

# Mummy Maze Solver – Inteligência Artificial

Belisa Lopes

Sara Martins

Leiria  
Estudante n.º 2200724

Leiria  
Estudante n.º 2201757

2200724@my.ipleiria.pt

2201757@my.ipleiria.pt

## RESUMO

O jogo Mummy Maze foi criado em 2002, sendo um jogo de labirinto onde a personagem principal (herói) deve encontrar o melhor caminho para alcançar o seu objetivo de chegar à saída das escadas. Devido à movimentação dos inimigos e à presença de elementos (chave/armadilha), existe uma diversidade de caminhos que podem ser percorridos e faz deste jogo um problema de pesquisa. Desta forma, este trabalho tem como objetivo resolver esse problema de pesquisa utilizando técnicas de inteligência artificial e os algoritmos de pesquisa, de forma a jogar o jogo de forma autónoma. Aqui é descrito o estado, os elementos do jogo, as heurísticas, os resultados baseados nos algoritmos de procura e uma breve discussão dos resultados.

## Categories and Subject Descriptors

Linguagem utilizada: Java – programação orientada a objetos.

## Termos Gerais

Algoritmos de procura, inteligência artificial, performance, linguagem Java.

## Palavras-chave

Matriz, herói, objetivo final, célula, inimigos, elementos não móveis, heurísticas, algoritmos de procura.

## 1. Introdução

Na fase inicial da investigação em Inteligência Artificial, houve a forte convicção de que um programa inteligente seria capaz de resolver problemas através de uma abordagem de força bruta em que o programa tentaria todas as possíveis vias para solucionar o problema considerado, até encontrar uma solução. Esta ideia tomou forma nos chamados algoritmos de procura.

Fundamentalmente, um algoritmo de procura receberia uma descrição do problema a resolver e descrições das operações elementares que podem ser feitas para resolver o problema. Um problema é especificado através das especificações formais do estado inicial e de um ou mais estados finais. [1]

O agente de procura teria de planear adiantado, considerando uma sequência de ações que formam um caminho até ao estado final. [2]

Existem 2 tipos diferentes de algoritmos de procura, os algoritmos informados, onde o agente estima a distância do objetivo e os algoritmos não informados, onde essa estimativa não está disponível e onde o ambiente é desconhecido. [2]

## 2. Constituintes do jogo

O jogo MummyMaze é constituído por:

- Uma matriz 6 células x 6 células;
- Paredes: que impedem que os elementos móveis do jogo se movam.
- um herói que apenas se pode deslocar uma casa por movimento;
- Inimigos:
  - múmia branca: desloca-se duas casas por cada movimento, primeiro procura estar na mesma coluna do herói e depois na linha;
  - múmia vermelha: desloca-se duas casas por cada movimento, primeiro procura estar na mesma linha do herói e depois na coluna;
  - e/ou escorpião: desloca-se uma casa por cada movimento, primeiro procura estar na mesma coluna do herói e depois na linha.
- Elementos não móveis:
  - Chave: quando o herói ou os inimigos passam por esta célula, a chave abre ou fecha uma porta.
  - Porta: abre ou fecha consoante a chave. Quando fechada, funciona como uma parede.
  - Armadilha: sempre que o herói passa por esta célula, morre.

## 3. Resolução do problema

### 3.1 Formulação do Objetivo

O agente é representado pelo herói, que neste ambiente, tem como objetivo de chegar à célula que tem uma escada adjacente, chamada de saída.

### 3.2 Formulação do Problema

Existem 5 ações disponíveis no jogo: mover para cima, baixo, esquerda, direita e não mover. Estas são as ações utilizadas para chegar ao objetivo.

A configuração do estado inicial é obtida através de um ficheiro txt que consiste numa matriz de 13 x 13 caracteres.

### 3.3 Formulação do Estado

No estado, é inicializada a matriz, as células do herói, da saída e da chave, a lista de inimigos, portas e armadilhas.

São igualadas estas inicializações aos caracteres específicos da matriz de caracteres do estado inicial.

### 3.4 Execução

Para chegar à solução são procurados todos os sucessores, onde são adicionados à lista de sucessores, sempre que o herói possua movimentos válidos e não tenha morrido.

Para cada movimento do herói, os inimigos movem-se de acordo com a sua posição. O herói se mover para cima de uma armadilha ou um dos inimigos mover para cima dele, morre. Se os inimigos verificam que estão na mesma célula que outros inimigos, morre aquele que se mexe por último. Se existem elementos não móveis, podem acionar a chave e mudar a porta ou passar pela armadilha(não tem efeito nos inimigos).

### 3.5 Heurísticas

Apenas utilizadas pelos algoritmos de procura, estas são utilizadas de forma a que seja encontrada a solução de forma mais eficiente. As heurísticas desenvolvidas que podem ser utilizadas são:

- a distância do herói à saída (calcula a distância do herói à saída);
- a distância do herói aos inimigos (calcula a distância para cada inimigo e adiciona essa distância a uma lista, sendo que quando maior distância do herói ao inimigo melhor);
- a distância de herói à armadilha (calcula a distância do herói à armadilha).

## 4. Tabelas e Gráficos

### 4.1 Resultados conforme a amostra de níveis

Na página seguinte encontram-se amostras dos resultados para os níveis 1, 7 e 11. Todos os restantes níveis estão em anexo.

Tabela 1 – Resumo de alguns resultados com algoritmos não informados. (A verde o mais eficiente, a vermelho o menos eficiente e a laranja empatados a nível de eficiência)

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nós explorados	Tamanho Fronteira	Nós gerados	Duração
Nível 1	Breath First Search	11	74	15	156	0.002
	Uniform Cost Search	11	71	14	156	0.001
	Depth First Search	11	55	14	90	0.001
	Iterative deepening Search	11	1127	14	2924	0.017
Nível 7	Breath First Search	20	663	76	1438	0.019
	Uniform Cost Search	20	679	90	1478	0.021
	Depth First Search	26	38	29	90	0.0
	Iterative deepening Search	20	447557	30	10745	3.691
Nível 11	Breath First Search	17	1170	130	2472	0.077
	Uniform Cost Search	17	1235	132	2565	0.04
	Depth First Search	26	43	20	131	0.002
	Iterative deepening Search	17	121735	19	291552	1.223

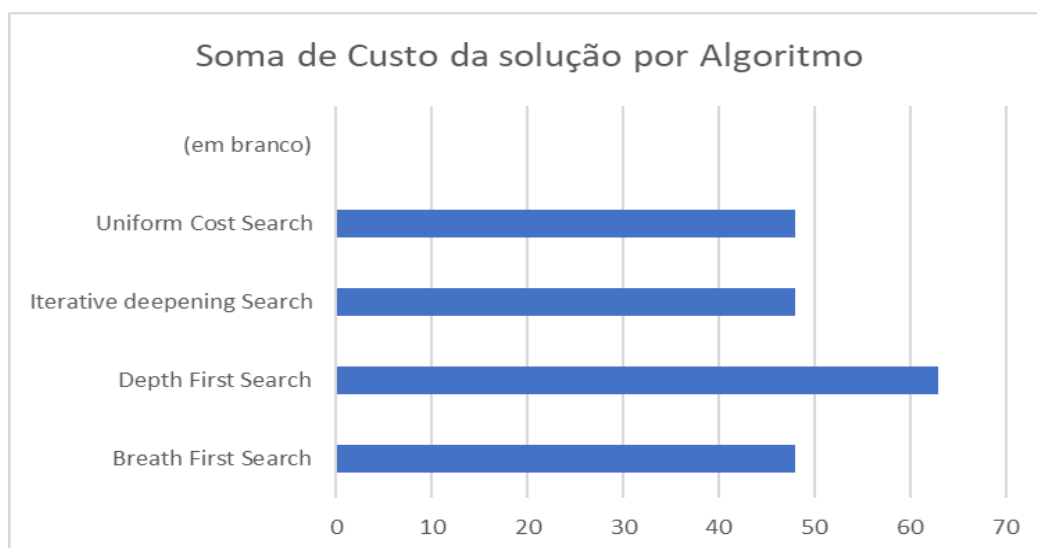
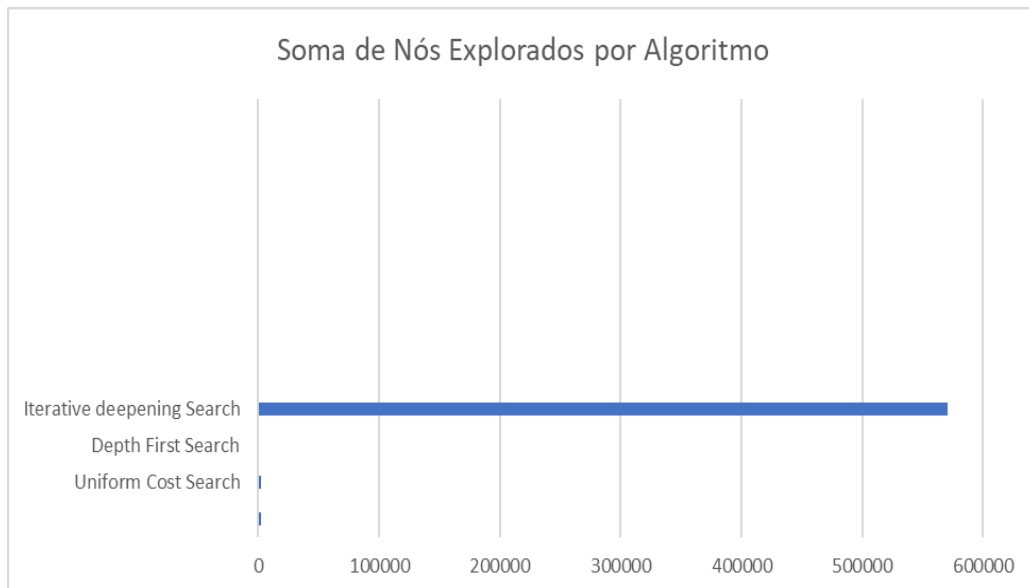
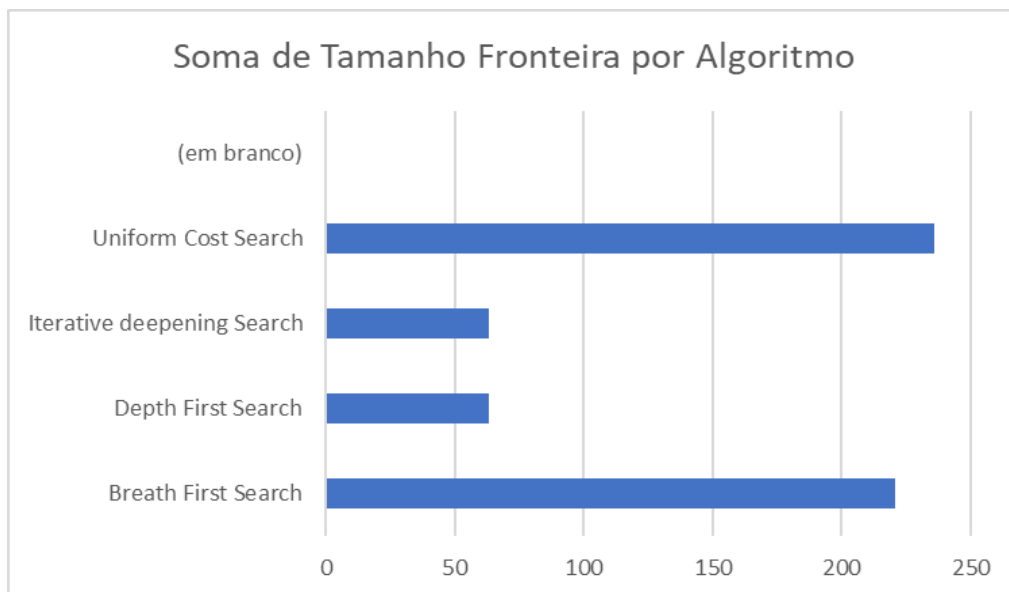


Figura 1 – Soma de Custo da Solução por Algoritmo



**Figura 2 – Soma de nós explorados por Algoritmo**



**Figura 3 – Soma de tamanho fronteira por Algoritmo**

Tabela 2 – Resumo de alguns resultados com algoritmos informados. (A verde o mais eficiente, a vermelho o menos eficiente e a laranja empatados a nível de eficiência)

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 1	Greedy Best First Search Heurística 1	11	28	19	65	0.004
	Greedy Best First Search Heurística 2	14	23	12	73	0.001
	Greedy Best First Search Heurística 3	11	53	16	119	0.002
	A* Heurística 1	11	24	20	61	0.0
	A* Heurística 2	12	59	21	145	0.002
	A* Heurística 3	11	71	14	156	0.0
Nível 7	Greedy Best First Search Heurística 1	21	59	34	133	0.001
	Greedy Best First Search Heurística 2	21	353	100	787	0.004
	Greedy Best First Search Heurística 3	56	151	77	374	0.003
	A* Heurística 1	20	151	48	322	0.003
	A* Heurística 2	20	472	107	1101	0.006
	A* Heurística 3	20	679	90	1478	0.007
Nível 11	Greedy Best First Search Heurística 1	29	866	101	2069	0.013
	Greedy Best First Search Heurística 2	23	470	69	965	0.008
	Greedy Best First Search Heurística 3	18	190	23	468	0.003
	A* Heurística 1	18	764	114	1793	0.016
	A* Heurística 2	17	597	132	1360	0.01
	A* Heurística 3	17	593	109	1370	0.01

## 5. Discussão de Resultados

Em relação aos algoritmos não informados, conseguimos visualizar que o Depth First Search é na grande maioria, o algoritmo com maior eficiência em relação ao menor número de nós explorados, nós gerados e duração. No nível 1 conseguiu empatar com os algoritmos uniform cost search e iterative deepening search no tamanho da fronteira enquanto no nível 11 não teve o menor valor, sendo superado pelo iterative deepening search.

Em relação ao algoritmo não informado com pior desempenho, o iterative deepening search foi o que teve menor eficiência nos nós explorados, nós gerados e duração. No caso do tamanho da fronteira, foi o uniform cost search que teve o pior desempenho.

Em comum e nos vários níveis da amostra, foi possível visualizar que o breath first search, o uniform cost search e o iterative deepening search empataram no parâmetro do custo da solução.

Em relação à rapidez, o depth first search consegue também ser o mais eficiente, sendo o iterative deepening search o menos rápido a providenciar uma solução.

Nos gráficos, conseguimos ver que em média o algoritmo com maior custo de solução é o depth first search que foi o algoritmo que maior eficiência teve nos outros parâmetros. Nos nós explorados conseguimos visualizar que o iterative deepening search é sem dúvida o menos eficiente. O mesmo acontece nos nós gerados (para o qual seria um gráfico semelhante). Por último, no tamanho da fronteira, podemos visualizar que os melhores algoritmos são o iterative deepening search e o depth first search.

Em relação aos algoritmos informados, conseguimos verificar que no nível 1, a melhor eficiência corresponde ao greedy best first search nos parâmetros dos nós explorados e tamanho da fronteira correspondentes à heurística 2 que corresponde ao melhor caminho que contém a maior distância do herói em relação ao inimigo.

Por outro lado, no nível 7, a heurística que providencia melhores resultados é a da distância do herói à saída com o algoritmo greedy best first search. No nível 11 é também o algoritmo greedy best first search que apresenta melhores resultados, desta vez com a heurística 3, do melhor caminho que contém a maior distância do herói às armadilhas.

O algoritmo A\* consegue ter um pior desempenho em relação ao greedy best first search se compararmos dentro do mesmo nível com a mesma heurística, tendo apenas algumas exceções como por exemplo, no nível 1 com a heurística 1, o A\* possui menos nós explorados e menos nós gerados que o greedy best first search.

Apesar destas comparações de desempenho, o A\* no nível 1 e no nível 11 consegue executar com maior rapidez.

Comparando os algoritmos não informados e informados, verificamos que nem sempre os algoritmos informados são mais eficientes que os não informados e esta questão deve prender-se especialmente às heurísticas elaboradas.

## 6. Conclusão

A nossa pesquisa e resultados concluíram que o algoritmo depth first search é o algoritmo mais eficiente e que precisa de menos nós explorados. Os algoritmos breath first search e o uniform cost search mostram performance inconsistente, onde têm valores pequenos nalguns níveis mas noutros têm valores altos.

Os algoritmos informados deveriam ser mais eficientes por terem algum conhecimento prévio mas nem sempre isso se verifica, portanto, neste contexto, deveríamos ter providenciado melhores heurísticas.

## 7. Contribuição dos elementos do grupo

Este projeto foi desenvolvido em conjunto pelas duas alunas, sendo dividido de igual forma entre as duas.

## 8. AGRADECIMENTOS

Queremos agradecer aos professores José Ribeiro e Carlos Grilo pela disponibilidade e ajuda neste projeto.

## 9. Referências

- [1] Hart, P.; Nilsson, N.; Raphael, B. 1968. A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. In IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics, 4(2):100-107. DOI:10.1109/TSSC.1968.300136
- [2] Stuart, R; Norvig, P; 2020. Artificial Intelligence, A modern Approach. 4<sup>th</sup> edition.

## Anexos – Tabelas com resultados de todos os níveis

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 1	Breath First Search	11	74	15	156	0.002
	Uniform Cost Search	11	71	14	156	0.001
	Depth First Search	11	55	14	90	0.001
	Iterative deepening Search	11	1127	14	2924	0.017
	Greedy Best First Search Heurística 1	11	28	19	65	0.004
	Greedy Best First Search Heurística 2	14	23	12	73	0.001
	Greedy Best First Search Heurística 3	11	53	16	119	0.002
	A* Heurística 1	11	24	20	61	0.0
	A* Heurística 2	12	59	21	145	0.002
	A* Heurística 3	11	71	14	156	0.0

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 2	Breath First Search	10	39	13	73	0.013
	Uniform Cost Search	10	41	9	73	0.005
	Depth First Search	10	30	10	53	0.002
	Iterative deepening Search	10	513	10	818	0.02
	Greedy Best First Search Heurística 1	10	30	9	61	0.001
	Greedy Best First Search Heurística 2	10	19	18	64	0.0
	Greedy Best First Search Heurística 3	10	37	9	66	0.002
	A* Heurística 1	10	30	9	61	0.001
	A* Heurística 2	10	38	16	73	0.001
	A* Heurística 3	10	37	11	66	0.001

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 3	Breath First Search	36	80	7	207	0.003
	Uniform Cost Search	36	80	8	207	0.004
	Depth First Search	36	59	16	161	0.001
	Iterative deepening Search	36	14031	16	37238	0.214
	Greedy Best First Search Heurística 1	36	71	5	184	0.002
	Greedy Best First Search Heurística 2	36	68	17	204	0.001
	Greedy Best First Search Heurística 3	36	75	12	188	0.001
	A* Heurística 1	36	73	5	187	0.002
	A* Heurística 2	36	78	8	204	0.002
	A* Heurística 3	36	80	8	207	0.002

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 4	Breath First Search	35	312	29	784	0.014
	Uniform Cost Search	38	315	26	792	0.008
	Depth First Search	41	59542	44	88942	0.451
	Iterative deepening Search	n/a				
	Greedy Best First Search Heurística 1	38	206	33	530	0.003
	Greedy Best First Search Heurística 2	37	154	70	470	0.004
	Greedy Best First Search Heurística 3	39	286	39	744	0.005
	A* Heurística 1	36	247	29	632	0.003
	A* Heurística 2	37	295	44	743	0.003
	A* Heurística 3	38	299	29	755	0.004



Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 5	Breath First Search	36	123	11	275	0.02
	Uniform Cost Search	36	128	11	287	0.007
	Depth First Search	39	148	28	264	0.009
	Iterative deepening Search	36	23494	25	43473	0.265
	Greedy Best First Search Heurística 1	36	112	9	250	0.003
	Greedy Best First Search Heurística 2	40	82	38	244	0.003
	Greedy Best First Search Heurística 3	38	128	14	291	0.003
	A* Heurística 1	37	116	10	254	0.001
	A* Heurística 2	36	109	17	248	0.002
	A* Heurística 3	36	128	11	287	0.003

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 6	Breath First Search	35	172	13	413	0.008
	Uniform Cost Search	35	169	13	402	0.007
	Depth First Search	37	107	21	231	0.002
	Iterative deepening Search	35	21175	21	45838	0.225
	Greedy Best First Search Heurística 1	35	116	11	270	0.001
	Greedy Best First Search Heurística 2	37	75	37	231	0.002
	Greedy Best First Search Heurística 3	39	149	19	361	0.002
	A* Heurística 1	35	119	13	276	0.002
	A* Heurística 2	35	151	18	371	0.003
	A* Heurística 3	35	157	13	370	0.003

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 7	Breath First Search	20	663	76	1438	0.019
	Uniform Cost Search	20	679	90	1478	0.021
	Depth First Search	26	38	29	90	0.0
	Iterative deepening Search	20	447557	30	10745	3.691
	Greedy Best First Search Heurística 1	21	59	34	133	0.001
	Greedy Best First Search Heurística 2	21	353	100	787	0.004
	Greedy Best First Search Heurística 3	56	151	77	374	0.003
	A* Heurística 1	20	151	48	322	0.003
	A* Heurística 2	20	472	107	1101	0.006
	A* Heurística 3	20	679	90	1478	0.007

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 8	Breath First Search	33	110	11	282	0.002
	Uniform Cost Search	33	110	10	282	0.002
	Depth First Search	34	70	20	158	0.002
	Iterative deepening Search	33	595914	25	1279020	4.21
	Greedy Best First Search Heurística 1	33	70	16	194	0.001
	Greedy Best First Search Heurística 2	33	91	19	277	0.001
	Greedy Best First Search Heurística 3	33	77	14	210	0.001
	A* Heurística 1	34	97	10	264	0.002
	A* Heurística 2	33	107	14	277	0.002
	A* Heurística 3	34	102	11	272	0.002

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 9	Breath First Search	37	227	23	529	0.01
	Uniform Cost Search	37	225	17	522	0.005
	Depth First Search	48	175	30	371	0.003
	Iterative deepening Search	37	106600	24	243093	0.88
	Greedy Best First Search Heurística 1	41	148	18	370	0.002
	Greedy Best First Search Heurística 2	43	147	50	437	0.002
	Greedy Best First Search Heurística 3	41	194	18	461	0.002
	A* Heurística 1	37	193	15	453	0.002
	A* Heurística 2	37	190	28	451	0.002
	A* Heurística 3	37	225	17	522	0.002

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 10	Breath First Search	38	175	11	394	0.003
	Uniform Cost Search	38	176	11	398	0.003
	Depth First Search	38	123	21	249	0.001
	Iterative deepening Search	38	129746	22	239158	0.837
	Greedy Best First Search Heurística 1	46	148	13	320	0.002
	Greedy Best First Search Heurística 2	42	88	47	278	0.002
	Greedy Best First Search Heurística 3	40	168	19	387	0.002
	A* Heurística 1	40	146	16	317	0.002
	A* Heurística 2	40	162	16	363	0.003
	A* Heurística 3	38	171	13	387	0.002

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 11	Breath First Search	17	1170	130	2472	0.077
	Uniform Cost Search	17	1235	132	2565	0.04
	Depth First Search	26	43	20	131	0.002
	Iterative deepening Search	17	121735	19	291552	1.223
	Greedy Best First Search Heurística 1	29	866	101	2069	0.013
	Greedy Best First Search Heurística 2	23	470	69	965	0.008
	Greedy Best First Search Heurística 3	18	190	23	468	0.003
	A* Heurística 1	18	764	114	1793	0.016
	A* Heurística 2	17	597	132	1360	0.01
	A* Heurística 3	17	593	109	1370	0.01

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 12	Breath First Search	14	379	45	783	0.014
	Uniform Cost Search	14	405	47	843	0.012
	Depth First Search	15	472	23	671	0.004
	Iterative deepening Search	14	25046	23	52524	0.252
	Greedy Best First Search Heurística 1	14	72	47	180	0.002
	Greedy Best First Search Heurística 2	20	205	71	500	0.003
	Greedy Best First Search Heurística 3	22	427	36	917	0.008
	A* Heurística 1	14	223	56	447	0.002
	A* Heurística 2	19	359	56	794	0.005
	A* Heurística 3	14	430	37	925	0.006

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 13	Breath First Search	33	117	8	280	0.002
	Uniform Cost Search	33	115	8	274	0.002
	Depth First Search	39	64	18	154	0.001
	Iterative deepening Search	33	7801	15	17857	0.076
	Greedy Best First Search Heurística 1	37	98	10	236	0.002
	Greedy Best First Search Heurística 2	33	100	17	276	0.002
	Greedy Best First Search Heurística 3	37	82	13	210	0.001
	A* Heurística 1	33	105	8	257	0.001
	A* Heurística 2	33	112	9	276	0.002
	A* Heurística 3	33	108	9	264	0.002

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 14	Breath First Search	34	449	38	851	0.007
	Uniform Cost Search	34	449	38	851	0.005
	Depth First Search	37	220	25	434	0.002
	Iterative deepening Search	34	392604	33	607266	2.373
	Greedy Best First Search Heurística 1	34	141	41	357	0.003
	Greedy Best First Search Heurística 2	36	311	85	702	0.004
	Greedy Best First Search Heurística 3	34	148	24	313	0.002
	A* Heurística 1	34	424	30	809	0.005
	A* Heurística 2	34	447	47	845	0.004
	A* Heurística 3	34	433	40	822	0.005

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 15	Breath First Search	11	276	50	594	0.003
	Uniform Cost Search	11	267	53	577	0.005
	Depth First Search	91	260	87	493	0.005
	Iterative deepening Search	11	6808	20	15394	0.063
	Greedy Best First Search Heurística 1	11	71	26	160	0.001
	Greedy Best First Search Heurística 2	28	508	82	1107	0.006
	Greedy Best First Search Heurística 3	11	185	39	397	0.002
	A* Heurística 1	11	56	30	140	0.001
	A* Heurística 2	11	392	81	899	0.004
	A* Heurística 3	11	130	35	290	0.002

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 16	Breath First Search	37	328	34	711	0.006
	Uniform Cost Search	37	326	33	708	0.004
	Depth First Search	41	381	23	726	0.004
	Iterative deepening Search	37	242781	21	532127	1.885
	Greedy Best First Search Heurística 1	37	224	29	529	0.004
	Greedy Best First Search Heurística 2	40	270	38	645	0.003
	Greedy Best First Search Heurística 3	38	278	24	595	0.003
	A* Heurística 1	37	309	33	661	0.003
	A* Heurística 2	37	322	35	696	0.006
	A* Heurística 3	37	326	33	708	0.004

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 17	Breath First Search	18	825	109	1924	0.009
	Uniform Cost Search	22	828	95	1907	0.014
	Depth First Search	34	147	34	270	0.002
	Iterative deepening Search	18	102384	22	253760	0.994
	Greedy Best First Search Heurística 1	18	43	27	119	0.001
	Greedy Best First Search Heurística 2	32	758	183	1983	0.011
	Greedy Best First Search Heurística 3	31	186	31	404	0.003
	A* Heurística 1	18	169	56	412	0.003
	A* Heurística 2	20	813	128	1984	0.01
	A* Heurística 3	22	828	95	1907	0.009

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 18	Breath First Search	37	321	36	700	0.013
	Uniform Cost Search	37	321	32	700	0.007
	Depth First Search	46	375	25	793	0.007
	Iterative deepening Search	37	167789	22	387803	1.466
	Greedy Best First Search Heurística 1	37	217	26	509	0.004
	Greedy Best First Search Heurística 2	42	272	42	660	0.004
	Greedy Best First Search Heurística 3	39	135	22	334	0.002
	A* Heurística 1	37	303	29	651	0.003
	A* Heurística 2	37	317	34	688	0.004
	A* Heurística 3	37	321	32	700	0.003

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 19	Breath First Search	37	211	16	541	0.004
	Uniform Cost Search	37	211	15	541	0.003
	Depth First Search	37	100	11	251	0.002
	Iterative deepening Search	37	14494	11	36060	0.162
	Greedy Best First Search Heurística 1	48	127	25	343	0.001
	Greedy Best First Search Heurística 2	37	190	27	538	0.004
	Greedy Best First Search Heurística 3	37	170	22	448	0.002
	A* Heurística 1	37	210	18	539	0.003
	A* Heurística 2	37	210	20	541	0.003
	A* Heurística 3	37	210	14	539	0.003

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 20	Breath First Search	32	70	6	166	0.002
	Uniform Cost Search	32	69	5	164	0.001
	Depth First Search	32	50	13	121	0.001
	Iterative deepening Search	32	1834	13	4093	0.022
	Greedy Best First Search Heurística 1	32	55	6	130	0.001
	Greedy Best First Search Heurística 2	32	49	16	123	0.001
	Greedy Best First Search Heurística 3	32	65	6	154	0.001
	A* Heurística 1	32	56	6	132	0.001
	A* Heurística 2	32	66	7	157	0.0
	A* Heurística 3	32	69	5	164	0.001



Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 21 V1	Breath First Search	19	316	31	583	0.006
	Uniform Cost Search	21	323	30	608	0.004
	Depth First Search	38	1275	37	1792	0.014
	Iterative deepening Search	19	287668	29	557145	2.283
	Greedy Best First Search Heurística 1	19	206	35	382	0.002
	Greedy Best First Search Heurística 2	24	205	37	423	0.003
	Greedy Best First Search Heurística 3	26	221	29	410	0.002
	A* Heurística 1	19	203	30	413	0.003
	A* Heurística 2	20	277	34	523	0.003
	A* Heurística 3	21	323	30	608	0.004

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 21 V2	Breath First Search	16	540	75	1068	0.008
	Uniform Cost Search	16	554	66	1095	0.006
	Depth First Search	28	987	37	1524	0.008
	Iterative deepening Search	16	335536	26	917778	3.609
	Greedy Best First Search Heurística 1	25	260	47	599	0.004
	Greedy Best First Search Heurística 2	18	219	48	502	0.004
	Greedy Best First Search Heurística 3	47	182	54	417	0.003
	A* Heurística 1	19	368	64	839	0.005
	A* Heurística 2	20	448	57	959	0.007
	A* Heurística 3	16	554	66	1095	0.005

Nível	Algoritmo	Custo da solução	Nodes explorados	Tamanho Frontier	Nodes gerados	Duração
Nível 22	Breath First Search	39	265	12	640	0.004
	Uniform Cost Search	39	265	13	640	0.004
	Depth First Search	45	71	21	174	0.001
	Iterative deepening Search	39	82336	22	195405	0.74
	Greedy Best First Search Heurística 1	39	224	19	558	0.003
	Greedy Best First Search Heurística 2	39	179	42	521	0.002
	Greedy Best First Search Heurística 3	43	210	29	545	0.004
	A* Heurística 1	39	229	16	566	0.003
	A* Heurística 2	39	249	19	621	0.003
	A* Heurística 3	39	265	19	632	0.003