

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

1. [4 valores] Numa corrida de contra relógio pede-se aos atletas que consigam acumular o mais rápido possível 20 créditos, fazendo o percurso que lhes aprouver, e regressando depois ao ponto de partida. Os créditos podem ser obtidos em postos de controlo distribuídos num terreno, sendo que cada corredor só pode passar num posto de controlo uma vez. Para vencer a corrida, não é necessário passar por todos os postos de controlo: basta acumular pelo menos o número de créditos necessário. Só nessa altura se pode regressar ao ponto de partida.

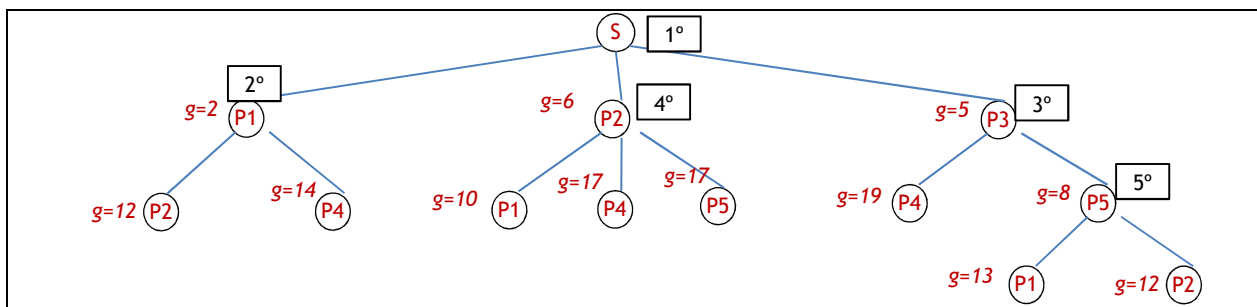
A tabela mostra o tempo (igual para todos os corredores) necessário para percorrer a distância entre pontos do terreno. O ponto de partida é *S* e os postos são *P1* a *P5*. Os valores não são simétricos (o terreno tem inclinações). As regras da corrida indicam que determinados postos não podem ser visitados consecutivamente (indicados com '--' na tabela). Junto aos postos destino está indicado o número de créditos obtido numa passagem por esse posto.

		destino					
		<i>S</i>	<i>P1</i> (4c)	<i>P2</i> (3c)	<i>P3</i> (10c)	<i>P4</i> (7c)	<i>P5</i> (4c)
origem	<i>S</i>	--	2	6	5	--	--
	<i>P1</i>	5	--	10	--	12	--
	<i>P2</i>	--	4	--	--	11	11
	<i>P3</i>	11	--	--	--	14	3
	<i>P4</i>	10	--	--	14	--	8
	<i>P5</i>	--	5	4	8	--	--

- a) No cenário proposto, a estratégia de pesquisa **primeiro em profundidade** encontra sempre uma solução. Comente esta afirmação.

Como o espaço de estados é finito e não contém ciclos, de facto a estratégia de pesquisa primeiro em profundidade encontrará sempre uma solução.

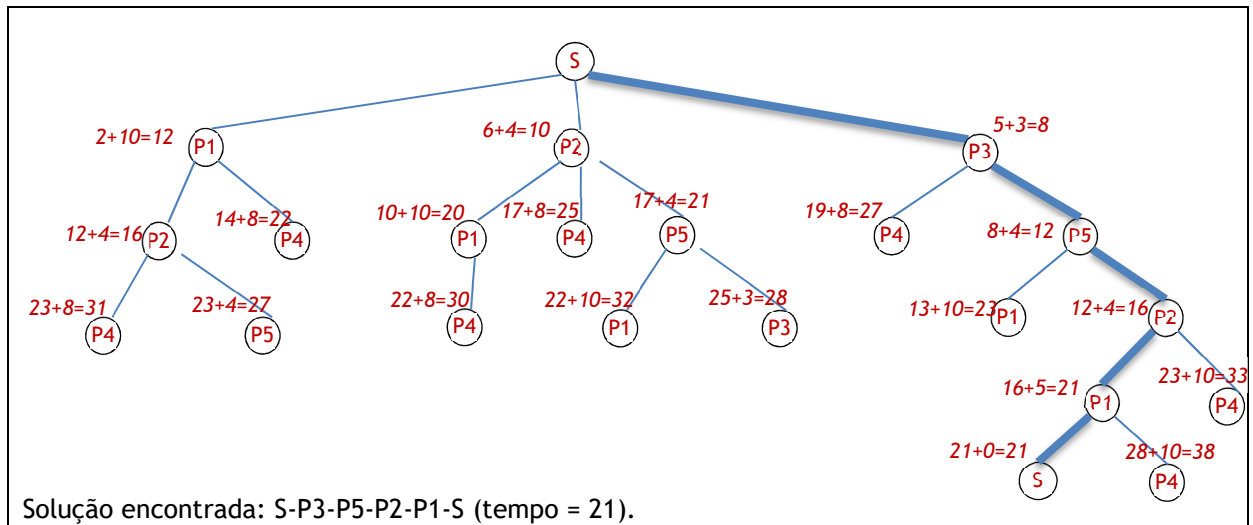
- b) Apresente, a partir da árvore de pesquisa, os 5 primeiros nós expandidos pela estratégia de pesquisa do **custo uniforme (BB)**. Indique os valores da função de avaliação para cada nó em análise.



- c) Ao aplicar a estratégia de pesquisa **A\***, definiu-se a seguinte função heurística, onde *x* indica a posição atual do corredor, *c* é o número de créditos ganhos até ao momento, *T* representa o tempo entre 2 pontos indicado na tabela, *S* é o ponto de partida e *Pi* é um posto de controlo (*i* ∈ [1,5]):

$$h(x, c) = \begin{cases} 0, & \text{se } c \geq 20 \text{ e } x = S \\ T(x, S), & \text{se } c \geq 20 \text{ e há ligação entre } x \text{ e } S \\ \min_i T(x, P_i), & \text{senão} \end{cases}$$

Determine a solução encontrada pela estratégia de pesquisa **A\***, quando utiliza esta função heurística. Apresente igualmente a árvore de pesquisa.

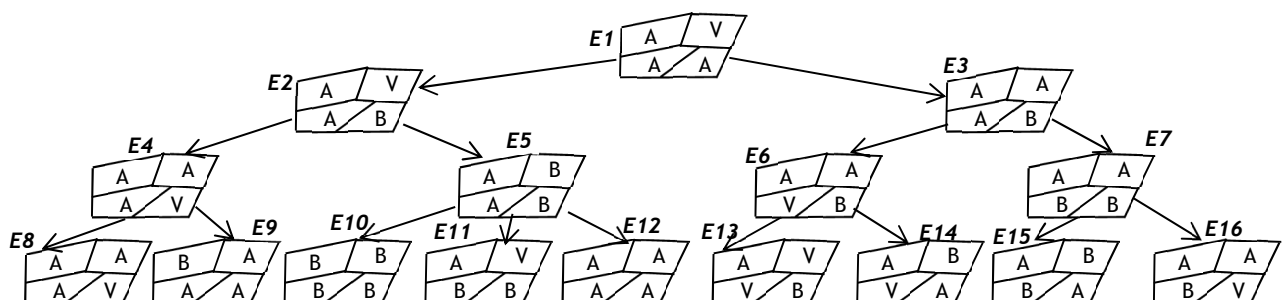


2. [4 valores] O problema de colorir um mapa consiste em atribuir cores diferentes a países que possuam fronteira. Existem 3 cores disponíveis: azul (A), verde (V) e branco (B).

- a) Este problema é resolvido usando arrefecimento simulado. O parâmetro temperatura ( $T$ ) está simplificado para ( $t$  = tempo, e cada unidade de  $t$  corresponde à geração de um nó):

$$T(t) = 10, \text{ se } 1 \leq t < 11; 9, \text{ se } 11 \leq t < 21; \dots$$

A função de avaliação de um estado é igual ao número de fronteiras “erradas” (uma fronteira diz-se “errada” quando dois ou mais países a ela adjacentes possuem a mesma cor). O diagrama seguinte ilustra os estados sucessores possíveis para cada nó, para os primeiros estados, sendo a ordem de geração representada da esquerda para a direita. O nó raiz representa o estado inicial (E1) e tem 2 fronteiras erradas.



Apresente a lista dos estados gerados (suponha que, quando necessário gerar um número aleatório para a decisão de aceitação, são gerados os valores: 0,85; 0,5; 0,91; 0,75). Explique bem o seu raciocínio.

Pretende-se minimizar o valor da função de avaliação.

Estado inicial: E1, valor=2

Estado	Valor	t	explicação
E1	2	0	Estado inicial
E2	1	1	E2 é melhor que E1, estado atual passa para E2, gera vizinho de E2
E4	3	2	E4 pior que E2, prob de escolha= $e^{-2/10}=0,82$ , prob<0,85, estado

			atual mantém-se, gera novo vizinho de E2
E5	2	3	E5 pior que E2, prob de escolha= $e(-1/10)=0,9$ , prob $>0,85$ , estado atual passa para E5, gera vizinho de E5
E10	5	4	E10 pior que E5, prob de escolha= $e(-3/10)=0,74$ , prob $<0,85$ , estado atual mantém-se, gera novo vizinho de E5
E11	1	5	E11 é melhor que E5, estado atual passa para E11, termina porque não há mais vizinhos

- b) É criado um jogo para o problema descrito, e em cada instante, o jogador necessita conhecer o estado atual do mapa, para o que usa um interpretador de Linguagem Natural baseado em DCGs. Implemente tal interpretador, que valide semântica e sintaticamente frases das formas ilustradas (incluindo concordância em número e em género), e que seja capaz de responder às questões:

Que países existem?	R: p1, p2, p3, p4.
Quantos países existem?	R: 4
Que cor tem o país p1?	R: azul
Que países ligam a p2?	R: p3, p4
Que cor liga a p2?	R: erro semântico
Que país ligam a p2?	R: erro sintático

Já existe uma base de conhecimento com a informação: *ligar(PaisX,PaisY)*. *ter(CorC, PaisX)*.

3. [4 valores] Como parte de uma herança, o João e os primos têm de dividir entre si um baú de moedas. Mas neste baú, estão misturadas moedas valiosas com moedas não valiosas. O João consegue retirar uma amostra de 8 moedas, que um perito avalia de acordo com a tabela:

Face	Antiga	Prata	Valiosa
Mercúrio	não	sim	sim
Mercúrio	não	não	sim
Mercúrio	sim	sim	sim
Mercúrio	sim	sim	sim
Liberdade	sim	sim	sim
Mercúrio	sim	sim	não
Liberdade	não	sim	não
Liberdade	não	não	não

Com o intuito de determinar quais das moedas do baú são valiosas, o João decide construir uma árvore de decisão usando o algoritmo C4.5. Na resolução das alíneas seguintes, apresente todos os cálculos que efetuar (deve usar o logaritmo de base 2).

- a) Calcule o valor da informação média para determinar se uma moeda é valiosa ou não.

**InfoMedia(Valiosa) =  $-5/8 * \log(5/8) - 3/8 * \log(3/8) = 0,9544$ .**

- b) Se tivesse de escolher apenas um critério, qual acha que conduziria a uma regra mais bem informada para determinar se uma moeda é valiosa ou não: “Face” ou “Prata”? Sabe-se que entropia(Face)=0,7955 e entropia(Prata)=0,904.

**Face**

**GanhoInfo = InfoMedia-Entropia =  $0,9544 - 0,7955 = 0,1588$**

**InfoSeparacao =  $-5/8 * \log(5/8) - 3/8 * \log(3/8) = 0,9544$**

**RazaoGanho = GanhoInfo/InfoSep =  $0,158868/0,9544 = 0,16645$**

**Antiga**

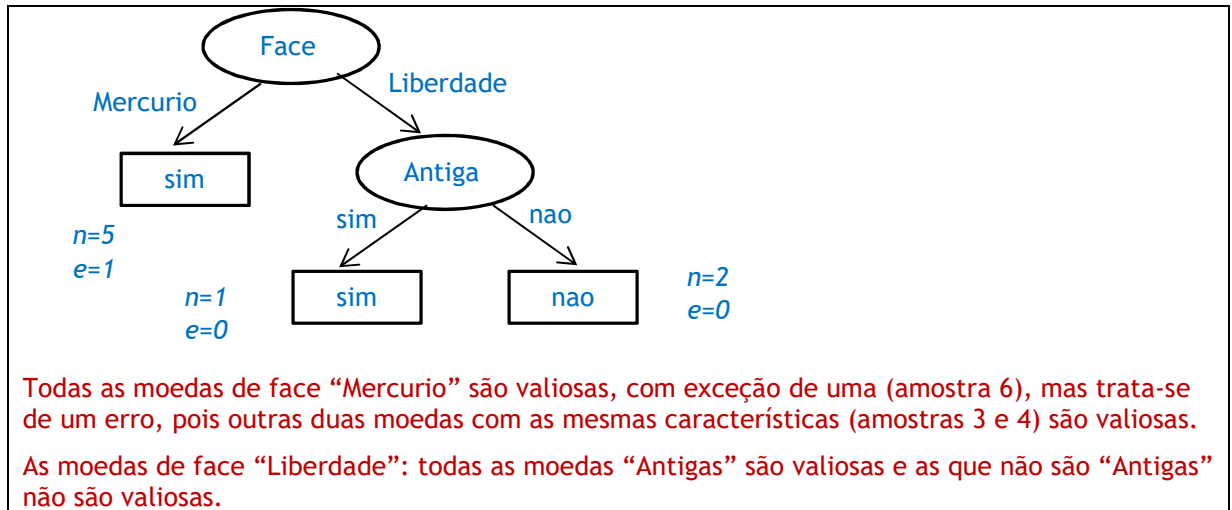
**GanhoInfo = InfoMedia-Entropia =  $0,9544 - 0,904 = 0,0503$**

**InfoSeparacao =  $-6/8 * \log(6/8) - 2/8 * \log(2/8) = 0,8127$**

**RazaoGanho = GanhoInfo/InfoSep =  $0,0503/0,8127 = 0,06199$**

**O critério escolhido seria “Face”, possui maior valor de Razão do Ganho**

- c) Construa a árvore de decisão para classificar a amostra da tabela. Apresente todos os cálculos. Após o nível 1, a construção da árvore pode ser concluída sem efetuar cálculos (mas explicando).



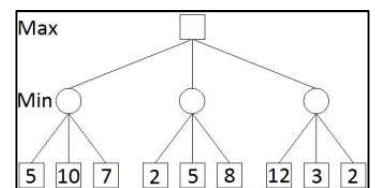
- d) Indique a razão do erro das folhas da árvore.

Face=Mercurio: Razao erro =  $(e+1)/(n+2) = 2/7 = 0,285$

Face=Liberdade: Razao erro (Antiga=sim)=  $1/3 = 0,333$  ; razao erro(Antiga=nao) =  $1/4 = 0,25$

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

- a) No contexto dos algoritmos de pesquisa local, explique o conceito de “função mal comportada”.
- b) Num problema de pesquisa num espaço de estados altamente cíclico, sabe-se de antemão que a solução ótima se encontra a uma profundidade finita  $p$ . Que estratégia de pesquisa escolheria e porquê?
- c) Aplique o algoritmo *minimax*, com cortes alfa-beta, à árvore de pesquisa da figura. Indique claramente quais os nós que não necessitam de ser visitados, e explique porquê.
- d) Na modelação de um problema usando algoritmos genéticos, a função de adaptação ditou os valores 10, 12 e 15 para os três elementos da população. Calcule as probabilidades de seleção associadas a cada um destes cromossomas, quando se usa o mecanismo da roleta.
- e) Em que circunstâncias é que o modelo dos Fatores de Certeza garante resultados aceitáveis?
- f) No contexto da lógica difusa, justifique a existência do conceito de função de pertinência.
- g) Explique qual é, e porquê, o valor que se propaga da camada  $n$  de saída de uma rede neuronal para a camada  $n-1$ .



O valor que se propaga das saídas para a última camada intermédia é função dos erros na saída.

$$\delta s_k = S_k * (1 - S_k) * (d_k - S_k)$$

Que tem uma explicação analítica (através da derivada do erro) e uma intuitiva que aqui damos.

$(d_k - S_k)$  é o erro na saída pois  $d_k$  seria a saída esperada.

Mas dado que a função de transferência é normalmente uma sigmóide, variações nos extremos da curva (portanto para valores próximos de 0 ou 1) tem consequências na saída irrelevantes e daí que, na expressão, um dos factores seja próximo de zero fazendo que  $\delta s_k$  também o seja.

Só nos casos mais intermédios é que a sigmóide tem um andamento que origina com que pequenos erros levem a maiores alterações na saída. Ora para esses casos os factores do  $\delta s_k$  dão valores que fazem com que o que se retropropaga seja relevante e contribuirá para a progressiva correcção do erro na saída.