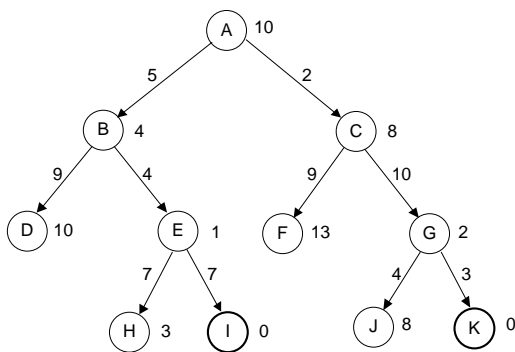


DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA**ENGENHARIA INFORMÁTICA****INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

EXERCÍCIOS 1

1. Caracterize as seguintes abordagens à inteligência artificial:
 - a) Desenvolver sistemas que “pensam” como os humanos.
 - b) Desenvolver sistemas que agem como os humanos.
 - c) Desenvolver sistemas que “pensam” racionalmente.
 - d) Desenvolver sistemas que agem racionalmente.
2. Suponha que pretendemos construir um agente programador cuja função é a escrita e depuração de programas de computador. Caracterize o ambiente em termos de ser ou observável, determinístico, episódico, estático e contínuo. Justifique a sua resposta.
3. Considere um agente taxista. Caracterize, nos termos vistos nas aulas, o ambiente em que ele atua.
4. Quais as diferenças fundamentais entre um agente reativo e um agente guiado por objetivos?
5. Considere o seguinte espaço de estados, onde os valores junto aos arcos correspondem ao custo de ir de um estado a outro, os valores junto aos estados correspondem ao valor da heurística e os estados I e K correspondem a estados objetivo:



A heurística é admissível? Justifique.

Por que ordem são expandidos os estados se for utilizada

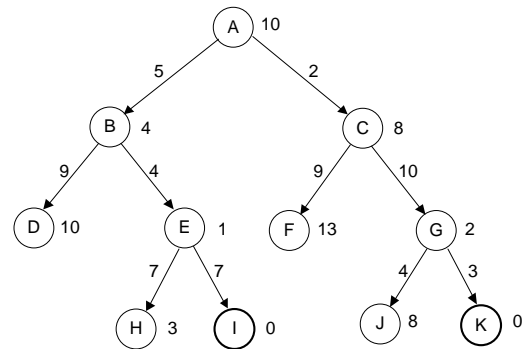
- a) a procura em largura primeiro?
- b) a procura em profundidade primeiro?
- c) a procura por aprofundamento progressivo?
- d) a procura uniforme?
- e) a procura sôfrega?
- f) a procura A*?

Em cada alínea mostre a evolução da fronteira. Nas alíneas d), e) e f) mostre sempre, para cada estado, o valor de f, utilizado para ordenar a fronteira.

Resolução

1a) procura em largura primeiro, fronteira: fila

A
 BC
 CDE
 DEFG
 EFG
 FGHI
 GHI
 HIJK
 IJK

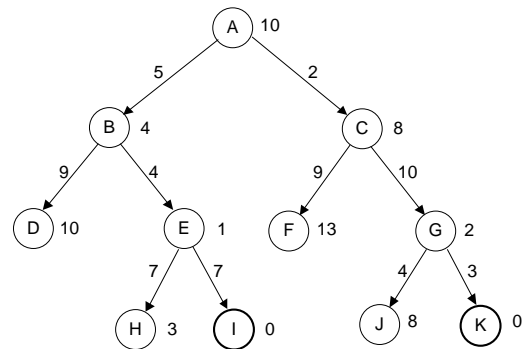


Ordem de expansão dos estados: A, B, C, D, E, F, G, H, I

Solução: A, B, E, I

1b) procura em profundidade primeiro, fronteira: pilha

A
 BC
 DEC
 EC
 HIC
 IC



Ordem de expansão dos estados: A, B, D, E, H, I

Solução: A, B, E, I

1c) procura por aprofundamento progressivo:

Limite = 0

A

Limite = 1

A

BC

C

Limite = 2

A

BC

DEC

EC

C

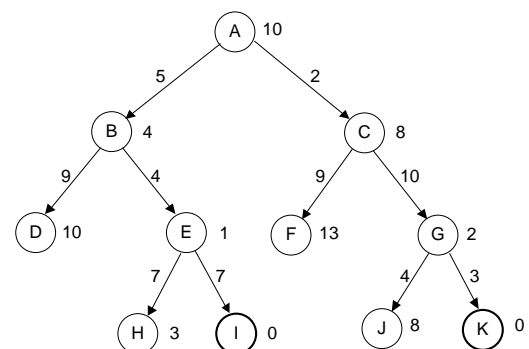
FG

G

Limite = 3

A

BC



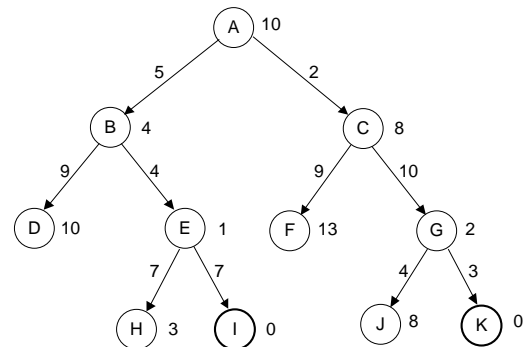
D E C
E C
H I C
I C

Ordem de expansão dos estados: A, A, B, C, A, B, D, E, C, F, G, A, B, D, E, H, I

Solução: A, B, E, I

1d) procura uniforme: $f = g$

A^0
 C^2, B^5
 B^5, F^{11}, G^{12}
 $E^9, F^{11}, G^{12}, D^{14}$
 $F^{11}, G^{12}, D^{14}, H^{16}, I^{16}$
 $G^{12}, D^{14}, H^{16}, I^{16}$
 $D^{14}, K^{15}, H^{16}, I^{16}, J^{16}$
 $K^{15}, H^{16}, I^{16}, J^{16}$

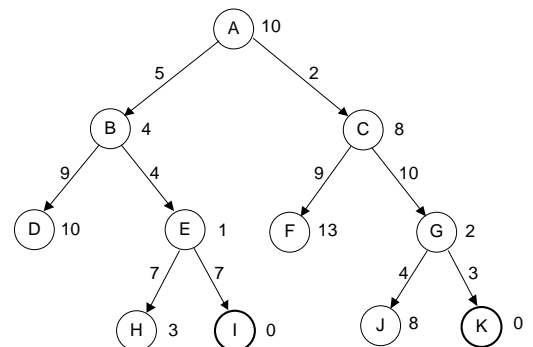


Ordem de expansão dos estados: A, C, B, E, F, G, D, K

Solução: A, C, G, K

1e) procura sôfrega: $f = h$

A^{10}
 B^4, C^8
 E^1, C^8, D^{10}
 I^0, H^3, C^8, D^{10}

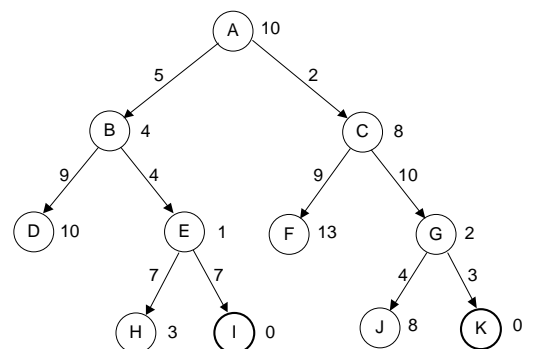


Ordem de expansão dos estados: A, B, E, I

Solução: A, B, E, I

1e) $A^*: f = g + h$

$A^0 + 10 = 10$
 $B^5 + 4 = 9, C^2 + 8 = 10$
 $C^2 + 8 = 10, E^9 + 1 = 10, D^{14} + 10 = 24$
 $E^9 + 1 = 10, G^{12} + 2 = 14, D^{14} + 10 = 24, F^{11} + 13 = 24$
 $G^{12} + 2 = 14, I^{16} + 0 = 16, H^{16} + 3 = 19, D^{14} + 10 = 24, F^{11} + 13 = 24$
 $K^{15} + 0 = 15, I^{16} + 0 = 16, H^{16} + 3 = 19, D^{14} + 10 = 24, F^{11} + 13 = 24, J^{16} + 8 = 24$

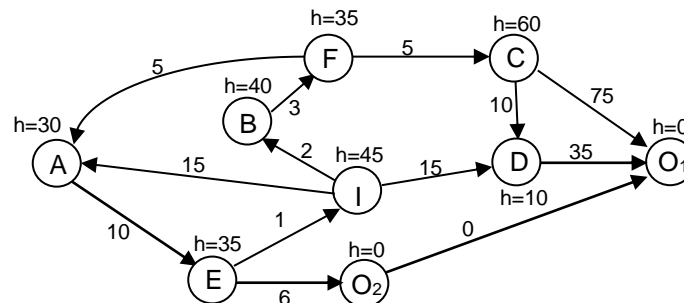


Ordem de expansão dos estados: A, B, C, E, G, K

Solução: A, C, G, K

A heurística é admissível? Sim porque $h(n) \leq h^*(n)$, onde $h^*(n)$ é o menor custo real para ir de n ao estado objetivo

6. Considere o espaço de estados representado na figura seguinte, em que os custos dos operadores estão indicados junto aos arcos e os valores da heurística estão indicados junto aos nós. Considere também que se pretende ir do estado I a um dos estados O.

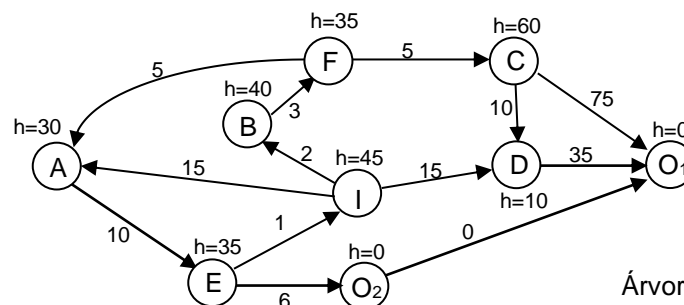


Determine a solução encontrada pelos seguintes algoritmos de procura, mostrando os estados sucessivos da fronteira e indicando, para cada nó, o valor de f (utilizado para ordenar os estados da fronteira):

- Procura uniforme.
- Procura sôfrega.
- Procura A*.
- A heurística é admissível?

Resolução

- Procura uniforme: $f = g$



I^0

B^2, A^{15}, D^{15}

F^5, A^{15}, D^{15}

A^{10}, C^{10}, D^{15}

C^{10}, D^{15}, E^{20}

D^{15}, E^{20}, O_1^{85}

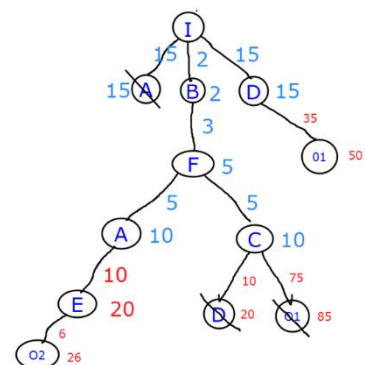
E^{20}, O_1^{50}

O_2^{26}, O_1^{50}

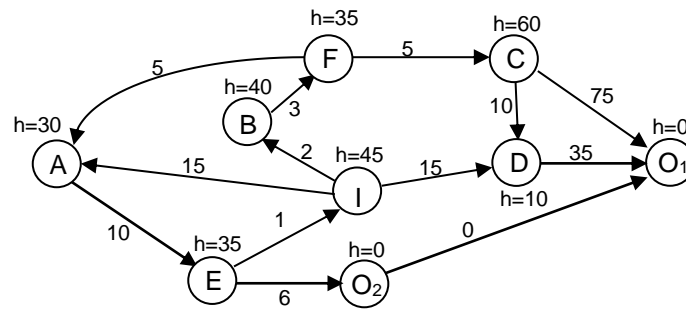
Os estados a vermelho são estados que são removidos da fronteira

Solução = I, B, F, A, E, O_2

Árvore de procura



b) Procura sôfrega: $f = h$



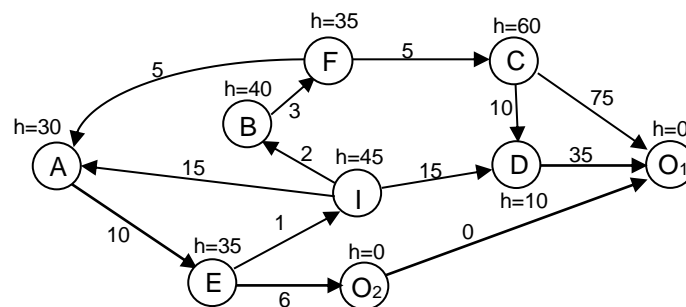
I^{45}

D^{10}, A^{30}, B^{40}

O_1^0, A^{30}, B^{40}

Solução: I D O₁

c) A*: $f = g + h$



$I^{0+45=45}$

$D^{15+10=25}, B^{2+40=42}, A^{15+30=45}$

$B^{2+40=42}, A^{15+30=45}, O_1^{15+0=15}$

$F^{5+35=40}, A^{15+30=45}, O_1^{15+0=15}$

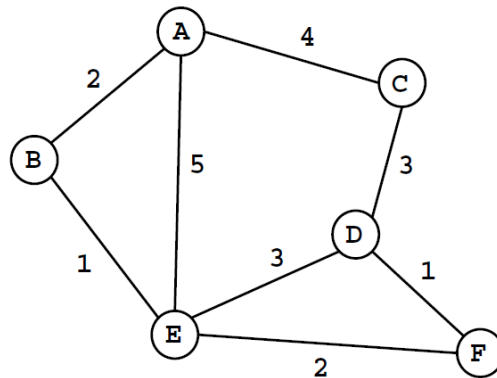
$A^{10+30=40}, O_1^{15+0=15}, C^{10+60=70}$

$O_1^{15+0=15}$, $E^{20+35=55}, C^{10+60=70}$

d) A heurística não é admissível porque o caminho mais curto entre E e O₂ tem custo 6 e a heurística de E tem valor 35, ou seja, há pelo menos um caso em que $h(n) > h^*(n)$, em que $h^*(n)$ é o custo mínimo de ir de n ao objetivo. Já agora, repare-se que o algoritmo A* não encontra a solução ótima. Isso só poderia acontecer com uma heurística não admissível.

Nota: na resolução dos exercícios com o algoritmo A*, normalmente, não consideramos que a heurística seja consistente a menos que o enunciado refira o contrário. Isso significa que, ao contrário do que implementámos nas aulas práticas, quando vamos para adicionar um estado à fronteira, temos que verificar se o mesmo já está na fronteira. Se estiver e tiver um valor de f menor do que o novo estado, este não é adicionado à fronteira; se estiver e tiver um valor de f maior do que o do novo estado, remove-se o que está na fronteira e adiciona-se o novo estado. Este procedimento é semelhante ao que se faz na procura uniforme e na procura sôfrega. A única diferença está na forma como se calcula o valor de f.

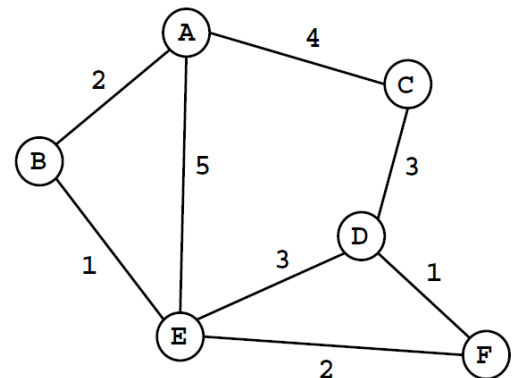
7. Considere o seguinte espaço de estados, onde os valores junto aos arcos correspondem ao custo de ir de um estado a outro, A é o estado inicial, o estado F é o estado objetivo e a heurística $h(n)$ consiste no número mínimo de passos para ir do estado n ao estado F:



Para cada um dos algoritmos nas alíneas a-e, mostre a evolução da fronteira quando estes algoritmos são aplicados ao espaço de estados acima. Nas alíneas c), d) e e) mostre sempre, para cada estado, o valor de f , utilizado para ordenar a fronteira. Considere que, tudo o resto sendo igual, os estados são explorados por ordem alfabética.

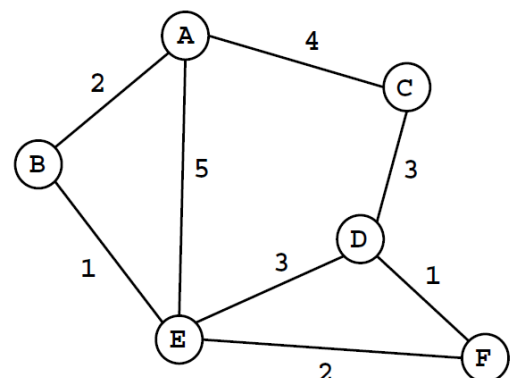
a) [0.5] a procura em largura primeiro (breadth first search)?

A
B C E
C E
E D
D F
F



b) [0.5] a procura em profundidade primeiro (depth first search)?

A
B C E
C E
D E
F E



c) [1] a procura uniforme (uniform cost search)?

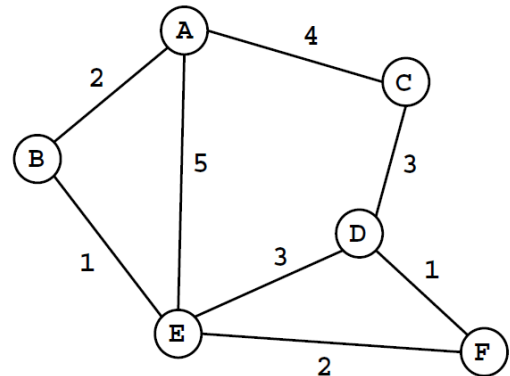
A^0

B^2, C^4, E^5

E^3, C^4

C^4, F^5, D^6

F^5, D^6

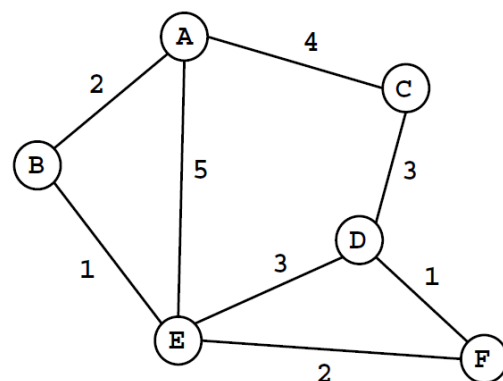


d) [1] a procura sôfrega (greedy search)?

A^2

E^1, B^2, C^2

F^0, D^1, B^2, C^2



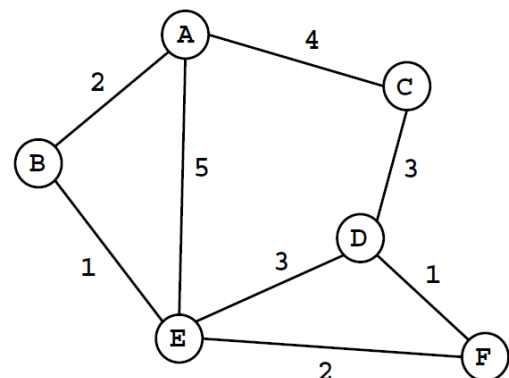
e) [1] a procura A^* ?

A^{0+2}

$B^{2+2=4}, C^{4+2=6}, E^{5+1=6}$

$E^{3+1=4}, C^{4+2=6}$

$F^{5+0=5}, C^{4+2=6}, D^{6+1=7}$

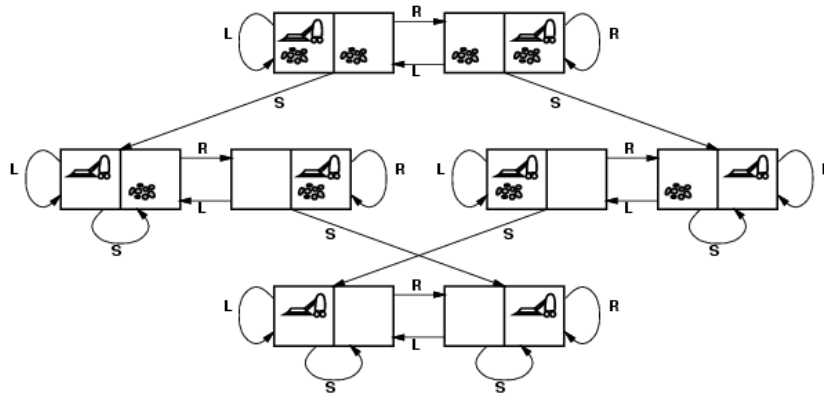


f) [1] A heurística é admissível? Justifique.

Sim, porque o número mínimo de passos para ir de um estado n ao estado objetivo é sempre menor ou igual do que o custo real mínimo de ir de um estado até ao estado objetivo, uma vez que cada passo conta com valor 1 e não passos com custos inferiores a 1.

8. Considere o problema do agente aspirador, descrito no livro "AI – A Modern Approach", cujo espaço de estados é apresentado na figura seguinte. Inicialmente, ambas as quadrículas estão sujas encontrando-se o agente na quadrícula da esquerda. O agente pode realizar três ações diferentes: a ação L permite que ele se desloque para a esquerda, se possível; a ação R permite que ele se desloque para a direita, se possível; a ação S permite que o agente aspire o lixo que está na

quadrícula em que se encontra. O objetivo do agente é aspirar todo o lixo existente no seu pequeno mundo de duas quadrículas.



Considerando que o agente prefere realizar primeiro a ação L, depois a ação R e só depois a ação S e que nunca escolhe para expandir um estado já expandido, desenhe a árvore de procura que seria gerada, referindo a ordem pela qual os nós seriam expandidos se fossem utilizados os algoritmos:

a) Procura em profundidade primeiro.

b) Procura por custo uniforme. Considere que o custo das ações L e R é 2 e que o custo da ação S é 1.

c) Procura sôfrega. Considere que o agente utiliza como heurística o número de quadrículas sujas.

9. O mundo dos blocos tem sido uma importante plataforma de estudo para a área da Inteligência Artificial. Em cima de uma mesa é colocado um conjunto de blocos, alguns dos quais podem estar sobrepostos. O objetivo do agente é colocar os blocos segundo uma determinada configuração objetivo. Por exemplo, partindo da situação ilustrada à esquerda na figura seguinte pode pretender-se atingir a situação da direita.



a) Supondo que o agente utiliza o operador transferir(X, Y), que transfere o bloco X para cima de Y (Y pode ser um dos blocos ou a mesa), desenhe o espaço de estados deste problema para três blocos.

b) Que heurística utilizaria caso pretendesse utilizar um algoritmo informado? A heurística é admissível? Porquê?

10. Suponha que h_1 e h_2 são duas heurísticas admissíveis para um determinado problema. A heurística $\max(h_1(\text{estado}), h_2(\text{estado}))$, em que $\max(x, y)$ devolve o maior dos seus argumentos de entrada, é admissível? Justifique a sua resposta.

11. Porque é que no algoritmo de procura em profundidade primeiro que implementou nas aulas não é utilizado o conjunto de nós explorados?

12. O facto de na implementação do algoritmo de procura em profundidade primeiro verificarmos a ocorrência de ciclos impede que um estado possa ser expandido mais do que uma vez durante o processo de procura? Justifique.

13. Considere um problema em que todos os operadores disponíveis têm o mesmo custo. A solução obtida com o algoritmo de procura em largura primeiro pode ter um custo diferente da solução obtida

com o algoritmo A* se este utilizar uma heurística admissível? E se a heurística não for admissível? E se a heurística for admissível mas o custo diferir de operador para o operador? Justifique as suas respostas.

14. No âmbito do algoritmo trepa-colinas, o que há de comum entre um máximo local, um planalto e uma aresta horizontal? Quais as diferenças entre estas três situações? Que medidas se podem tomar quando o algoritmo encontra este problema?
15. Quais as diferenças fundamentais entre o algoritmo trepa-colinas, a procura em feixe e um algoritmo genético?
16. “Os algoritmos genéticos são um método de resolver problemas baseados num processo de procura paralela e estocástica”. Comente esta afirmação.
17. Diga quais são as diferenças principais entre os operadores genéticos de recombinação e mutação. Em que medida são ambos necessários?
18. Explique a importância da utilização de cada um dos seguintes aspetos num algoritmo genético:
- a) Método de seleção.
 - b) Operador de recombinação.
 - c) Operador de mutação.
19. Suponha que pretende fabricar um dado produto (por exemplo pasta de papel) e que no seu fabrico entram diferentes componentes (água, celulose). Durante o fabrico são retiradas amostras do produto e analisada a sua qualidade, função evidentemente de algumas variáveis (por exemplo, textura e impurezas). O objetivo da fábrica é produzir um produto de qualidade máxima adaptando as condições de fabrico (quantidade de água, quantidade de celulose, pressão, temperatura, etc.).
- a) Indique como representaria os indivíduos se utilizasse um algoritmo genético para resolver o problema;
 - b) Que forma poderia tomar a função de avaliação?
20. O *Boolean Satisfiability Problem*, também conhecido por SAT, é um problema clássico de otimização e foi o primeiro problema a provar-se como pertencendo à classe de problemas NP-Completo. Dada uma fórmula lógica como, por exemplo, $(A \vee B) \wedge (A \vee C) \wedge (\neg C \vee D)$, o problema consiste em encontrar uma combinação de valores das variáveis de entrada (A , B , C e D , no exemplo dado) que torne a fórmula verdadeira. Descreva como utilizaria um algoritmo genético para encontrar soluções para este problema. Mais concretamente, indique como representaria os indivíduos, como os avaliaria e que operadores genéticos utilizaria. Nota: todas as fórmulas lógicas proposicionais podem ser representadas sob a forma de uma conjunção de cláusulas, em que cada cláusula é uma disjunção de literais, como no exemplo acima. Quando representada deste modo, diz-se que a fórmula está na *forma normal conjuntiva*.
21. Um Quadrado Mágico é uma matriz de $n \times n$ preenchida por números de 1 a n^2 em que nenhum número se repete e em que a soma dos números de cada linha, coluna e diagonal é a mesma. A figura abaixo mostra um exemplo em que a constante ou soma mágica é 15. Descreva como utilizaria um algoritmo genético para encontrar soluções para este problema. Mais concretamente, indique como representaria os indivíduos e como os avaliaria. Pode utilizar os operadores clássicos de recombinação e mutação que aprendeu nas aulas? Justifique.

2	7	6
9	5	1
4	3	8

