

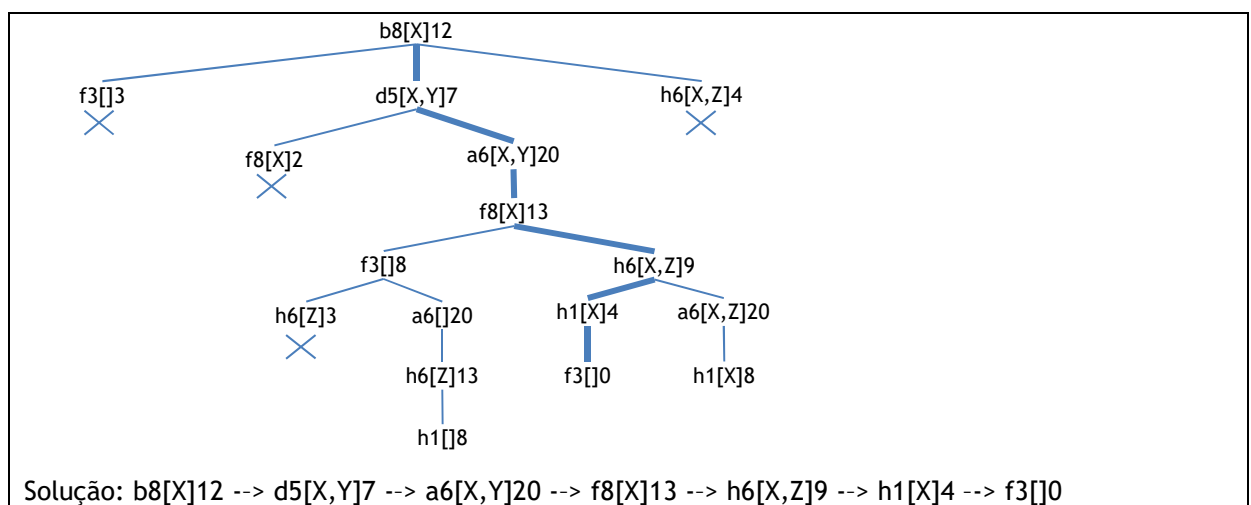
Prova com consulta. Duração: 2h30m.

1. [4 valores] Um robô móvel, de autonomia limitada, tem como objetivo o transporte de objetos do ponto onde estão até ao seu ponto destino. A grelha ao lado mostra o local inicial do robô R, de cada objeto X, Y e Z, dos seus destinos (a sombreado) e do carregador de bateria ( $\pm$ ). O robô tem uma autonomia de 20 células, podendo recarregar a bateria só se tiver autonomia inferior a 5 células (quando o robô chega ao carregador). O robô pode deslocar-se para posições adjacentes na horizontal ou na vertical, e pode transportar no máximo 2 objetos de cada vez, um em cima do outro. Nessa situação, o objeto que fica por cima (o segundo a ser apanhado) tem que ser entregue primeiro no seu destino. Os objetos só podem ser descarregados no seu ponto de destino. Dados os seus diferentes tamanhos, um objeto maior nunca pode ser transportado em cima de um menor, sendo que  $X > Y > Z$ . Por exemplo, não é possível transportar Y por cima de Z.

	a	b	c	d	e	f	g	h
1	R							Z
2								
3						X		
4								
5				Y				
6	$\pm$							Z
7								
8		X				Y		

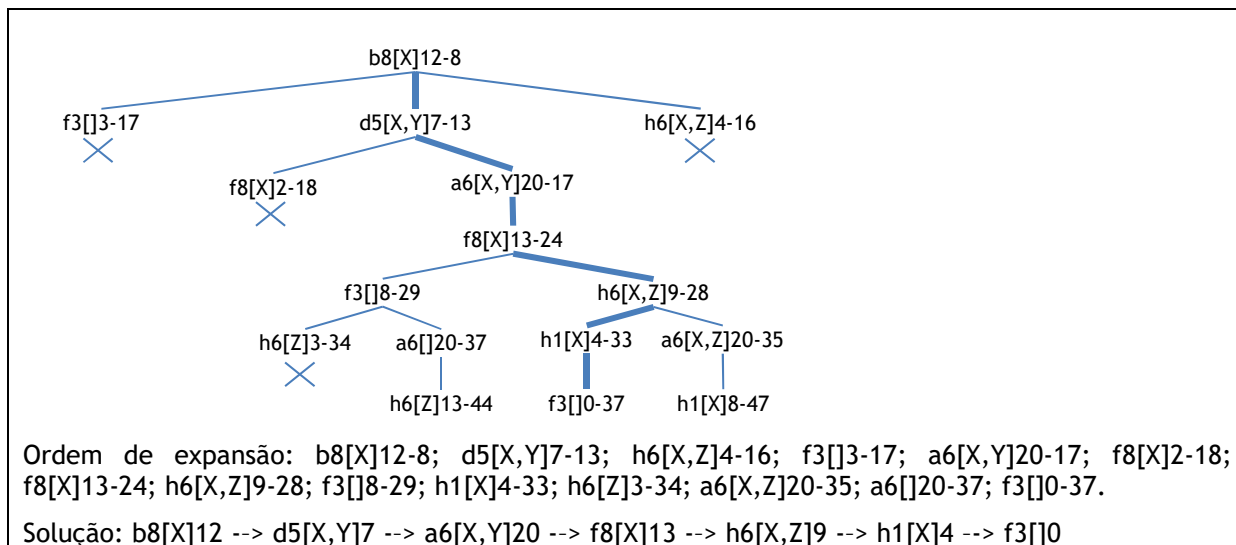
Nos exercícios que se seguem, utilize para cada estado uma representação da forma  $a1[]20$ , que indica que o robô está na posição a1, não tem qualquer objeto (lista vazia) e tem autonomia de 20 células. Outro exemplo:  $h6[X,Z]9$ , em que o robô está na posição h6, transporta Z em cima de X e tem autonomia de 9 células.

- a) Partindo do estado  $b8[X]12$  (o robô começou por apanhar o objeto X), aplique a estratégia de pesquisa **primeiro em largura**, apresentando a árvore de pesquisa obtida e indicando claramente a solução encontrada. (Nota: só interessa representar os estados em que o robô se encontra num ponto de interesse, isto é, a6, b8, d5, f3, f8, h1 ou h6.)



- b) Considere que se pretende agora encontrar a solução com menor distância percorrida. Associando o custo do caminho à representação dos estados, apresente a árvore de pesquisa obtida pela estratégia de pesquisa do **custo uniforme (branch and bound)**, partindo do estado  $b8[X]12-8$  (onde 8 indica o custo do caminho já percorrido). Apresente ainda a ordem de expansão dos nós e indique a solução encontrada.

Prova com consulta. Duração: 2h30m.



- c) Sugira uma função heurística admissível que estime, para cada nó, o custo de chegar ao objetivo.
- d) Aplique a sua função heurística a cada um dos estados expandidos na alínea b), e diga, explicando, se a ordem de expansão dos nós utilizando A\* seria diferente. (Nota: não precisa de apresentar uma nova árvore de pesquisa.)

2. [4 valores] Um camião de entrega de encomendas tem capacidade máxima de 300Kg. Sabendo que os produtos a entregar são os descritos na figura ao lado, determine a carga ótima do camião de forma a maximizar o seu valor. Aplique Algoritmos Genéticos na resolução deste problema. A população inicial deve representar os seguintes 4 indivíduos:

Produto	Quantidade	Peso unitário	Valor unitário
A	6	30	20
B	2	50	30
C	3	60	40

- i) 3xA, 1xB, 1xC ; ii) 5xA, 1xB, 2xC ;  
iii) 1xA, 2xB, 3xC ; iv) 5xA, 2xB, 0xC .

- a) Proponha uma estrutura para a representação do indivíduo, explicando. Represente a população inicial e calcule o valor de adaptação dos indivíduos nesta população.

O indivíduo é representado por 7 bits: 3 bits para representar a quantidade do produto A, 2 bits para a quantidade do produto B e 2 bits para a quantidade do produto C

População inicial:

i1: 0110101      aval= 430

i2: 1010110      aval= 210

i3: 0011011      aval= 200

i4: 1011000      aval= 460

função de avaliação = valor\_carga + 300 - 300\*(int)(peso\_carga/300)

- b) No processo de seleção dos indivíduos a utilizar na formação da geração seguinte, é usada uma política elitista (só para o melhor). Considere que foram gerados os seguintes números aleatórios (entre 0 e 1): 0.22 / 0.4 / 0.88. Apresente o resultado deste processo de seleção. Explique.
- c) Calcule a 2ª geração da população, explicando todas as suas opções. Sugira uma estratégia de cruzamento. A probabilidade de cruzamento é 70% e foram gerados os números aleatórios: 0.35 / 0.75 / 0.5. A probabilidade de mutação é 2% e só no 21º número aleatório surgiu um inferior a 0.02.

Prova com consulta. Duração: 2h30m.

3. [4 valores] Pretende-se construir um sistema de validação de frases afirmativas, do ponto de vista sintático-semântico. O sistema deve também confirmar ou corrigir cada afirmação. Atente à seguinte interação, sobre um qualquer jogo do campeonato do mundo de futebol:

Portugal ganhou à Alemanha.

R: *discordo*.

Ronaldo ganhou à Alemanha.

R: *erro semântico*.

Ronaldo correu muito.

R: *discordo*.

Ronaldo correu mais do que Pepe.

R: *concordo*.

- a) Apresente, graficamente, uma função de fuzzificação para cada um dos conceitos difusos muito e pouco, aplicados à noção *correr*.
- b) Defina, em Prolog, uma base de conhecimento que permita a interação descrita.
- c) Construa uma DCG que valide sintaticamente frases das formas ilustradas (incluindo concordância em número e em género), e que seja capaz de encetar a conversa ilustrada (incluindo uma validação semântica). Para tal, considere que já estão implementados predicados para cada um dos conceitos difusos, da forma *fuzzy(+Valor,+Conceito,-Grau\_de\_verdade)*.
4. [8 valores] Responda a seis (6) das seguintes sete (7) questões (cada uma em 5-10 linhas).

- a) Suponha que tem uma heurística admissível  $h$ . Será que  $h^2$  é admissível? E  $\sqrt{h}$ ? Será que alguma destas alternativas seria melhor ou pior do que  $h$  no algoritmo A\*?

$h^2$  pode não ser admissível, pois  $h^2 \geq h$  quando  $h \geq 1$ , logo pode exceder a distância ótima ao objetivo  $\sqrt{h}$   $\leq h$  para  $h \geq 1$ , logo é admissível (assumindo valores inteiros para a heurística). Funciona pior que  $h$ , porque estima com um valor mais afastado do valor ótimo.

- b) Suponha que quer encontrar a melhor jogada em um tempo limitado e que o fator de ramificação médio da expansão dos nós na árvore de pesquisa é  $r=4$ . Qual algoritmo de pesquisa escolheria? Porquê? Supondo que, para uma jogada concreta, o tempo se esgotou quando a análise chega, por exemplo, à profundidade  $p=5$ , calcule aproximadamente quantos nós a mais foram analisados pelo método escolhido, comparando com uma pesquisa de profundidade fixa.

Algoritmo de aprofundamento progressivo.

Usado quando há constrangimentos de tempo. Avalia qual a melhor hipótese para cada uma das profundidades da árvore de pesquisa gradualmente aumentada.

$$N_{ap} = \sum_{i=0..p} ((r^{i+1} - 1) / (r - 1))$$

$$(4-1)/3 + (16-1)/3 + (64-1)/3 + (256-1)/3 + (1024-1)/3 + (4096-1)/3 = 1818$$

$$\text{Ou para valores elevados de } r \text{ é aproximadamente } (r^{p+1} - 1) / (r - 1) = 4^6 - 1 / 3 = 16383 / 3 = 5461$$

$$\text{em profundidade fixa seria } (r^{p+1} - 1) / (r - 1) = 4^6 - 1 / 3 = 4095 / 3 = 1365$$

Analisou aproximadamente mais  $(1820 - 1365) = 455$  nós

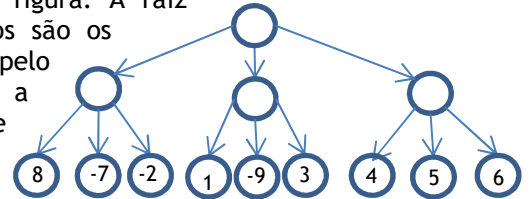
- c) Um robô provido de sensores sonares movimenta-se numa oficina em que as máquinas se encontram em pontos de coordenadas  $x_i, y_i$ . Dê exemplos de uma possível regra de diagnóstico e de uma possível regra causal para controlar o seu movimento. Explique porquê.

Regra Causal: Se R tem de entregar peças nas Mq1 e Mq2 que se encontram, respetivamente nas posições  $x_1, y_1$  e  $x_2, y_2$ , Então deve dirigir-se para a que fique a distância inferior do ponto  $x_i, y_i$  em que se encontra.

Regra de Diagnóstico: Se R encontra um obstáculo no caminho para uma Mq que se encontre na posição  $x_i, y_i$ , Então deve contorná-lo pelo vértice que se encontre mais próximo da posição da Mq objectivo.

Prova com consulta. Duração: 2h30m.

- d) Aplique o algoritmo *minimax* à árvore de pesquisa da figura. A raiz pertence ao jogador maximizador e os valores indicados são os valores heurísticos estimados. Calcule os valores obtidos pelo algoritmo para os outros nós e indique a melhor jogada a realizar. Caso existam alguns nós que não necessitem de ser visitados quando usamos *cortes alfa-beta*, indique-os e explique porquê.



- e) Considerando o histórico com exemplos de treino com 2 atributos e as respectivas classificações apresentado na tabela ao lado, calcule o valor do ganho relativo ao atributo A1. ( $\log_2 6 = 2.585$ )

A1	A2	C
c	a	+
b	c	+
a	b	+
a	a	-
c	b	-
b	b	-

$$\text{Ganho} = \text{info}(C) - \text{info}(C/A1) = \sum_{k=1}^n p(C_k) * (-\log_2 p(C_k)) - \sum_{j=1}^m p(A_{ij}) * \sum_{k=1}^n p(C_k | A_{ij}) * (-\log_2 p(C_k | A_{ij}))$$

$$\text{Info}(c) = 1/2 * 1 + 1/2 * 1 = 1$$

$$\text{info}(C/A1) = 1/3 * (1/2 * 1 + 1/2 * 1) + 1/3 * (1/2 * 1 + 1/2 * 1) + 1/3 * (1/2 * 1 + 1/2 * 1) = 1/3 * 3 = 1$$

$$\text{Ganho} = 1 - 1 = 0$$

- f) Que tipo de rede neuronal escolheria (que lei de aprendizagem) se quisesse reforçar sempre as ligações entre nós que tivessem a mesma saída e enfraquecê-las em caso contrário?

Usaria uma rede neuronal em que os nós tenham valores binários (0,1) e cuja lei de aprendizagem fosse a de Hopfield:  $\Delta w_{ij} = (2s_i - 1) * (2s_j - 1)$  e

A alteração nos pesos da rede fosse de acordo com a expressão  $w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \Delta w_{ij}$

- g) Portugal é um bom candidato a vencedor do campeonato do Mundo, pois é sabido que: possui o melhor jogador do mundo (afirmação suportada com 90% de certeza) e joga bem em equipa (afirmação suportada com 70% de certeza). Após a derrota no 1º jogo, existe agora uma certeza de 80% de que Portugal não será campeão. Qual a plausibilidade de Portugal vir a ser campeão? Apresente todos os cálculos que efetuar.

$$m1(G | mjm)$$

$$G(0,9)$$

$$\theta(0,1)$$

$$G(0,7)$$

$$G(0,63)$$

$$G(0,07)$$

$$m2(G | jbe)$$

Prova com consulta. Duração: 2h30m.

---

$$\begin{array}{ccc}
 \Theta(0,3) & G(0,27) & \Theta(0,03) \\
 m_3 = m_1 \times m_2(G) = 0,97 & & \\
 & m_3(G | m_j m) & \\
 & G(0,97) & \Theta(0,03) \\
 -G(0,8) & \varphi(0,776) & -G(0,024) \\
 m_2(G | jbe) & & \\
 \Theta(0,2) & G(0,194) & \Theta(0,006) \\
 m_4(-G) = m_2 \times m_3 = 0,024 / (1 - 0,776) = 0,024 / 0,224 = 0,107 \\
 \text{Plausibilidade} = 1 - 0,107 = 0,893
 \end{array}$$