



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Curso Superior de Ciência da Computação

Inteligência Artificial:
Oitava Lista de Exercícios

Domynic Barros Lima

Belo Horizonte
2025

Questão 1 – Comparação de Estratégias de Busca em Espaço com Heurística

1) Busca em Largura (BFS):

1. **Visitados:** A, B, C, D, E, F, G, H, I
2. **Solução:** $A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow I$
3. **Heurística não admissível:** Sim

2) Busca em Profundidade (DFS):

1. **Visitados:** A, B, D, E, H, I
2. **Solução:** $A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow I$
3. **Heurística não admissível:** Sim

3) Custo Uniforme (UCS):

1. **Visitados:** A, C, B, G, E, K
2. **Solução:** $A \rightarrow C \rightarrow G \rightarrow K$
3. **Heurística não admissível:** Sim

4) Busca Gulosa ($h(n)$):

1. **Visitados:** A, C, G, K
2. **Solução:** $A \rightarrow C \rightarrow G \rightarrow K$
3. **Heurística não admissível:** Sim

5) Algoritmo A*:

1. **Visitados:** A, B, C, E, G, I
2. **Solução:** $A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow I$
3. **Heurística não admissível:** Sim

Questão 2 – Heurísticas Admissíveis no Puzzle de 8

- 1) Sim, a heurística de Manhattan é admissível. A distância de Manhattan calcula a soma das distâncias horizontais e verticais das peças até suas posições corretas. Ela nunca superestima o número real de movimentos necessários para mover uma peça para o seu lugar, pois cada movimento pode mover uma peça apenas uma posição horizontal ou verticalmente.
- 2) Outra heurística admissível é o número de peças fora do lugar. Essa heurística também é admissível porque cada peça fora do lugar precisará de pelo menos um movimento para ser colocada no lugar correto. Logo, ela nunca superestima o custo real da solução.

Questão 3 – Julgamento de Estratégias de Busca Cega e Heurística

- I. Correta.** A busca em largura garante encontrar a solução ótima quando os custos são uniformes.
- II. Incorreta.** A busca em profundidade não garante encontrar a solução ótima, nem expandir menos nós que a busca em largura.
- III. Correta.** Funções heurísticas bem definidas podem melhorar a eficiência da busca.
- IV. Incorreta.** A busca gulosa expande nós que parecem mais próximos do objetivo, mas não necessariamente estão no caminho da solução.

Dessa forma ficamos com apenas as afirmações I e III sendo verdadeiras. Logo, a alternativa correta é a (B).

Questão 4 – Análise de Grafo Não Direcionado e Grau de Vértices

A ordem correta de descoberta dos vértices em busca em largura é: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F$. Logo, a alternativa correta é a (A). “ABCDEF”

Questão 5 – Avaliação de Estratégias de Busca e Otimalidade

- I. Correta.** A busca em largura encontra a solução ótima com custos uniformes.
- II. Incorreta.** A busca em profundidade pode expandir mais nós.
- III. Incorreta.** A busca heurística não garante solução de menor custo.
- IV. Correta.** A busca heurística geralmente expande menos nós, mas não garante otimalidade.
- V. Correta.** A* com heurística admissível encontra a solução ótima.

Dessa forma ficamos com apenas as afirmações I, IV e V sendo verdadeiras. Logo, a alternativa correta é a (E).

Questão 6 – Interpretação da Função $h(n)$ em Buscas Informadas

A busca gulosa foca em minimizar a heurística $h(n)$, que é a estimativa do custo até o objetivo. Logo, a alternativa correta é a (A).

Questão 7 – Definição Formal de Heurística Admissível

Uma heurística é admissível se nunca superestima o custo real para chegar à meta. Logo, a alternativa correta é a (B).

Questão 8 – Aplicação da Busca em Largura em Árvore Binária

A busca em largura explora os nós por nível. Logo, a alternativa correta é a (C).

Questão 9 – Interpretação da Função $f(n)$ com Peso w em Busca Heurística

Quando $w = 0$, $f(n) = 2g(n)$, é realizada a busca de custo uniforme, pois apenas o custo do caminho até o momento é considerado.

Quando $w = 1$, $f(n) = g(n) + h(n)$, é realizada a busca A^* .

Quando $w = 2$, $f(n) = -g(n) + 2h(n)$, isso dá mais peso à heurística, podendo se comportar de forma semelhante à busca gulosa, mas com a influência negativa do custo do caminho.

Questão 10 – Comparação de Heurísticas em Algoritmos A^* , Guloso, Largura e Profundidade

1) Algoritmo A^* :

a) **Nós expandidos:**

• **h1:** S(5), A(8), B(6), D(6), G(6)

• **h2:** S(6), B(4), D(3), G(5)

• **h3:** S(7), B(4), C(7), D(4), G(4)

b) **Solução:** S \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow G (para todas as heurísticas)

c) **Admissibilidade:** h1 e h2 são admissíveis, pois nunca superestimam o custo real do caminho até G. h3 não é admissível porque $h3(S) = 6$, mas o custo real é 3.

2) Busca Gulosa ($h(n)$):

a) **Nós expandidos:** Usa menor $h(n)$: S($h=6$) \rightarrow B($h=2$) \rightarrow C($h=5$) \rightarrow G($h=0$)

b) **Solução:** S \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow G

3) Busca em Profundidade (DFS):

a) **Nós expandidos:** S, A, C, G

b) **Solução:** S \rightarrow A \rightarrow C \rightarrow G

4) Busca em Largura (BFS):

a) **Nós expandidos:** S, A, B, C, D, G

b) **Solução:** S \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow G

Questão 11 – Escolha de Estado em Puzzle com Heurística Manhattan

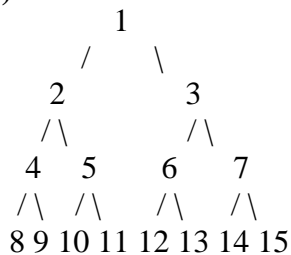
As duas asserções são proposições verdadeiras, e a segunda é uma justificativa correta da primeira. Logo, a alternativa correta é a (A).

Cálculo das heurísticas:

- **E1:** $h(E1) = 3 + 1 + 1 + 1 + 1 + 2 + 0 + 0 = 9$
- **E2:** $h(E2) = 3 + 1 + 1 + 0 + 1 + 2 + 0 + 0 = 8$
- **E3:** $h(E3) = 3 + 1 + 1 + 0 + 1 + 1 + 0 + 0 = 7$

Questão 12 – Geração de Espaço de Estados Binário e Comparação entre Estratégias de Busca

a)



b)

- **Busca em largura:** 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11
- **Busca em profundidade limitada (limite = 3):** 1, 2, 4, 8, 9, 5, 10, 11
- **Aprofundamento iterativo:**
 - Nível 0: 1
 - Nível 1: 1, 2, 3
 - Nível 2: 1, 2, 4, 5, 3, 6, 7
 - Nível 3: 1, 2, 4, 8, 9, 5, 10, 11

Questão 13 – Vantagens e Desvantagens do Algoritmo A*

Vantagens do A*:

- Garante encontrar a solução ótima se a heurística for admissível.
- Geralmente mais eficiente que busca de custo uniforme, pois usa heurística para guiar a busca.

Desvantagens do A*:

- Pode ser computacionalmente caro, pois mantém todos os nós gerados na memória.
- A eficiência depende da qualidade da heurística. Uma heurística ruim pode levar a um desempenho pior.

Questão 14 – Extensões e Melhorias do Algoritmo A*

IDA* (Iterative Deepening A*): Usa aprofundamento iterativo para limitar o uso de memória.

SMA* (Simplified Memory-Bounded A*): Usa uma quantidade limitada de memória e descarta os piores nós quando a memória está cheia.

A* com Heurísticas Ponderadas: Pondera a função heurística para dar mais ou menos importância à estimativa de custo.

Questão 15 – Aplicação do Minimax em Jogo de Palitos

Melhor jogada para MAX: tirar **2 palitos**, deixando 3 para MIN, que não tem jogada ótima.

Primeiro caso:

1. MAX começa
 - a. MAX tira 1 \rightarrow 4
MIN tira 1 \rightarrow 3
MAX tira 1 \rightarrow 2
 - i. MIN tira 1 \rightarrow 1
MAX **perde**
 - ii. MAX tira 2 \rightarrow 1
MIN perde \rightarrow MAX **ganha**
 - iii. MAX tira 3 \rightarrow 0 \rightarrow MAX **perde**
 - b. MIN tira 2 \rightarrow 2
MAX tira 1 \rightarrow 1 \rightarrow MIN **vence**
 - c. MIN tira 3 \rightarrow 1
MAX **perde**

Questão 16 – Poda Alfa-Beta em Árvore Minimax e Redução de Nós Visitados

Durante a execução do algoritmo Minimax com poda alfa-beta, nem todos os nós folha precisam ser visitados. Isso acontece porque, à medida que percorremos a árvore da esquerda para a direita, o algoritmo consegue eliminar ramos que não influenciam na decisão final, poupando esforço computacional. Na árvore apresentada, esse processo permite evitar a visita a 10 folhas, pois os valores já obtidos foram suficientes para descartar outros caminhos que não ofereceriam melhores resultados. Por isso, a alternativa correta é a letra (D).