

Relatório 3 e 4

Problema do Quebra Cabeça das 8 Peças - Algoritmos de Busca.

Cristiano Lopes Moreira

Matrícula: 119103-0

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo			Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc			1 (34)

Sumário

1.	Introdução	3
2.	Desenvolvimento teórico	4
2.1.	Descrição do problema:	4
2.2.	Busca em Largura:	5
2.3.	Busca em Profundidade:	7
2.4.	Subida de encosta:	9
2.5.	Algoritmo A*:	11
3.	Proposta de implementação	13
4.	Experimentação e Resultados	21
5.	Trabalhos Correlatos	33
6.	Conclusão	33
7.	Referências bibliográficas	34

Aluno		RA/Matrícula	Professor	Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0	Dr Reinaldo Bianchi	Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma	Nome do arquivo		Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019	PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		2 (34)

1. Introdução

Diversos problemas de caráter prático podem ter suas soluções obtidas por métodos de buscas que avaliam, em um grafo de espaço de estados, todas as opções apresentadas pelo problema.

A dificuldade desse tipo de solução é que muitos problemas de interesse prático geram uma quantidade grande de possibilidades e não podem ser representadas por grafos simples com sistemas básicos de buscas. Primeiro, é necessária uma formulação detalhada do problema de busca, segundo deve ser definido uma metodologia de representação e terceiro deve ser utilizada uma estratégia eficiente de busca para esses grafos.

Um problema típico, que necessita de uma estruturação detalhada do método de solução por busca, é o problema das 8 peças (puzzle-8) que gera uma variação de 181.440 possibilidades de movimentos e 362.880 'Nós' no estado de espaço de um grafo.



Para resolver esse problema será estudado 4 métodos de busca, sendo 2 métodos de busca cega, sem informação adicional sobre o problema, e 2 métodos de busca informada, que utiliza características do problema para auxiliar na busca da solução. Iremos modelar os algoritmos de Busca em Profundidade, Busca em Largura, Subida de Encosta e Busca A* utilizando as estruturas de dados Fila, Pilha e Lista.

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo			Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc			3 (34)

O Objetivo deste relatório é resolver o problema das 8 peças e estudar as metodologias de busca em conjunto com a administração dos recursos de memória e de reuso código, utilizando as estruturas de dados Lista ligada, Fila e Pilha como base para gerenciamento do recurso de memória e reutilização dos códigos de programação, utilizando técnicas de heranças na programação orientada a objeto.

2. Desenvolvimento teórico

Os algoritmos de busca resolverem problemas pela busca de informações encontradas em sua estrutura de dados ou por cálculos utilizando dados em seu espaço de estados. Se caracterizam por receber como entrada um problema e retornar uma solução para esse problema. Dividem-se em algoritmos de busca desinformada, ou busca cega, e algoritmos de busca informada, que utilizam informações sobre o problema para realizar uma busca orientada a encontrar o melhor caminho até a solução do problema.

Dos algoritmos de busca cega se destacam Breadth-First Search (Busca em Largura) e Depth-First Search (Busca em Profundidade) e dos de busca informada Hill Climb (Subida de Encosta) e algoritmo A* que serão implementados e estudados neste relatório.

2.1. Descrição do problema:

O problema das 8 peças (puzzle-8) consiste em um quebra cabeça de 8 peças, em uma matriz 3 x 3, e bloco vazio que pode mover-se em suas adjacências. A tarefa é encontrar a sequência de movimentos que transformam o quebra cabeça na posição ordenada.

Estados: a descrição do estado especifica a localização de cada uma das 8 peças e da peça vazia no tabuleiro de 9 posições;

Aluno		RA/Matrícula	Professor	Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0	Dr Reinaldo Bianchi	Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma	Nome do arquivo		Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019	PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		4 (34)

Estado inicial: Qualquer estado pode ser designado como inicial. Para este estudo iremos utilizar como estado inicial 4,1,6,3,2,8,7,-,5.

4	1	6
3	2	8
7	-	5

Ações: é a formulação da movimentação do espaço vazio, pode ser esquerda (0), acima (1), direita (2), abaixo (3).

Modo de transição: dado um estado e uma ação ele retorna o estado sucessor

Teste de resultado: verifica se alcanço o resultado final 1,2,3,4,5,6,7,-

1	2	3
4	5	7
7	8	-

Custo do passo: cada passo custa 1 movimento

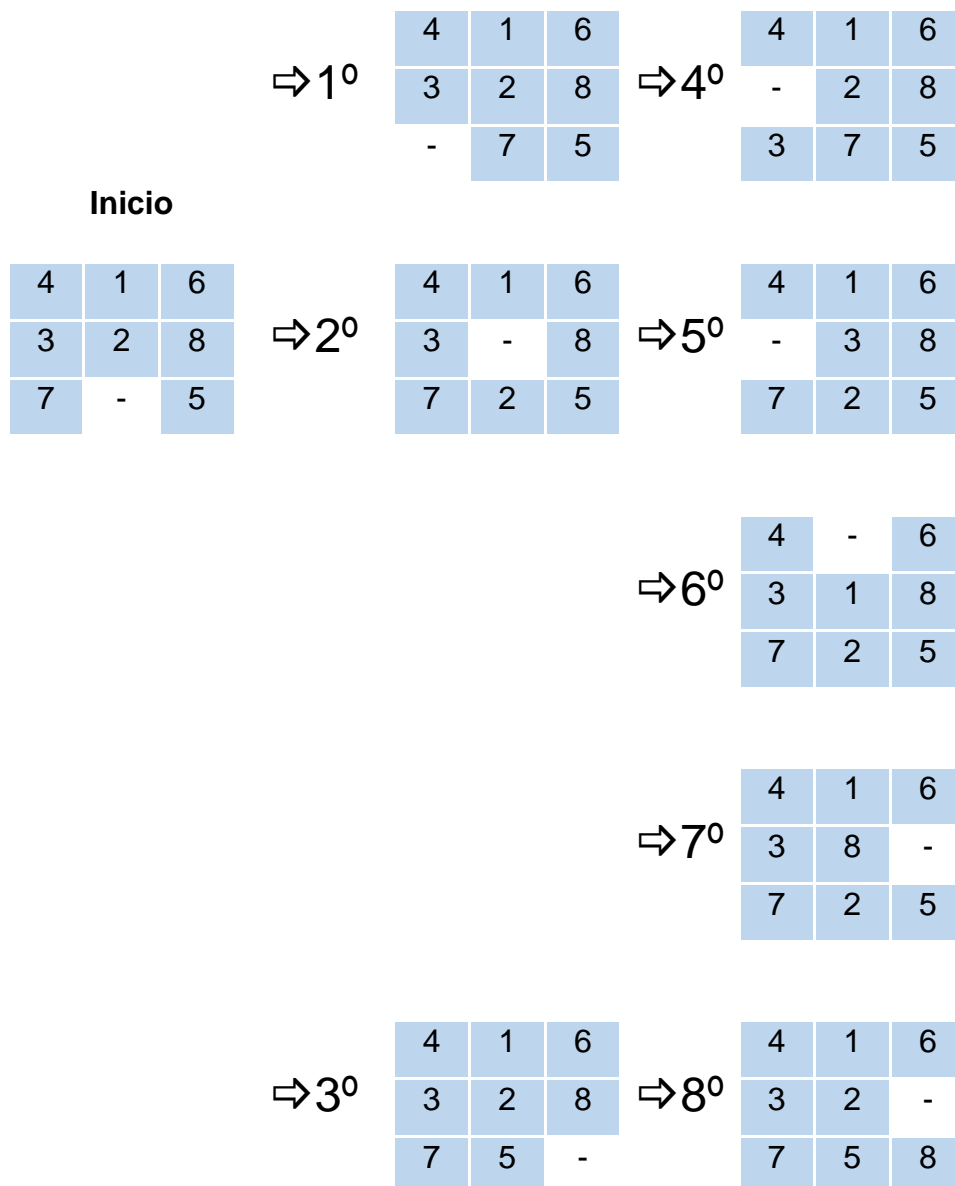
2.2. Busca em Largura:

O algoritmo de Busca em Largura é provavelmente o mais simples de todos eles, suas operações consistem em gerar um grafo de espaço de estados pela aplicação de todas as ações/operações à partir do vértice inicial, encontrar as arestas, novos vértices sucessores, gerados pelas ações, ou operações realizadas, e repetir este procedimento sucessivamente aos seus sucessores, até que seja apresentada, caso exista, uma solução para o problema, ou seja aberto todos os elementos do espaço de estados do problema.

Na Busca em Largura ordem de exploração do problema se assemelha à interação de dados da estrutura de dados em Fila, na qual o conjunto de elementos

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo			Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc			5 (34)

inseridos primeiro são verificados pelas aplicações em primeiro lugar (FIFO – first in first out).



Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo		Página	
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		6 (34)	

Seus métodos principais são:

Problema (Inicial): Recebe o problema 'Inicial' e inicializa o estado de espaços.

Explora (Vertice,acao): explora cada 'acao' do estado 'Vértice', abre suas Arestas e adiciona no estado de espaços.

P(Vertice, Acao): função de transição de estados, recebe o 'Vértice' atual, a 'Ação' e retorna o estado futuro

Goal (Aresta): Verifica se a Aresta do 'Vértice' explorado é a solução do problema.

PrintPath(): retorna o caminho para o resultado da busca

A Busca em Largura é completa, se existir uma solução, e é ótima, encontra o caminho de menor custo para a solução, se os custos de cada passo são iguais. Utiliza muita memória por abrir todos os elementos até encontrar o objetivo, e tem sua complexidade de tempo, no pior caso, quando tem que abrir todos os elementos para encontrar a solução, em O (arestas+vertices)

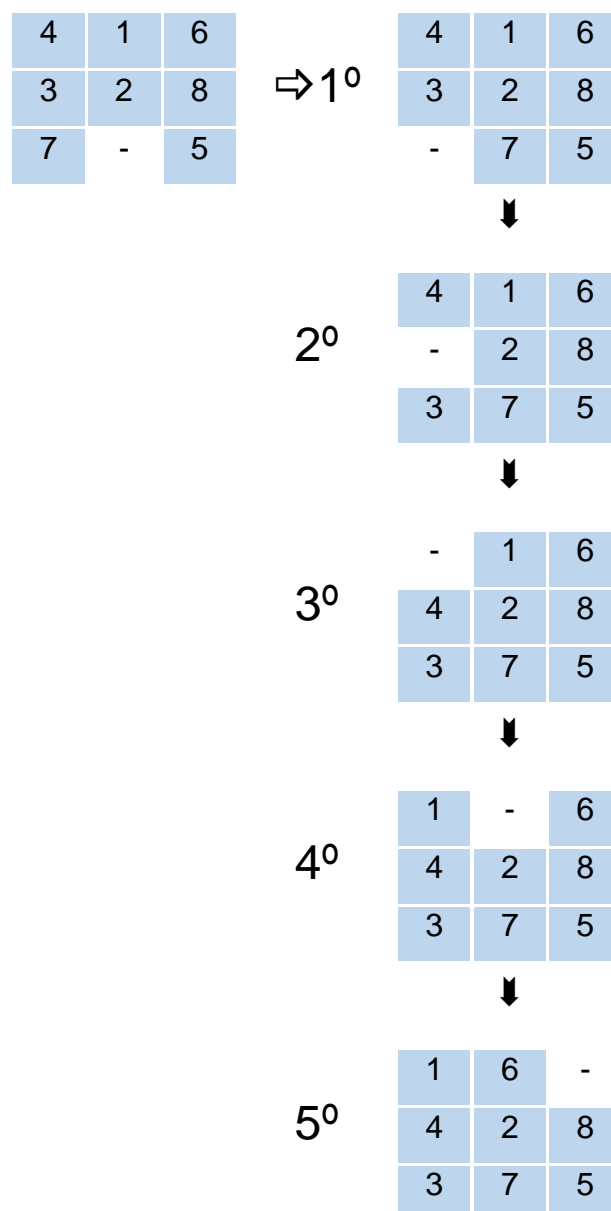
2.3. Busca em Profundidade:

O algoritmo de Busca em Profundidade, assim como no de Busca em Largura, suas operações consistem em gerar um grafo de espaço de estados pela aplicação das ações/operações iniciadas à partir do vértice inicial, a principal diferença essas estratégias de buscas é que o algoritmo de Busca em Profundidade gera as aristas sucessoras de um vértice somente 1 a cada momento, aplicando as ações/operações individualmente, abrindo ramos, arestas, de uma árvore de sucessores, e repete este procedimento sucessivamente aos seus sucessores, até que seja apresentada, caso exista, uma solução para o problema, ou seja alcançando o ponto mais profundo do ramo que está sendo explorado; nesses casos a busca é retomada pela próxima ação

Aluno		RA/Matrícula	Professor	Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0	Dr Reinaldo Bianchi	Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma	Nome do arquivo		Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019	PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		7 (34)

do ramo raiz gerador desse ramo que alcançou o ponto mais fundo do grafo, até que sejam abertos todos os elementos do espaço de estados do problema.

Na Busca em Largura a ordem de exploração do problema se assemelha à interação de dados da estrutura de dados em Pilha, na qual o conjunto de elementos que são inseridos por último são verificados pelas aplicações em primeiro lugar (LIFO-last in first out).



Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo		Página	
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		8 (34)	

Seus métodos principais são:

Problema (Inicial): Recebe o problema 'Inicial' e inicializa o estado de espaços.

Explora (Vertice,acao): explora recursivamente cada 'Vertice' e 'Acao' do estado 'Vertice', abre suas Arestas e adiciona no estado de espaços.

P(Vertice, Acao): função de transição de estados, recebe o 'Vértice' atual, a ação e retorna o estado futuro

Goal (Aresta): Verifica se a Aresta do 'Vértice' explorado é a solução do problema.

PrintPath(): retorna o caminho para o resultado da busca

A busca em profundidade é completa, se existir uma solução, não é ótima. Utiliza muita memória por abrir todos os elementos até encontrar o objetivo, e tem sua complexidade de tempo, no pior caso, quando tem que abrir todos os elementos para encontrar a solução, em O (arestas+vertices)

2.4. Subida de encosta:

Há problemas que o caminho percorrido para encontrar a solução é irrelevante e o estado final em si é a solução. A esses problemas é possível utilizar soluções de busca informada, com métodos de aproximação, sem a necessidade de guardar o caminho até a solução, utilizando pouca memória para encontrar soluções razoáveis.

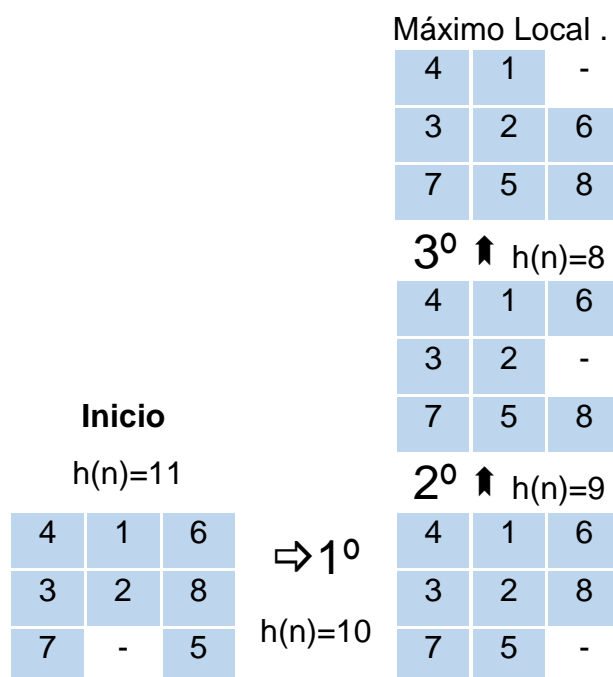
O algoritmo de Subida de Encosta movimenta continuamente no espaço de estados na direção de aproximação do objetivo final, "o pico da subida de uma encosta" (crescimento do valor – uphill), e interrompe sua busca somente quando não existem vizinhos com valores heurísticos melhores (que mais se aproximam do objetivo final) - $f(n) = h(n)$. Esse algoritmo não necessita armazenar na memória a árvore de busca, armazena somente o estado atual, a função de transferência e o objetivo final, o que faz esse algoritmo ter um baixo consumo de memória. O Subida

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo			Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc			9 (34)

de Encosta é classificado como um algoritmo de busca local gulosa por seguir o melhor estado vizinho sem observar o estado à frente ou anteriores.

Os principais desafios do Subida de Encosta estão relacionados à paralização prematura quando alcança máximos locais, valores de pico local que não são o objetivo final do problema e que tem somente estados inferiores ao redor, e platôs, casos em que os ganhos laterais são inexistentes. Para esses casos de paralização é possível realizar a operação de “têmpera simulada”, que consiste na melhora temporária dos estados vizinhos de forma a alcançar novamente o ponto mais baixo e retomar a subida por outro ponto.

No problema do quebra cabeça de 8 peças utilizaremos a função heurística **h** (**n**) da distância de Manhattan, que é a soma das distancias das peças do estado atual até a sua posição objetivo. Como as peças não podem mover-se na diagonal, a distância será a contagem de blocos na horizontal e vertical.



Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo		Página	
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		10 (34)	

Seus métodos principais são:

Problema (Inicial): Recebe o problema 'Inicial' e inicializa o estado de espaços.

Explora (Vertice,acao): explora recursivamente cada Vértice e 'Acao' do estado 'Vertice', abre suas Arestas e adiciona no estado de espaços.

P(Vertice, Acao): função de transição de estados, recebe o 'Vértice' atual, a ação e retorna o estado futuro

Heurística(vertice): recebe o Vértice adjacente e retorna a estimativa heurística para se alcançar o objetivo do problema.

Goal (Aresta): Verifica se a Aresta do 'Vértice' explorado é a solução do problema.

2.5. Algoritmo A*:

Em casos em que é necessário conhecer o caminho da solução do problema e também há algum conhecimento sobre o problema, que possibilite a criação de uma função heurística $h(n)$ para indicar o melhor caminho a ser seguido, uma estratégia de busca que se destaca é o algoritmo A* que além de buscar a solução, busca o melhor caminho até esta solução.

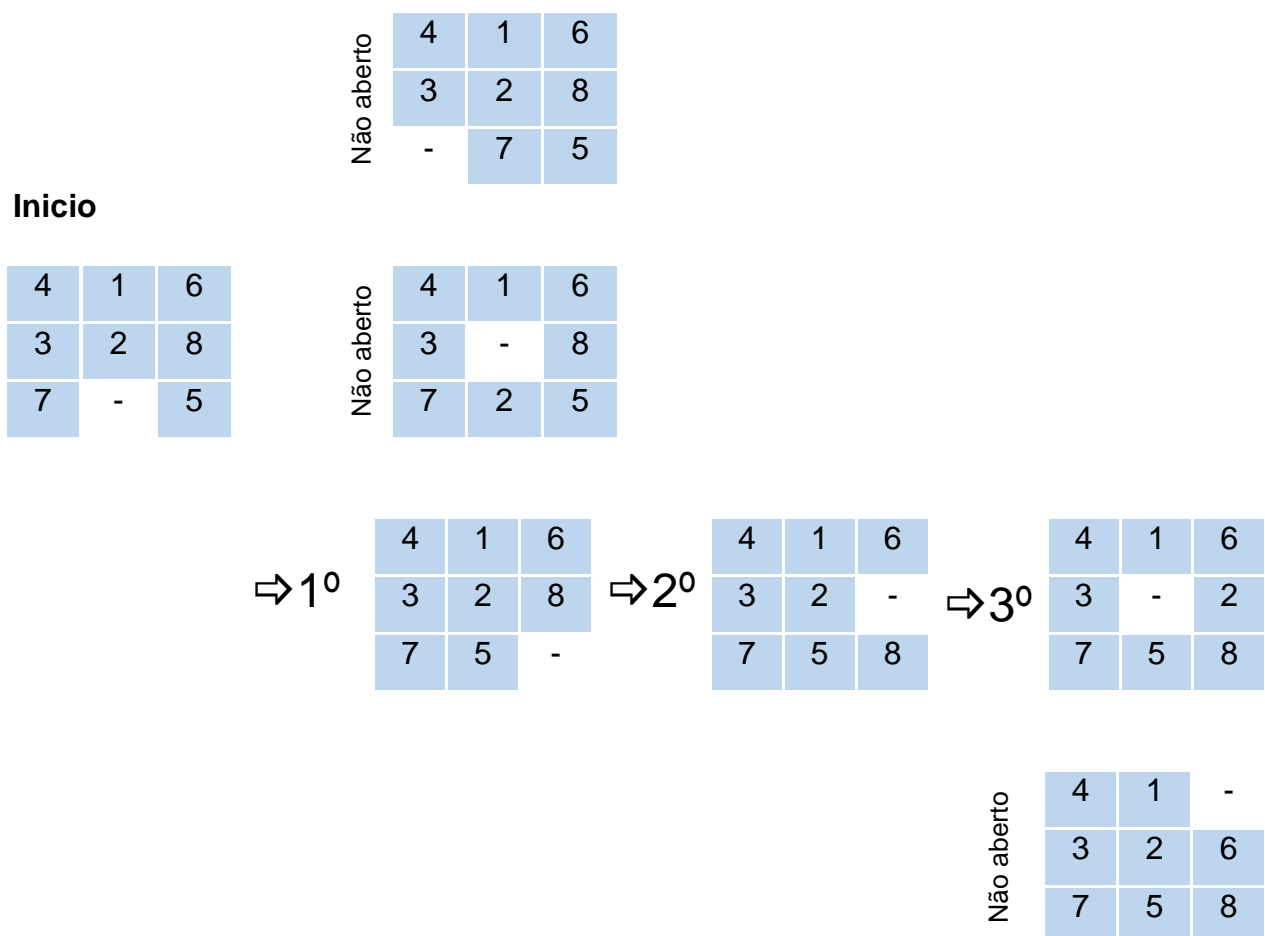
O Algoritmo A* tem semelhanças com a metodologia de busca do Busca em Largura e com a metodologia de Subida de Encosta, diferenciando-se pela ordem de abertura de 'Vértices' sucessores que ao lugar de explorar estes vértices pela ordem de descobrimento "abertura", o A* ordena a abertura dos sucessores pela ordem da função de custo heurístico $f(n)$, que diferente da metodologia de Subida de Encosta, utiliza em sua função, além da heurística $h(n)$, o custo acumulado $g(n)$ até alcançar o vértice aberto $f(n) = g(n) + h(n)$. Esta estratégia necessita armazenar os vértices abertos, aumentando o uso de memória em comparação com a Subida de Encosta, porém "direciona" para o melhor e mais curto caminho até o resultado final, e abre

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo			Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc			11 (34)

uma menor quantidade de vértices. Para heurísticas admissíveis, que não superestima o custo para o objetivo final, A* é completa, encontra o objetivo caso exista, e ótima, encontra o caminho de menor custo.

No problema do quebra cabeça de 8 peças utilizaremos a função heurística **h** (n) da distância de Manhattan, que é a soma das distancias de peças do estado atual até a sua posição objetivo. Como as peças não podem mover-se na diagonal, a distância será a contagem de blocos na horizontal e vertical.

Início



Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo		Página	
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		12 (34)	

Seus métodos principais são:

Problema (Inicial): Recebe o problema 'Inicial' e inicializa o estado de espaços.

Explora (Vertice,Acao): explora recursivamente cada vértice 'Acao' do estado 'Vertice', abre suas Arestas e adiciona no estado de espaços.

P(Vertice, Acao): função de transição de estados, recebe o 'Vértice' atual, a ação e retorna o estado futuro

Heuristica(vertice, Custo Acumulado): recebe o vértice adjacente e o custo acumulado e retorna a estimativa heurística para se alcançar o objetivo do problema.

Goal (Aresta): Verifica se a Aresta do 'Vértice' explorado é a solução do problema.

3. Proposta de implementação

É proposta a implementação de 5 objetos, o objeto AGENTE, objeto base com as funções de busca, verificação do objetivo final, mostrar o resultado, a função de transferência e a virtualização do método de expansão; o AG_BFS, agente que herda os métodos do objeto base e altera o funcionamento do método de explanação para a estratégia de Busca em Largura, utilizando a estrutura de dados "Fila" ; o AG_DFS , agente que herda os métodos do objeto base e altera o funcionamento do método de explanação para a estratégia de Busca em Profundidade, utilizando a estrutura de dados "Pilha"; o AG_HC, agente que herda os métodos do objeto base, altera o funcionamento do método de explanação para a estratégia de Subida de Encosta e implementa a função de heurística, e o AG_A, agente que herda os métodos do objeto base, altera o funcionamento do método de explanação para a estratégia de busca informada A* e implementa a função de heurística de manhattan, utilizando a estrutura de dados "Lista" para a entrada e ordenação dos nós a serem explorados e abertos.

Aluno		RA/Matrícula	Professor	Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0	Dr Reinaldo Bianchi	Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma	Nome do arquivo		Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019	PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		13 (34)

Estrutura do Objeto AGENTE

O Algoritmo Agente será implementado via Classe, com métodos para realizar a função de transferência “P”, responsável receber o estado atual e a ação a ser tomada e retornar o estado sucessor; GoalTest, responsável verificar se o objetivo final foi alcançado; PrintPath; responsável por mostrar o caminho do problema inicial até a solução, e expanding_node, um método virtual utilizado para ações de polimorfismo com os objetos e agentes que herdaram os métodos do objeto Agente. Além dos métodos o objeto Agente armazena as informações do objetivo, da quantidade de vértices explorados, do custo de passo para abrir cada vértice, e o ponteiro para os registros com o resultado do problema.

Será utilizado um objeto base unitMem, que representa a unidade mínima de memória para armazenamento do resultado deste algoritmo, contendo a informação armazenada na variável Conteúdo, status, custo, index e três ponteiros, anterior, posterior e elo, que informam a ligação dos elementos da lista.

O Objeto unitMem

unitMem
+ Conteudo: interger
+ status: interger
+ custoAcumulado: interger
+ index: interger
+ anterior: class unitMem
+ posterior: class unitMem
+ elo: class unitMem
<<constructor>> unitMem()

Aluno		RA/Matrícula	Professor	Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0	Dr Reinaldo Bianchi	Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma	Nome do arquivo		Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019	PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		14 (34)

O Objeto AGENTE

AGENTE
<ul style="list-style-type: none"> - terminal: interger - quantidade: interger - custoPasso: interger - resultado: class unitMem
<pre> <<constructor>> AGENTE(Inicia: int) + P(int valor, int a) + GoalTest(int valor, int terminal) + expanding_node (int InicialState) + PrintPath() </pre>

Pseudocódigo:

P(valor, a)

 Se ação gera novo sucessor
 Retorna sucessor
 Se não
 retorna 0

GoalTest(valor,terminal)

 Se valor == terminal
 retorna verdadeiro
 Se não
 retorna falso

Expanding_node(InitialState)

 Imprime “nada a expandir”

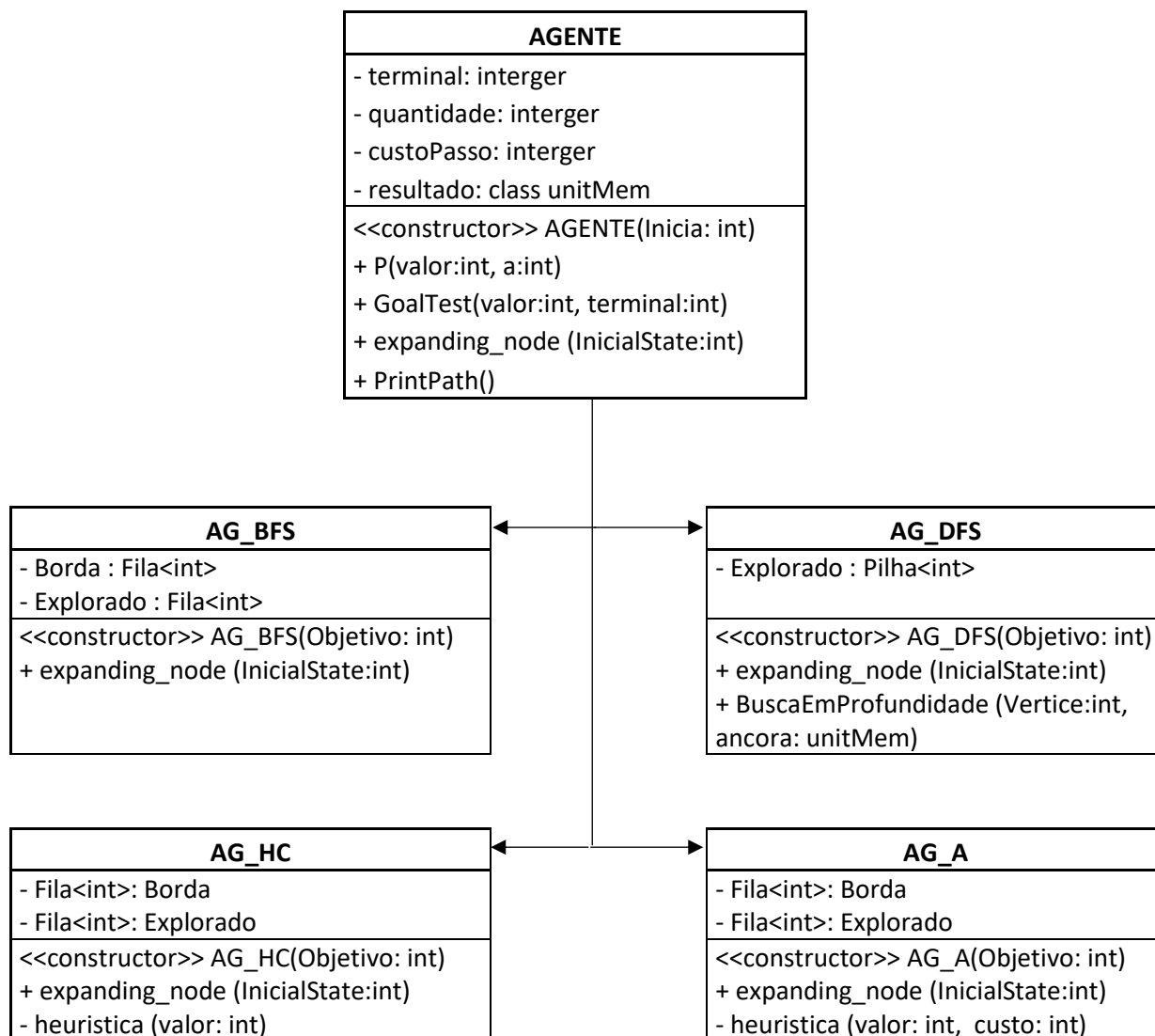
PrintPath()

 Enquanto resultado.elo !=NULL
 Imprime elo.Conteudo
 resultado=resultado.elo

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo		Página	
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		15 (34)	

Herança da estrutura de dados AGENTE para formação de AG_BFS, AG_DFS, AG_HC e AG_A

Os Algoritmos AG_BFS, AG_DFS, AG_HC e AG_A serão implementados via Classe com herança da classe AGENTE, com métodos P, GoalTest,e PrintPath herdados com a interação do AGENTE.



Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo		Página	
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		16 (34)	

Busca em Largura – AG_BFS

O Algoritmo de busca em largura será implementado com herança da classe AGENTE, utilizando métodos para realizar a função de transferência “P”, GoalTest, PrintPath e, via polimorfismo, o expanding_node, responsável pela estratégia da Busca em Largura. Esse último método realiza a exploração das arestas pelas ações em cada vértice, valida todas as ações e sucessores e insere na Fila de vértices a serem explorados na mesma sequência em que foram descobertos. Após concluir a exploração de um vértice, o BFS move para o próximo vértice que foi inserido na Fila, adicionando seus sucessores no final da Fila e assim sucessivamente até encontrar o vértice objetivo, ou abrir todas as possibilidades do grafo.

Pseudocódigo:

P(valor, a)
 retorna AGENTE → P(valor, a)

GoalTest(valor,terminal)
 retorna AGENTE → GoalTest(valor,terminal)

PrintPath()
 retorna AGENTE → PrintPath()

Expanding_node(InitialState)
 Vertice ← vertice com problema inicial
 Se GoalTest(Vertice) entao retorna solucao
 Enquanto Vertice <>0
 Explorado ← InsereFila(Vertice)
 Para cada acao
 Aresta ← P(Vertice, Acao)
 Se Aresta nao existe em Explorado
 Explorado ← InsereFila (Aresta)
 Borda ← InsereFila (Aresta)
 Se GoalTest(Aresta) entao retorna solucao
 Vertice ← PegaFila (Borda)
 Se Vertice == NULL retorna falha

Aluno		RA/Matrícula	Professor	Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0	Dr Reinaldo Bianchi	Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma	Nome do arquivo		Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019	PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		17 (34)

Busca em Profundidade – AG_DFS

O Algoritmo de busca em profundidade será implementado com herança da classe AGENTE, utilizando métodos para realizar a função de transferência “P”, GoalTest, PrintPath e, via polimorfismo, o expanding_node, responsável pela estratégia da busca em profundidade. Esse último método realiza a exploração das arestas pelas ações em cada vértice, valida todas as ações e sucessores e insere na “Pilha” de vértices a serem explorados, sendo o primeiro a ser inserido na pilha o último a ser retirado para nova expansão. Após concluir a exploração de um vértice, o BFS move para o próximo vértice que foi inserido na Pilha, adicionando seus sucessores no topo da Pilha e assim sucessivamente até encontrar o vértice objetivo.

Pseudocódigo:

```

P(valor, a)
    retorna AGENTE → P(valor, a)

GoalTest(valor,terminal)
    retorna AGENTE → GoalTest(valor,terminal)

PrintPath()
    retorna AGENTE → PrintPath()

BuscaEmProfundidade (Vertice)
    Se GoalTest(Vertice) entao retorna solucao
    Para cada acao
        Aresta ← P(Vertice, Acao)
        Se Aresta nao existe em Explorado
            Explorado ← PUSH(Vertice)
            Filho ← PUSH (Aresta)
            BuscaEmProfundidade (Aresta)
            retorna solucao
    Vertice ← POP Filho
    BuscaEmProfundidade (Vertice)
    retorna solucao

```

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo		Página	
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		18 (34)	

Subida de Encosta– AG_HC

O Algoritmo de Subida de Encosta será implementado com herança da classe AGENTE, utilizando métodos para realizar a função de transferência “P”, GoalTest, PrintPath e, via polimorfismo, o expanding_node, responsável pela estratégia da subida de encosta juntamente com o método heurística, responsável pela verificação de movimento menor custo.

Pseudocódigo:

P(valor, a)
 retorna AGENTE → P(valor, a)

GoalTest(valor,terminal)
 retorna AGENTE → GoalTest(valor,terminal)

PrintPath()
 retorna AGENTE → PrintPath()

heuristica(valor)
 retorna distancia de manhattam

Expanding_node(InitialState)

```

Vertice ← vertice com problema inicial
Se GoalTest(Vertice) entao retorna solucao
Parada=1
Enquanto Parada <>0
    Parada=0
    Para cada acao
        Aresta ← P(Vertice, Acao)
        Se GoalTest(Aresta) entao retorna solucao
        Se heuristica(Aresta)<heuristica(vertice)
            Vertice ← Aresta
        Parada =1
    retorna maximo local
    
```

Aluno		RA/Matrícula	Professor	Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0	Dr Reinaldo Bianchi	Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma	Nome do arquivo		Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019	PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		19 (34)

Algoritmo A*– AG_A

O Algoritmo de busca A* será implementado com herança da classe AGENTE, utilizando métodos para realizar a função de transferência “P”, GoalTest, PrintPath e, via polimorfismo, o expanding_node, responsável pela estratégica busca informada A* juntamente com o método heurística, responsável pela verificação de movimento menor custo considerando o custo histórico para se alcançar o Vértice.

Pseudocódigo:

P(valor, a)
retorna AGENTE → P(valor, a)

GoalTest(valor,terminal)
retorna AGENTE → GoalTest(valor,terminal)

PrintPath()
retorna AGENTE → PrintPath()

heurística(valor, CustoAcumulado)
retorna distancia de manhattam + CustoAcumulado

Expanding_node(InitialState)
Vertice ← vertice com problema inicial
Se GoalTest(Vertice) entao retorna solucao
Enquanto Vertice <>0
Explorado ← InsereFila(Vertice)
Para cada acao
Aresta ← P(Vertice, Acao)
Se Aresta nao existe em Explorado
Explorado ← InsereFila (Aresta)
Borda ← InsereOrdenadoHeuristica (Aresta,
heurística (aresta, custo))
Se GoalTest(Aresta) entao retorna solucao
Vertice ← PegaFila (Borda)
Se Vertice == NULL retorna falha

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo		Página	
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		20 (34)	

4. Experimentação e Resultados

Foram gerados 10 problemas do quebra cabeça de 8 peças para serem solucionados, sendo o primeiro (4,1,6,3,2,8,7,_,5) a base objetivo de resolução deste trabalho, e outros 9 problemas gerados aleatoriamente para comparação dos algoritmos de busca.

Todos os problemas foram resolvidos, pelos 4 algoritmos, com medição do tempo de execução, número de vértices abertos, e o tamanho do caminho até a solução final.

O algoritmo puro do Subida de Encosta, pelo fato do problema do quebra cabeça de 8 peças apresentar muitos máximos locais, foi implementado com uma simulação de têmpera com descida de gradiente para possibilitar sair dos máximos locais. Esse algoritmo, por base conceitual, não necessita armazenar o caminho para a solução final, mas para este trabalho foi gerado um rastro desse caminho com objetivo de comparação com os demais algoritmos.

Problema 01: 4,1,6,3,2,8,7,_,5

4	1	6
3	2	8
7	-	5

Parâmetro	BFS	DFS	HC	A*
Vértices Abertos	2092	107567	1690	45
Tamanho da Solução	14	96284	1690	14
Tempo de Busca [seg]	0.034	159.458	0.257	0.001

Solução BFS 14 passos para o resultado

|4163287_5|41632875_|41632_758|4163_2758|416_32758|_16432758|1_6432758|1364_2758|13642_758|13_426758|1_3426758|1234_6758|1234567_8|12345678_|

Solução DFS 96284 passos para o resultado

|4163287_5|41632875_|41632_758|4163_2758|416_32758|416732_58|4167325_8|41673258_|41673_582|4167_3582|416_73582|416573_82|4165738_2|41657382_|41657_823|4165_7823|416_57823|416857_23|4168572_3|41685723_|41685_237|4168_5237|416_85237|416285_37|4162853_7|.....

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo			Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc			21 (34)

.....|1_2743865|12_743865|12374_865|1237_4865|123_74865|123874_65|1238746_5|12387465_|12387_654|1238_7654|123_87654|123687_54|1236875_4|12368754_|12368_547|1236_8547|123_68547|123568_47|1235684_7|12356847_|12356_478|1235_6478|123_56478|123456_78|1234567_8|12345678_|

Solução HC 1690 passos para o resultado

|4163287_5|41632875_|41632_758|41_326758|4_1326758|_41326758|4_1326758|4213_6758|421_36758|_21436758|421_36758|4213_6758|42136_758|42136875_|.....
.....|2381_7564|2381675_4|23816754_|23816_547|23_168547|2_3168547|_23168547|123_68547|123568_47|1235684_7|12356847_|12356_478|1235_6478|123_56478|123456_78|1234567_8|12345678_|

Solução A* 14 passos para o resultado

|4163287_5|41632875_|41632_758|4163_2758|416_32758|_16432758|1_6432758|1364_2758|13642_758|13_426758|1_3426758|1234_6758|1234567_8|12345678_|

Problema 02: _,4,6,1,7,5,2,3,8

-	4	6
1	7	5
2	3	8

Parâmetro	BFS	DFS	HC	A*
Vértices Abertos	166913	104488	32925	4375
Tamanho da Solução	27	94007	32925	27
Tempo de Busca [seg]	641.185	71.096	0.031	0.169

Solução BFS 27 passos para o resultado

|_46175238|146_75238|1467_5238|14675_238|14675823_|1467582_3|1467_8253|1_6748253|16_748253|16874_253|16874325_|1687432_5|168743_25|168_43725|1684_3725|16843_725|16_438725|1_6438725|1364_8725|1364287_5|13642875_|13642_758|13_426758|1_3426758|1234_6758|1234567_8|12345678_|

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo			Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc			22 (34)

Solução DFS 94007 passos para o resultado

|_46175238|4_6175238|46_175238|46517_238|4651_7238|465_17238|465217_38|4652173_8|46521738_|46521_387|4652_1387|465_21387|465321_87|4653218_7|46532187_|46532_871|4653_2871|465_32871|465832_71|4658327_1|46583271_|46583_712|4658_3712|465_83712|465783_12|4657831_2|.....|12357_864|1235_7864|123_57864|123857_64|1238576_4|1238_7654|12387_654|12387465_|1238746_5|123874_65|123_74865|1237_4865|12374_865|12374586_|1237458_6|123745_86|123_45786|1234_5786|12345_786|12345678_|

Solução HC 32925 passos para o resultado

|_46175238|4_6175238|4761_5238|476_15238|4761_5238|4_6175238|4761_5238|476_15238|4761_5238|47615_238|47_156238|4_7156238|47156238_|47156238|47_156238|4_7156238|471_6238|45716_238|45716823_|45716_238|4571_6238|4_7156238|47_156238|47615_238|4761_5238|.....|36821_745|36821574_|36821_745|3682_1745|36821_745|36_218745|3_6218745|_36218745|236_18745|2361_8745|2361487_5|23614875_|23614_758|23_146758|2_3146758|_23146758|123_46758|1234_6758|1234567_8|12345678_|

Solução A* 27 passos para o resultado

|_46175238|146_75238|1467_5238|14675_238|14_756238|1_4756238|1547_6238|1547362_8|15473628_|15473_286|15_734286|1_5734286|1357_4286|13574_286|13574628_|1357462_8|135746_28|135_46728|1354_6728|1354267_8|13542678_|13542_786|13_425786|1_3425786|1234_5786|12345_786|12345678_|

Problema 03: 8,_, 2,7,3,1,6,4,5

8	-	2
7	3	1
6	4	5

Parâmetro	BFS	DFS	HC	A*
Vértices Abertos	103377	97163	9198	1188
Tamanho da Solução	24	88636	9198	24
Tempo de Busca [seg]	167.223	59.299	0.085	0.015

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo			Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc			23 (34)

Solução BFS 24 passos para o resultado

|8_2731645|82_731645|82173_645|8217_3645|8217436_5|821743_65|821_43765|8214_3765|
8_1423765|81_423765|81342_765|81342576_|8134257_6|813425_76|813_25476|_13825476|1
_3825476|1238_5476|123_85476|123485_76|1234857_6|1234_5786|12345_786|12345678_|

Solução DFS 88636 passos para o resultado

|8_2731645|82_731645|82173_645|8217_3645|821_73645|821673_45|8216734_5|82167345_|
82167_453|8216_7453|821_67453|821467_53|8214675_3|82146753_|82146_537|8214_6537|8
21_46537|821546_37|8215463_7|82154637_|82154_376|8215_4376|821_54376|821354_76|82
13547_6|.....
.....|123568_47|123_68547|1236_8547|12368_547|12368754_|1236875_4|123687_54|
123_87654|1238_7654|12387_654|12387465_|1238746_5|123874_65|123_74865|1237_4865|1
2374_865|12374586_|1237458_6|123745_86|123_45786|1234_5786|12345_786|12345678_|

Solução HC 9198 passos para o resultado

|8_2731645|82_731645|82173_645|82173564_|82173_645|82_731645|8_2731645|8327_1645|
8327416_5|832741_65|832_41765|8324_1765|8324617_5|83246175_|83246_751|83_462751|8
3246_751|83246175_|83246_751|83_462751|83246_751|8324_6751|8324567_1|83245671_|.....
.....|46823_715|46
_238715|4_6238715|4362_8715|4362187_5|43621875_|43621_758|43_216758|4_3216758|413
2_6758|4132567_8|41325678_|4132567_8|4132_6758|4_3216758|_43216758|4_3216758|4132
_6758|413_26758|_13426758|1_3426758|1234_6758|1234567_8|12345678_|

Solução A* 24 passos para o resultado

|8_2731645|82_731645|82173_645|8217_3645|8217436_5|821743_65|821_43765|8214_3765|
8_1423765|81_423765|81342_765|81342576_|8134257_6|813425_76|813_25476|_13825476|1
_3825476|1238_5476|123_85476|123485_76|1234857_6|1234_5786|12345_786|12345678_|

Problema 04: _,6,4,2,8,3,5,7,1

-	6	4
2	8	3
5	7	1

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo			Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc			24 (34)

Parâmetro	BFS	DFS	HC	A*
Vértices Abertos	136094	57212	7887	1314
Tamanho da Solução	25	54209	6423	25
Tempo de Busca [seg]	279.661	15.836	0.116	0.013

Solução BFS 25 passos para o resultado

|_64283571|264_83571|2648_3571|2648735_1|264873_51|264_73851|2647_3851|2_4763851|24_763851|24376_851|24376185_|2437618_5|2437_1865|24371_865|24371586_|2437158_6|243715_86|243_15786|2431_5786|2_3145786|_23145786|123_45786|1234_5786|12345_786|12345678_|

Solução DFS 54209 passos para o resultado

|_64283571|6_4283571|64_283571|64328_571|6432_8571|643_28571|643528_71|6435287_1|64352871_|64352_718|6435_2718|643_52718|643752_18|6437521_8|64375218_|64375_182|6437_5182|643_75182|643175_82|6431758_2|64317582_|64317_825|6431_7825|643_17825|643817_25|.....|1236457_8|12364578_|12364_785|1236_4785|123_64785|123764_85|1237648_5|1237_4865|12374_865|12374586_|1237458_6|123745_86|123_45786|1234_5786|12345_786|12345678_|

Solução HC 6423 passos para o resultado

|_64283571|264_83571|264583_71|2645837_1|2645_3781|264_53781|_64253781|6_4253781|6542_3781|6542837_1|654283_71|654_83271|6548_3271|6548732_1|.....|15284_673|1528_4673|1528746_3|15287463_|15287_634|15_872634|1_5872634|1758_2634|1_5872634|15_872634|15287_634|15287463_|1528746_3|152874_63|152_74863|1527_4863|15274_863|15274386_|1527438_6|152743_86|152_43786|1524_3786|1_2453786|12_453786|12345_786|12345678_|

Solução A* 25 passos para o resultado

|_64283571|264_83571|2648_3571|2648735_1|264873_51|264_73851|2647_3851|2_4763851|24_763851|24376_851|24376185_|2437618_5|2437_1865|24371_865|24371586_|2437158_6|243715_86|243_15786|2431_5786|2_3145786|_23145786|123_45786|1234_5786|12345_786|12345678_|

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo		Página	
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		25 (34)	

Problema 05: $_6,4,1,7,8,3,5,2$

-	6	4
1	7	8
3	5	2

Parâmetro	BFS	DFS	HC	A*
Vértices Abertos	166572	36373	12113	2059
Tamanho da Solução	27	34889	12113	27
Tempo de Busca [seg]	422.346	5.566	0.087	0.036

Solução BFS 27 passos para o resultado

|_64178352|164_78352|1647_8352|16478_352|16478235_|1647823_5|164782_35|164_82735|
_64182735|6_4182735|64_182735|64218_735|6421_8735|6421387_5|64213875_|64213_758|6
421_3758|6_2143758|_62143758|162_43758|1624_3758|1_2463758|12_463758|12346_758|12
34_6758|1234567_8|12345678_|

Solução DFS 34889 passos para o resultado

|_64178352|6_4178352|64_178352|64817_352|6481_7352|648_17352|648317_52|6483175_2|
64831752_|64831_527|6483_1527|648_31527|648531_27|.....
.....|1827_4365|182_74365|182374_65|1823746_5|1823
7465_|18237_654|1823_7654|182_37654|182637_54|1826375_4|18263754_|18263_547|1826_
3547|1_2683547|12_683547|12368_547|1236_8547|123_68547|123568_47|1235684_7|123568
47_|12356_478|1235_6478|123_56478|123456_78|1234567_8|12345678_|

Solução HC 12113 passos para o resultado

|_64178352|164_78352|164378_52|1643785_2|16437852_|16437_528|16_374528|1_6374528|
1763_4528|17634_528|17_346528|17634_528|1763_4528|17634_528|.....
.....|5126_8437|5126384_7|51263847_|51263_478
|5126_3478|512_63478|_12563478|1_2563478|12_563478|12356_478|1235_6478|123_56478|
123456_78|1234567_8|12345678_|

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo		Página	
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		26 (34)	

Solução A* 27 passos para o resultado

|_64178352|164_78352|1647_8352|16478_352|16478235_|1647823_5|164782_35|164_82735|_64182735|6_4182735|64_182735|64218_735|6421_8735|6421387_5|64213875_|64213_758|6_421_3758|6_2143758|_62143758|162_43758|1624_3758|1_2463758|12_463758|12346_758|12_34_6758|1234567_8|12345678_|

Problema 06: 7,5,4,1,3,8,2,_,6

7	5	4
1	3	8
2	-	6

Parâmetro	BFS	DFS	HC	A*
Vértices Abertos	173389	96639	578	6733
Tamanho da Solução	28	88210	578	28
Tempo de Busca [seg]	615.575	61.105	0.066	0.411

Solução BFS 28 passos para o resultado

|7541382_6|75413826_|75413_268|7541_3268|7_4153268|74_153268|74315_268|7431_5268|743_15268|_43715268|4_3715268|4137_5268|4137652_8|413765_28|413_65728|_13465728|1_3465728|13_465728|13546_728|1354_6728|1354267_8|13542678_|13542_786|13_425786|1_3425786|1234_5786|12345_786|12345678_|

Solução DFS 88210 passos para o resultado

|7541382_6|75413826_|75413_268|7541_3268|754_13268|754213_68|7542136_8|75421368_|75421_683|7542_1683|754_21683|754621_83|7546218_3|75462183_|.....|51238764_|51238_647|5123_8647|512_38647|512638_47|5126384_7|51263847_|51263_478|5126_3478|512_63478|_12563478|1_2563478|12_563478|12356_478|1235_6478|123_56478|123456_78|1234567_8|12345678_|

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo			Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc			27 (34)

Solução HC 578 passos para o resultado

|7541382_6|754138_26|7541382_6|75413826_|7541382_6|754138_26|754_38126|7543_8126|75438_126|75438612_|75438_126|7543_8126|7_4358126|74_358126|.....|.....|_41582763|4_1582763|41_582763|41258_763|41258376_|4125837_6|4125_3786|412_53786|_12453786|1_2453786|12_453786|12345_786|12345678_|

Solução A* 24 passos para o resultado

|7541382_6|75413826_|75413_268|75_134268|7_5134268|7351_4268|7351642_8|73516428_|73516_284|7351_6284|735_16284|735216_84|7352168_4|73521684_|73521_846|73_215846|7_3215846|7132_5846|713_25846|_13725846|1_3725846|1237_5846|1237458_6|123745_86|123_45786|1234_5786|12345_786|12345678_|

Problema 07: _,2,3,1,5,6,4,7,8

-	2	3
1	5	6
4	7	8

Parâmetro	BFS	DFS	HC	A*
Vértices Abertos	30	438	5	7
Tamanho da Solução	5	431	5	5
Tempo de Busca [seg]	0.000	0.0032	0.000	0.000

Solução BFS 5 passos para o resultado

|_23156478|123_56478|123456_78|1234567_8|12345678_|

Solução DFS 431 passos para o resultado

|_23156478|2_3156478|23_156478|23615_478|2361_5478|236_15478|236415_78|2364157_8|23641578_|23641_785|2364_1785|236_41785|236741_85|2367418_5|23674185_|.....|.....|12368_547|12368754_|1236875_4|123687_54|123_87654|1238_7654|12387_654|12387465_|1238746_5|123874_65|123_74865|1237_4865|12374_865|12374586_|1237458_6|123745_86|123_45786|1234_5786|12345_786|12345678_|

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo		Página	
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		28 (34)	

Solução HC 5 passos para o resultado

|_23156478|123_56478|123456_78|1234567_8|12345678_|

Solução A* 5 passos para o resultado

|_23156478|123_56478|123456_78|1234567_8|12345678_|

Problema 08: 6,7,2,1,8,5,3,_,4

6	7	2
1	8	5
3	-	4

Parâmetro	BFS	DFS	HC	A*
Vértices Abertos	61654	77798	4068	160
Tamanho da Solução	22	72588	4068	22
Tempo de Busca [seg]	46.897	34.018	0.0650	0

Solução BFS 22 passos para o resultado

|6721853_4|67218534_|67218_345|6721_8345|6_2178345|_62178345|162_78345|1627_8345|1627483_5|162748_35|162_48735|1624_8735|1624387_5|16243875_|16243_758|1624_3758|1_2463758|12_463758|12346_758|1234_6758|1234567_8|12345678_|

Solução DFS 72588 passos para o resultado

|6721853_4|67218534_|67218_345|6721_8345|672_18345|672318_45|6723184_5|67231845_|67231_458|6723_1458|.....
|12387465_|12387_654|1238_7654|123_87654|123687_54|1236875_4|12368754_|12356847_|12356_478|1235_6478|123_56478|123456_78|1234567_8|12345678_|

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo		Página	
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		29 (34)	

Solução HC 4068 passos para o resultado

|6721853_4|67218534_|6721853_4|67218534_|67218_345|67_182345|6_7182345|6871_2345|
687_12345|6871_2345|6_7182345|67_182345|67218_345|67218534_|67218_345|.....
.....|48152_763|4815_2763|4_1582763|41_582763|41258_763|41258376_|
|4125837_6|4125_3786|412_53786|_12453786|1_2453786|12_453786|12345_786|12345678_|

Solução A* 24 passos para o resultado

|6721853_4|67218534_|67218_345|6721_8345|6_2178345|_62178345|162_78345|1627_8345|
1627483_5|162748_35|162_48735|1624_8735|1624387_5|16243875_|16243_758|1624_3758|1
_2463758|12_463758|12346_758|1234_6758|1234567_8|12345678_|

Problema 09: 2,3,5,_,7,8,1,4,6

2	3	5
-	7	8
1	4	6

Parâmetro	BFS	DFS	HC	A*
Vértices Abertos	2922	71767	14	25
Tamanho da Solução	14	67340	14	14
Tempo de Busca [seg]	0.0528	40.446	0.036	0.000

Solução BFS 14 passos para o resultado

|235_78146|235178_46|2351784_6|2351_8476|23518_476|23_185476|2_3185476|_23185476|
123_85476|123485_76|1234857_6|1234_5786|12345_786|12345678_|

Solução DFS 67340 passos para o resultado

|235_78146|2357_8146|23578_146|23578614_|2357861_4|235786_14|235_86714|2358_6714|
23586_714|23586471_|2358647_1|235864_71|235_64871|2356_4871|.....
.....|12368754_|1236875_4|123687_54|123_87654|1238_7654|12387_654|
12387465_|1238746_5|123874_65|123_74865|1237_4865|12374_865|12374586_|1237458_6|1
23745_86|123_45786|1234_5786|12345_786|12345678_|

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo			Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc			30 (34)

Solução HC 14 passos para o resultado

|235_78146|235178_46|2351784_6|2351_8476|23518_476|23_185476|2_3185476|_23185476|123_85476|123485_76|1234857_6|1234_5786|12345_786|12345678_|

Solução A* 14 passos para o resultado

|235_78146|235178_46|2351784_6|2351_8476|23518_476|23_185476|2_3185476|_23185476|123_85476|123485_76|1234857_6|1234_5786|12345_786|12345678_|

Problema 10: 2,3,5,1,7,8,4,_6

2	3	5
1	7	8
4	-	6

Parâmetro	BFS	DFS	HC	A*
Vértices Abertos	1102	29050	12	22
Tamanho da Solução	12	27930	12	12
Tempo de Busca [seg]	0.0058	4.5432	0.0436	0.000

Solução BFS 12 passos para o resultado

|2351784_6|2351_8476|23518_476|23_185476|2_3185476|_23185476|123_85476|123485_76|1234857_6|1234_5786|12345_786|12345678_|

Solução DFS 27930 passos para o resultado

|2351784_6|23517846_|23517_468|2351_7468|235_17468|235417_68|2354176_8|23541768_|23541_687|2354_1687|235_41687|235641_87|2356418_7|23564187_|.....|123_87654|123687_54|1236875_4|12368754_|12368_547|1236_8547|123_68547|123568_47|1235684_7|12356847_|12356_478|1235_6478|123_56478|123456_78|1234567_8|12345678_|

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo		Página	
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		31 (34)	

Solução HC 12 passos para o resultado

|2351784_6|2351_8476|23518_476|23_185476|2_3185476|_23185476|123_85476|123485_76|1234857_6|1234_5786|12345_786|12345678_|

Solução A* 12 passos para o resultado

|2351784_6|2351_8476|23518_476|23_185476|2_3185476|_23185476|123_85476|123485_76|1234857_6|1234_5786|12345_786|12345678_|

Resultados:

	Tempo [Sec]				Passos			
	BFS	DFS	HC	A*	BFS	DFS	HC	A*
Média	217.298	45.137	0.079	0.065	20	62452	6703	20

Relação Tempo x Passos:

	Tempo x Passos			
	BFS	DFS	HC	A*
Média	4302.5	2818916	527.22	1.27

Relação Tempo x Passos:

	Busca Cega	
	BFS	DFS
Melhores Tempos	4	6
Caminhos	10	0

	Busca Informada	
	HC	A*
Melhores Tempos	2	8
Caminhos	3	10

Menores Tempos			
BFS	DFS	HC	A*
4 º	3 º	2 º	1 º

Menores Caminhos			
BFS	DFS	HC	A*
1 º	3 º	2 º	1 º

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo			Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc			32 (34)

5. Trabalhos Correlatos

NELSON F.J; FREDERICO G.G.: Problema 8-Puzzle: Análise da solução usando Backtracking e Algoritmos Genéticos, UFOP, Agosto 2011

6. Conclusão

Os resultados mostram que, considerando o Subida de Encosta com Têmpera, todos os algoritmos de busca se são exitosos na tarefa de encontrar a solução para o problema do quebra cabeça de 8 peças.

A comparação entre o algoritmo de Busca Cega, Busca em Largura e o Busca em Profundidade, mostra que a quantidade de tempo e elementos abertos está diretamente vinculado ao problema inicial, podendo ser o BFS ou o DFS o de melhor desempenho. No entanto, nos casos em que o tempo de busca e o caminho para a solução são importantes, é notório que o Busca em Largura obtém melhores resultados no tamanho do caminho para o resultado final.

Na comparação de tempo, os dois algoritmos de busca informada realizam a tarefa com um desempenho melhor, principalmente o algoritmo A* que além de realizar a tarefa com tempos inferiores, também obtém o resultado com o melhor caminho, sendo assim Completo e Ótimo ao mesmo tempo. Por outro lado, é o algoritmo de subida de encosta, utilizando têmpera para evitar máximos locais, que menos utiliza de memória e processamento.

Este estudo mostra que para a criação de um algoritmo que solucione problemas por busca, é de extrema importância iniciar pela modelagem do problema, e verificar se existem características que possibilitem a criação de uma heurística para direcionar as buscas e reduzir os custos de tempo para solucionar o problema. Essa Modelagem, além de trazer informações sobre os métodos de direcionamento para encontrara a solução do problema, também irá direcionar qual estrutura de dados se adequa a esse problema, o que auxilia na definição da melhor estratégia de busca dentre os algoritmos estudados.

Aluno		RA/Matrícula	Professor	Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0	Dr Reinaldo Bianchi	Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma	Nome do arquivo		Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019	PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc		33 (34)

7. Referências bibliográficas

S. Russell and P. Norvig, **Artificial Intelligence: A Modern Approach**, 2nd ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 2003.

J. Nilsson, **Artificial Intelligence: A New Synthesis**, 1st ed. Morgan Kaufmann, 1998.

Aluno		RA/Matrícula		Professor		Tipo	
Cristiano Lopes Moreira		119103-0		Dr Reinaldo Bianchi		Relatório de implementação	
Data	Versão	Turma		Nome do arquivo			Página
29/07/2019	1	1º. Semestre de 2019		PEL_216_Relatório_3_e_4_Cristiano_Moreira.doc			34 (34)