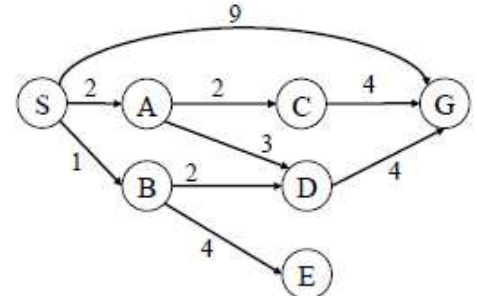


Nota: Responder a cada questão (1, 2, 3 e 4) em folhas de exame separadas.

1. [4 valores] O espaço de estados de um problema de pesquisa está representado no grafo da figura. Pretende-se obter um caminho para ir do nó S até ao nó G. Cada ligação tem o custo indicado na figura. Foi definida a função heurística representada na tabela.

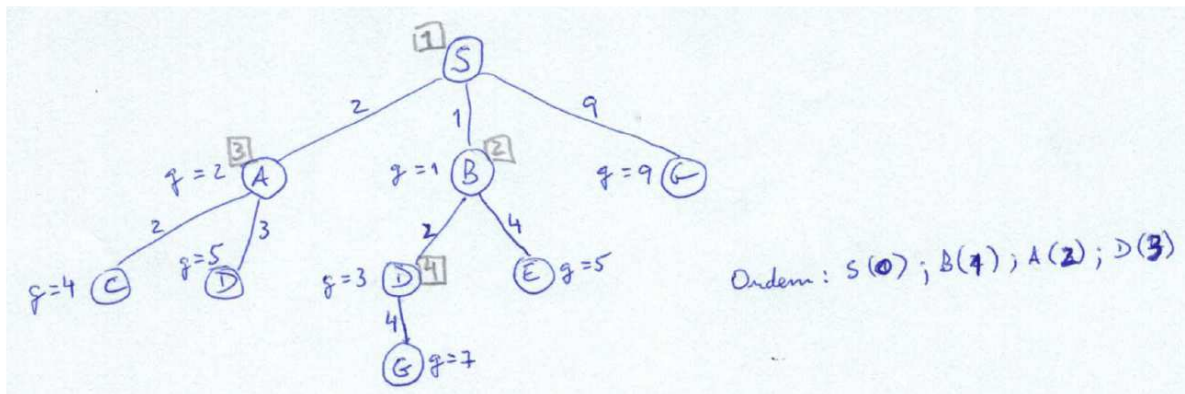


- a) Identifique o caminho solução encontrado pela estratégia de pesquisa **primeiro em largura**.

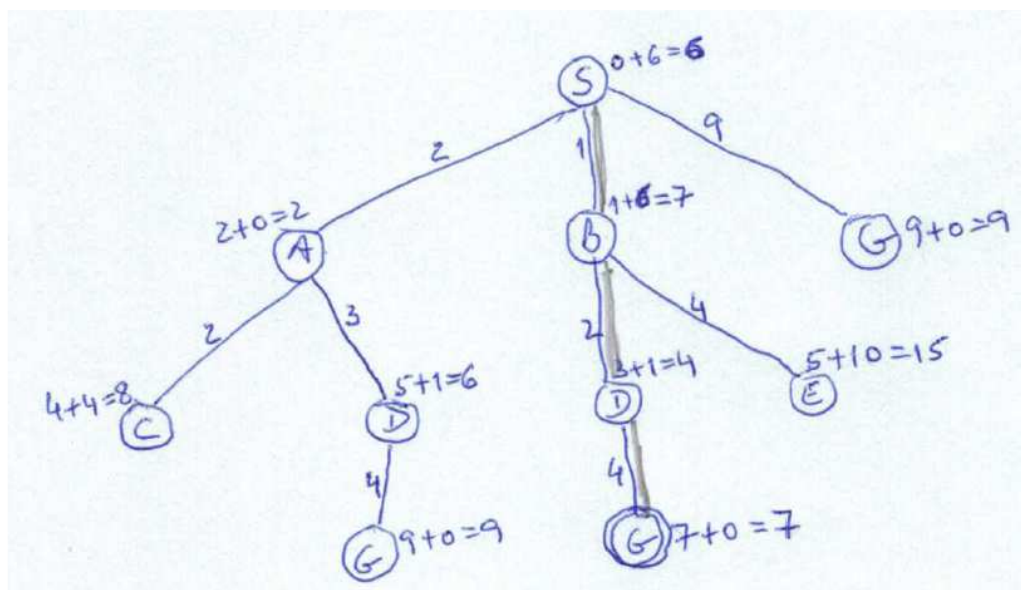
$S \rightarrow G$.

- b) Identifique os 4 primeiros nós a serem expandidos pela estratégia de pesquisa do **custo uniforme**. Justifique, apresentando os custos respetivos.

S	A	B	C	D	E	G
6	0	6	4	1	10	0



- c) Apresente a árvore de pesquisa obtida pela estratégia de pesquisa **A***, usando a função heurística indicada. Junto a cada nó da árvore, indique o valor dos componentes da função de custo ($f=g+h$). Identifique a solução encontrada.



- d) A função heurística utilizada é admissível e consistente? Porquê?

É admissível, pois nunca sobre-estima o custo de chegar ao estado solução G.

Não é consistente pois em diversos casos não se verifica que $h(N) \leq c(N,a,N') + h(N')$. Por exemplo:

$$h(S) = 6 > 2 + h(A)$$

$$h(B) = 6 > 2 + h(D)$$

2. [4 valores] Num estudo de mercado imobiliário, foi usado um sistema baseado em conhecimento para a determinação da probabilidade de arrendamento de apartamentos. Foram construídas as seguintes regras:

R1: Se centro da cidade Então localização boa (FC=0,9)

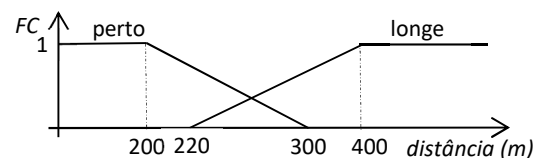
R2: Se metro perto E hospital na freguesia Então localização boa (FC=0,7)

R3: Se localização boa E andar > 3 Então probabilidade de arrendamento alta (FC=0,8)

R4: Se andar ≤ 3 Ou sem segurança Então probabilidade de arrendamento baixa (FC=0,6)

O conceito difuso “perto” é representado pela função de pertença ilustrada na figura.

O apartamento **Ap** situa-se no 4º andar de um prédio no centro da cidade do Porto (FC=0,8). Está a 220m de uma estação de metro. Existe um hospital na freguesia. O prédio não possui segurança (FC=0,7).



- a) Pelo conjunto de regras apresentado, quais os fatores de certeza associados às probabilidades alta/baixa de o apartamento **Ap** ser arrendado? Apresente todos os cálculos que efetuar.

$$\text{perto}(220) = 0,8$$

$$R1: 0,8 * 0,9 = 0,72 = \text{FC localização boa (1)}$$

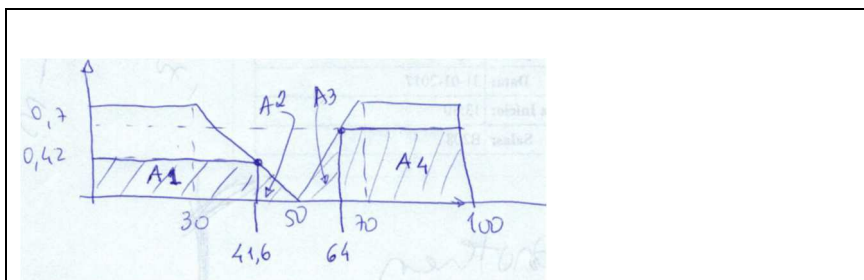
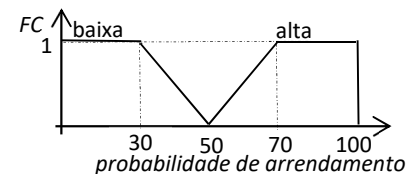
$$R2: \min(0,8 ; 1) \times 0,7 = 0,56 = \text{FC localização boa (2)}$$

$$R1 \text{ e } R2: 0,72 + 0,56 * (1 - 0,72) = 0,87 = \text{FC localização boa}$$

$$R3: \min(0,87 ; 1) \times 0,8 = 0,7 = \text{FC probabilidade de arrendamento alta}$$

$$R4: \max(0; 0,7) * 0,6 = 0,42 = \text{FC probabilidade de arrendamento baixa}$$

- b) A figura ao lado apresenta a função de pertinência do conjunto difuso “probabilidade de arrendamento”. Qual o valor da probabilidade de arrendamento do apartamento **Ap**? Apresente todos os cálculos que efetuar.



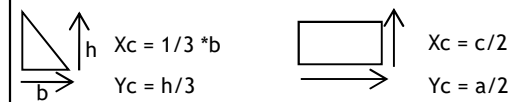
$$A1 = 41,6 \times 0,42 = 17,472$$

$X1 = 41,6/2 = 20,8$
 $A2 = (50 - 41,6) * 0,42/2 = 1,764$
 $X2 = 41,6 + 1/3 * (50 - 41,6) = 41,6 + 2,8 = 44,4$
 $A3 = (64 - 50) * 0,7/2 = 4,9$
 $X3 = 50 + 2/3 * (64 - 50) = 50 + 9,33 = 59,33$
 $A4 = (100 - 64) * 0,7 = 25,2$
 $X4 = 64 + (100 - 64)/2 = 64 + 18 = 82$

 $\text{Sum } A_i = 17,472 + 1,764 + 4,9 + 25,2 = 49,336$
 $\text{Sum } X_i A_i = 20,8 * 17,472 + 44,4 * 1,764 + 59,33 * 4,9 + 82 * 25,2 = 2798,856$
 $\text{Sum } X_i A_i / \text{Sum } A_i = 2798,856 / 49,336 = 56,73$
 A probabilidade de arrendamento é que 56,73.

- c) Sabe-se que o sistema implementado efetua inferência de regras por encadeamento inverso. Explique em que consiste este mecanismo de inferência.

Centróide (Xc,Yc) de uma figura geométrica:



Partindo da conclusão para os dados.

Começa-se por ativar as regras cuja conclusão é igual ao que se pretende validar/conhecer. Procura-se depois validar as premissas dessa regra.

3. [4 valores] Pretende-se resolver o conhecido problema do caixeiro-viajante, usando **arrefecimento simulado** e considerando como estado inicial o percurso **A-B-C-D-A**. O caixeiro-viajante tem de partir da cidade A e pretende visitar as cidades B, C e D, regressando depois à cidade A. As distâncias entre as cidades estão indicadas na tabela ao lado, e pretende-se encontrar o percurso mais curto.

	A	B	C	D
A	0	30	40	35
B	30	0	35	25
C	40	35	0	20
D	35	25	20	0

- Proponha uma função de avaliação e uma função de vizinhança para o problema (descrição textual). Calcule o valor da função de avaliação do estado inicial.
- Considere que o parâmetro temperatura (T) se inicia no valor 50 e é decrementado de 10 valores em cada iteração. Apresente a lista dos 4 primeiros estados gerados e respetiva decisão. Quando e se for necessário gerar números aleatórios para a decisão de aceitação, considere os valores: 0,82; 0,6; 0,4; 0,75. Explique bem o seu raciocínio.
- Qual a razão da inclusão de algum grau de aleatoriedade no arrefecimento simulado? Descreva o funcionamento do algoritmo quando o grau de aleatoriedade é nulo ou extremamente elevado (infinito).

4. [8 valores] Responda a seis (6) das seguintes sete (7) questões (cada uma em 5-10 linhas).

- a) Explique duas vantagens do método “Monte Carlo Tree Search” relativamente ao Minimax.

Não necessita de incluir o seu conhecimento do jogo em uma função de avaliação. Esta resulta da razão entre o número de jogos aleatórios efectuados a partir da posição considerada e que resultaram em vitória e o número total de jogos tentados.

Interrompido em qualquer momento a aplicação do algoritmo, consegue dar o movimento mais promissor encontrado até aí pois resulta de jogos completos anteriormente realizados. É generalizável a qualquer jogo com adversários porque não depende do conhecimento sobre o jogo para além da sua mecânica

- b) Nos algoritmos de otimização, a adoção de um estado vizinho pode ser determinística ou probabilística. Explique esta afirmação.

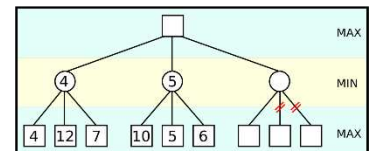
Ou se escolhe sempre o estado próximo com menor valor estimado do custo para a solução (caso do algoritmo “Hill climbing”) ou, caso em que o próximo estado considerado tenha um maior custo para chegar à solução, a sua aceitação depende de uma probabilidade considerada para esse efeito (caso do “Simulated Annealing”). Nos AGs, por ex., também se geram estados seguintes dependentes de alguma aleatoriedade

- c) No algoritmo C4.5, explique para que serve a *informação de separação*.

Serve como uma normalização, tornando o cálculo do Ganho não tendencioso em virtude de existirem atributos com muitos valores possíveis e outros com poucos. Essa assimetria resultaria numa sobrevalorização dos atributos com muitos valores possíveis. Ao dividir pela informação de separação normaliza-se o Ganho

- d) Para a figura ao lado, indique que gamas de valores podem ter os nós em branco, quando apenas se conseguem aplicar os cortes alfa-beta indicados.

Raiz=5; MIN= ≤ 5 ; MAX igual valor ao considerado em MIN(≤ 5)



- e) Nas redes neuronais artificiais, distinga *função de combinação* e *função de transferência*.

A função de combinação aplica-se aos valores entrados em cada nó da rede e pode ser a sua soma ou o seu máximo, mínimo, etc, afetada pelos pesos dessas ligações à entrada. A função de transferência reage ao valor obtido das entradas pela função de combinação para obter um resultado que transforme esse valor de acordo, normalmente com uma função mais discriminante do tipo sigmóide (ou tipo “step” ...) sendo assim a saída

- f) Explique o conceito de aprendizagem supervisionada.

Aprendizagem realizada sobre um “histórico” em que os exemplos já incluem a sua classificação. Conhecemos assim todas as classes possíveis que podemos atribuir a exemplos futuros. Na aprendizagem não supervisionada não são conhecidas apriori as classes possíveis pois os exemplos passados, mesmo no caso de existirem, não estão classificados

- g) Suponha um SBC no qual introduzimos dados de acordo com as evidências que vão chegando (E1=“céu limpo”, E2=“seco”, E3=“nuvens no horizonte”, E4=“foto satélite”) e que trata o conhecimento incerto usando o modelo **Dempster-Shafer**. Calcule o intervalo de confiança em “não vai chover” (arredonde para 2 casas decimais), sabendo que:

