

LIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL

MODELO COMPUTACIONAL PARA WEAPONS-TARGET ASSIGNMENT PROBLEM UTILIZANDO ALGORITMO GENÉTICO

Eixos Temáticos: SE – Poder Marítimo, Defesa e Pesquisa Operacional
MH – Metaheurísticas

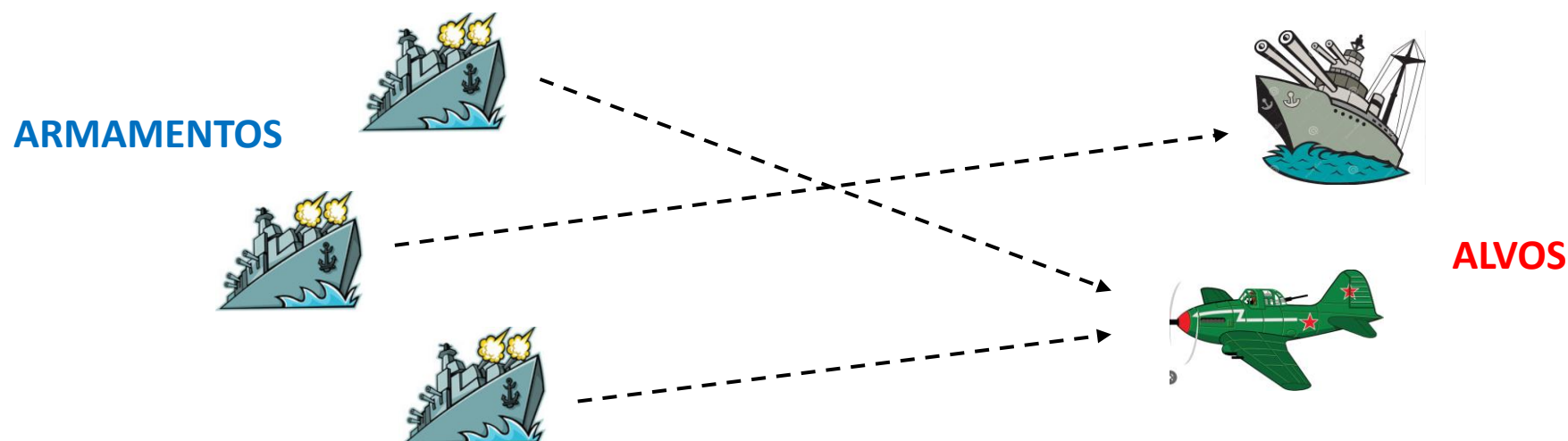
Autores: Everton Tozzo
Leonardo Antonio Monteiro Pessoa

Centro de Análises de Sistemas Navais
MARINHA DO BRASIL

INTRODUÇÃO



- Um dos problemas militares de decisão mais diretos é o de alocação de meios ou armamentos a alvos inimigos de maneira eficiente;
- O *Weapons-Target Assignment Problem* (WTAP) é um problema de otimização que incorpora aspectos de valoração de objetivos inimigos (alvos) a probabilidades de sobrevivência de cada alvo para cada designação de armamento;
- Cada armamento deverá ser atribuído a um único alvo, objetivando-se a minimização da função de sobrevivência total do inimigo;



INTRODUÇÃO



- Nesse trabalho é abordada a versão estática do WTAP, sendo considerado somente um ataque;
- Desconsidera-se o impacto de sobrevivência ou não das forças utilizadas;
- O WTAP é considerado um problema do tipo NP difícil [Ni et al., 2011];
- Objetiva-se o desenvolvimento de uma aplicação em R para o WTAP, voltada para o usuários leigos em PO na Marinha do Brasil (MB);
- Ferramenta simples e de fácil interação com usuários; e
- Aplicação da meta-heurística Algoritmo Genético (AG).

WEAPONS-TARGET ASSIGNMENT PROBLEM



- A formulação estática do WTAP é apresentada em Kline et al. [2019]:

Seja um conjunto de armamentos $I = 1, \dots, i, \dots, m$ em oposição a um conjunto de alvos $J = 1, \dots, j, \dots, n$, cada qual com seu valor militar V_j . Supõe-se que cada armamento seja alocado a um único alvo, denotado por uma variável binária x_{ij} , e com uma probabilidade de sobrevivência do alvo j , dado que seja atacado pelo armamento i ($x_{ij} = 1$) denotada por q_{ij} .

$$\min f = \sum_j V_j \prod_i (q_{ij})^{x_{ij}}$$

Sujeito a:

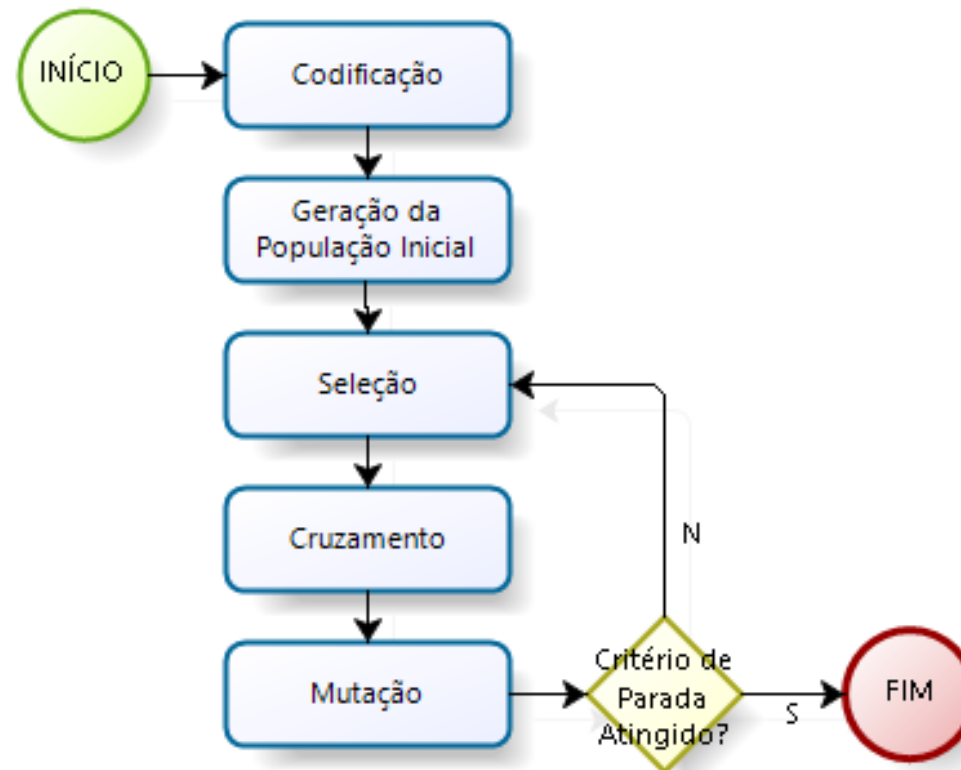
$$\sum_j x_{ij} = 1, \quad \forall i$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$$

ALGORITMO GENÉTICO



- Modelo de busca que se baseia no conceito de seleção natural e hereditariedade.



MODELO COMPUTACIONAL



- Para o desenvolvimento da aplicação é utilizado o *GAPackage* do R;
- Permite uma implementação flexível e multipropósito de um AG para os casos contínuos e discretos, dado problemas de otimização com ou sem restrições;
- São utilizados arquivos do formato .csv como dados de entrada;
- São necessárias as seguintes entradas:
 - O número de armamentos (m);
 - O número de alvos (n);
 - Os valores militares dos alvos (V_j); e
 - As probabilidades de sobrevivência dos alvos (q_{ij}).

MODELO COMPUTACIONAL



- Restrições: apenas um alvo deve ser designado para cada armamento;
- Um valor de penalização p é aplicado à função objetivo sempre que a quantidade de alvos atribuída para cada armamento é diferente de um;
- O valor total de penalizações g considerando todos os armamentos:

$$g = p \sum_I \left(\sum_J x_{ij} - 1 \right)$$

- Dado que o *GAPackage* trabalha com a maximização da função objetivo:

$$\max h = -(f + g)$$

MODELO COMPUTACIONAL



- Representação do Genoma:
 - Vetor binário de tamanho $n.m$;
 - Linhas da matriz são representadas de forma sequencial;
 - Iniciado aleatoriamente;
- Parâmetros do AG:
 - Operador de cruzamento: $pcrossover = 0,8$;
 - Operador de mutação: $pmutation = 0,1$;
 - Índice de elitismo: $elitism = 5$;
 - Tamanho da população: $popSize = 100$;

MODELO COMPUTACIONAL



- Critérios de parada:
 - Número máximo de gerações: $maxiter = 10.000$;
 - Número máximo de gerações consecutivas sem melhoria no melhor indivíduo: $run = 2.000$;
- Penalização da função objetivo: $p = 10$.

ESTUDO DE CASO



- Resolução de dois problemas de tamanho e complexidade diferentes:
 - CASO 1: 3 alvos e 8 armamentos; e
 - CASO 2: 9 alvos e 24 armamentos.
- Tempo de resolução aceitável: arbitrado em até 5 minutos.

CASO 1 – DESCRIÇÃO DO PROBLEMA



- Tamanho: 3 alvos e 8 armamentos;

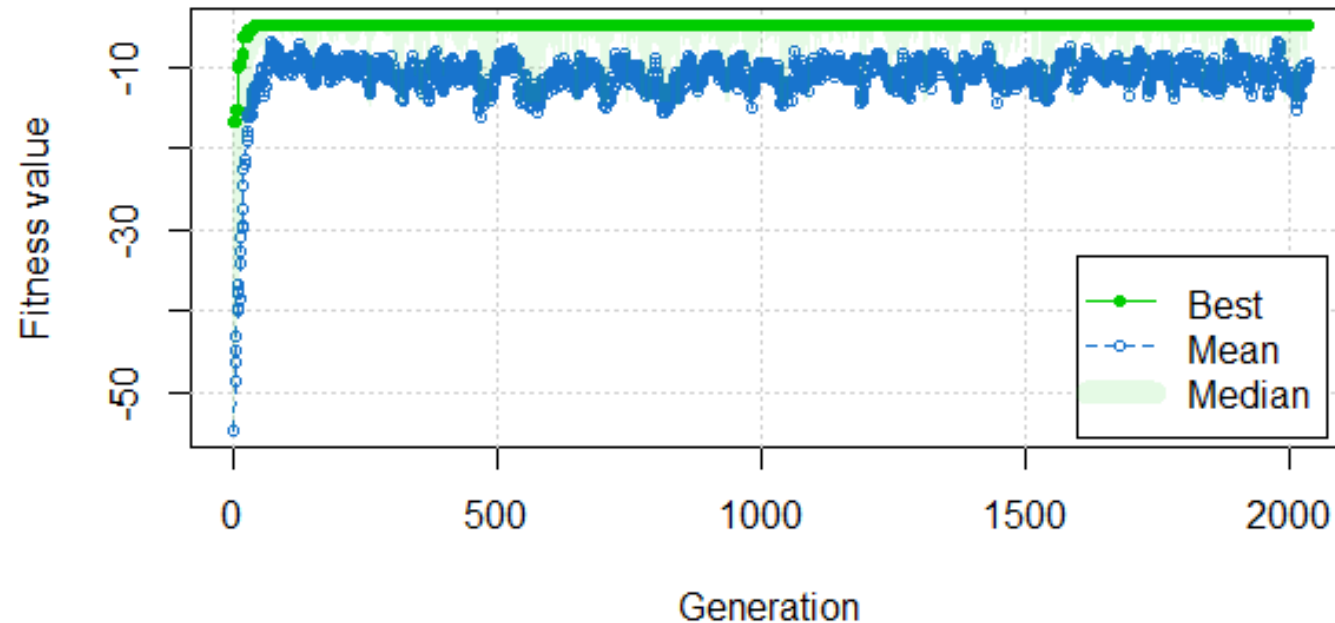
- Valor militar:

$$V_j = | 5, 10, 20 |$$

- Matriz de sobrevivência:

$$q_{ij} = \begin{vmatrix} 0,7 & 0,8 & 0,5 \\ 0,7 & 0,8 & 0,5 \\ 0,7 & 0,8 & 0,5 \\ 0,7 & 0,8 & 0,5 \\ 0,7 & 0,8 & 0,5 \\ 0,9 & 0,4 & 0,5 \\ 0,9 & 0,4 & 0,5 \\ 0,6 & 0,5 & 0,6 \end{vmatrix}$$

CASO 1 – RESULTADOS


$$q_{ij} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0,7 & 0,8 & 0,5 \\ \hline 0,7 & 0,8 & 0,5 \\ \hline 0,7 & 0,8 & 0,5 \\ \hline 0,7 & 0,8 & 0,5 \\ \hline 0,7 & 0,8 & 0,5 \\ \hline 0,9 & 0,4 & 0,5 \\ \hline 0,9 & 0,4 & 0,5 \\ \hline 0,6 & 0,5 & 0,6 \\ \hline \end{array}$$

- Solução factível;
- $f = 4,95$;
- Tempo execução: 21 segundos; e
- Critério de parada: 2.000 gerações consecutivas.

CASO 2 – DESCRIÇÃO DO PROBLEMA



- Tamanho: 9 alvos e 24 armamentos;

- Matriz de Sobrevivência

- Valor militar:

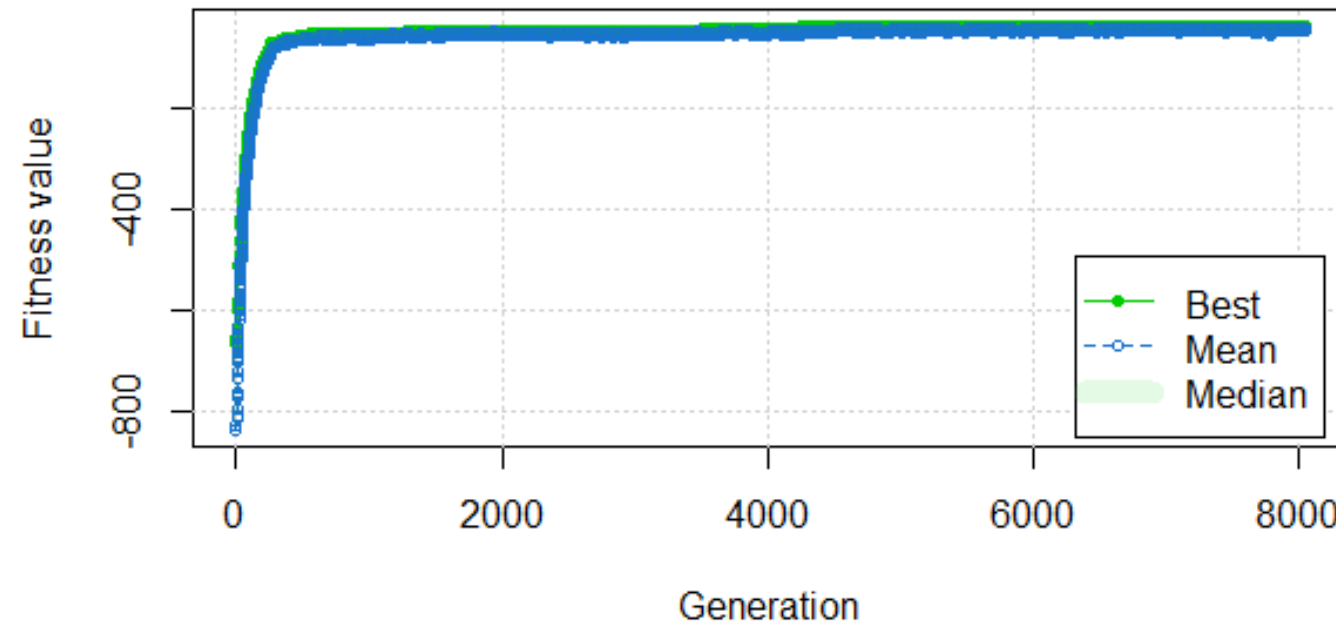
$$V_j = | 5, 10, 20, 50, 15, 35, 10, 60, 45 |$$

$q_{ij} =$

0,9	0,8	0,6	0,9	0,5	0,5	0,6	0,9	0,6
1	0,7	1	0,9	0,9	0,7	1	1	0,5
0,7	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,6	0,5	0,9
0,5	0,5	0,9	0,7	0,6	0,9	1	0,6	0,7
0,6	0,6	0,5	0,8	0,6	0,8	0,6	0,7	0,7
0,6	0,9	0,7	0,5	1	1	0,6	0,8	1
0,9	0,6	0,9	0,7	0,6	1	1	0,8	0,8
0,9	1	0,8	0,6	0,9	0,9	0,9	0,5	0,6
0,7	0,7	0,7	0,6	0,8	0,7	0,5	0,7	1
0,5	0,5	0,8	0,8	1	0,6	0,7	0,8	1
0,5	0,5	0,5	0,8	0,5	0,8	0,8	0,9	0,5
0,9	0,7	0,9	0,5	0,9	0,7	0,6	0,9	0,7
0,5	0,7	0,6	1	0,7	1	0,6	1	1
1	0,7	0,6	0,9	0,5	1	0,6	1	1
1	0,5	0,9	0,6	0,6	0,7	0,7	0,5	0,7
1	1	0,5	0,9	0,8	0,5	0,9	0,5	0,9
0,7	0,6	0,7	0,9	0,9	1	0,5	0,6	0,9
0,7	1	0,7	0,7	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7
1	0,7	1	0,6	0,7	0,5	0,5	1	0,5
0,5	0,6	0,9	0,5	0,6	0,5	0,7	0,7	1
0,9	1	1	0,9	0,8	1	0,9	1	0,7
0,5	0,8	0,5	0,6	0,7	0,6	1	0,6	0,7
0,6	0,9	0,9	1	0,5	1	0,7	0,9	0,7
0,6	0,5	0,9	0,8	0,9	0,7	0,9	0,6	0,9



CASO 2 – RESULTADOS



- Solução factível;
- $f = 35,21$;
- Tempo execução: 181 segundos; e
- Critério de parada: 2.000 gerações consecutivas.

$q_{ij} =$

0,9	0,8	0,6	0,9	0,5	0,5	0,6	0,9	0,6
1	0,7	1	0,9	0,9	0,7	1	1	0,5
0,7	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,6	0,5	0,9
0,5	0,5	0,9	0,7	0,6	0,9	1	0,6	0,7
0,6	0,6	0,5	0,8	0,6	0,8	0,6	0,7	0,7
0,6	0,9	0,7	0,5	1	1	0,6	0,8	1
0,9	0,6	0,9	0,7	0,6	1	1	0,8	0,8
0,9	1	0,8	0,6	0,9	0,9	0,9	0,5	0,6
0,7	0,7	0,7	0,6	0,8	0,7	0,5	0,7	1
0,5	0,5	0,8	0,8	1	0,6	0,7	0,8	1
0,5	0,5	0,5	0,8	0,5	0,8	0,8	0,9	0,5
0,9	0,7	0,9	0,5	0,9	0,7	0,6	0,9	0,7
0,5	0,7	0,6	1	0,7	1	0,6	1	1
1	0,7	0,6	0,9	0,5	1	0,6	1	1
1	0,5	0,9	0,6	0,6	0,7	0,7	0,5	0,7
1	1	0,5	0,9	0,8	0,5	0,9	0,5	0,9
0,7	0,6	0,7	0,9	0,9	1	0,5	0,6	0,9
0,7	1	0,7	0,7	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7
1	0,7	1	0,6	0,7	0,5	0,5	1	0,5
0,5	0,6	0,9	0,5	0,6	0,5	0,7	0,7	1
0,9	1	1	0,9	0,8	1	0,9	1	0,7
0,5	0,8	0,5	0,6	0,7	0,6	1	0,6	0,7
0,6	0,9	0,9	1	0,5	1	0,7	0,9	0,7
0,6	0,5	0,9	0,8	0,9	0,7	0,9	0,6	0,9

CONCLUSÃO



- Considerando cenários realísticos, o algoritmo apresentou robustez para problemas de diferentes tamanhos e complexidades; e
- O algoritmo obteve soluções em tempo considerado aceitável para a tomada de decisão na Marinha do Brasil.

TRABALHOS FUTUROS



- Implementação do AG para o caso dinâmico do WTAP; e
- Comparação do desempenho do AG com outras heurísticas e meta-heurísticas para a resolução de um mesmo conjunto de instâncias para o problema.

REFERÊNCIAS



Ni, M., Yu, Z., Ma, F., e Wu, X. (2011). A lagrange relaxation method for solving weapon-target assignment problem. Mathematical problems in engineering, 2011:1–10. ISSN 1024-123X.

Kline, A., Ahner, D., e Hill, R. (2019). The weapon-target assignment problem. Computers & operations research, 105:226–236. ISSN 0305-0548.

Lee, C. (2018). A review of applications of genetic algorithms in operations management. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 76:1–12. ISSN 09521976. URL <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095219761830174X>.

Manne, A. S. (1958). A Target-Assignment Problem. Operations Research, 6(3):346–351. ISSN 0030-364X, 1526-5463. URL <http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/opre.6.3.346>.

Pessôa, L. A. M., de Arruda, E. F., e Bahiense, L. (2019). Um panorama do uso de pesquisa operacional no ambiente de guerra submarino.

Obrigado pela atenção!



tozzo@marinha.mil.br



<http://lattes.cnpq.br/9813190823822213>