

Exercícios sobre problemas NP-Completo

R. Rossetti, L. Ferreira, H. L. Cardoso, F. Andrade
FEUP, MIEIC, CAL

Índice

- Problema da Marcação de Exames
- Problema do Clique
- Problema da Partilha de Viaturas

Problema da Marcação de Exames



FEUP Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

Exercícios sobre problemas NP-Completo

Problema da Marcação de Exames

(exame 2016/17)

- Estudantes podem inscrever-se em vários cursos.
- Todos os exames finais terão duração de 1h.
- Determinar o número mínimo de *slots* de exame de 1 hora, a fim de evitar que estudantes inscritos em vários cursos tenham exames sobrepostos
- a) Reformule este problema como um problema de decisão.
- b) Verifique se há uma solução eficiente para este problema, explicando os passos da sua solução.
- Sugestão: Poderá utilizar as seguintes definições de problemas NP-completo: Cobertura de Vértices, Coloração de Grafos



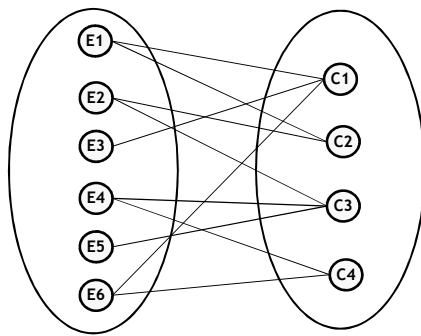
FEUP Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

Exercícios sobre problemas NP-Completo

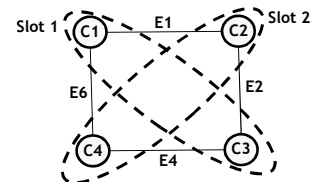
Exemplo

Estudantes

Cursos

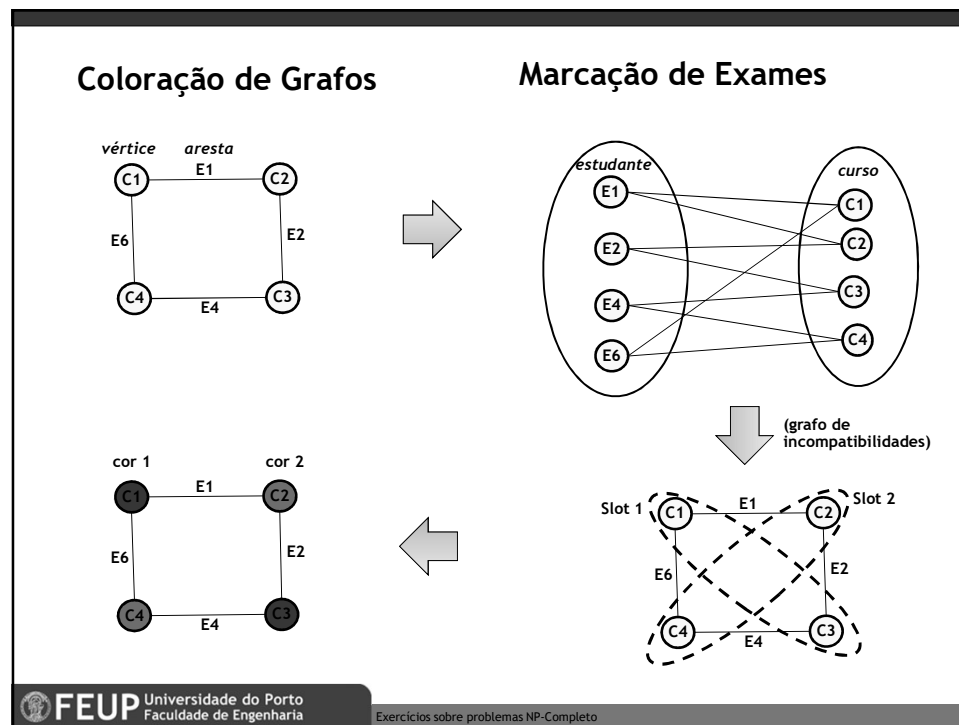


Conflitos



Resolução

- a) Determinar se é possível usar um número de *slots* $\leq k$, a fim de evitar que estudantes inscritos em vários cursos tenham exames sobrepostos
- b) O problema é NP-Completo, pois:
 - É NP, pois uma marcação candidata pode obviamente ser verificada em tempo polinomial
 - É NP-difícil, pois o problema da Coloração de Grafos é redutível em tempo polinomial ao problema da Marcação de Exames
 - Dado um grafo $G=(V,E)$, cada vértice é convertido num curso e cada aresta é convertida num estudante que está inscrito nos 2 cursos correspondentes aos vértices em que incide a aresta
 - Os *slots* da solução do problema da marcação de exames correspondem a cores no problema da coloração de grafos
 - Ver ilustrações a seguir

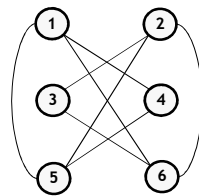


Problema do Clique

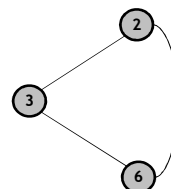
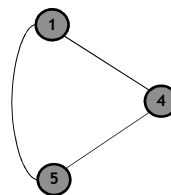
Problema do Clique (recurso 2016/17)

- Um *clique* de um grafo não dirigido é um subconjunto dos seus vértices, tal que, para quaisquer pares de vértices u e v neste subconjunto, existe uma aresta do grafo que liga os vértices u e v . O problema de otimização consiste em encontrar um clique de tamanho máximo.
- a) Reformule este problema como um problema de decisão.
- b) Verifique se há uma solução eficiente para este problema, explicando os passos da sua solução.
- Sugestão: poderá utilizar as seguintes definições de problemas NP-completo: Coloração de Grafos, Conjunto Independente

Exemplo



Cliques de tamanho 3:



Resolução

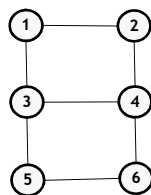
- a) Dado um grafo não dirigido $G=(V,E)$ e um $k \in \mathbb{N}$, verificar se G tem um clique de tamanho $\geq k$?
- b) O problema é NP-Completo, pois:
 - É NP, pois um clique candidato pode obviamente ser verificado em tempo polinomial
 - É NP-difícil, pois o problema do Conjunto Independente é redutível em tempo polinomial ao problema do Clique
 - Dado um grafo não dirigido $G=(V,E)$, converte-se no grafo complementar $G'=(V,E')$ com os mesmos vértices e o conjunto complementar de arestas
 - Um clique de tamanho k de G' é um conjunto independente de tamanho k de G , e vice-versa
 - Ver ilustrações a seguir



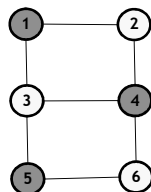
Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

Exercícios sobre problemas NP-Completo

Problema do Conjunto Independente

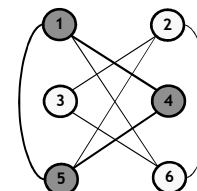
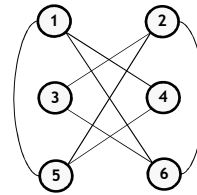


(complemento)



(conjunto independente de tamanho 3)

Problema do Clique



(clique de tamanho 3)



Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

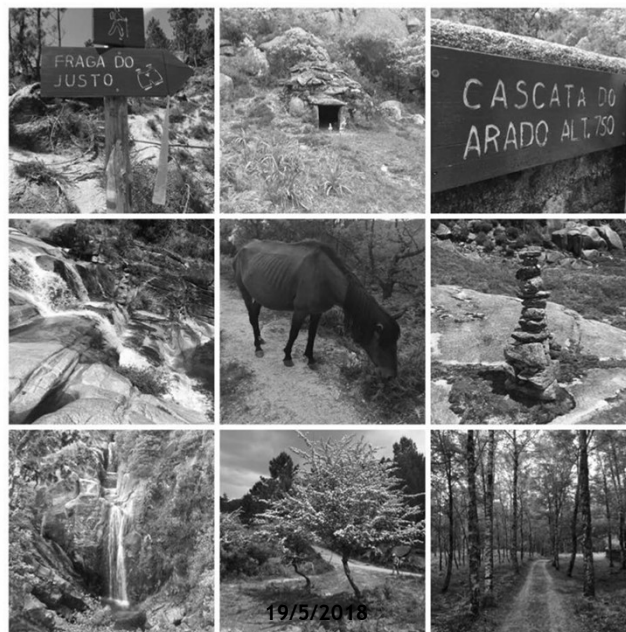
Exercícios sobre problemas NP-Completo

Problema da Partilha de Viaturas



Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

Exercícios sobre problemas NP-Completo



Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

Exercícios sobre problemas NP-Completo

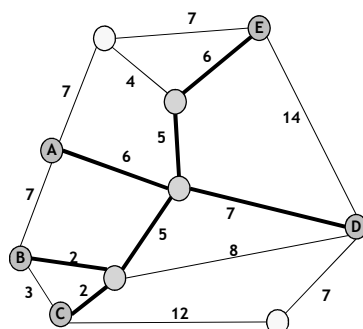
Problema da Partilha de Viaturas

- Um grupo de pessoas pretende organizar os transportes em viatura própria (ida e regresso) para uma atividade de lazer num ponto definido, minimizando o consumo de combustível.
 - Assumir que o consumo depende apenas da distância percorrida
- Para esse efeito, pessoas partindo de casas diferentes nas suas viaturas podem encontrar-se em pontos intermédios, deixando aí um dos carros (procedendo de forma inversa no regresso).
 - Assumir que é possível deixar o carro em qualquer ponto
- Mostrar que é um problema NP-completo, sabendo-se que o problema da Árvore de Steiner em Grafos (ver slide seguinte) é NP-completo

Problema da Árvore de Steiner (1/2)

- Seja $G = (V, E)$ um grafo não dirigido com pesos não negativos
- Seja $S \subseteq V$ um subconjunto de vértices, chamados **terminais**.
- Uma **árvore de Steiner** é uma árvore em G que contém todos os vértices de S .
- Problema de otimização: encontrar uma árvore de Steiner de peso mínimo
 - É o mesmo que uma árvore de expansão mínima, no caso de $S = V$
- Problema de decisão (com pesos inteiros): determinar se existe uma árvore de Steiner de peso total que não excede um número natural k pré-definido
 - Sabe-se que é um problema NP-completo

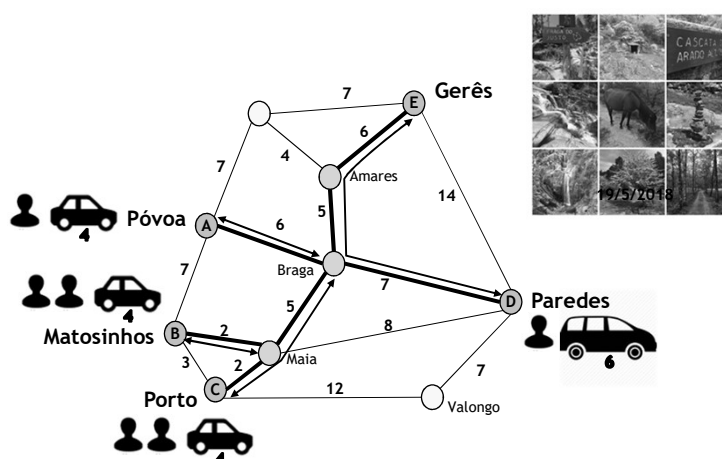
Problema da Árvore de Steiner (2/2)



$S=\{A, B, C, D, E\}$

Peso total da árvore: 33

Problema da Partilha de Viaturas



Distância total percorrida pelo conjunto de viaturas: $2 \times (18 + 6 + 2 + 7) = 2 \times 33 = 66$

Resolução

- Problema de decisão: é possível efetuar o transporte com distância total percorrida pelo conjunto de viaturas $\leq k$
- É um problema NP, pois uma solução candidata (com plano de percursos das viaturas) pode ser facilmente verificada em tempo polinomial
- É um problema NP-difícil, pois o problema da Árvore de Steiner é redutível ao problema da Partilha de Viaturas em tempo polinomial
 - Faz-se corresponder conjunto S a conjunto de pontos de partida e de chegada (pode-se escolher um arbitrariamente como ponto de chegada)
 - Cada ponto de partida tem uma pessoa e uma viatura de capacidade $= |S|$
 - Existe árvore de Steiner de peso total $\leq k$ se e só se existe forma de partilha de viaturas com peso total (distância total) $\leq 2k$

**FEUP**Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

Exercícios sobre problemas NP-Completo