**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE COIMBRA**

Licenciatura em Engenharia Informática

**TRABALHO PRÁTICO 2 INTRODUÇÃO À INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

*Otimização de Rotas Turísticas*

**Autores:**

Diogo Ribeiro Costa (Nº 2024143983)  
Rodrigo Cravo Pereira (Nº 2024117439)

Ano Letivo 2025/2026

# 

# 1. Introdução e Enquadramento Teórico

# No âmbito da unidade curricular de Introdução à Inteligência Artificial, este trabalho prático tem como objetivo resolver um problema de otimização focado no turismo sustentável. O desafio proposto consiste em selecionar um subconjunto de locais turísticos (m) a partir de uma lista de candidaturas, de modo a maximizar a distância média entre eles. Ao contrário de problemas de rotas, aqui pretende-se garantir a dispersão geográfica dos pontos para evitar a concentração de visitantes.

# 2. Metodologia e Algoritmos

Para resolver o problema, foram implementadas e comparadas quatro abordagens distintas baseadas em meta-heurísticas (Pesquisa Local e Computação Evolucionária). Todos os algoritmos foram desenvolvidos na linguagem de programação **C**, privilegiando a eficiência computacional.

## 2.1. Trepa-Colinas (Hill Climbing)

O algoritmo Trepa-Colinas é uma técnica de Melhoramento Iterativo que parte de uma solução inicial e move-se continuamente para vizinhos de melhor qualidade. Para a exploração do espaço de procura, foram implementadas duas estruturas de vizinhança distintas:

1. Troca Simples: Substituição de um local da solução por outro não selecionado.
2. Troca Dupla: Substituição simultânea de dois locais da solução por dois externos, permitindo escapar mais facilmente a alguns ótimos locais.

## 2.2. Algoritmo Evolutivo (Genético)

Esta abordagem baseia-se na evolução de uma população de soluções ao longo de várias gerações. Como o problema trata da seleção de um conjunto (combinação) e não de uma sequência (permutação), a ordem dos elementos no vetor solução não influencia a sua aptidão (fitness).

O algoritmo foi implementado de forma modular, permitindo a configuração de diferentes operadores genéticos:

* **Seleção:** Foram implementados os métodos de **Torneio** (seleção por competição direta) e **Roleta** (seleção proporcional à aptidão), sendo o Torneio o método principal utilizado nos testes pela sua robustez.
* **Recombinação (Crossover):** Foram desenvolvidos os operadores **Uniponto** e **Uniforme**. Estes operadores combinam características de dois progenitores para gerar novas soluções, garantindo sempre a validade do tamanho do subconjunto (m) através de mecanismos de reparação.
* **Mutação:** Para manter a diversidade genética, foram implementados operadores de **Substituição Simples** (troca de 1 gene) e **Múltipla**, aplicados com uma baixa probabilidade.

## 2.3. Abordagens Híbridas

Para potenciar os resultados, foram desenvolvidas duas estratégias híbridas que combinam a capacidade de exploração global do algoritmo evolutivo com a capacidade de intensificação local do Trepa-Colinas:

* **Híbrido 1 (Refinamento Final):** Executa o Algoritmo Evolutivo completo para encontrar uma zona promissora no espaço de procura e, no final, aplica o Trepa-Colinas apenas à melhor solução encontrada para realizar um "ajuste fino" local.
* **Híbrido 2 (Algoritmo Memético):** Integra a pesquisa local dentro do próprio ciclo evolutivo. Periodicamente (ex: a cada 10 gerações), o algoritmo aplica o Trepa-Colinas a uma percentagem dos indivíduos da população. Isto permite que as soluções "aprendam" e melhorem individualmente antes de passarem o seu material genético à geração seguinte.

# 3. Configuração Experimental

Para garantir a validade estatística dos resultados, foram definidos os seguintes parâmetros:

* Número de Execuções: 30 por instância.
* Critério de Paragem: 2500 gerações (Evolutivo) ou 1000 iterações (Trepa-Colinas).
* População: 100 indivíduos.
* Probabilidades: Cruzamento (80%) e Mutação (5%).

# 4. Análise de Resultados

A tabela seguinte apresenta os valores máximos de fitness obtidos para cada algoritmo:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Instância** | **Trepa-Colinas** | **Evolutivo** | **Híbrido 1** | **Híbrido 2** |
| tourism\_5.txt | 72,28 | 72,28 | 72,28 | **72,28** |
| tourism\_20.txt | 164,65 | 164,65 | 164,65 | **164,65** |
| tourism\_50.txt | 499,54 | 505,12 | 508,45 | **512,80** |
| tourism\_100.txt | 690,23 | 721,89 | 730,15 | **745,60** |
| tourism\_250.txt | 1787,32 | 1910,35 | 1950,20 | **2010,85** |
| tourism\_500.txt | 3531,50 | 3750,42 | 3850,60 | **3980,45** |

## Discussão

Como previsto teoricamente, nas instâncias de maior dimensão (250 e 500 locais), o Trepa-Colinas ficou retido em ótimos locais, obtendo apenas 3531.50 pontos na instância 500. Em contraste, o Híbrido 2 (Memético) conseguiu escapar a essas zonas de atração local, atingindo 3980.45 pontos.

Isto representa uma melhoria de 12.7%, validando a tese de que a introdução de mecanismos de diversidade (Mutação) e recombinação populacional permite uma exploração mais robusta do espaço de procura.

# 5. Conclusão

Conclui-se que, para problemas de pequena dimensão, métodos simples como o Trepa-Colinas são suficientes e eficientes. Contudo, para cenários reais com centenas de candidaturas, as abordagens baseadas em populações e, especificamente, os **Algoritmos Meméticos (Híbrido 2)**, são indispensáveis para garantir soluções de alta qualidade. O método proposto cumpriu com sucesso o objetivo de criar um conjunto de locais turísticos dispersos, evitando a concentração excessiva e promovendo a sustentabilidade do roteiro.