

Sistemas Inteligentes

Suponha que queremos construir um sistema para auxiliar um usuário do metrô de Paris a saber o trajeto mais rápido entre a estação onde ele se encontra e a estação de destino. O usuário tem um painel com o mapa, podendo selecionar a sua estação de destino. O sistema então acende as luzes sobre o mapa mostrando o melhor trajeto a seguir (em termos de quais estações ele vai atravessar., e quais as conexões mais rápidas a fazer – se for o caso). Para facilitar a vida, consideramos apenas 4 linhas do metrô.

- a distância em linha reta entre duas estações quaisquer é dada pela tabela 1 e a distância real é dada pela tabela 2.
- a velocidade média de um trem é de 30km/h;
- o tempo gasto para trocar de linha dentro de mesma estação (fazer baldeação) é de 4 minutos.

1. Formule este problema em termos de estado inicial, estado final, operadores e função de avaliação para Busca heurística com A*.
2. Descreva o funcionamento do algoritmo em português (5 linhas).
3. Desenhe a árvore de busca desenvolvida pelo A* para o seguinte caso:
Ei = estação 6 linha azul
Ef = estação 13 linha vermelha

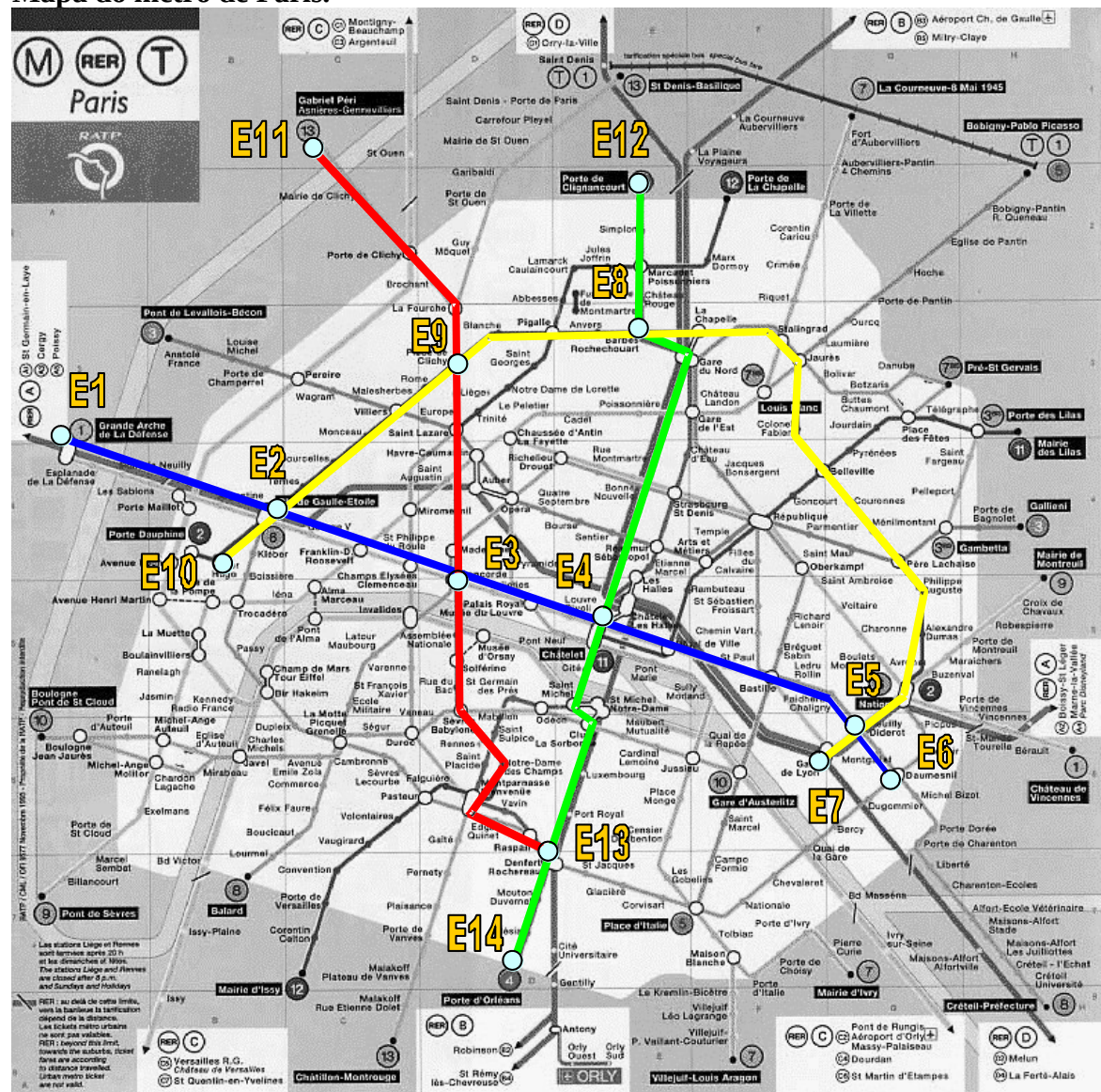
Tabela1: distâncias diretas entre as estações do Metrô de Paris.

[illegible]

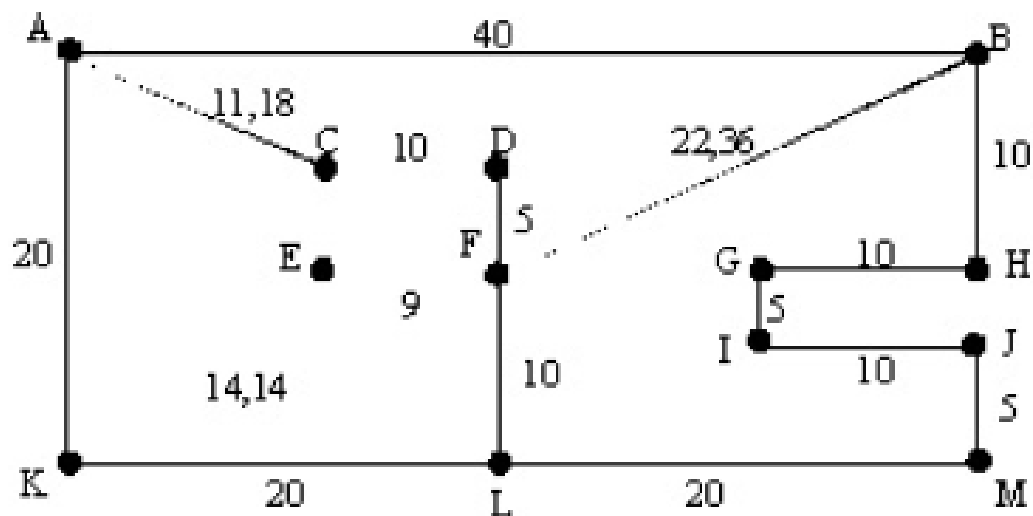
Tabela2: distâncias reais entre as estações do Metrô de Paris.

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
E1	-	10												
E2		-	8,5						10	3,5				
E3			-	6,3					9,4				18,7	
E4				-	13			15,3					12,8	
E5					-	3	2,4	30						
E6						-								
E7							-							
E8								-	9,6			6,4		
E9									-		12,2			
E10										-				
E11											-			
E12												-		
E13													-	5,1
E14														-

Mapa do metrô de Paris.



2) Busca Heurística



Uma forma de analisar e comparar o desempenho de algoritmos de busca heurística é utilizar um problema bem conhecido como referência. Um exemplo desse tipo de problema é o cálculo de rotas entre diferentes cidades. No grafo ilustrado acima, cada nó representa uma cidade distinta, e cada ramo, uma rodovia que interliga as cidades representadas pelos nós que ele une, cujo peso indica a distância, em km, entre essas cidades pela rodovia. Suponha que se deseje encontrar a melhor rota entre as cidades A e M, indicadas nesse grafo. Considere, ainda, os valores indicados na tabela abaixo como distância em linha reta, em km, de cada cidade para a cidade M.

A	44,72
B	20,00
C	33,54
D	25,00

E	30,67
F	22,36
G	14,14
H	10,00

I	11,18
J	5,00
K	40,00
L	20,00

A partir dessas informações, julgue os itens seguintes, relativos a algoritmos de busca.

I Utilizando-se o algoritmo A*, a rota ente A e M encontrada no problema acima é ACDFLM e o custo do caminho é 56,18.

II Utilizando-se a busca gulosa, a rota encontrada no problema acima é ACDFLM.

III Para utilizar algoritmos de busca heurística, deve-se definir uma heurística que superestime o custo da solução.

[illegible]

Questões:

1. Formule o problema em termos de:
 - a) estado inicial;
 - b) estado final;
 - c) operadores (e seus custos associados);
 - d) função de avaliação (h).
2. Descreva, sucintamente, o funcionamento do algoritmo (explique como você o implementaria).
3. Exemplifique o funcionamento do algoritmo em 2 iterações para
 $E_i = (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12)$

levando em conta os valores da função de avaliação para justificar as escolhas.

4) O que é um Agente Inteligente? Onde pode ser aplicado?

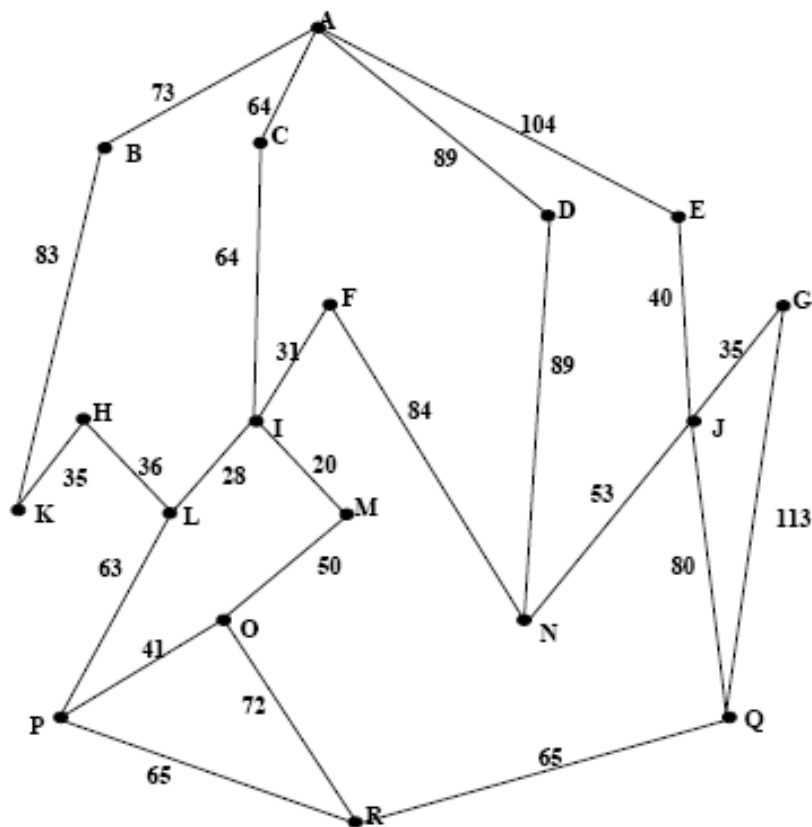
5) Descreva as características dos seguintes agentes de acordo com a sua estrutura.

- a. Agentes reativos simples
- b. Agentes reativos com estado do mundo
- c. Agentes baseados em objetivos
- d. Agentes otimizadores
- e. Agentes com aprendizagem

6) Responda SIM ou NÃO para indicar o que caracteriza cada um dos ambientes apresentados a seguir (justifique as suas respostas).

	Catálogo de compras da internet	Assistente matemático para demonstração de teoremas
Completamente Observável		
Determinístico		
Estático		
Episódico		
Discreto		
Agente único		

7) Considere o seguinte mapa (fora de escala)



Usando o algoritmo A* determine uma rota de A até R, usando as seguintes funções de custo $g(n)$ = a distância entre cada cidade (mostrada no mapa) e $h(n)$ = a distância em linha reta entre duas cidades. Estas distâncias são dadas na tabela abaixo.

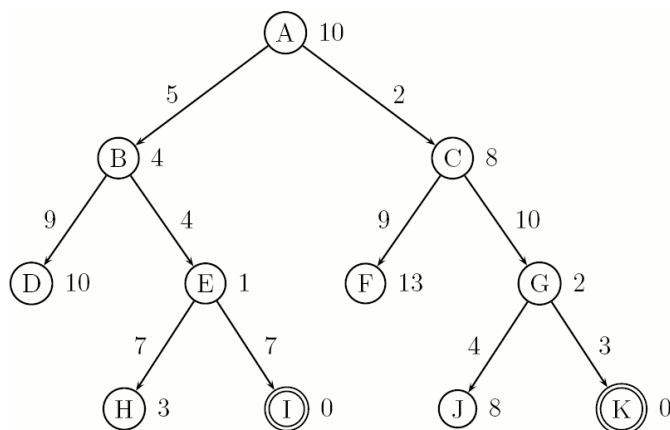
Em sua resposta forneça o seguinte:

1. A árvore de busca que é produzida, mostrando a função de custo em cada nó.
2. Defina a ordem em que os nós serão expandidos.
3. Defina a rota que será tomada e o custo total.

Distância em linha reta até R

A	240
B	186
C	182
D	163
E	170
F	150
G	165
H	139
I	120
J	130
K	122
L	104
M	100
N	77
O	72
P	65
Q	65
R	0

- 8) Considere o espaço de busca a seguir. Cada nó é rotulado por uma letra. Cada nó objetivo é representado por um círculo duplo. Existe uma heurística estimada para cada dado nó (indicada por um valor ao lado do nó). Arcos representam os operadores e seus custos associados.

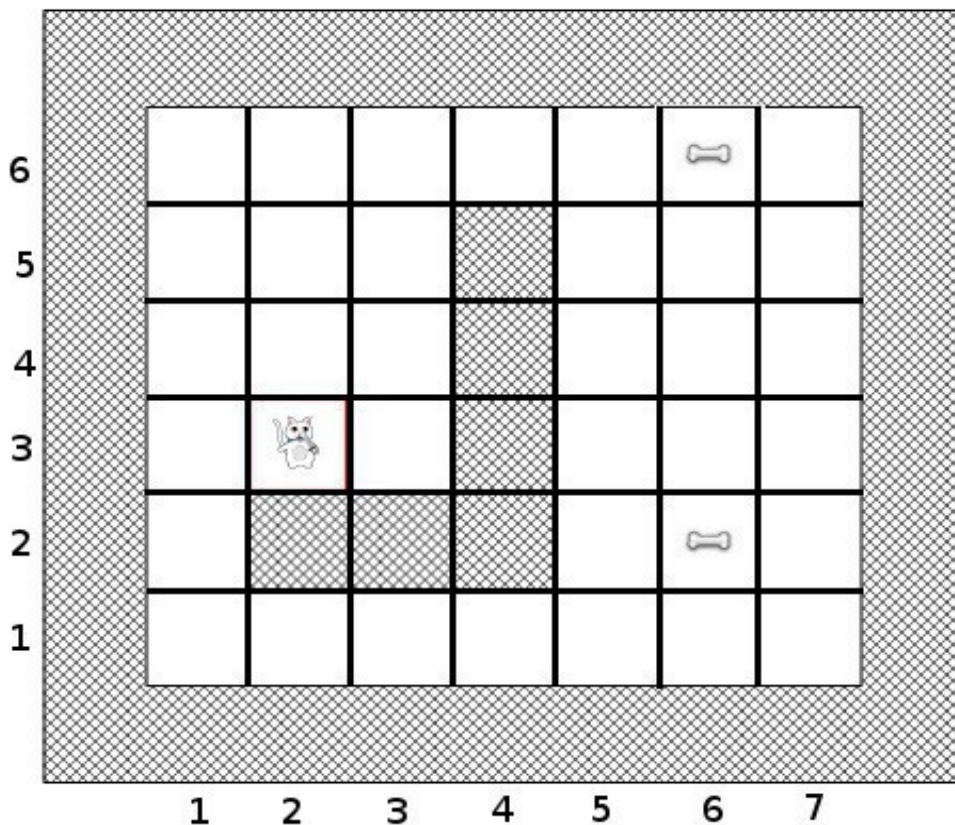


Para cada um dos algoritmos a seguir, liste os nós visitados na ordem em que eles são examinados, começando pelo nó **A**. No caso de escolhas equivalentes entre diferentes nodos, prefira o nodo mais próximo da raiz, seguido pelo nodo mais à esquerda na árvore.

- Algoritmo de Busca em Largura;
- Algoritmo de Busca em Profundidade;
- Algoritmo de Busca Gulosa;
- Algoritmo A*.

- 9) Para o problema a seguir¹, em que o gato (na posição (3,2)) deseja atingir um dos ossos dispostos no labirinto (posições (2, 6) ou (6, 6)):

¹ Figura adaptada de <http://www.raywenderlich.com/4946/introduction-to-a-pathfinding>



a) Formule o problema como um problema de busca, sabendo que o gato pode mover-se para esquerda, direita, acima e abaixo (se o gato bater na parede ele continua no mesmo lugar).

b) Qual o tamanho do espaço de estados?

c) Caracterize as propriedades do **ambiente** deste problema, justificando sua caracterização.

d) Considere a seguinte função heurística f , dado o gato na posição (x, y) :

$$f(y, x) = \min(\sqrt{(y-2)^2 + (x-6)^2}, \sqrt{(y-6)^2 + (x-6)^2})$$

(ou seja, a menor distância euclidiana entre o ponto em que o gato está e os ossos no mapa). Argumente por que a função f é admissível, sabendo que o gato quer chegar no osso com o menor número de movimentos possível.

e) Proponha uma segunda heurística admissível h , tal que h domine f (demonstre).

f) Para cada um dos algoritmos a seguir, explique, passo a passo (mostrando a fronteira a cada passo), a visitação dos quatro primeiros nós (use a notação (linha, coluna) como no enunciado), começando pelo nó inicial. No caso de escolhas equivalentes entre diferentes nós, prefira o nó mais próximo da raiz, seguido pelo nó mais à direita no labirinto, seguido pelo nó mais abaixo no labirinto:

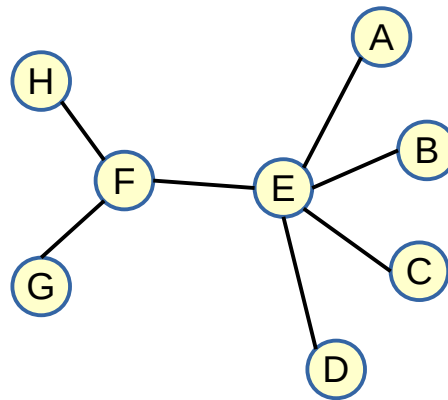
1. Algoritmo de Busca em Profundidade;
2. Algoritmo de Busca Gulosa (usando uma função heurística admissível)
3. Algoritmo A* (usando uma função heurística admissível)

f) Explique porque neste problema é fundamental “lembrar” os nós que já foram visitados, e explique como isso pode ser implementado para o A*

g) Considere agora o caso em que o gato, iniciando na mesma posição (3, 2), para o mesmo labirinto, só que agora seu sistema de movimentação está defeituoso, e às vezes, quando ele avança em uma direção ele anda 2 quadrados ao invés de um só.

h)Quais são os próximos estados de crença para cada uma das ações a partir da posição inicial?

10) Considere o problema de 3-coloração (com as cores R, G, B) do grafo abaixo.



1. Caracterize o problema como um CSP (variáveis, domínios, restrições)
2. Execute, passo a passo, uma busca cega com backtrack e forward-checking para encontrar uma 3-coloração, usando como heurística para ordenação de variáveis a variável envolvida no maior número de restrições (desempate lexicograficamente: primeiro A, B etc.) e ordem fixa de instanciação de valores, RGB.

Abaixo incluo também alguns exercícios do livro.

10) (2.5) Para cada um dos agentes a seguir, desenvolva uma descrição de PEAS do ambiente de tarefas.

- a) Robô jogador de futebol.
- b) Agente de compras na Internet.
- c) Robô explorador de Marte.
- d) Assistente de matemático para demonstração de teoremas.

11) (2.6) Para cada um dos agentes a seguir, caracterize o ambiente de acordo com as propriedades dadas na Seção 2.3 e selecione um projeto de agente adequado.

- a) Robô jogador de futebol.
- b) Agente de compras na Internet.
- c) Robô explorador de Marte.
- d) Assistente de matemático para demonstração de teoremas

12) (3.6) Um espaço de estados finito conduz a uma árvore de busca finita? E no caso de um espaço de estados finito que é uma árvore? Você poderia ser mais preciso em definir que tipos de espaços de estados sempre levam a árvores de busca finitas?

13) (3.7) Forneça o estado inicial, o teste de objetivo, a função sucessor e a função de custo para cada um dos itens a seguir:

- a) Você tem de colorir um mapa plano usando apenas quatro cores, de tal modo que não haja duas regiões adjacentes com a mesma cor.
- b) Um macaco com um metro de altura está em uma sala em que algumas bananas estão presas no teto, a 2,5 metros de altura. Ele gostaria de alcançar as bananas. A sala contém dois engradados empilháveis, móveis e escaláveis, com um metro de altura cada.

14) (3.8) Considere um espaço de estados onde o estado inicial é o número 1 e a função sucessor para o estado n retorna dois estados, com os números $2n$ e $2n+1$.

- a) Desenhe a porção do espaço de estados correspondente aos estados 1 a 15.
- b) Suponha que o estado objetivo seja 11. Liste a ordem em que os nós serão visitados no caso da busca em extensão, da busca em profundidade limitada com limite 3 e da busca por aprofundamento iterativo.