

### Problema do caixeiro viajante

1. Crie um enunciado para uma aplicação prática do problema do caixeiro viajante.
2. Considere a seguinte instância para o problema do caixeiro viajante.

	1	2	3	4
1	-	15	12	13
2	15	-	9	2
3	12	9	-	19
4	13	2	19	-

- (a) Resolva o problema utilizando a formulação MTZ.
  - (b) Resolva o problema utilizando a formulação SCF.
  - (c) Determine o valor da relaxação linear das formulações desenvolvidas nas alíneas anteriores e compare-os.
3. Uma fábrica, localizada no nodo 0, necessita de matéria-prima e existem  $n$  fornecedores que a podem fornecer. O fornecedor  $i \in \{1, \dots, n\}$  tem  $w_i$  unidades de matéria-prima disponível e a fábrica tem uma necessidade de  $W$  unidades. A fábrica pretende determinar a rota que deve executar de forma a garantir que recolhe toda a matéria-prima que necessita ao mínimo custo de deslocação.
    - (a) Adapte uma formulação compacta para resolver o problema apresentado. Nota: Este problema é uma variante do problema do caixeiro viajante chamada *prize-collecting traveling salesman problem*.
    - (b) Considere a seguinte matriz de custos e valores de  $w_i$ .

	0	1	2	3	4
0	-	17	13	7	4
1	14	-	3	10	17
2	9	7	-	8	14
3	11	6	11	-	3
4	17	7	18	2	-

  

$w_i$	4	7	2	4
-------	---	---	---	---

- i. Considerando  $W = 10$ , determine a solução ótima da instância apresentada.
- ii. Considere outros valores de  $W$ . Existe alguma relação entre o valor ótimo da instância e o valor de  $W$ ? Se sim, indique qual.

4. Considere a seguinte matriz de custos relativa a uma instância do problema do caixeiro viajante.

	1	2	3	4
1	-	3	5	1
2	-	-	1	6
3	6	1	-	3
4	1	5	-	-

- (a) Obtenha a solução ótima do problema relaxado em que não se consideram as restrições de eliminação de subcircuitos.
- (b) Introduza na solução obtida na alínea anterior as restrições de eliminação de subcircuitos da formulação CC até encontrar a solução ótima do problema.
5. Considere a matriz de custos seguinte relativa a uma instância do problema do caixeiro viajante.

	1	2	3	4	5
1	-	3	4	1	2
2	3	-	8	4	3
3	4	8	-	5	2
4	1	4	5	-	3
5	2	3	2	3	-

- (a) Obtenha uma solução do problema relaxado em que não se consideram as restrições de eliminação de subcircuitos. Relacione o valor da solução obtida com o ótimo da instância.
- (b) Obtenha uma solução para o problema relaxado em que não se consideram as restrições de grau. Relacione o valor da solução obtida com o ótimo da instância.
- (c) Obtenha uma solução admissível para o problema utilizando a heurística de inserção de menor custo. Relacione o valor da solução obtida com o ótimo da instância.
6. Seja  $G = (V, E)$  um grafo não orientado, onde  $E$  é o conjunto das arestas em vez do conjunto de arcos. Considere as variáveis  $x_e$ , que tomam valor 1 se a aresta  $e \in E$  é visitada na solução.
- (a) Adapte a formulação CC para o caso simétrico.
- (b) Determine a solução ótima da instância apresentada no exercício anterior utilizando a formulação desenvolvida na alínea anterior. Quais são as vantagens/desvantagens de usar a formulação simétrica comparativamente à assimétrica?
7. Considere a seguinte instância do problema do caixeiro viajante.

	$C1$	$C2$	$C3$	$C4$	$C5$	$C6$
$C1$	-	7	10	12	2	9
$C2$	7	-	11	14	8	1
$C3$	10	11	-	12	6	8
$C4$	12	14	12	-	7	9
$C5$	2	8	6	7	-	11
$C6$	9	1	8	9	11	-

- (a) Construa uma solução admissível utilizando a heurística do vizinho mais próximo.
- (b) Identifique um minorante relaxando as restrições de eliminação de subcircuitos. O que pode concluir sobre o valor ótimo da instância apresentada?

- (c) Introduza, na solução da alínea anterior, as restrições relaxadas da formulação CC até encontrar uma solução ótima da instância.

8. Considere a seguinte instância do problema do caixeiro viajante.

	1	2	3	4	5
1	-	3	7	6	2
2	4	-	11	9	6
3	2	6	-	1	5
4	5	5	3	-	4
5	6	2	7	6	-

- (a) Obtenha uma solução admissível utilizando a heurística de inserção de menor custo.  
 (b) Identifique um minorante recorrendo à relaxação das restrições de saída de um nodo.  
 (c) Introduza, na solução da alínea anterior as restrições relaxadas até encontrar uma solução ótima para a instância apresentada.

9. Considere a seguinte instância para o problema do caixeiro viajante:

	1	2	3	4	5
1	-	22	61	44	50
2	22	-	40	22	31
3	61	40	-	22	42
4	44	22	22	-	22
5	50	31	42	22	-

Obtenha uma solução admissível para a instância apresentada utilizando as seguintes heurísticas:

- (a) Heurística do vizinho mais próximo.  
 (b) Heurística da inserção de menor custo.