

## Introdução à Inteligência Artificial

Licenciatura em Engenharia Informática, Engenharia Informática – Pós Laboral e  
Engenharia Informática – Curso Europeu

2º Ano – 1º semestre

2021/2022

---

### Trabalho Prático nº 2 *Problema de Otimização*

#### 1. Objetivos

Conceber, implementar e testar métodos de otimização que encontrem soluções de boa qualidade para diferentes instâncias do problema a seguir descrito.

#### 2. Problema do Conjunto Estável Máximo (*Maximum stable set problem*)

Um conjunto estável  $S$  num grafo não dirigido é definido como um subconjunto de vértices sem qualquer ligação entre si (i.e., não existe nenhuma aresta entre vértices que fazem parte do subconjunto). Numa rede social corresponde a um conjunto de pessoas que se não se conhecem, que não têm nenhuma ligação.

Formalmente o problema é definido:

Dado um grafo não direcionado  $G = (V, A)$ , composto por um conjunto  $V$  de vértices ligados entre si por arestas  $A$ , um subconjunto  $S \subseteq V$  é chamado de conjunto estável quando não há nenhuma aresta entre os vértices de  $S$ . O objetivo do problema é encontrar um conjunto estável  $S$  tal que a sua cardinalidade (ou seja, o número de vértices que contém) seja máxima.

O objetivo do **problema do conjunto estável máximo** é portanto de maximização.

#### Instâncias para teste

Estão disponíveis no Moodle algumas instâncias deste problema para testar os algoritmos. Os algoritmos a implementar devem estar preparados para lidar com grafos que contenham até 500 vértices. Os grafos estão armazenados nos ficheiros de acordo com a representação lista de adjacências. No início surgem algumas linhas de comentário iniciadas por  $c$ . Depois disso surge uma linha iniciada por “*p edge*”, onde são indicados o número de vértices e o número de arestas. Os vértices são identificados por números inteiros a partir de 1. Cada uma das linhas seguintes inicia-se com a letra  $e$  e especifica uma aresta.

A seguir ilustra-se como é armazenada a informação num ficheiro de texto:

```
c FILE: MANN_a9.clq.b
c Exemplo
p edge 45 918
e 2 1
e 3 1
e 3 2
e 4 1
e 4 2
...
e 45 39
e 45 40
e 45 41
e 45 42
```

Linhas com comentários

Grafo com 45 vértices e 918 arestas

Primeira aresta liga vértices 1 e 2

Segunda aresta liga vértices 1 e 3

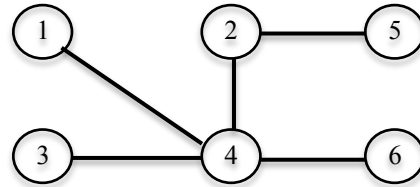
...

Última aresta liga vértices 42 e 45

### Exemplo:

Imagine que tem um grafo  $V$  com 6 vértices e 5 arestas, com a informação representada no ficheiro abaixo (*teste.txt* do Moodle). A imagem à direita ilustra o grafo.

```
c Instancia de teste para
problema
c IIA 2021 22
p edge 6 5
e 1 4
e 2 4
e 2 5
e 3 4
e 4 6
```



Considere três soluções possíveis:

$S1 = \{1, 3, 5\}$

$S2 = \{1, 2, 3, 6\}$

$S3 = \{1, 2, 3, 4\}$

Como se trata de um problema de maximização, a solução **S2** (com cardinalidade 4) será melhor do que a **S1** (que tem cardinalidade 3). A solução **S3** é inválida, uma vez que existem ligações entre os vértices 2, 3 e 4

## 3. Métodos de Otimização

Neste trabalho pretende-se que implemente e avalie a capacidade de diferentes algoritmos de otimização para encontrar soluções de boa qualidade para o problema descrito. Sendo assim, no seu estudo deverá implementar os 3 métodos seguintes e efetuar um estudo comparativo aprofundado sobre o desempenho da otimização. No Moodle estão disponibilizados vários ficheiros de instâncias, com complexidades diferentes, para efetuar o estudo experimental dos vários algoritmos:

1. Algoritmo de pesquisa local (trepa-colinas, recristalização simulada ou outro, desde que aprovado pelo professor que lhe vai fazer a defesa);
  - Proponha uma forma de lidar com soluções inválidas: evitando que surjam na população, ou se surgirem, comparar estratégias de penalização ou de reparação;
  - Devem ser exploradas pelo menos duas vizinhanças diferentes.
2. Algoritmo evolutivo;
  - Proponha uma forma de lidar com soluções inválidas: evitando que surjam na população, ou se surgirem, comparar estratégias de penalização ou de reparação;
  - Devem ser explorados pelo menos dois operadores de recombinação e dois operadores de mutação diferentes.
3. Método híbrido combinando as duas abordagens anteriores.
  - Devem ser exploradas pelo menos duas abordagens híbridas diferentes usando os dois algoritmos implementados em 1. e 2.

#### 4. Estudo experimental

O estudo experimental deve analisar os parâmetros e componentes de cada algoritmo que podem ter influência no seu desempenho.

No algoritmo de pesquisa local deve realizar o estudo experimental variando:

- Número de iterações
- Se optar pelo recristalização simulada: valores de  $T_{min}$ ,  $T_{max}$ ,  $f. arrefecimento$
- Vizinhanças
- Aceitar soluções de custo igual
- Estratégias de penalização / reparação

No algoritmo evolutivo deve realizar o estudo experimental variando:

- Tamanho da população
- Operadores de recombinação / mutação
- Probabilidades do operador de recombinação / mutação
- Estratégias de penalização / reparação

Abordagens híbridas

- Escolher os melhores algoritmos encontrados no estudo experimental anterior para construir as abordagens híbridas (melhor pesquisa local + melhor evolutivo)
- Comparar as duas abordagens híbridas
- Apresentar uma tabela de comparação com os resultados obtidos por:
  - Melhor pesquisa local
  - Melhor evolutivo
  - Abordagem híbrida 1
  - Abordagem híbrida 2

As experiências devem ser repetidas pelo menos 10 vezes e as conclusões do estudo devem ser baseadas na comparação dos valores médios.

## 5. Critérios de avaliação

- Originalidade e correção dos algoritmos implementados:
  - o Pesquisa local (10%)
  - o Algoritmo evolutivo (20%)
  - o Abordagens híbridas (10%)
- Experimentação e análise:
  - o Pesquisa local (15%)
  - o Algoritmo evolutivo
    - Impacto de diferentes operadores (15%).
    - Impacto da variação dos parâmetros (20%).
- Documentação e defesa (10%)

## 6. Normas de realização do trabalho prático

- O trabalho deve ser realizado **em grupos de dois alunos**.
- Os trabalhos serão sujeitos a defesa obrigatória, em data a anunciar.
- Cotação do trabalho: **6 valores**

## 7. Entrega do Trabalho

- Data limite para entrega: **23h00 do dia 16 de janeiro de 2022**
- Será dada uma penalização de **25%** por cada dia de atraso;
- Deverá ser submetido um ficheiro compactado em formato ZIP, devidamente identificado com os nomes e números dos alunos que realizaram o trabalho. Esse ficheiro deverá conter o seguinte:
  - o **Relatório** abordando, pelo menos, os seguintes pontos:
    - Representação usada para o problema, descrição da função de avaliação e objetivo da otimização;
    - Descrição dos algoritmos e/ou das heurísticas utilizadas. Explicar quais as vizinhanças, métodos de seleção e operadores genéticos implementados;
    - Justificação das principais opções tomadas;
    - Resultados dos testes efetuados e respetiva análise. Os resultados a mostrar no relatório devem ser apenas um resumo baseado em tabelas/gráficos apresentando médias de várias repetições e respetivas conclusões. O estudo completo deve ser anexado num ficheiro Excel.
  - o **Código fonte** do programa, executável e exemplos para teste;
  - o **Ficheiro Excel** com os testes realizados para cada algoritmo.
- O trabalho deve ser entregue através da plataforma *Moodle* até à data limite indicada.
- As defesas serão nas aulas práticas da semana 17 a 21 de Janeiro e noutros dias a combinar caso seja necessário. As defesas são obrigatórias e serão agendadas com os professores das aulas práticas.