

## OTIMIZAÇÃO COMBINATÓRIA APLICADA A PROBLEMAS DE PRODUÇÃO E TRANSPORTE: VARIAÇÕES DO TSP

Cecília Cassab Prieto  
André Gustavo Santos

DPI

Indústria, Inovação e Infraestrutura

### Introdução

Este trabalho busca elaborar trilhas dentro de um parque ou reserva florestal, de forma que esta atenda as necessidades de dois tipos de usuários:

- guarda florestal em patrulha
- visitante interessado na natureza

O desenvolvimento foi feito usando modelos de programação linear inteira mista e métodos de caminho mínimo.

### Objetivos

O objetivo deste projeto é determinar trilhas mais otimizadas para atender as necessidades de cada usuário.

- guarda florestal, para quem deve ser calculada uma trilha que visite todas as áreas de interesse do parque em menor tempo
- visitante, para quem deve ser calculada a rota que visite o máximo de áreas escolhidas no tempo disponível.

### Material e Métodos ou Metodologia

Para o desenvolvimento foram usados modelos matemáticos de programação linear baseados no Problema do Caixeiro Viajante, para a rota do guarda, e do Problema de Orientação, para o visitante.

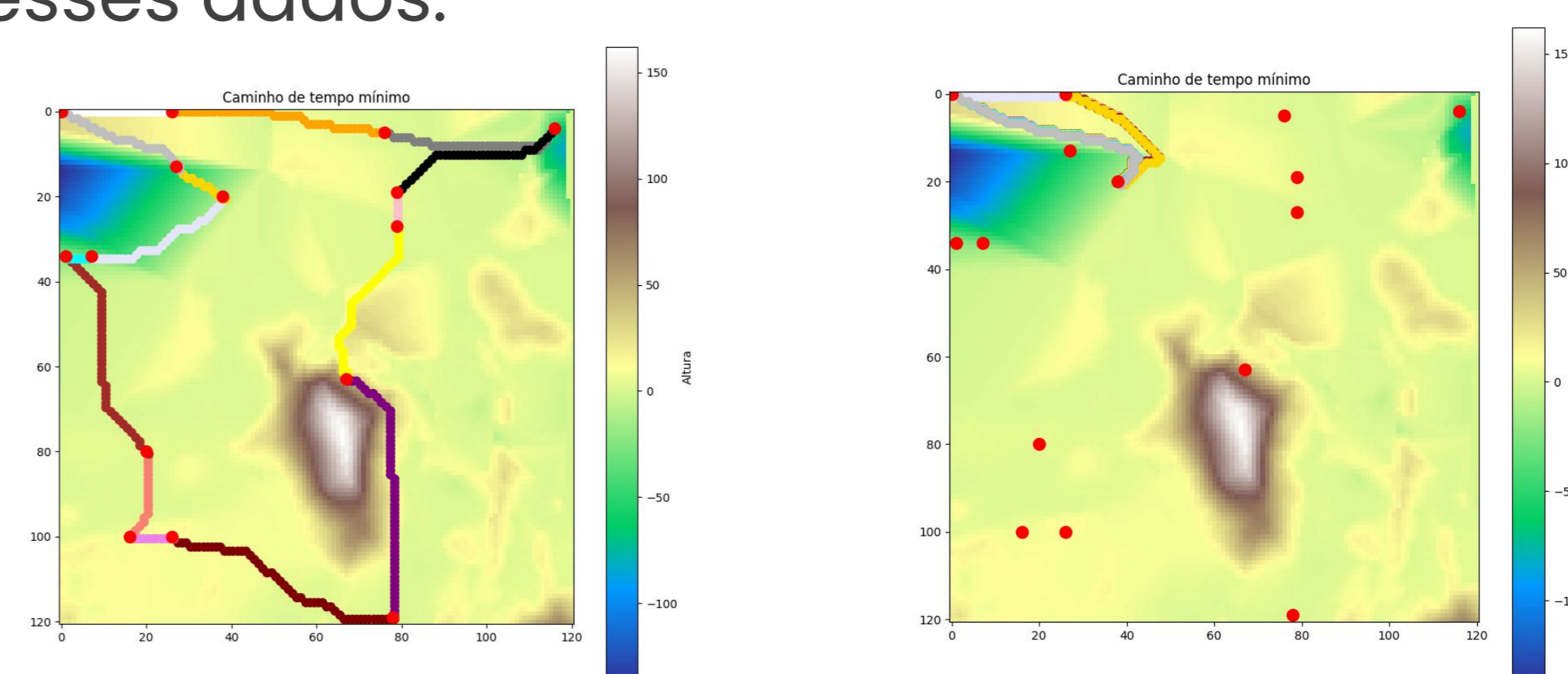
Para construir as rotas foram considerados os tempos de caminhadas calculados a partir da função de Tobler com base na inclinação do terreno, utilizando-se um algoritmo de caminho mínimo, chamado A\*, para calcular o gasto temporal.

### Apoio Financeiro

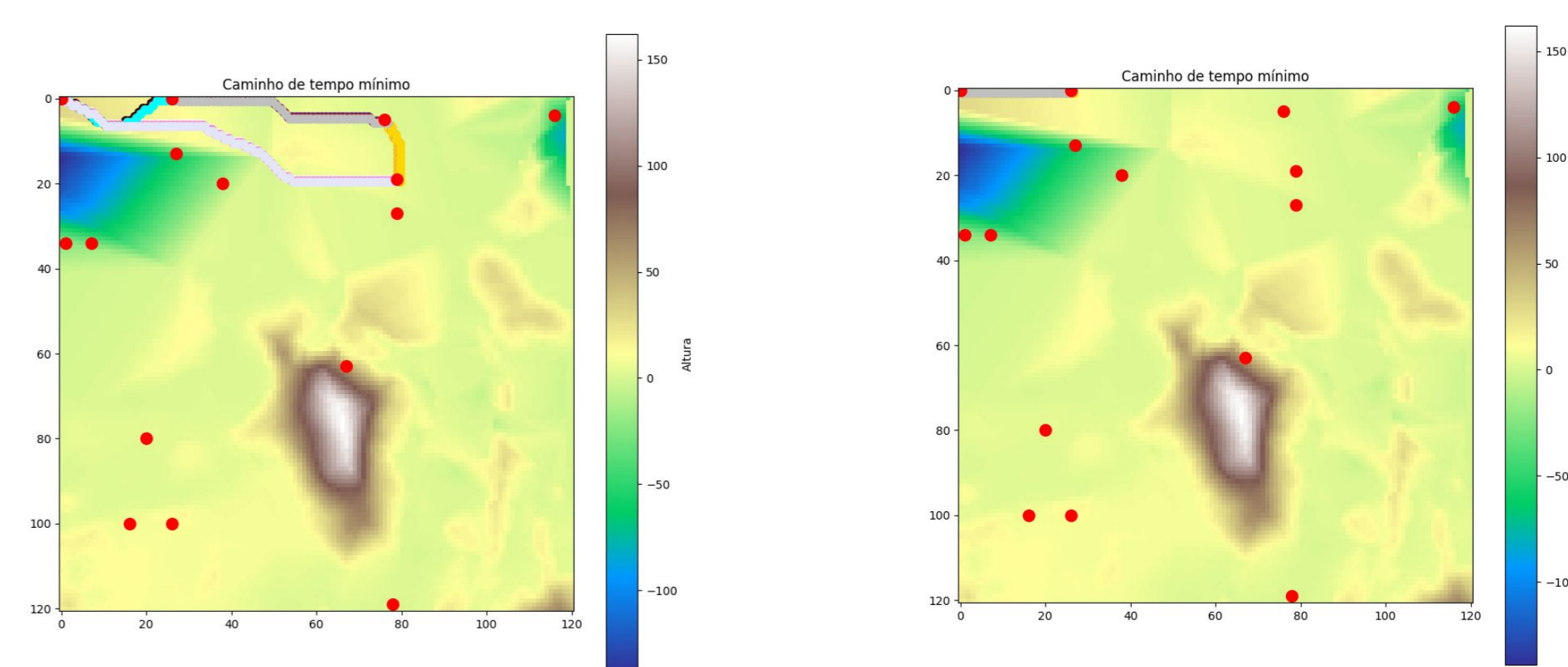


### Resultados e Ações Desenvolvidas

Foi possível obter com sucesso rotas adequadas para ambos problemas visados, utilizando como entrada um MDE de 120x120 com a altitude de cada seção e escala de 20m. As inclinações foram calculadas com esses dados.



Recorte de região do Rio de Janeiro, próxima à capital. Observa-se, à esquerda, que a rota evita a área de maior altitude, em branco.



Outros exemplos de rotas com tempos máximos diferentes disponíveis.

### Conclusões

Pode-se concluir que é possível construir diversas rotas diferentes a depender do requisitado, de forma que o tempo de caminhada seja minimizado. Além disso, pode-se considerar uma grande quantidade de pontos de visitação. Neste trabalho, os experimentos foram feitos com um máximo de 48 pontos por se tratar de um método exato. Se o número de pontos for muito elevado, recomenda-se um método heurístico, que não foi o enfoque do projeto.

### Bibliografia

- NEJAD ZAHRA GHELICHIPOUR, H. A. M. A. S. V. Designing recreational trails in the sarigol national park and protected area, iran. Ecopersia, 2025.
- TOMCZYK, A. M.; EWERTOWSKI, M. Planning of recreational trails in protected areas: Application of regression tree analysis and geographic information systems. Applied Geography, v. 40, p. 129–139, 2013.