

# **PROJETO DE PESQUISA**

Nome do Orientador: Marcus Henrique Soares Mendes

## **TÍTULO**

**USO DE COMPUTAÇÃO EVOLUTIVA PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA  
DINÂMICO DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS**

FLORESTAL - MG  
OUTUBRO - 2024

## **1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA**

Antes de apresentar o problema de roteamento de veículos (PRV) vale mencionar o problema do caixeiro-viajante (PCV) por ser um problema clássico de **otimização combinatória** e ter uma certa familiaridade teórica com o PRV. O PCV consiste 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).

De acordo com RIOS et al. (2021) o PRV foi introduzido na literatura por Dantzig e Ramser (1959), para **descrever o problema de encontrar um conjunto de rotas de menor custo para uma frota de veículos satisfazer a demanda total de um conjunto de clientes geograficamente dispersos em uma rede**.

Definição do problema

Tem-se que a **diferença** entre o PCV e o PRV está baseada em suas **características e objetivos específicos**. Em termos de objetivo, o **PCV** visa encontrar **a rota mais curta ou de menor custo que permita ao caixeiro (ou veículo) visitar um conjunto de pontos (cidades, clientes, etc.) exatamente uma vez e retornar ao ponto de partida**. No PRV o objetivo é **determinar a melhor maneira de distribuir um conjunto de rotas para uma frota de veículos, de forma que todos os pontos de demanda sejam atendidos, respeitando restrições como capacidade dos veículos, janelas de tempo, entre outras**. No PCV há uma única rota que cobre todos os pontos de demanda. No PRV há **diversos veículos que podem ser usados, cada um com sua própria rota, para cobrir todos os pontos de demanda**.

Assim, o PRV lida com múltiplos agentes (veículos) e inclui várias restrições adicionais que tornam o problema mais **realista e aplicável** a situações práticas de logística e transporte. Por exemplo, empresas de entrega que precisam distribuir produtos para diversos clientes utilizando uma frota de caminhões, considerando a capacidade de carga de cada veículo e o tempo disponível para entrega.

O PRV pode ser abordado de forma **estática**, versão na qual todas as **entregas são conhecidas a priori**. Contudo, isso não reflete bem a realidade das empresas de logística, as quais lidam com milhares de pedidos diariamente. Dessa forma, há a versão **dinâmica** do PRV na qual **informações parciais ou até mesmo totais sobre as entradas do problema são desconhecidas** e só são divulgadas **durante a execução** ou projeto das rotas (RIOS et al., 2021).

Devido à complexidade do PRV é interessante o uso de **heurísticas** e meta heurísticas para solucioná-lo, a fim de se obter boas soluções num tempo razoável e que sejam capazes de lidar com o caráter dinâmico do problema, que é a realidade das empresas de logística. Afinal essas estratégias têm sido utilizadas com sucesso para solucionar diversos problemas complexos de otimização (ASKARZADEH, 2016; JARDIM DA SILVA et al., 2018; XAVIER, 2019; MARTINS e MENDES, 2020; DUARTE et al., 2020; MARTINS e MENDES, 2021).

Salienta-se que recentemente a empresa **Loggi** disponibilizou o “**Loggi Benchmark for Urban Deliveries**”, o qual contém conjuntos de dados e scripts de *benchmark* para problemas de grande escala em algumas das maiores cidades do Brasil. Os dados são totalmente sintetizados a partir de fontes públicas e representativos dos desafios que a empresa enfrenta nas entregas do mundo real (LOGGIBUD, 2021).

Diante desse contexto é propício investigar o uso da computação evolutiva na resolução da versão dinâmica do PRV. Assim, nesta pesquisa pretende-se implementar um **novo algoritmo baseado em meta-heurística evolutiva que seja capaz de resolver o PRV dinâmico.**

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral:

Desenvolver um algoritmo baseado em meta-heurísticas evolutiva capaz de resolver adequadamente o problema dinâmico de roteamento de veículos.

### 2.2. Objetivos Específicos:

Especificamente, pretende-se:

- Fazer o levantamento bibliográfico relativo aos temas meta-heurísticas evolutivas, Problema de Roteamento de Veículos (PRV), incluindo o PRV dinâmico;
- Estudar e compreender o LOGGIBUD;
- Implementar algoritmos baseados em meta-heurísticas evolutivas para solucionar o PRV estático;
- Pesquisar como lidar com o PRV dinâmico e adaptar as meta-heurísticas para tal;
- Propor e implementar um algoritmo baseado em meta-heurísticas evolutivas para solucionar o PRV dinâmico;
- Validar o algoritmo proposto em problemas de *Benchmarking* (selecionados em fontes como o LOGGIBUD);
- 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 de roteamento de veículos, incluindo sua versão dinâmica, o repositório LOGGIBUD e meta-heurísticas evolutivas capazes de lidar com problemas complexos de otimização, por exemplo, a Border Collie Optimization (BCO). A seguir, é feita de forma sucinta uma introdução à meta-heurística BCO, totalmente baseada em (DUTTA et al, 2020).

#### 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

4  
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 de Roteamento de Veículos (PRV).

3 - Estudo do Problema Dinâmico de Roteamento de Veículos.

5

4 – Estudo do repositório LOGGIBUD.

5 – Estudo de meta-heurísticas adequadas para a resolução do problema, por exemplo, Border Collie Optimization (BCO), entre outras.

6 – Implementar um algoritmo baseline para solucionar o PRV estático e dinâmico. 7

- Implementação de um algoritmo baseado em meta-heurística evolutiva para solucionar o PRV estático e dinâmico.

8 – Validar os algoritmos propostos em problemas de *Benchmarking* (selecionados em fontes como o LOGGIBUD);

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											
Etap a	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

6

- Desenvolvimento de um algoritmo baseado em meta-heurística evolutiva para resolução da versão dinâmica do PRV; e
- Publicação de artigos em periódicos e/ou congressos científicos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

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/sbpo2020/papers/algoritmos-memeticos-aplicados-ao-problema-do-caixeiro-viajante-com-limite-de-calado>> Acesso em: 10 jun. 2024.

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.

LOGGIBUD. loggiBUD: **Loggi Benchmark for Urban Deliveries**. 2021. GitHub repository. Disponível em: <https://github.com/loggi/loggibud>. Acesso em: junho de 2024.

7

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/sbpo2020/papers/comparacao-de-algoritmos-baseados-nas-meta-heuristicas-firefly-algorithm-e-tabu-search-na-resolucao-do-problema-da-mochi>> Acesso em: 10 jun. 2024.

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.

RIOS, B. H. O.; XAVIER, E. C.; MIYAZAWA, K.; AMORIM, P.; CURCIO, E.; SANTOS, M. J. Recent dynamic vehicle routing problems: A survey. **Computers &Industrial Engineering**, v. 160, p. 107604, 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. 2024.



