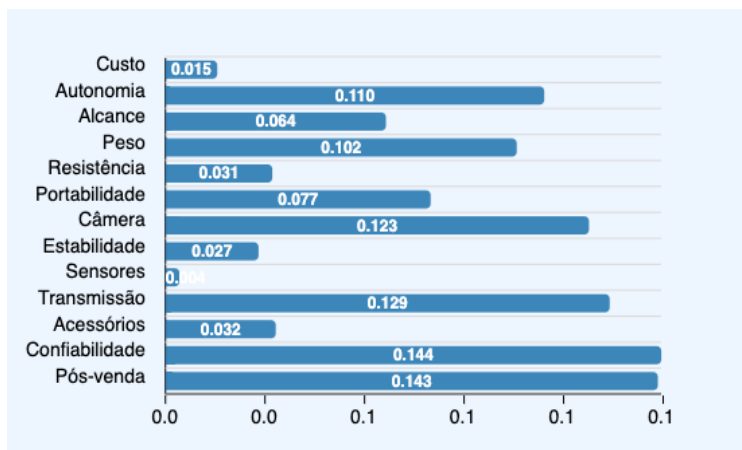
Fonte: Autor (2022)

Após as avaliações realizadas por cada decisor, foi feita a agregação das preferências, acarretando os seguintes resultados:

ANÁLISE DOS CRITÉRIOS

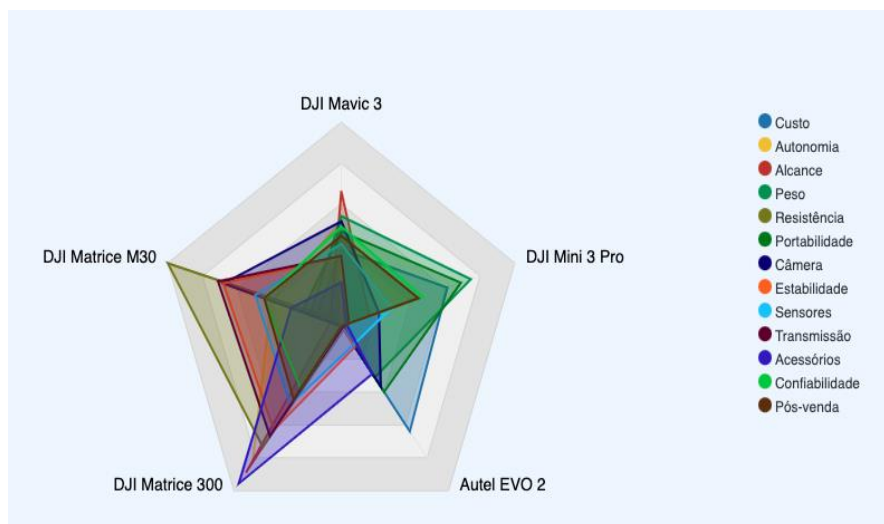
Weights	
Custo	= 0.015
Autonomia	= 0.11
Alcance	= 0.064
Peso	= 0.102
Resistência	= 0.031
Portabilidade	= 0.077
Câmera	= 0.123
Estabilidade	= 0.027
Sensores	= 0.004
Transmissão	= 0.129
Acessórios	= 0.032
Confiabilidade	= 0.144
Pós-venda	= 0.143

Fonte: Aplicativo SAPEVO-M



Fonte: Aplicativo SAPEVO-M

ANÁLISE ENTRE CRITÉRIOS



Fonte: Aplicativo SAPEVO-M

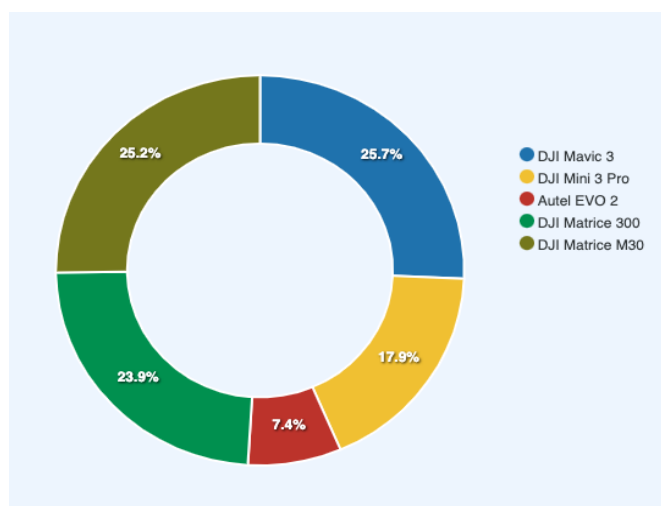
RESULTADO FINAL AGREGADO DAS AVALIAÇÕES

Alternatives		Criteria	
DJI Mavic 3	= 25.67%	Custo	= 1.5%
DJI Matrice M30	= 25.17%	Autonomia	= 11%
DJI Matrice 300	= 23.88%	Alcance	= 6.4%
DJI Mini 3 Pro	= 17.88%	Peso	= 10.2%
Autel EVO 2	= 7.39%	Resistência	= 3.1%
		Portabilidade	= 7.7%
		Câmera	= 12.3%
		Estabilidade	= 2.7%
		Sensores	= 0.4%
		Transmissão	= 12.9%
		Acessórios	= 3.2%
		Confiabilidade	= 14.4%
		Pós-venda	= 14.3%

Fonte: Aplicativo SAPEVO-M

Alternatives			Criteria		
DJI Mavic 3	=	25.67%	Custo	=	1.5%
DJI Matrice M30	=	25.17%	Autonomia	=	11%
DJI Matrice 300	=	23.88%	Alcance	=	6.4%
DJI Mini 3 Pro	=	17.88%	Peso	=	10.2%
Autel EVO 2	=	7.39%	Resistência	=	3.1%
			Portabilidade	=	7.7%
			Câmera	=	12.3%
			Estabilidade	=	2.7%
			Sensores	=	0.4%
			Transmissão	=	12.9%
			Acessórios	=	3.2%
			Confiabilidade	=	14.4%
			Pós-venda	=	14.3%

Fonte: Aplicativo SAPEVO-M



Fonte: Aplicativo SAPEVO-M

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Pela observação das tabelas e dos gráficos disponibilizados pelo SAPEVO-M, constata-se que a preferência dos decisores foi pelo modelo de aeronave não tripulada DJI Mavic 3, ao passo que o modelo com pior avaliação foi o Autel EVO 2.

Ademais, pode-se afirmar que determinados critérios foram bastante relevantes para as avaliações, como confiabilidade, pós-venda, transmissão, câmera, peso e autonomia, os quais deverão ser

considerados como especificações de suma importância para a elaboração de Estudos Técnicos Preliminares e Termos de Referência.

REFERÊNCIAS

GOMES, L. F. A. M.; MURY, A. R.; GOMES, C. F. S. **Multicriteria ranking with ordinal data. Systems Analysis-Modelling-Simulation**, v. 27, n. 2, p. 139-146, 1997.

GOMES, C. F. S. et al. **SAPEVO-M a group multicriteria ordinal ranking method. Pesquisa Operacional**, v. 40, p. 1–20, 2020.

MOREIRA, M. A. L.; COSTA, I. P. A. C.; GOMES, C. F. S.; SANTOS, M. **Proposta de Algoritmo de Análise de Consistência para os Métodos de Apoio Multicritério à Decisão da Família SAPEVO. LIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, 2022.