

MÉTODOS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM IA

Sumário

- busca em espaço de estados
- redução de problemas



prof. Luis Otavio Alvares

Busca em espaço de estados

Exemplo: jogo dos 8

2	8	3
1	6	4
7		5



prof. Luis Otavio Alvares

Jogo dos 8

2	8	3
1	6	4
7		5

Início

n movimentos

1	2	3
8		4
7	6	5

Objetivo



prof. Luis Otavio Alvares

Estados e Operadores

- **Estado**: uma configuração particular das peças
- **Operador**: transforma um estado em outro

A configuração inicial e o objetivo do jogo são os estados inicial e final.



prof. Luis Otavio Alvares

Jogo dos 8: operadores

- mover a peça 1 para cima, baixo, direita, esquerda
- mover a peça 2 para cima, baixo, direita, esquerda
- mover a peça 3 para cima, baixo, direita, esquerda
-
- mover a peça 8 para cima, baixo, direita, esquerda

total de 32 operadores



prof. Luis Otavio Alvares

Jogo dos 8: operadores

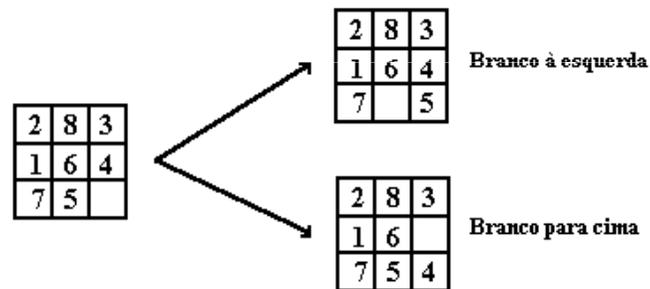
- branco para cima
- branco para baixo
- branco para a direita
- branco para a esquerda

total de 4 operadores



prof. Luis Otavio Alvares

Jogo dos 8: operadores



prof. Luis Otavio Alvares

Representação do problema

A representação de um problema deve conter:

- forma de representar os estados
- descrição dos estados inicial e objetivo
- descrição dos operadores



prof. Luis Otavio Alvares

Exemplo de representação: listas

- Estado inicial: [2,8,3,1,6,4,7,0,5]
- Estado objetivo: [1,2,3,8,0,4,7,6,5]
- exemplos de operadores
 [a,b,c,d,e,f,g,h,0] --> [a,b,c,d,e,f,g,0,h] p/ esquerda
 [a,b,c,d,e,f,g,h,0] --> [a,b,c,d,e,0,g,h,f] p/ cima
 total de 24 casos possíveis



prof. Luis Otavio Alvares

Exemplo de representação: matrizes

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 2 & 8 & 3 \\ \hline 1 & 0 & 4 \\ \hline 7 & 6 & 5 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 3 \\ \hline 8 & 0 & 4 \\ \hline 7 & 6 & 5 \\ \hline \end{array}$$

Estado Inicial Estado Objetivo

Exemplo de operador:

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline a & b & 0 \\ \hline c & d & e \\ \hline f & g & h \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|c|c|} \hline a & 0 & b \\ \hline c & d & e \\ \hline f & g & h \\ \hline \end{array} \quad \text{esquerda}$$



prof. Luis Otavio Alvares

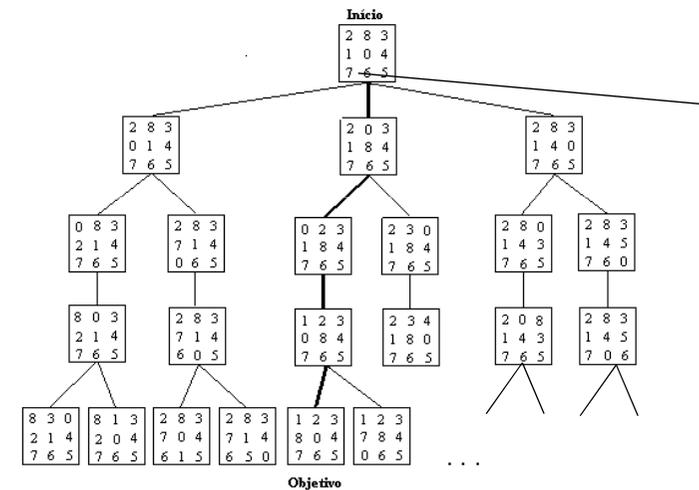
Grafo de estados

- nó: representa um estado
- arco: representa um operador



prof. Luis Otavio Alvares

Grafo de estados: exemplo



prof. Luis Otavio Alvares

Exercício

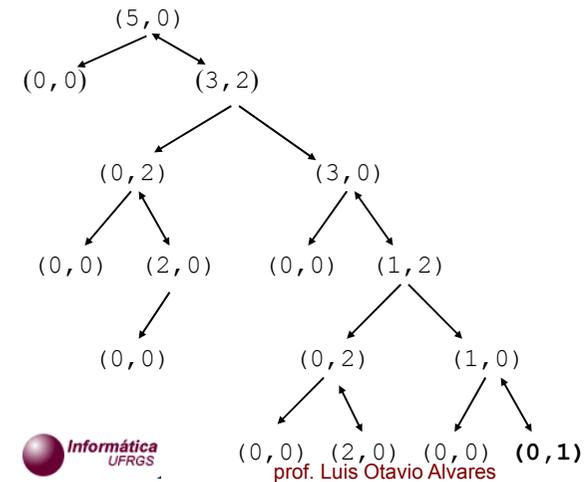
Temos 2 recipientes, um de 5 litros que está inicialmente cheio de água e outro de 2 litros que está vazio. O problema é obter exatamente 1 litro de água no recipiente de 2 litros, sendo que apenas duas ações são possíveis: passar a água de um recipiente para o outro e jogar a água de um recipiente fora. Somente os 5 litros iniciais estão disponíveis.

Representar o grafo de estados do problema



prof. Luis Otavio Alvares

Solução do exercício



Métodos de busca em grafos de estado

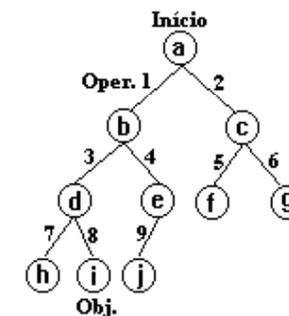
- Percorre-se o grafo até encontrar o estado objetivo
- Tipos de busca:
 - busca “cega” (sistemática)
 - busca heurística



prof. Luis Otavio Alvares

Busca em largura ou amplitude

- Para cada estado são aplicados todos os operadores possíveis - busca por nível



- Ordem: operadores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9



prof. Luis Otavio Alvares

Exemplo

profund.	nós	tempo	memória
1	10	0,001s	10Kb
3	1110	0,11s	1megabyte
5	111.110	11s	106 MB
7	10^7	19min	10GB
9	10^9	31horas	1 terabyte
11	10^{11}	129 dias	101 terabytes
13	10^{13}	35 anos	10 petabytes

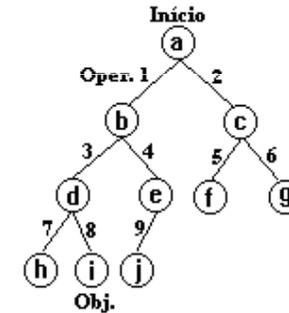
os número pressupõem um fator de ramificação =10,
10.000 nós/segundo e 1000 bytes/nó



prof. Luis Otavio Alvares

Busca em Profundidade

Examina-se os nós sempre em direção às folhas, afastando-se da raiz.



Ordem: operadores 1, 3, 7, 8, 4, 9, 2, 5, 6



prof. Luis Otavio Alvares

Busca em profundidade: considerações

- Vantagem: exige muito menos memória – 10 bilhões de vezes menos no caso do exemplo anterior, para profundidade 13
- Desvantagem:
 - não garante solução ótima



prof. Luis Otavio Alvares

Outras formas sistemáticas

- Busca em profundidade limitada
- Busca bidirecional



prof. Luis Otavio Alvares

Busca heurística

- o processo de busca é dirigido através de informações que auxiliam a seleção dos operadores
- função de avaliação



prof. Luis Otavio Alvares

Função de avaliação: exemplo do jogo dos 8

- Exemplo 1: soma das diferenças entre os números das peças
- Exemplo 2: número de peças que está fora de seu lugar
- Exemplo 3: soma das distâncias entre cada peça e sua posição objetivo



prof. Luis Otavio Alvares

Busca heurística - exemplo

- exemplo: jogo dos 8
Estado inicial: [2,8,3,1,0,4,7,6,5]
Estado objetivo: [1,2,3,8,0,4,7,6,5]
Soma das diferenças: $1+6+0+7+0+0+0+0+0 = 14$
- é escolhido o operador que gerar a menor diferença depois de aplicado
- O objetivo é alcançado quando a soma das diferenças for igual a zero.



prof. Luis Otavio Alvares

Busca heurística - exemplo

Estado inicial: [2,8,3,1,0,4,7,6,5]
Estado objetivo: [1,2,3,8,0,4,7,6,5]
sucessores possíveis soma das diferenças

a) [2,0,3,1,8,4,7,6,5] $1+2+0+7+8+0+0+0+0=18$
b) [2,8,3,0,1,4,7,6,5] $1+6+0+8+1+0+0+0+0=16$
c) [2,8,3,1,4,0,7,6,5] $1+6+0+7+4+4+0+0+0=22$
d) [2,8,3,1,6,4,7,0,5] $1+6+0+7+6+0+0+6+0=26$

Seria escolhida a jogada b)



prof. Luis Otavio Alvares

Busca pela melhor escolha

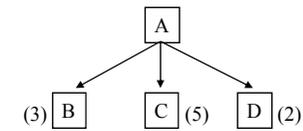
- busca heurística
- em cada etapa escolhemos o nó mais promissor gerado até o momento
- utiliza uma função de avaliação que retorna o **custo** de se chegar a uma solução (quanto menor melhor)
- o método A* é derivado deste, combinando o custo de chegar ao nó atual com o custo estimado até o objetivo



prof. Luis Otavio Alvares

Exemplo

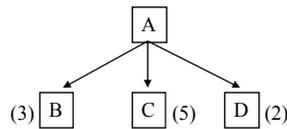
- Passo 1:



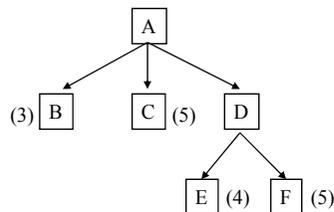
prof. Luis Otavio Alvares

Exemplo (cont.)

- Passo 1:



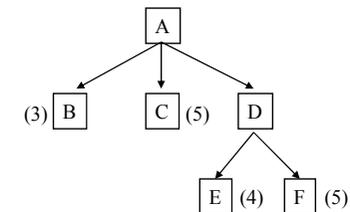
- Passo 2:



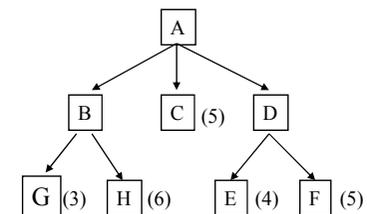
prof. Luis Otavio Alvares

Exemplo (cont.)

- Passo 2:



- Passo 3:



prof. Luis Otavio Alvares

Algoritmo geral de busca em grafos

- 1- Crie uma árvore de busca consistindo só do nodo inicial, n_0 .
Coloque n_0 numa lista chamada ABERTOS
- 2- Crie uma lista chamada FECHADOS, inicialmente vazia.
- 3- Se ABERTOS está vazio, termine com falha.
- 4- Selecione o primeiro nodo de ABERTOS. Remova-o de ABERTOS e coloque-o em FECHADOS. Chame o nodo de n .
- 5- Se n é um nodo objetivo, termine com sucesso, com a solução sendo o caminho inverso, de n a n_0 .
- 6- Expanda o nodo n , gerando um conjunto M de sucessores. Coloque-os em ABERTOS.
- 7- Reordene a lista ABERTOS.
- 8- Volte para o passo 3.



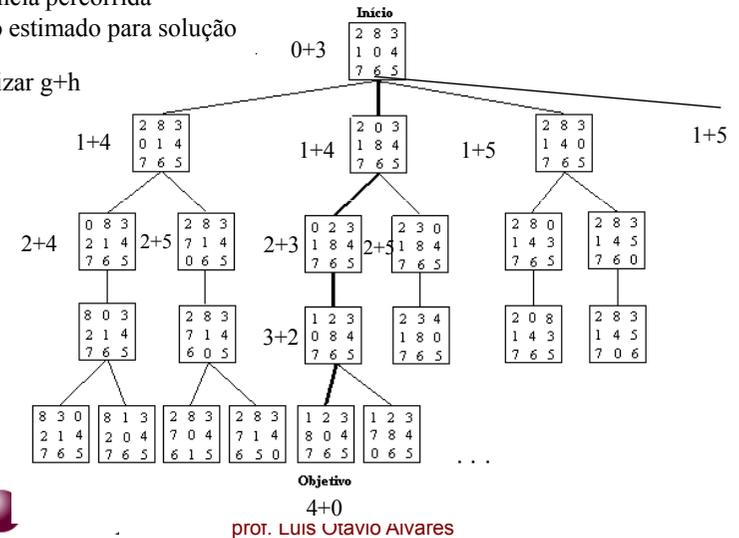
prof. Luis Otavio Alvares

Exemplo

g =distância percorrida

h =custo estimado para solução

minimizar $g+h$



Uma aplicação real: layout de VLSI

- O projeto de chips é muito complexo
- Um VLSI típico tem milhões de portas
- A posição e as conexões de cada porta são cruciais
- Duas tarefas difíceis: layout das células e a rota para as conexões



prof. Luis Otavio Alvares

Outras aplicações

- Encontrar melhores rotas
- Trajetórias de robôs
- Seqüência de montagem de peças



prof. Luis Otavio Alvares

Resolução por redução do problema



prof. Luis Otavio Alvares

Redução de problema

O método de resolução por redução de problemas raciocina a partir do problema a ser resolvido, dividindo-o em subproblemas e estes em sub-subproblemas até que o problema original seja reduzido a um conjunto de problemas primitivos de solução imediata.



prof. Luis Otavio Alvares

Exemplo: torres de Hanói

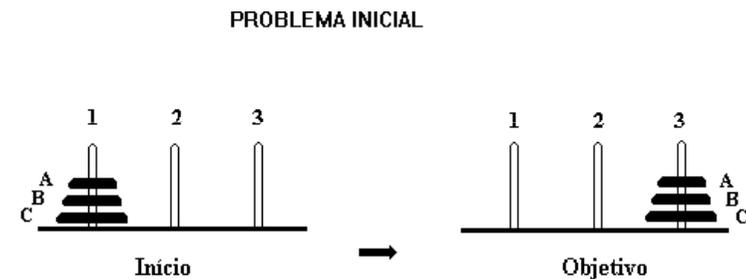
Um número n qualquer de argolas de tamanhos diferentes são colocadas em três pinos. O objetivo é transferir todas as argolas do primeiro para o último pino, respeitando as restrições:

- o único movimento possível é movimentar uma única argola de um pino para outro
- apenas a argola de cima pode ser movimentada
- uma argola de maior tamanho não pode ser colocada sobre uma argola menor



prof. Luis Otavio Alvares

Exemplo: torres de Hanói



prof. Luis Otavio Alvares

Exemplo: torres de Hanói

- pode ser resolvido por busca em espaço de estados
- considera-se cada configuração de pinos e argolas como um **estado**
- mas a solução só será aplicável a um número fixo de argolas



prof. Luis Otavio Alvares

Torres de Hanói

- Através de redução de problemas, têm-se uma solução válida para qualquer número de argolas, com 3 subproblemas:
 - 1- mover **n-1** argolas do pino onde estão para o pino não-objetivo
 - 2- mover uma argola do pino inicial para o pino objetivo
 - 3- mover n-1 argolas do pino onde estão para o pino objetivo



prof. Luis Otavio Alvares

Torres de Hanói

- Subp.1: passar A e B p/ pino 2
- subp.2: passar C p/ pino 3
- Subp.3: passar A e B p/ pino 3



prof. Luis Otavio Alvares

Torres de Hanói

- Subp.1: passar A e B p/ pino 2
 - subp.1: passar A p/ pino 3
 - subp.2: passar B p/ pino 2
 - subp.3: passar A p/ pino 2
- subp.2: passar C p/ pino 3
- Subp.3: passar A e B p/ pino 3
 - subp.1: passar A p/ pino 1
 - subp.2: passar B p/ pino 3
 - subp.3: passar A p/ pino 3



prof. Luis Otavio Alvares

Representação para solução por redução de problemas

- descrição do problema inicial
- operadores de transformação - reduzem um problema a outro(s) mais simples
- descrição dos problemas primitivos - de solução imediata



prof. Luis Otavio Alvares

Exemplo de representação

- $(i\ j\ k)$ para descrever um estado do jogo, onde
 - i representa o pino da argola C (a maior)
 - j representa o pino da argola B (a intermediária)
 - k representa o pino da argola A (a menor)

O estado **(3 3 1)**, por exemplo, representa a argola C no pino 3, **B** no pino 3 (acima de C) e **A** no pino 1.



prof. Luis Otavio Alvares

Exemplo de representação

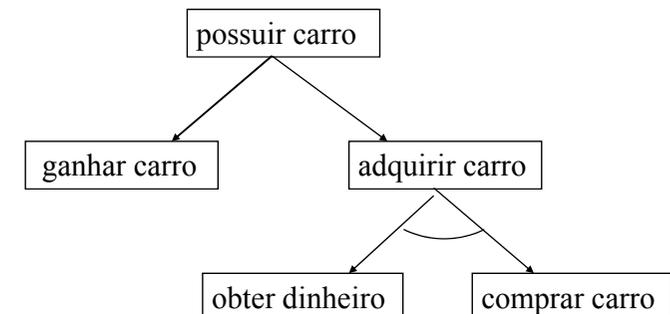
- descrição do problema: $(111) \rightarrow (333)$
- os três subproblemas:
 - 1. $(111) \rightarrow (122)$
 - 2. $(122) \rightarrow (322)$
 - 3. $(322) \rightarrow (333)$
- problemas primitivos: movimentação de uma argola “livre”



prof. Luis Otavio Alvares

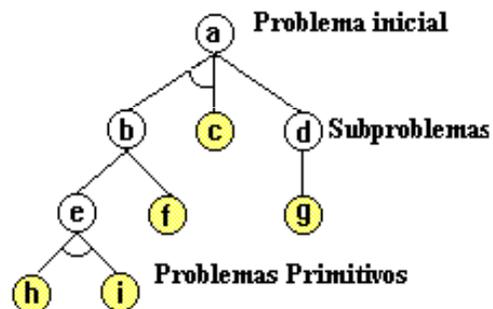
Grafos E/OU

Podemos representar a redução de problemas através de árvores onde cada nó representa um subproblema.



prof. Luis Otavio Alvares

Grafos E/OU



Exercício

Um tabuleiro com cinco casas está organizado conforme abaixo. O objetivo é inverter as posições das fichas E e D, isto é, as duas fichas E devem ocupar as casas inicialmente ocupadas pelas D e vice-versa.

D	D		E	E
---	---	--	---	---

As peças E só andam para a esquerda e as D só para a direita

As operações possíveis são:

- mover uma peça para uma casa vazia adjacente
- saltar uma peça adjacente, se houver uma casa vazia após a peça adjacente

Represente a solução do problema através de um grafo de estados

Exercício

Uma pessoa, um lobo, um carneiro e um cesto de alface estão à beira de um rio. Dispondo de um barco onde pode carregar apenas um dos outros três, a pessoa deve transportar tudo para a outra margem. Determine uma série de travessias que respeitem a seguinte condição: em nenhum momento devem ser deixados juntos o lobo e o cordeiro, ou o cordeiro e o cesto de alface, sem a pessoa. Represente a solução do problema através de um grafo de estados