

PROJETO DE PESQUISA

Nome do Orientador: Marcus Henrique Soares Mendes

Área de Tecnologia Prioritária: Tecnologias Habilitadoras

Justificativa para Enquadramento à Área de Tecnologia Prioritária: Resolução de problemas por meio de busca, otimização ou meta-heurísticas são tópicos no setor de Inteligência Artificial da área prioritária Tecnologias Habilitadoras.

TÍTULO

**USO DA META-HEURÍSTICA BORDER COLLIE OPTIMIZATION NA
RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DO CAIXEIRO-VIAJANTE**

FLORESTAL - MG
JUNHO - 2021

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O problema do caixeiro-viajante (PCV) é um dos clássicos problemas de otimização combinatória, consistindo em determinar em um grafo ponderado $G = (N, M)$, onde $N = \{1, \dots, n\}$ representa o conjunto de vértices do grafo e $M = \{1, \dots, m\}$ o conjunto de arestas, um ciclo hamiltoniano de menor custo (GOLDBARG e GOLDBARG, 2012). O PCV é um dos problemas de otimização combinatória mais intensamente pesquisados e de acordo com GUTIN e PUNNEN (2007) possui diversas aplicações reais e muitas variantes que por sua vez também possuem várias aplicações reais.

Segundo GOLDBARG e GOLDBARG (2012) a importância do PCV pode ser atribuída a três características combinadas: 1) grande número de aplicações práticas; 2) relação com outros problemas e muitas variantes e 3) grande dificuldade de solução exata. O PCV é NP-Difícil (GAREY e JOHNSON, 1979).

Ao longo do tempo, por meio de intensa pesquisa e desenvolvimento de métodos conseguiu-se evoluir na obtenção da solução exata para instâncias não triviais cada vez maiores. Saindo de 318 cidades na década de 80 (CROWDER e PADBERG, 1980) para 85900 cidades em 2006 (APPLEGATE et al., 2006)¹. Essa instância de 85900 cidades é a instância pla85900 da TSPLIB², que é uma biblioteca de instâncias de teste para o PCV e algumas variantes. Na resolução de pla85900, os cálculos foram realizados em clusters de servidores Intel Xeon e AMD Athlon, entre fevereiro de 2005 e abril de 2006³. A quantidade total de uso de computador para os cálculos foi de aproximadamente 136 anos de CPU, dimensionado para um nó de computação AMD Opteron 250 de 2,4 GHz.

Devido à complexidade do PCV é interessante o uso de heurísticas e meta-heurísticas para solucioná-lo, a fim de se obter boas soluções num tempo razoável. Afinal essas estratégias têm sido utilizadas com sucesso para solucionar diversos problemas complexos de otimização, inclusive no próprio problema do caixeiro-viajante e nas suas variantes (ASKARZADEH, 2016; JARDIM DA SILVA et al.,

¹ <http://www.math.uwaterloo.ca/tsp/pla85900/compute/compute.htm>

² <http://comopt.ifl.uni-heidelberg.de/software/TSPLIB95/>

³ <http://www.math.uwaterloo.ca/tsp/pla85900/compute/cpu.htm>

2018; XAVIER, 2019; MARTINS e MENDES, 2020; DUARTE et al., 2020; MARTINS e MENDES, 2021).

Recentemente na literatura, em junho de 2020, foi proposta uma nova meta-heurística intitulada Border Collie Optimization (BCO) que forneceu resultados bem competitivos na resolução de trinta e cinco problemas de otimização contínuos quando comparadas a outras meta-heurísticas (DUTTA et al, 2020).

Diante desse contexto é propício estender a aplicabilidade do BCO aos problemas de otimização combinatória, especificamente ao PCV, o que pode ser feito por meio da incorporação de mecanismos capazes de lidar com parâmetros discretos.

Assim, nesta pesquisa pretende-se implementar um algoritmo baseado no BCO que seja capaz de resolver problemas de otimização combinatória, com foco no PCV.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral:

Desenvolver um algoritmo baseado na meta-heurística Border Collie Optimization capaz de resolver adequadamente o problema do caixeiro viajante.

2.2. Objetivos Específicos:

Especificamente, pretende-se:

- Fazer o levantamento bibliográfico relativo aos temas Border Collie Optimization (BCO), Problema do Caixeiro Viajante (PCV) e heurísticas para o PCV;
- Implementar heurísticas construtivas e de melhoria para solucionar o PCV;
- Pesquisar como adaptar o BCO para lidar com problemas discretos;
- Propor e implementar um algoritmo baseado em BCO para solucionar o PCV;
- Validar o algoritmo proposto e as heurística implementadas em problemas teste de *Benchmarking* (selecionados em fontes como o TSPLIB);
- Implementar um algoritmo baseado em outra meta-heurística já consolidada, provavelmente o Biased Random-Key Genetic Algorithm (BRKGA), para

resolver os problemas teste e servir de comparação com o algoritmo de BCO proposto.

- Se possível, aplicar os algoritmos desenvolvidos em um problema real;
- Analisar os resultados obtidos; e
- Publicar os resultados em periódicos e/ou eventos científicos.

3. METODOLOGIA

Os objetivos desta pesquisa serão alcançados com o estudo do problema do caixeiro viajante, incluindo heurísticas construtivas e de melhoria para resolvê-lo e da meta-heurística Border Collie Optimization (BCO). A seguir, é feita de forma sucinta uma introdução ao tema BCO, totalmente baseada em (DUTTA et al, 2020), que é a base para o desenvolvimento da presente proposta de pesquisa.

3.1. BORDER COLLIE OPTIMIZATION

O BCO é uma meta-heurística baseada em enxame (*swarm*). Uma meta-heurística baseada em enxame inspira-se no comportamento social de insetos ou animais. Em um enxame, cada indivíduo tem sua própria inteligência e comportamento. O comportamento combinado dos indivíduos torna o enxame uma ferramenta poderosa para resolver problemas complexos. Em geral, as meta-heurísticas baseadas em enxame são fáceis de implementar e exigem menor número de parâmetros. Além disso, operadores complexos como mutação, elitismo e crossover usados na evolução algoritmos não são necessários para implementar enxames.

O BCO imita o comportamento de pastoreio dos cães Border Collie, que é uma raça afetuosa, inteligente e enérgica. Os cães Border Collie são extremamente inteligentes, atléticos e podem ser facilmente treinados. O pastoreio é uma habilidade inerente que eles possuem. Mesmo quando um filhote é apresentado ao pastoreio pela primeira vez, ele demonstra um imenso controle sobre as ovelhas.

Os cães Border Collie adotam uma abordagem diferente para o pastoreio. Em vez de se aproximarem por trás, eles pastoreiam ovelhas dos lados e pela frente. Eles seguem, principalmente, três técnicas de pastoreio: gathering (reunião),

stalking (perseguição) e eyeing (observação). No gathering, os cães Border Collie controlam as ovelhas pelos lados e pela frente. Eles tendem a reuni-los e direcioná-los para a fazenda. No stalking, os cães Border Collies adotam poucos movimentos parecidos com de lobo quando ele vai controlar as ovelhas. Eles se agacham abaixando suas cabeças, colocam seus traseiros alto e seus rabos para baixo. No eyeing, os cães Border Collie imitam o comportamento dos lobos de seleção da vítima. Isso é chamado de “dar uma olhada” ou de observação. Quando as ovelhas se perdem, esses cães inteligentes olham fixamente nos seus olhos. Isso exerce pressão psicológica para que o grupo se mova na direção correta.

As principais características do BCO são as seguintes: 1) possui mecanismos de exploração e exploração do espaço de busca, que é essencial para o sucesso das meta-heurísticas; 2) possui mecanismo de feedback, sendo que o eyeing está relacionado com feedback negativo e que o gathering e o stalking estão relacionados com feedback positivo; 3) possui habilidade de sair de ótimos locais; 4) possui poucos parâmetros independentes e; 5) possui fácil implementação e guarda a solução ótima.

4. CRONOGRAMA

Esta pesquisa é composta pelas seguintes etapas:

- 1 – Estudo de modelagem matemática de problemas de otimização.
- 2 – Estudo do Problema do Caixeiro Viajante (PCV).
- 3 - Estudo de heurísticas para o PCV.
- 4 – Estudo da meta-heurística Border Collie Optimization (BCO).
- 5 - Implementação de um algoritmo baseado em BCO para solucionar o PCV.
- 6 - Validação do algoritmo proposto em problemas teste de *benchmarking* (selecionados em fontes como o TSPLIB).
- 7 – Implementar um algoritmo baseado em outra meta-heurística já consolidada, provavelmente o Biased Random-Key Genetic Algorithm (BRKGA), para resolver os problemas teste e servir de comparação com o algoritmo de BCO proposto.
- 8 – Aplicação dos algoritmos desenvolvidos em um problema real (a depender da obtenção de dados).
- 9 - Análise dos resultados obtidos.
- 10- Redação de artigos científicos.
- 11 - Redação do relatório final.

O horizonte de tempo das etapas desta pesquisa é apresentado na tabela a seguir:

	Mês											
Etapas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	X											
2	X	x	X									
3		x	X	x								
4			X	x	x							
5				x	x	x	x					
6						x	x					
7							x	x				
8								x	x	x		
9									x	x	x	
10									x	x	x	
11											x	X

5. ORÇAMENTO FINANCEIRO

Todos os recursos computacionais necessários estão disponíveis na UFV Campus – Florestal. Os recursos bibliográficos requeridos estão disponíveis na biblioteca da UFV Campus –Florestal e no portal periódicos da CAPES.

6. RESULTADOS ESPERADOS

- Desenvolvimento de um algoritmo baseado em BCO para otimização combinatória; e
- Publicação de artigos em periódicos e/ou congressos científicos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APPLEGATE, D. L.; BIXBY, R.; CHVÁTAL, V.; COOK, W. **The traveling salesman problem: a computational study**, Princeton University Press, 2006.

ASKARZADEH, A. A novel metaheuristic method for solving constrained engineering optimization problems: Crow search algorithm. **Computers and Structures**, v. 169, p. 1–12, June 2016.

CROWDER, H.; PADBERG, M. W. Solving large scale symmetric traveling salesman problems to optimality. **Management Science**, v. 26, p. 495-509, 1980.

DUARTE, B.; OLIVEIRA, L. C.; TEIXEIRA, M.; BARBOSA, M. A. C. Algoritmos meméticos aplicados ao problema do caixeiro viajante com limite de calado. In: **ANAIS DO Anais do Lii Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, 2020, João Pessoa. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2020. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbpo-2020/papers/algoritmos-memeticos-aplicados-ao-problema-do-caixeiro-viajante-com-limite-de-calado>> Acesso em: 10 jun. 2021.

DUTTA, T.; BHATTACHARYYA, S.; DEY, S.; PLATOS, J. Border Collie Optimization. **IEEE Access**, V. 8, p. 109177 – 109197, 2020.

GAREY, M. R.; JOHNSON, D. S. **Computers and interactability: a guide to the theory of NP-completeness**. Freeman, San Francisco, 1979.

GOLDBARG, M.; GOLDBARG, E. **Grafos: conceitos, algoritmos e aplicações - 1ªed**, Editora Elsevier, 2012.

GUTIN, G.; PUNNEN, A. P. **The Traveling Salesman Problem and Its Variations**. Series: Combinatorial Optimization 12, Springer, 2007.

JARDIM DA SILVA, S.J; MARTINS, L. B.; MACHADO-COELHO, T. M.; SOARES, G. L.; MENDES, M.H.S Evolução diferencial aplicada ao problema do despacho econômico robusto de energia elétrica. **Encontro Mineiro de Engenharia de Produção – EMEPRO**, 2018.

MARTINS, D. F.; MENDES, M. H. S. Comparação de Algoritmos Baseados nas Meta-heurísticas Firefly Algorithm e Tabu Search na Resolução do Problema da Mochila 0-1. In: **Anais do Lii Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, 2020, João Pessoa. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2020. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbpo-2020/papers/comparacao-de-algoritmos-baseados-nas-meta-heuristicas-firefly-algorithm-e-tabu-search-na-resolucao-do-problema-da-mochi>> Acesso em: 10 jun. 2021.

MARTINS, D. F.; MENDES, M. H. S. A Hybrid Evolutionary Approach Applied to the Economic Dispatch Problem with Prohibited Operating Zones and Uncertainties. **IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS**, VOL. 19, NO. 7, p. 1225-1232, 2021.

XAVIER, E. C. Uma Interface de Programação de Aplicações para o BRKGA na plataforma CUDA. **Anais do XX simpósio em sistemas computacionais de alto desempenho**, Campo Grande, 2019. Disponível em: < <https://sol.sbc.org.br/index.php/wscad/issue/view/478>> Acesso em: 10 jun. 2021.