



UNIDADE CURRICULAR: Introdução à Inteligência Artificial

CÓDIGO: 21071

DOCENTE: José Coelho

A preencher pelo estudante

NOME: Luís Carlos Crispim Pereira

N.º DE ESTUDANTE: 2300163

CURSO: LEI – Licenciatura em Engenharia Informática

DATA DE ENTREGA: 07/04/25

Critérios	Auto-avaliação:
Análise do Problema (1 valor)	1
Identificação de Algoritmos (1 valor)	1
Resultados (2 valores)	2

Auto-avaliação de acordo com o avaliador: +0.1 na nota do e-fólio

Critérios de correção no enunciado.

TRABALHO / RESOLUÇÃO:

Análise do problema:

O problema apresentado consiste na definição de uma estratégia para um agente autônomo que, num cenário de evacuação de emergência, deve percorrer um parque natural afetado por uma catástrofe, representado como uma grelha quadrada de dimensão $N \times N$. A missão do agente é resgatar pelo menos K visitantes (de um total de W) e abandonar o local através de uma das quatro portas situadas no centro de cada lado do mapa. O tempo é limitado, mas pode ser aumentado com o resgate de visitantes, cujo valor negativo nas células representa um bônus em tempo. O agente pode deslocar-se em quatro direções: cima, baixo, esquerda e direita. Obstáculos (valor 10) bloqueiam o caminho e as restantes células apresentam custos de deslocação (1 ou 2).

Este problema foi formalizado como uma tarefa de procura em espaço de estados, utilizando algoritmos de busca cega (não informada), nomeadamente Uniform Cost Search (UCS), Depth-First Search (DFS) e Breadth-First Search (BFS), de acordo com os conteúdos abordados na UC e descritos no manual Artificial Intelligence: A Modern Approach (Russell & Norvig, 2010).

Cada estado é representado por um conjunto de componentes, a posição atual do agente, o tempo restante, o número de visitantes resgatados, o conjunto de visitantes já visitados e o caminho percorrido até ao momento. A solução corresponde a um caminho válido desde uma entrada até uma saída, onde se tenham resgatado pelo menos K visitantes e terminado com pelo menos 0 unidades de tempo.

A árvore de procura gerada tem um fator de ramificação máximo de 4, embora este valor possa ser inferior consoante os limites do mapa e a existência de obstáculos. A profundidade máxima é limitada pelo tempo disponível e pela soma dos custos das ações. A profundidade da solução depende da localização dos visitantes e da porta de saída escolhida.

Durante a implementação (em C#, utilizando o IDE Rider no sistema macOS), tive consciência de vários aspetos que influenciam a performance e exequibilidade das soluções. Foram tomadas as seguintes decisões técnicas:

- Exclusão de estados com tempo restante insuficiente, qualquer estado cujo tempo restante seja negativo, ou que não permita alcançar uma saída com pelo menos 0 unidades de tempo, é automaticamente descartado. Esta filtragem precoce ajuda a evitar que o algoritmo explore caminhos inviáveis.
- Rejeição de caminhos com visitantes insuficientes, também é feita uma verificação para garantir que, mesmo nos melhores cenários, seja possível atingir o número mínimo de visitantes exigido (K). Se o número de visitantes ainda não resgatados for insuficiente para cumprir este objetivo, o estado é eliminado da expansão, evitando cálculos desnecessários.
- Representação única de estados (função EstadoToChave) onde inicialmente, os estados eram identificados apenas pela posição, tempo restante e número de visitantes resgatados. No entanto, após testes, verifiquei que esta abordagem não era suficiente especialmente evidente na instância 7, que não era resolvida corretamente. Percebi que era possível visitar os mesmos visitantes em ordens diferentes e chegar a estados teoricamente iguais, mas com consequências práticas distintas. Assim, passei a incluir

também a posição exata dos visitantes já resgatados na chave do estado. Esta melhoria, embora mais pesada em termos de tempo de execução, permitiu resolver corretamente instâncias que antes falhavam por colisões de chave mal definidas.

- Limitação do tempo de execução a 10 segundos, conforme estipulado no enunciado, todos os algoritmos foram configurados para interromper a execução caso excedam os 10 segundos. Contudo, notei que a construção de chaves de estado mais completas (e mais justas do ponto de vista lógico) aumentou significativamente o tempo de execução em algumas instâncias. O método de conversão dos visitantes visitados para string, embora funcional, tornou-se um gargalo em termos de performance, o que explica porque certas instâncias, mesmo sendo resolvíveis, ficaram fora do tempo permitido.

Estas decisões foram cuidadosamente ponderadas com base na natureza do problema, privilegiando sempre a validade das soluções em detrimento da performance cega.

Optei por manter a representação explícita dos estados e adotar uma estrutura modular para facilitar testes e comparações. Estes aspetos permitiram um maior controlo sobre a ramificação e sobre os critérios de poda, essenciais num problema com tantas variáveis e restrições.

Identificação do algoritmo implementado:

No âmbito da resolução do problema proposto, optei por implementar três algoritmos clássicos de procura cega (uninformed search), conforme lecionado na unidade curricular e descrito no manual Artificial Intelligence: A Modern Approach (Russell & Norvig, 2010). Estes algoritmos foram cuidadosamente selecionados e ajustados ao contexto específico da missão de resgate, tendo em conta as restrições temporais e operacionais impostas.

O UCS foi assim o algoritmo principal em que baseei a lógica central da aplicação. Posteriormente, implementei também os algoritmos Breadth-First Search (BFS) e Depth-First Search (DFS), tanto para comparação de desempenho como por interesse pessoal na exploração dos diferentes comportamentos e estratégias associadas à procura cega. A BFS, apesar do elevado consumo de memória, permitiu testar cenários de menor profundidade, já a DFS, sendo mais leve em termos de memória, mostrou-se útil para detetar rapidamente soluções profundas em casos pontuais.

Cada um destes algoritmos foi adaptado para cumprir as condições exigidas no enunciado, nomeadamente, começar numa das quatro portas situadas ao centro de cada lado da matriz, resgatar pelo menos K visitantes (de um total de W) e terminar a missão com tempo restante igual ou superior a zero. De forma a manter a consistência entre execuções e assegurar resultados viáveis no contexto computacional proposto, todos os algoritmos foram limitados a 10 segundos de execução.

A implementação foi realizada em C#, utilizando o ambiente de desenvolvimento JetBrains Rider num sistema macOS com chip Apple M2, tirando partido da performance e da estabilidade da plataforma. A estrutura do projeto foi fortemente inspirada no repositório `aima-csharp`, um projeto de apoio ao manual de Russell e Norvig, o que permitiu organizar o código de forma modular, clara e extensível. Essa separação entre instâncias, algoritmos e visualização dos resultados contribuiu para facilitar tanto os testes comparativos como a introdução de melhorias incrementais ao longo do desenvolvimento.

Foram também contabilizados indicadores relevantes para a análise da performance de cada abordagem, nomeadamente o número de expansões (estados efetivamente explorados) e de

gerações (novos estados criados), permitindo uma avaliação rigorosa do comportamento dos algoritmos em cada instância, algo solicitado no enunciado.

Além da lógica fundamental de cada algoritmo, foram aplicadas diversas salvaguardas e filtros inteligentes com o objetivo de melhorar o desempenho, reduzir a ramificação desnecessária e evitar repetições. Entre essas otimizações, destaca-se a geração de uma chave única por estado (função EstadoToChave), que foi evoluindo ao longo do projeto. Inicialmente, a chave identificava apenas a posição, tempo restante e número de visitantes resgatados, mas essa abordagem revelou-se insuficiente em certos cenários, como a instância 7. Percebi que era necessário incluir também a informação sobre os visitantes já resgatados, dado que estados aparentemente idênticos podiam representar situações práticas muito distintas. Esta decisão tornou o algoritmo mais justo e completo, ainda que ligeiramente mais pesado computacionalmente.

Em suma, a escolha e implementação destes algoritmos procurou equilibrar a validade das soluções com os constrangimentos temporais e computacionais do problema, respeitando integralmente os requisitos pedagógicos e técnicos da unidade curricular. A modularidade, a clareza e a coerência da estrutura desenvolvida permitiram alcançar uma abordagem sólida e fiável.

Resultados:

Para avaliar o desempenho dos algoritmos implementados, foram executadas todas as 10 instâncias fornecidas, tendo em consideração as métricas necessárias, custo acumulado (g), número de expansões, número de gerações e tempo de execução (em segundos). Os testes foram realizados com os três algoritmos (UCS, DFS e BFS), todos projetados com um limite máximo de 10 segundos por instância, conforme exigido no enunciado.

Contudo, tendo identificado que a função EstadoToChave é responsável por garantir uma representação única dos estados através da conversão de estruturas como `HashSet<(int, int)>` para string isto representa um gargalo de performance, então decidi, durante a fase de testes e análise de resultados, estender temporariamente o limite de tempo para 155 segundos. Esta medida permitiu obter soluções para todas as instâncias com resolução possível, possibilitando uma análise mais completa e detalhada da funcionalidade dos algoritmos. Apesar disso, o código final entregue respeita integralmente os 10 segundos estipulados no enunciado, garantindo a conformidade com os critérios de avaliação definidos.

Para além da tabela de métricas, foi também desenvolvida uma visualização gráfica do percurso da solução, através da função ApresentarPorPartes. Esta função simula, passo a passo, a evolução do agente no mapa, dividindo o caminho em "partes", onde cada parte é delimitada por um resgate de visitante. A exceção é a última parte, que junta o último resgate com a saída do mapa, concluindo assim a missão. A cada parte, o mapa é redesenhado com marcação clara das portas, caminhos percorridos, visitantes resgatados, posição atual do agente e informação de tempo e custo acumulado. Foram utilizados símbolos específicos conforme o enunciado, como (:) ou (.) para o caminho, (+) para visitantes já resgatados, e (< >) para as portas. O símbolo [x], embora tenha sido usado durante o desenvolvimento para debugging, foi posteriormente removido da visualização final, por não estar previsto na formatação oficial.

Esta representação gráfica reforça não só a validade das soluções encontradas, como também evidencia a interpretação correta do problema e das regras apresentadas no enunciado. O

objetivo foi garantir uma abordagem não só funcional, mas também visualmente clara e, em consonância com o espírito do e-fólio e os objetivos da unidade curricular.

Tabela de resultados, da execução dos algoritmos/configurações testados vs as instâncias fornecidas:

Instância	Algoritmo	Custo(g)	Expansões	Gerações	Tempo(s)
1	UCS	11	487	629	0,012
1	DFS	13	284	292	0,005
1	BFS	12	550	643	0,002
2	UCS	22	3054	3309	0,003
2	DFS	24	1624	1643	0,005
2	BFS	23	3103	3334	0,011
3	UCS	18	3629	4207	0,013
3	DFS	20	1748	1767	0,003
3	BFS	20	4180	4419	0,012
4	UCS	26	11436	11810	0,032
4	DFS	27	483	507	0,001
4	BFS	27	10456	11115	0,015
5	UCS	26	14547	15491	0,036
5	DFS	27	5271	5300	0,015
5	BFS	26	16539	17004	0,035
6	UCS	46	377918	425609	1,007
6	DFS	60	81557	81628	0,103
6	BFS	48	616920	660493	1,386
7	UCS	111	2407256	2483668	9,055
7	DFS	130	909647	909730	1,590
7	BFS	111	3287254	3319229	10,787
8	UCS	48	6313340	6564607	36,332
8	DFS	54	74856	74917	0,122
8	BFS	52	6098581	6332601	21,475
9	UCS	61	12428031	13191649	154,917
9	DFS	69	83611	83673	0,176
9	BFS	65	13176265	13765496	65,205
10	UCS	---	6234625	6234625	25,460
10	DFS	---	6234625	6234625	11,356
10	BFS	---	6234625	6234625	21,533
Total	UCS	369	21559698	22701059	201,407
Total	DFS	424	1159081	1159457	2,020
Total	BFS	384	23213848	24114334	98,930

A vermelho os valores que passaram a regra dos 10s de execução.

A análise dos resultados obtidos na execução dos algoritmos UCS, DFS e BFS nas dez instâncias do problema permite tirar conclusões relevantes sobre o seu comportamento e desempenho em diferentes contextos.

Relativamente ao custo da solução (g), o algoritmo UCS demonstrou cumprir o seu principal objetivo, encontrando sempre o caminho de menor custo. Nas dez instâncias, o UCS obteve consistentemente o valor de custo mais reduzido entre os três algoritmos. Por outro lado, o DFS e o BFS não consideram o custo ao expandir os nós, pelo que, embora encontrem soluções viáveis, estas não são garantidamente ótimas em termos de custo.

No que diz respeito ao número de expansões e gerações, é visível uma diferença significativa entre os algoritmos. O DFS revelou-se muito mais eficiente neste parâmetro, com um número

bastante reduzido de nós expandidos. Em contraste, o BFS tende a expandir uma quantidade substancialmente maior de nós, sobretudo em mapas de maior dimensão, como se observa nas instâncias 6, 8 e 9. O UCS apresenta valores intermédios, embora também possa tornar-se exigente em termos de expansão, como se verifica na instância 9, onde ultrapassa um milhão de nós expandidos.

Quanto ao tempo de execução, o DFS destacou-se como o algoritmo mais rápido nas instâncias de menor complexidade, sendo ideal quando o objetivo passa por obter uma solução válida com rapidez. O UCS apresentou tempos estáveis na maioria das instâncias, mas em mapas muito extensos o tempo de execução aumentou substancialmente, como no caso da instância 9, em que ultrapassou os 154 segundos, embora o BFS apresente tempos elevados em instâncias grandes, como os mais de 21 segundos na instância 8 e os 65 segundos na instância 9, foi o UCS que registou o tempo de execução mais elevado. Este comportamento está associado à natureza exaustiva do UCS na procura pela solução de menor custo, contrastando com o BFS, cuja expansão em largura também se torna penalizadora em mapas com grande ramificação.

Estes resultados confirmam o comportamento teórico esperado dos algoritmos. O UCS privilegia a qualidade da solução, encontrando caminhos de custo ótimo. O DFS oferece maior rapidez, embora sacrifique a qualidade da solução. O BFS garante completude, mas revela limitações significativas ao nível da escalabilidade.

Representação Gráfica:

Instância 1:

```
Instância 1 - Mapa Inicial:
*-----|v|-----*
| . . . . 1 |
| . # . : # |
| > . 2 # : . <
| # # . . . |
| 1 . . : 2 |
*-----|^|-----*
Parâmetros: N=5, K=2, W=4, Tempo=10
```

UCS:

```
Parte 1, passos 3:
*-----|-----*
| . . . . 1 |
| . # . : # |
| . 2 # : (.) <
| # # . . (.) |
| 1 . . : [+] |
*-----|-----*
Tempo: 9 (1/2), custo 3
```

```
Parte 2, passos 7:
*-----|-----*
| . . . . 1 |
| . # . : # |
| . 2 # : (.) <
| # # . . (.) |
| (+) (.) (.) (:) (+) |
*-----|^|-----*
Tempo: 2 (2/2), custo: 11
```

DFS:

```

Parte 1, passos 5:
*-----*
| . . . 1 |
| . # . : # |
| . 2 # : (.) <
| # # . . (.) |
| 1 . . : [+] |
*-----*
Tempo: 7 (1/2), custo 5

```

```

Parte 2, passos 7:
*-----*
| . . . 1 |
| . # . : # |
| . 2 # : (.) <
| # # . . (.) |
| (+) (.) (.) (:) (+) |
*-----|^|-----*
Tempo: 0 (2/2), custo: 13

```

BFS:

```

Parte 1, passos 3:
*-----*
| . . . 1 |
| . # . : # |
| . 2 # : .
| # # . . . |
| 1 . (.) (:) [+] |
*-----|^|-----*
Tempo: 8 (1/2), custo 4

```

```

Parte 2, passos 7:
*-----*
| . . . 1 |
| . # . : # |
| . 2 # : .
| # # . . . |
| (+) (.) (.) (:) (+) |
*-----|^|-----*
Tempo: 1 (2/2), custo: 12

```

Instância 2:

```

Instância 2 - Mapa Inicial:
*-----|v|-----*
| 1 . : : 1 |
| . : . . # |
| > . . # : : <
| # : . # . |
| 1 : . # 2 |
*-----|^|-----*
Parâmetros: N=5, K=3, W=4, Tempo=20

```

UCS

```

Parte 1, passos 3:
*-----*
| 1 . : : 1 |
| . : . . # |
| . . # : (:) <
| # : . # (.) |
| 1 : . # [+] |
*-----*
Tempo: 18 (1/3), custo 4

```

```

Parte 2, passos 6:
*-----*
| 1 . : (:) [+] |
| . : . (.) # |
| . . # (:) (:) <
| # : . # (.) |
| 1 : . # (+) |
*-----*
Tempo: 10 (2/3), custo 13

```

```

Parte 3, passos 7:
*-----*
| (+) (.) (:) (:) (+) |
| (.) : . (.) # |
| > (.) . # (:) (:) <
| # : . # (.) |
| 1 : . # (+) |
*-----*
Tempo: 2 (3/3), custo: 22

```

DFS

```

Parte 1, passos 3:
*-----*
| 1 . : : 1 |
| . : . . # |
| . . # : (:) <
| # : . # (.) |
| 1 : . # [+] |
*-----*
Tempo: 18 (1/3), custo 4

```

```

Parte 2, passos 6:
*-----*
| 1 . : (:) [+] |
| . : . (.) # |
| . . # (:) (:) <
| # : . # (.) |
| 1 : . # (+) |
*-----*
Tempo: 10 (2/3), custo 13

```

```

Parte 3, passos 9:
*-----*
| (+) (.) (:) (:) (+) |
| (.) : . (.) # |
| > (.) . # (:) (:) <
| # : . # (.) |
| 1 : . # (+) |
*-----*
Tempo: 0 (3/3), custo: 24

```

BFS

```

Parte 1, passos 3:
*-----|v|-----*
| 1 . (:) (:) [+] |
| . : . . # |
| . . # : :
| # : . # . |
| 1 : . # 2 |
*-----*
Tempo: 16 (1/3), custo 5

```

```

Parte 2, passos 4:
*-----|v|-----*
| [+] (.) (:) (:) (+) |
| . : . . # |
| . . # : :
| # : . # . |
| 1 : . # 2 |
*-----*
Tempo: 11 (2/3), custo 11

```

```

Parte 3, passos 9:
*-----|v|-----*
| (+) (.) (:) (:) (+) |
| (.) : . . # |
| (.) (.) # : :
| # (:) . # . |
| (+) (:) (.) # 2 |
*-----|^|-----*
Tempo: 0 (3/3), custo: 23

```

Instância 3:

```

Instância 3 - Mapa Inicial:
*-----|v|-----*
| . . . . # 2 . |
| . 2 # . . # . |
| . # . # . . . |
> . . 2 # . : . <
| : . # . : . # |
| : . . . : # 3 |
| . 1 # . . . . |
*-----|^|-----*
Parâmetros: N=7, K=3, W=5, Tempo=15

```

UCS

```

Parte 1, passos 3:
*-----*
| . . . . # 2 . |
| . 2 # . . # . |
| . # . # . . . |
> (.) (.) [+] # . : .
| : . # . : . # |
| : . . . : # 3 |
| . 1 # . . . . |
*-----*
Tempo: 14 (1/3), custo 3

```

```

Parte 2, passos 4:
*-----*
| . . . . # 2 . |
| . 2 # . . # . |
| . # . # . . . |
> (.) (.) (+) # . : .
| : (.) # . : . # |
| : (.) . . : # 3 |
| . [+] # . . . . |
*-----*
Tempo: 11 (2/3), custo 7

```

```

Parte 3, passos 11:
*-----|v|-----*
| . (.) (.) (.) # 2 . |
| (.) (+) # . . # . |
| (.) # . # . . . |
> (.) (.) (+) # . : .
| : (.) # . : . # |
| : (.) . . : # 3 |
| . (+) # . . . . |
*-----*
Tempo: 2 (3/3), custo: 18

```

DFS

```

Parte 1, passos 6:
*-----*
| (.) . . . # 2 . |
| (.) [+] # . . # . |
| (.) # . # . . . |
> (.) . 2 # . : .
| : . # . : . # |
| : . . . : # 3 |
| . 1 # . . . . |
*-----*
Tempo: 11 (1/3), custo 6

```

```

Parte 2, passos 7:
*-----*
| (.) . . . # 2 . |
| (.) (+) # . . # . |
| (.) # . # . . . |
> (.) (.) 2 # . : .
| : (.) # . : . # |
| : (.) . . : # 3 |
| . [+] # . . . . |
*-----*
Tempo: 5 (2/3), custo 13

```

```

Parte 3, passos 7:
*-----*
| (.) . . . # 2 . |
| (.) (+) # . . # . |
| (.) # . # . . . |
> (.) (.) (+) # . : .
| : (.) # . : . # |
| : (.) . . : # 3 |
| . (+) # . . . . |
*-----*
Tempo: 0 (3/3), custo: 20

```

BFS

```

Parte 1, passos 4:
*-----|v|-----*
| . (.) (.) (.) # 2 . |
| . [+] # . . # . |
| . # . # . . . |
| . . 2 # . : .
| : . # . : . # |
| : . . . : # 3 |
| . 1 # . . . . |
*-----*
Tempo: 13 (1/3), custo 4

```

```

Parte 2, passos 5:
*-----|v|-----*
| . (.) (.) (.) # 2 . |
| (.) (+) # . . # . |
| (.) # . # . . . |
| (.) (.) [+] # . : .
| : . # . : . # |
| : . . . : # 3 |
| . 1 # . . . . |
*-----*
Tempo: 10 (2/3), custo 9

```

```

Parte 3, passos 9:
*-----|v|-----*
| . (.) (.) (.) # 2 . |
| (.) (+) # . . # . |
| (.) # . # . . . |
> (.) (.) (+) # . : .
| (:) (.) # . : . # |
| (:) (.) . . : # 3 |
| (.) (+) # . . . . |
*-----*
Tempo: 0 (3/3), custo: 20

```

Instância 4:

```

Instância 4 - Mapa Inicial:
*-----|v|-----*
| . 2 : : : 2 . |
| . . . . . . |
| . # # # # # . |
> . . 2 # . : . <
| : : : # : # # |
| : . : # : # 3 |
| . 1 : . . . . |
*-----|^|-----*
Parâmetros: N=7, K=4, W=5, Tempo=20

```

UCS

Parte 1, passos 5:	Parte 2, passos 6:	Parte 3, passos 6:	Parte 4, passos 7:
<pre> *-----* . 2 : : : [+] (.) (.) . # # # # # (.) . . 2 # . : (.) < : : : # : # # : . : # : # 3 . 1 : *-----* Tempo: 17 (1/4), custo 5 </pre>	<pre> *-----* . [+] : : : (+) . . (.) (.) (.) (.) (.) (.) . # # # # # (.) . . 2 # . : (.) < : : : # : # # : . : # : # 3 . 1 : *-----* Tempo: 13 (2/4), custo 11 </pre>	<pre> *-----* (.) (+) : : : (+) . (.) (.) (.) (.) (.) (.) (.) (.) # # # # # (.) (.) (.) [+] # . : (.) < : : : # : # # : . : # : # 3 . 1 : *-----* Tempo: 9 (3/4), custo 17 </pre>	<pre> *-----* (.) (+) : : : (+) . (.) (.) (.) (.) (.) (.) (.) (.) # # # # # (.) (.) (.) (+) # . : (.) < : (:): # : # # : (.) : # : # 3 . (+) (:): (.) . . . *----- ^ -----* Tempo: 1 (4/4), custo: 26 </pre>

DFS

Parte 1, passos 5:	Parte 2, passos 4:	Parte 3, passos 6:	Parte 4, passos 7:
<pre> *-----* . 2 : : : [+] (.) (.) . # # # # # (.) . . 2 # . : (.) < : : : # : # # : . : # : # 3 . 1 : *-----* Tempo: 17 (1/4), custo 5 </pre>	<pre> *-----* . [+] (:): (:): (+) (.) (.) . # # # # # (.) . . 2 # . : (.) < : : : # : # # : . : # : # 3 . 1 : *-----* Tempo: 12 (2/4), custo 12 </pre>	<pre> *-----* (.) (+) (:): (:): (+) (.) (.) (.) (.) # # # # # (.) (.) (.) [+] # . : (.) < : : : # : # # : . : # : # 3 . 1 : *-----* Tempo: 8 (3/4), custo 18 </pre>	<pre> *-----* (.) (+) (:): (:): (+) (.) (.) (.) (.) # # # # # (.) (.) (.) (+) # . : (.) < : (:): # : # # : (.) : # : # 3 . (+) (:): (.) . . . *----- ^ -----* Tempo: 0 (4/4), custo: 27 </pre>

BFS

Parte 1, passos 3:	Parte 2, passos 4:	Parte 3, passos 6:	Parte 4, passos 7:
<pre> *----- v -----* . 2 : (:): [+] # # # # # . . . 2 # . : . : : : # : # # : . : # : # 3 . 1 : *-----* Tempo: 17 (1/4), custo 5 </pre>	<pre> *----- v -----* . [+] (:): (:): (+) # # # # # . . . 2 # . : . : : : # : # # : . : # : # 3 . 1 : *-----* Tempo: 12 (2/4), custo 12 </pre>	<pre> *----- v -----* . (+) (:): (:): (+) . (.) (.) (.) # # # # # . (.) (.) [+] # . : . : : : # : # # : . : # : # 3 . 1 : *-----* Tempo: 8 (3/4), custo 18 </pre>	<pre> *----- v -----* . (+) (:): (:): (+) . (.) (.) (.) # # # # # . (.) (.) (+) # . : . : (:): # : # # : (.) : # : # 3 . (+) (:): (.) . . . *----- ^ -----* Tempo: 0 (4/4), custo: 27 </pre>

Instância 5:

```

Instância 5 - Mapa Inicial:
*-----|v|-----*
| 2 # . . . . 2 . . |
| . : 2 # # . . # : |
| . . . . . # # . . |
| . # # . # 2 . . . |
> . . # . . . : # . <
| : . . # . : # . . |
| # # : : : # 3 . |
| : . . # . : # . # |
| 8 # . . . . . . . |
*-----|^|-----*
Parâmetros: N=9, K=4, W=6, Tempo=19

```

UCS

Parte 1, passos 4: <pre> *-----* 2 # . . . 2 . . . : 2 # # . # : # # . . . # # . # 2 # . . : # (.) < : . . # . : # (.) (.) # # : : : # [+] . : . . # . : # . # 8 # *-----* Tempo: 18 (1/4), custo 4 </pre>	Parte 2, passos 7: <pre> *-----* 2 # . . . 2 . . . : 2 # # . # : # # . . . # # . # [+] (.) (.) (.) . . # . . : # (.) < : . . # . : # (.) (.) # # : : : # (+) (.) : . . # . : # . # 8 # *-----* Tempo: 13 (2/4), custo 11 </pre>	Parte 3, passos 7: <pre> *-----* 2 # . . . 2 . . . : [+] # # . # : . . (.) (.) . # # . . . # # (.) # (+) (.) (.) (.) . . # (.) (.) (.) : # (.) < : . . # . : # (.) (.) # # : : : # (+) (.) : . . # . : # . # 8 # *-----* Tempo: 8 (3/4), custo 18 </pre>	Parte 4, passos 8: <pre> *----- v -----* 2 # (.) (.) (.) (.) (+) . . . : (+) # # . . # : . . (.) (.) . # # . . . # # (.) # (+) (.) (.) (.) . . # (.) (.) (.) : # (.) < : . . # . : # (.) (.) # # : : : # (+) (.) : . . # . : # . # 8 # *-----* Tempo: 2 (4/4), custo: 26 </pre>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

DFS

Parte 1, passos 5: <pre> *-----* 2 # . . . 2 . . . : 2 # # . # : # # . . . # # . # [+] (.) (.) (.) . . # . . : # (.) < : . . # . : # . . # # : : : # 3 . : . . # . : # . # 8 # *-----* Tempo: 16 (1/4), custo 5 </pre>	Parte 2, passos 10: <pre> *-----* [+] # . . . 2 . . (.) : 2 # # . # : (.) (.) (.) (.) . # # . . . # # (.) # (+) (.) (.) (.) . . # (.) (.) (.) : # (.) < : . . # . : # . . # # : : : # 3 . : . . # . : # . # 8 # *-----* Tempo: 8 (2/4), custo 15 </pre>	Parte 3, passos 3: <pre> *-----* (+) # . . . 2 . . (.) (:) [+] # . . # : (.) (.) (.) (.) . # # . . . # # (.) # (+) (.) (.) (.) . . # (.) (.) (.) : # (.) < : . . # . : # . . # # : : : # 3 . : . . # . : # . # 8 # *-----* Tempo: 6 (3/4), custo 19 </pre>	Parte 4, passos 8: <pre> *----- v -----* (+) # (.) (.) (.) (.) (+) . . (.) (:) (+) # . . # : (.) (.) (.) (.) . # # . . . # # (.) # (+) (.) (.) (.) . . # (.) (.) (.) : # (.) < : . . # . : # . . # # : : : # 3 . : . . # . : # . # 8 # *-----* Tempo: 0 (4/4), custo: 27 </pre>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BFS

Parte 1, passos 3: <pre> *----- v -----* 2 # . . (.) (.) [+] . . . : 2 # # . # : # # . . . # # . # 2 # . . : # . : . . # . : # . . # # : : : # 3 . : . . # . : # . # 8 # *-----* Tempo: 18 (1/4), custo 3 </pre>	Parte 2, passos 5: <pre> *----- v -----* 2 # (.) (.) (.) (.) (+) . . . : [+] # # . # : # # . . . # # . # 2 # . . : # . : . . # . : # . . # # : : : # 3 . : . . # . : # . # 8 # *-----* Tempo: 15 (2/4), custo 8 </pre>	Parte 3, passos 7: <pre> *----- v -----* 2 # (.) (.) (.) (.) (+) . . . : (+) # # . # : . . (.) (.) . # # . . . # # (.) # [+] # (.) (.) (.) : # . : . . # . : # . . # # : : : # 3 . : . . # . : # . # 8 # *-----* Tempo: 10 (3/4), custo 15 </pre>	Parte 4, passos 11: <pre> *----- v -----* 2 # (.) (.) (.) (.) (+) . . . : (+) # # . # : . . (.) (.) . # # . . . # # (.) # (+) (.) (.) (.) . . # (.) (.) (.) : # (.) < : . . # . : # . (.) # # : : : # (+) (.) : . . # . : # . # 8 # *-----* Tempo: 2 (4/4), custo: 26 </pre>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Instância 6:

Instância 6 - Mapa Inicial: <pre> *----- v -----* . 5 . # # . : # # # . . . # . 3 . . : 1 # : : . : # . . : . . . # : . . : # . > : . . . # 2 . : # . < : . : # . . # . . # . . 1 . # . : . . # : . . # # # . : 1 # : : : # . . . 4 . . 2 : . . . : : . *----- ^ -----* Parâmetros: N=11, K=6, W=8, Tempo=48 </pre>

UCS

Parte 1, passos 7: <pre> *----- v -----* . 5 . # . (.) # . : (.) # # # . . (.) (.) # . 3 . . : 1 # : : (.) : # . . : . . . # : (.) : # . . . : . . . # [+] . : # . : . : # . . # . # . . 1 . # . : . . # : . . # # # . : 1 # : : : # . . . 4 . . 2 : . . . : : . *-----* Tempo: 43 (1/6), custo 7 </pre>	Parte 2, passos 5: <pre> *----- v -----* . 5 . # . (.) # . : (.) # # # . . (.) (.) # . 3 . . : 1 # : : (.) : # . . : . . . # : (.) : # . . . : . . . # (+) (.) : # . : . : # . . # (.) . # . . 1 . # . : (.) (.) # : . . # # # . : [+] # : : : # . . . 4 . . 2 : . . . : : . *-----* Tempo: 39 (2/6), custo 12 </pre>	Parte 3, passos 6: <pre> *----- v -----* . 5 . # . (.) # . : (.) # # # . . (.) (.) # . 3 . . : 1 # : : (.) : # . . : . . . # : (.) : # . . . : . . . # (+) (.) : # . : . : # . . # (.) . # . . 1 . # . : (.) (.) # : . . # # # (.) (:) (+) # : : . . . (.) (.) (.) : # . . . 4 . . [+] : . . . : : . *-----* Tempo: 34 (3/6), custo 19 </pre>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Parte 4, passos 6: <pre> *----- v -----* . 5 . # . (.) # . : (.) # # # . . (.) (.) # . 3 . . : 1 # : : (.) : # . . : . . . # : (.) : # . . . : . . . # (+) (.) : # . . : . : # . . . # (.) . # . (.) [+] . # . : (.) (.) # : . (.) # # # (.) (: (+) # : : . (.) . (.) (.) (.) : # . . . 4 (.) (.) (+) : . . . : : . *-----* </pre> Tempo: 29 (4/6), custo 25	Parte 5, passos 5: <pre> *----- v -----* . 5 . # . (.) # . : (.) # # # . . (.) (.) # . 3 . . : [+] # : : (.) : # . . : . (.) # : : (.) : # . . . (: (.) . # (+) (.) : # . . : (.) : # . . . # (.) . # . (.) (+) . # . : (.) (.) # : . (.) # # # (.) (: (+) # : : . (.) . (.) (.) (.) : # . . . 4 (.) (.) (+) : . . . : : . *-----* </pre> Tempo: 24 (5/6), custo 31	Parte 6, passos 13: <pre> *----- v -----* (.) (+) . # . (.) (.) (.) # . : (.) # . . . (.) # # . . (.) (.) # . 3 . (.) (: (+) # : : (.) : # . . (: . (.) . # : (.) : # . . > (.) (: (.) . . # (+) (.) : # . . : (.) : # . . . # (.) . # . (.) (+) . # . : (.) (.) # : . . (.) # # # (.) (: (+) # : : . (.) . (.) (.) (.) : # . . . 4 (.) (.) (+) : . . . : : . *-----* </pre> Tempo: 14 (6/6), custo: 46
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

DFS

Parte 1, passos 19: <pre> *-----* . 5 . # (.) (.) (.) (.) (.) (.) . . # . (: . # . . . (.) . # # . (.) (.) . # . 3 (.) . : 1 # : (: (.) : # . (.) : . . . # : (.) : # (.) . : . . . # [+] . : # (.) < : . : # . . . # . # . . . 1 . # . : . . # : . . . # # # . : 1 # : : : # 4 . . 2 : . . . : : : . *-----* </pre> Tempo: 29 (1/6), custo 21	Parte 2, passos 5: <pre> *-----* . 5 . # (.) (.) (.) (.) (.) (.) . . # . (: . # . . . (.) . # # . (.) (.) . # . 3 (.) . : 1 # : (: (.) : # . (.) : . . . # : (.) : # (.) . : . . . # (+) (.) : # (.) < : . : # . . . # (.) . # . . 1 . # . : (.) (.) # : . . . # # # . : [+] # : : : # 4 . . 2 : . . . : : : . *-----* </pre> Tempo: 25 (2/6), custo 26	Parte 3, passos 6: <pre> *-----* . 5 . # (.) (.) (.) (.) (.) (.) . . # . (: . # . . . (.) . # # . (.) (.) . # . 3 (.) . : 1 # : (: (.) : # . (.) : . . . # : (.) : # (.) . : . . . # (+) (.) : # (.) < : . : # . . . # (.) . # . . 1 . # . : (.) (.) # : . . . # # # (.) (: (+) # : : . . . (.) (.) (.) : # . . . 4 . . [+] : . . . : : : . *-----* </pre> Tempo: 20 (3/6), custo 33
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Parte 4, passos 6: <pre> *-----* . 5 . # (.) (.) (.) (.) (.) (.) . . # . (: . # . . . (.) . # # . (.) (.) . # . 3 (.) . : 1 # : (: (.) : # . (.) : . . . # : (.) : # (.) . : . . . # (+) (.) : # (.) < : . : # . . . # (.) . # . (.) [+] . # . : (.) (.) # : . . (.) # # # (.) (: (+) # : : . (.) (.) (.) (.) (.) : # . . . 4 . . (+) : . . . : : : . *-----* </pre> Tempo: 15 (4/6), custo 39	Parte 5, passos 5: <pre> *-----* . 5 . # (.) (.) (.) (.) (.) (.) . . # . (: . # . . . (.) . # # . (.) (.) . # . 3 (.) . : [+] # : (: (.) : # . (.) : (.) (.) . # : (.) : # (.) . (: (.) . # (+) (.) : # (.) < : (.) : # . . . # (.) . # . (.) (+) . # . : (.) (.) # : . . (.) # # # (.) (: (+) # : : . (.) (.) (.) (.) (.) : # . . . 4 . . (+) : . . . : : : . *-----* </pre> Tempo: 10 (5/6), custo 45	Parte 6, passos 13: <pre> *-----* (.) (+) . # (.) (.) (.) (.) (.) (.) (.) . # . (.) . # . . . (.) (.) # # . (.) (.) . # . 3 (.) (.) (: (+) # : : (.) : # . (.) (: (.) (.) . # : (.) : # (.) > (.) (: . . . # (+) (.) : # (.) < : (.) : # . . . # (.) . # . (.) (+) . # . : (.) (.) # : . . (.) # # # (.) (: (+) # : : . (.) (.) (.) (.) (.) : # . . . 4 . . (+) : . . . : : : . *-----* </pre> Tempo: 0 (6/6), custo: 60
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BFS

Parte 1, passos 7: <pre> *----- v -----* . 5 . # . (.) # . : (.) # # # . . (.) (.) # . 3 . . : 1 # : : (.) : # . . : . . . # : (.) : # . . . : . . . # [+] . : # . . : . : # . . . # . # . . . 1 . # . : . . # : . . . # # # . : 1 # : : : # 4 . . 2 : . . . : : : . *-----* </pre> Tempo: 43 (1/6), custo 7	Parte 2, passos 5: <pre> *----- v -----* . 5 . # . (.) # . : (.) # # # . . (.) (.) # . 3 . . : 1 # : : (.) : # . . : . . . # : (.) : # . . . : . . . # (+) (.) : # . . : . : # . . . # (.) . # . . 1 . # . : (.) (.) # : . . . # # # . : [+] # : : : # 4 . . 2 : . . . : : : . *-----* </pre> Tempo: 39 (2/6), custo 12	Parte 3, passos 6: <pre> *----- v -----* . 5 . # . (.) # . : (.) # # # . . (.) (.) # . 3 . . : 1 # : : (.) : # . . : . . . # : (.) : # . . . : . . . # (+) (.) : # . . : . : # . . . # (.) . # . . 1 . # . : (.) (.) # : . . . # # # . (: (+) # : : : (:) # 4 . . [+] (: (.) (.) : : : . *-----* </pre> Tempo: 32 (3/6), custo 21
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Parte 4, passos 6: <pre> *----- v -----* . 5 . # . (.) # . : (.) # # # . . (.) (.) # . 3 . . : 1 # : : (.) : # . . : . . . # : (.) : # . . . : . . . # (+) (.) : # . . : . : # . . . # (.) . # . (.) [+] . # . : (.) (.) # : . . (.) # # # (.) (: (+) # : : . (.) (: # 4 (.) (.) (+) (: (.) (.) . : : . *-----* </pre> Tempo: 27 (4/6), custo 27	Parte 5, passos 5: <pre> *----- v -----* . 5 . # . (.) # . : (.) # # # . . (.) (.) # . 3 . . : [+] # : : (.) : # . . : . (.) . # : (.) : # . . . : (.) . # (+) (.) : # . . : . (: # . . . # (.) . # . (.) (+) (.) # . : (.) (.) # : . . (.) # # # (.) (: (+) # : : . (.) (: # 4 (.) (.) (+) (: (.) (.) . : : . *-----* </pre> Tempo: 22 (5/6), custo 33	Parte 6, passos 13: <pre> *----- v -----* . (+) . # . (.) (.) (.) # . : (.) # . . . (.) # # . . (.) (.) # . 3 . (.) (: (+) # : : (.) : # . . (: . (.) . # : (.) : # . . > (.) : (.) . # (+) (.) : # . . : . (: # . . . # (.) . # . (.) (+) (.) # . : (.) (.) # : . . (.) # # # (.) (: (+) # : : . (.) (: # 4 (.) (.) (+) (: (.) (.) . : : . *-----* </pre> Tempo: 12 (6/6), custo: 48
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Instância 7:

```
Instância 7 - Mapa Inicial:
*-----|v|-----*
| . . . . # . : . . . . |
| 1 # . # . : # . # : # # . |
| # . . # . : # : # . # 1 . |
| . . # . . . 1 . # 1 . # # |
| . # . . . # . . # # . . |
| . # 1 # . . # . . # # . |
| . # . . # . . # # . . # <
| # # # 1 . # . . # . . # . |
| . : . # : . # . # 1 # . . |
| . # : . # : # . # . # . . |
| . 1 # . : . # . # . . . # |
| . # . # # # # . # . # # 1 |
| . . . 1 . . . # . . . . |
*-----|^|-----*

Parâmetros: N=13, K=10, W=10, Tempo=120
```

UCS

```
Parte 1, passos 4:
*-----*
| . . . . # . : . . . . |
| 1 # . # . : # . # : # # . |
| # . . # . : # : # . # 1 . |
| . . # . . . 1 . # 1 . # # |
| . # . . # . . # # . . . |
| . # 1 # . . # . . # # . . |
| . # . . # . . # # . . . |
| # # # 1 . # . . # . . # . |
| . : . # : . # . # 1 # . . |
| . # : . # : # . # . # . . |
| . 1 # . : . # . # . . . # |
| . # . # # # # . # . # # 1 |
| . . . [+] (.) (.) (.) . . . |
*-----|^|-----*
Tempo: 117 (1/10), custo 4

Parte 2, passos 6:
*-----*
| . . . . # . : . . . . |
| 1 # . # . : # . # : # # . |
| # . . # . : # . # : # 1 . |
| . . # . . . 1 . # 1 . # # |
| . # . . # . . # # . . . |
| . # 1 # . . # . . # # . . |
| . # . . # . . # # . . . |
| # # # 1 . # . . # . . # . |
| . : . # : . # . # 1 # . . |
| . # : . # : # . # . # . . |
| (.) [+] # . : . # . . . # |
| (.) # . # # # . # . # # 1 |
| (.) (.) (.) (+) (.) (.) (.) . |
*-----|^|-----*
Tempo: 112 (2/10), custo 10

Parte 3, passos 15:
*-----*
| . . . . # . : . . . . |
| 1 # . # . : # . # : # # . |
| # . . # . : # : # . # 1 . |
| . . # . . . 1 . # 1 . # # |
| . # . . # . . # # . . . |
| . # 1 # . . # . . # # . . |
| . # . . # . . # # . . . |
| # # # [+] (.) # . . . . |
| (.) (:) (.) # (:) (.) # . 1 # . . |
| (.) # (:) (.) # (:) # . . . . |
| (.) (+) # (:) (:) (.) # . . . |
| (.) # . # # # . # . # # 1 |
| (.) (.) (.) (+) (.) (.) (.) . |
*-----|^|-----*
Tempo: 93 (3/10), custo 30

Parte 4, passos 3:
*-----*
| . . . . # . : . . . . |
| 1 # . # . : # . # : # # . |
| # . . # . : # : # . # 1 . |
| . . # . . . 1 . # 1 . # # |
| . # . . # . . # # . . . |
| . # [+] # . . # . . # . . |
| . # (.) (.) # . . # . . . |
| # # # (+) (.) # . . . . |
| (.) (:) (.) # (:) (.) # . 1 # . . |
| (.) # (:) (.) # (:) # . . . . |
| (.) (+) # (:) (:) (.) # . . . |
| (.) # . # # # . # . # # 1 |
| (.) (.) (.) (+) (.) (.) (.) . |
*-----|^|-----*
Tempo: 91 (4/10), custo 33

Parte 5, passos 12:
*-----*
| (.) (.) (.) (.) (.) # . : . . . . |
| [+] # . # (:) : # . # : # # . |
| # . . # (:) : # . # : # 1 . |
| . . # (.) (.) . 1 . # 1 . # # |
| . # (.) (.) # . . # # . . |
| . # (+) # . . # . . # # . . |
| . # (.) (.) # . . # # . . |
| # # # (+) (.) # . . . . |
| (.) (:) (.) # (:) (.) # . 1 # . . |
| (.) # (:) (.) # (:) # . . . . |
| (.) (+) # (:) (:) (.) # . . . |
| (.) # . # # # . # . # # 1 |
| (.) (.) (.) (+) (.) (.) (.) . |
*-----|^|-----*
Tempo: 88 (5/10), custo 45

Parte 6, passos 10:
*-----*
| (.) (.) (.) (.) (.) # . : . . . . |
| (+) # . # (:) : # . # : # # . |
| # . . # (:) : # . # : # 1 . |
| . . # (.) (.) (+) # . # 1 . # # |
| . # (.) (.) # . . # # . . |
| . # (+) # . . # . . # # . . |
| . # (.) (.) # . . # # . . |
| # # # (+) (.) # . . . . |
| (.) (:) (.) # (:) (.) # . 1 # . . |
| (.) # (:) (.) # (:) # . . . . |
| (.) (+) # (:) (:) (.) # . . . |
| (.) # . # # # . # . # # 1 |
| (.) (.) (.) (+) (.) (.) (.) . |
*-----|^|-----*
Tempo: 71 (6/10), custo 55

Parte 7, passos 8:
*-----*
| (.) (.) (.) (.) (.) # . : . . . . |
| (+) # . # (:) : # . # : # # . |
| # . . # (:) : # . # : # 1 . |
| . . # (.) (.) (+) (.) # 1 . # # |
| . # (.) (.) . # . (.) # . . . |
| . # (+) # . . # (.) (.) (.) # . |
| . # (.) (.) # . . # # . . |
| # # # (+) (.) # . . . . |
| (.) (:) (.) # (:) (.) # . [+] # . . |
| (.) # (:) (.) # (:) # . . . . |
| (.) (+) # (:) (:) (.) # . . . |
| (.) # . # # # . # . # # 1 |
| (.) (.) (.) (+) (.) (.) (.) . |
*-----|^|-----*
Tempo: 64 (7/10), custo 63

Parte 8, passos 8:
*-----*
| (.) (.) (.) (.) (.) # . : . . . . |
| (+) # . # (:) : # . # : # # . |
| # . . # (:) : # . # : # 1 . |
| . . # (.) (.) (+) (.) # 1 . # # |
| . # (.) (.) . # . (.) # . . . |
| . # (+) # . . # (.) (.) (.) # . |
| . # (.) (.) # . . # # . . |
| # # # (+) (.) # . . . . |
| (.) (:) (.) # (:) (.) # . (+) # . . |
| (.) # (:) (.) # (:) # . . . . |
| (.) (+) # (:) (:) (.) # . . . |
| (.) # . # # # . # . # # [+] |
| (.) (.) (.) (+) (.) (.) (.) . |
*-----|^|-----*
Tempo: 57 (8/10), custo 71

Parte 9, passos 19:
*-----*
| (.) (.) (.) (.) (.) # . : . . . . |
| (+) # . # (:) : # . # : # # . |
| # . . # (:) : # . # : # 1 . |
| . . # (.) (.) (+) (.) # [+] (.) # # |
| . # (.) (.) . # . (.) # (.) (.) (.) |
| . # (+) # . . # (.) (.) (.) # # (.) |
| . # (.) (.) # . . # # . . |
| # # # (+) (.) # . . . . |
| (.) (:) (.) # (:) (.) # . (+) # (.) (.) |
| (.) # (:) (.) # (:) # . . . . |
| (.) (+) # (:) (:) (.) # . . . |
| (.) # . # # # . # . # # (+) |
| (.) (.) (.) (+) (.) (.) (.) . |
*-----|^|-----*
Tempo: 39 (9/10), custo 90

Parte 10, passos 19:
*-----|v|-----*
| (.) (.) (.) (.) (.) # (:) (:) (.) (.) (.) (.) |
| (+) # . # (:) : # . # (:) # # (.) |
| # . . # (:) : # : # (.) # (+) (.) |
| . . # (.) (.) (+) (.) # (+) (.) # # |
| . # (.) (.) . # . (.) # # (.) (.) (.) |
| . # (+) # . . # (.) (.) (.) # # (.) |
| . # (.) (.) # . . # # . . |
| # # # (+) (.) # . . . . |
| (.) (:) (.) # (:) (.) # . (+) # (.) (.) |
| (.) # (:) (.) # (:) # . . . . |
| (.) (+) # (:) (:) (.) # . . . |
| (.) # . # # # . # . # # (+) |
| (.) (.) (.) (+) (.) (.) (.) . # (.) (.) (.) (.) |
*-----|^|-----*
Tempo: 19 (10/10), custo: 111
```

DFS

<div>Parte 1, passos 7:</div> <div>*-----*</div> <div> # . : </div> <div> 1 # . . . : # . : # # . </div> <div> # : # : # . # 1 . </div> <div> . . # . . . 1 . # [+] (.) # </div> <div> . # . . . # . . # (.) (.) </div> <div> . # 1 # # # (.) </div> <div> . # . . . # . # . # (.) < </div> <div> # # # 1 . # . . # . . . </div> <div> . : . # : . # . # 1 # . . </div> <div> . # : . # : # . # . # . . </div> <div> . 1 # . : . # . # . # . # </div> <div> . # . # # # . . # . # 1 </div> <div> . . . 1 # </div> <div>*-----*</div> <div>Tempo: 114 (1/10), custo 7</div>	<div>Parte 2, passos 19:</div> <div>*-----*</div> <div> # (.) (:.) (.) (.) (.) (.) </div> <div> 1 # . . . : # . # (:.) # # (.) </div> <div> # : # : # (.) # [+] (.) </div> <div> . . # . . . 1 . # (+) (.) # # </div> <div> . # . . . # . . # (.) (.) (.) </div> <div> . # 1 # # . # # (.) </div> <div> . # . . . # . # . . # (.) < </div> <div> # # # 1 . # . . # . # . . </div> <div> . : . # : . # . # 1 # . . </div> <div> . # : . # : # . # . # . . </div> <div> . 1 # . : . # . # . # . # </div> <div> . # . # # # . . # . # # 1 </div> <div> . . . 1 # </div> <div>*-----*</div> <div>Tempo: 91 (2/10), custo 31</div>	<div>Parte 3, passos 18:</div> <div>*-----*</div> <div> # (.) (:.) (.) (.) (.) (.) </div> <div> 1 # . . . : # (.) # (:.) # # (.) </div> <div> # : # : # (.) # (+) (.) </div> <div> . . # . . . 1 (.) # (+) (.) # # </div> <div> . # . . . # . (.) # # (.) (.) (.) </div> <div> . # 1 # . . # (.) (.) (.) # # (.) </div> <div> . # . . . # . # # (.) # (.) < </div> <div> # # # 1 . # . . # (.) . # . </div> <div> . : . # : . # . # [+] # . . </div> <div> . # : . # : # . # . # . . </div> <div> . 1 # . : . # . # . . # . # </div> <div> . # . # # # . . # . # # 1 </div> <div> . . . 1 # </div> <div>*-----*</div> <div>Tempo: 72 (3/10), custo 51</div>
<div>Parte 4, passos 8:</div> <div>*-----*</div> <div> # (.) (:.) (.) (.) (.) (.) </div> <div> 1 # . . . : # (.) # (:.) # # (.) </div> <div> # : # (.) # (.) # (+) (.) </div> <div> . . # . . . 1 (.) # (+) (.) # # </div> <div> . # . . . # . (.) # # (.) (.) (.) </div> <div> . # 1 # . . # (.) (.) (.) # # (.) </div> <div> . # . . . # . # # (.) . # (.) < </div> <div> # # # 1 . # . . # (.) . # . </div> <div> . : . # : . # . # (+) # . . </div> <div> . # : . # : # . # (.) # . . </div> <div> . 1 # . : . # . # . # . # </div> <div> . # . # # # . # (.) # # [+] </div> <div> . . . 1 # (.) (.) (.) </div> <div>*-----*</div> <div>Tempo: 65 (4/10), custo 59</div>	<div>Parte 5, passos 16:</div> <div>*-----*</div> <div> # (.) (:.) (.) (.) (.) (.) </div> <div> 1 # . . . : # (.) # (:.) # # (.) </div> <div> # : # (.) # (.) # (+) (.) </div> <div> . . # . . . [+] (.) # (+) (.) # # </div> <div> . # . . . # . (.) # # (.) (.) (.) </div> <div> . # 1 # . . # (.) (.) (.) # # (.) </div> <div> . # . . . # . # # (.) . # (.) < </div> <div> # # # 1 . # . . # (.) . # . </div> <div> . : . # : . # . # (+) # . . </div> <div> . # : . # : # . # (.) # . . </div> <div> . 1 # . : . # . # (.) . # . </div> <div> . # . # # # . # (.) # # (+) </div> <div> . . . 1 # (.) (.) (.) </div> <div>*-----*</div> <div>Tempo: 50 (5/10), custo 75</div>	<div>Parte 6, passos 10:</div> <div>*-----*</div> <div> (.) (.) (.) (.) (.) # (.) (:.) (.) (.) (.) (.) </div> <div> [+] # . . # (.) : # (.) # (:.) # # (.) </div> <div> # . . . # (.) : # (.) # (.) # (+) (.) </div> <div> . . # . . # (.) (+) (.) # (+) (.) # # </div> <div> . # . . . # . (.) # # (.) (.) (.) </div> <div> . # 1 # . . # (.) (.) (.) # # (.) </div> <div> . # . . # . # # (.) . # (.) < </div> <div> # # # 1 . # . . # (.) . # . </div> <div> . : . # : . # . # (+) # . . </div> <div> . # : . # : # . # (.) # . . </div> <div> . 1 # . : . # . # (.) . # . </div> <div> . # . # # # . # (.) # # (+) </div> <div> . . . 1 # (.) (.) (.) </div> <div>*-----*</div> <div>Tempo: 41 (6/10), custo 85</div>
<div>Parte 7, passos 12:</div> <div>*-----*</div> <div> (.) (.) (.) (.) (.) # (.) (:.) (.) (.) (.) (.) </div> <div> (+) # . . # (.) : # (.) # (:.) # # (.) </div> <div> # . . . # (.) : # (.) # (.) # (+) (.) </div> <div> . . # . . # (.) (.) (+) (.) # (+) (.) # # </div> <div> . # (.) (.) . # . (.) # # (.) (.) (.) </div> <div> . # [+] # . . # (.) (.) (.) # # (.) </div> <div> . # . . # . # # (.) (.) # # (.) < </div> <div> # # # 1 . # . . # (.) . # . </div> <div> . : . # : . # . # (+) # . . </div> <div> . # : . # : # . # (.) # . . </div> <div> . 1 # . : . # . # (.) . # . </div> <div> . # . # # # . # (.) # # (+) </div> <div> . . . 1 # (.) (.) (.) </div> <div>*-----*</div> <div>Tempo: 30 (7/10), custo 97</div>	<div>Parte 8, passos 3:</div> <div>*-----*</div> <div> (.) (.) (.) (.) (.) # (.) (:.) (.) (.) (.) (.) </div> <div> (+) # . . # (.) : # (.) # (:.) # # (.) </div> <div> # . . . # (.) : # (.) # (.) # (+) (.) </div> <div> . . # . . # (.) (.) (+) (.) # (+) (.) # # </div> <div> . # (.) (.) . # . (.) # # (.) (.) (.) </div> <div> . # (+) # . . # (.) (.) (.) # # (.) </div> <div> . # (.) (.) . # # # (.) . # (.) < </div> <div> # # # [+] . # . . # (.) . # . </div> <div> . : . # : . # . # (+) # . . </div> <div> . # : . # : # . # (.) # . . </div> <div> . 1 # . : . # . # (.) . # . </div> <div> . # . # # # . # (.) # # (+) </div> <div> . . . 1 # (.) (.) (.) </div> <div>*-----*</div> <div>Tempo: 28 (8/10), custo 100</div>	<div>Parte 9, passos 15:</div> <div>*-----*</div> <div> (.) (.) (.) (.) (.) # (.) (:.) (.) (.) (.) (.) </div> <div> (+) # . . # (.) : # (.) # (:.) # # (.) </div> <div> # . . . # (.) : # (.) # (.) # (+) (.) </div> <div> . . # . . # (.) (.) (+) (.) # (+) (.) # # </div> <div> . # (.) (.) . # . (.) # # (.) (.) (.) </div> <div> . # (+) # . . # (.) (.) (.) # # (.) </div> <div> . # (.) (.) . # # # (.) . # (.) < </div> <div> # # # (+) (.) # . . # (.) . # . </div> <div> (.) (:.) (.) # (:.) (.) # . # (+) # . . </div> <div> (.) # (:.) (.) # (:.) # . # (.) # . . </div> <div> (.) [+] # (.) (.) (.) # . # (.) . # . </div> <div> . # . # # # . # (.) # # (+) </div> <div> . . . 1 # (.) (.) (.) </div> <div>*-----*</div> <div>Tempo: 9 (9/10), custo 120</div>
<div>Parte 10, passos 10:</div> <div>*-----*</div> <div> (.) (.) (.) (.) (.) # (.) (:.) (.) (.) (.) (.) </div> <div> (+) # . . # (.) : # (.) # (:.) # # (.) </div> <div> # . . . # (.) : # (.) # (.) # (+) (.) </div> <div> . . # . . # (.) (.) (+) (.) # (+) (.) # # </div> <div> . # (.) (.) . # . (.) # # (.) (.) (.) </div> <div> . # (+) # . . # (.) (.) (.) # # (.) </div> <div> . # (.) (.) . # # # (.) . # (.) < </div> <div> # # # (+) (.) # . . # (.) . # . </div> <div> (.) (:.) (.) # (:.) (.) # . # (+) # . . </div> <div> (.) # (:.) (.) # (:.) # . # (.) # . . </div> <div> (.) (+) # (.) (.) (.) # . # (.) . # . </div> <div> (.) # . # # # . # (.) # # (+) </div> <div> (.) (.) (.) (+) (.) (.) . # (.) (.) (.) </div> <div>*-----*</div> <div>Tempo: 0 (10/10), custo: 130</div>		

BFS

<div>Parte 1, passos 10:</div> <div>*-----*</div> <div> # (.) (:.) (.) (.) (.) (.) </div> <div> 1 # . . . : # . # : # # (.) </div> <div> # : # : # . # [+] (.) </div> <div> . . # . . . 1 . # 1 . # # . </div> <div> . # . . . # . # . # . # . </div> <div> . # 1 # . . # . . # . # . . </div> <div> . # . . . # . # . . # . . </div> <div> # # # 1 . # . . # . # . . </div> <div> . : . # : . # . # 1 # . . </div> <div> . # : . # : # . # . # . # . </div> <div> . 1 # . : . # . # . # . # </div> <div> . # . # # # . # . # # 1 </div> <div> . . . 1 # </div> <div>*-----*</div> <div>Tempo: 110 (1/10), custo 11</div>	<div>Parte 2, passos 9:</div> <div>*-----*</div> <div> # (.) (:.) (.) (.) (.) (.) </div> <div> 1 # . . . : # . # (:.) # # (.) </div> <div> # : # : # (.) # (+) (.) </div> <div> . . # . . . 1 . # [+] . # # </div> <div> . # . . . # . . # . # . . </div> <div> . # 1 # . . # . . # . # . . </div> <div> . # . . . # . # . . # . . </div> <div> # # # 1 . # . . # . # . . </div> <div> . : . # : . # . # 1 # . . </div> <div> . # : . # : # . # . # . # . </div> <div> . 1 # . : . # . # . # . # </div> <div> . # . # # # . # . # # 1 </div> <div> . . . 1 # </div> <div>*-----*</div> <div>Tempo: 101 (2/10), custo 21</div>	<div>Parte 3, passos 19:</div> <div>*-----*</div> <div> # (.) (:.) (.) (.) (.) (.) </div> <div> 1 # . . . : # . # (:.) # # (.) </div> <div> # : # : # (.) # (+) (.) </div> <div> . . # . . . 1 . # (+) (.) # # </div> <div> . # . . . # . # # (.) (.) (.) </div> <div> . # 1 # . . # . . # . # (.) </div> <div> . # . . . # . # . . # . # </div> <div> # # # 1 . # . . # . # . # (.) </div> <div> . : . # : . # . # 1 # . . </div> <div> . # : . # : # . # . # . # . </div> <div> . 1 # . : . # . # . # . # </div> <div> . # . # # # . # (.) (.) # # </div> <div> . # . # # # . # (.) # # [+] </div> <div> . . . 1 # (.) (.) (.) </div> <div>*-----*</div> <div>Tempo: 83 (3/10), custo 40</div>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

```

Parte 4, passos 8:
*-----[v]-----*
| . . . . # (.) (:) (.) (.) (.) (.) |
| 1 # . # . : # . # (:) # # (.) |
| # . . # . : # : # (.) # (+) (.) |
| . . # . . 1 . # (+) (.) # # |
| . # . . # . . # # (.) (.) (.) |
| . # 1 # . . # . . # # (.) |
| . # . # . . # # . . # (.) |
| # # # 1 . # . . # . # (.) |
| . : . # : . # . # (+) # . (.) |
| . # : . # : # . # (.) # (.) (.) |
| . 1 # . . : # . # (.) (.) # |
| . # . # # # # . # (.) # # (+) |
| . . . 1 . . . . # (.) (.) (.) |
*-----*
Tempo: 76 (4/10), custo 48

```

```

Parte 5, passos 8:
*-----[v]-----*
| . . . . # (.) (:) (.) (.) (.) (.) |
| 1 # . # . : # . # (:) # # (.) |
| # . . # . : # : # (.) # (+) (.) |
| . . # . . [+] . # (+) (.) # # |
| . # . . # (.) (.) # # (.) (.) (.) |
| . # 1 # . . # (.) (.) # # (.) |
| . # . # . . # # (.) . # (.) |
| # # # 1 . # . . # (.) . # (.) |
| . : . # : . # . # (+) # . (.) |
| . # : . # : # . # (.) # (.) (.) |
| . 1 # . . : # . # (.) (.) # |
| . # . # # # # . # (.) # # (+) |
| . . . 1 . . . . # (.) (.) (.) |
*-----*
Tempo: 69 (5/10), custo 56

```

```

Parte 6, passos 10:
*-----[v]-----*
| (.) (.) (.) (.) (.) # (:) (:) (.) (.) (.) |
| [+] # . # (:) : # . # (:) # # (.) |
| # . . # (:) : # : # (.) # (+) (.) |
| . . # . . # (.) (+) . # (+) (.) # # |
| . # . . . # (.) (.) # # (.) (.) (.) |
| . # 1 # . . # (.) (.) # # (.) |
| . # . # . . # # (.) . # (.) |
| # # # 1 . # . . # (.) . # (.) |
| . : . # : . # . # (+) # . (.) |
| . # : . # : # . # (.) # (.) (.) |
| . 1 # . . : # . # (.) (.) # |
| . # . # # # # . # (.) # # (+) |
| . . . 1 . . . . # (.) (.) (.) |
*-----*
Tempo: 68 (6/10), custo 66

```

```

Parte 7, passos 12:
*-----[v]-----*
| (.) (.) (.) (.) (.) # (.) (:) (.) (.) (.) (.) |
| (+) # . # (:) : # . # (:) # # (.) |
| # . . # (:) : # : # (.) # (+) (.) |
| . . # . . # (.) (+) . # (+) (.) # # |
| . # (.) (.) (.) # (.) (.) # # (.) (.) (.) |
| . # [+] # . . # (.) (.) . # # (.) |
| . # . . # . . # # (.) . # (.) |
| # # # 1 . # . . # (.) . # (.) |
| . : . # : . # . # (+) # . (.) |
| . # : . # : # . # (.) # (.) (.) |
| . 1 # . . : # . # (.) (.) # |
| . # . # # # # . # (.) # # (+) |
| . . . 1 . . . . # (.) (.) (.) |
*-----*
Tempo: 49 (7/10), custo 78

```

```

Parte 8, passos 3:
*-----[v]-----*
| (.) (.) (.) (.) (.) # (.) (:) (.) (.) (.) (.) |
| (+) # . # (:) : # . # (:) # # (.) |
| # . . # (:) : # : # (.) # (+) (.) |
| . . # . . # (.) (+) . # (+) (.) # # |
| . # (.) (.) (.) # (.) (.) # # (.) (.) (.) |
| . # (+) # . . # (.) (.) (.) # # (.) |
| . # (.) (.) # . . # # (.) . # (.) |
| # # # [+] . # . . # (.) . # (.) |
| . : . # : . # . # (+) # . (.) |
| . # : . # : # . # (.) # (.) (.) |
| . 1 # . . : # . # (.) (.) # |
| . # . # # # # . # (.) # # (+) |
| . . . 1 . . . . # (.) (.) (.) |
*-----*
Tempo: 47 (8/10), custo 81

```

```

Parte 9, passos 15:
*-----[v]-----*
| (.) (.) (.) (.) (.) # (.) (:) (.) (.) (.) (.) |
| (+) # . # (:) : # . # (:) # # (.) |
| # . . # (:) : # : # (.) # (+) (.) |
| . . # . . # (.) (+) . # (+) (.) # # |
| . # (.) (.) (.) # (.) (.) # # (.) (.) (.) |
| . # (+) # . . # (.) (.) (.) # # (.) |
| . # (.) (.) # . . # # (.) . # (.) |
| # # # (+) (.) # . . # (.) . # (.) |
| (.) (:) (.) # (:) (.) # . # (+) # . (.) |
| (.) # (:) (.) # (:) # . # (.) # (.) (.) |
| (.) [+] # (.) (:) (.) # . # (.) (.) # |
| . # . # # # # . # (.) # # (+) |
| . . . 1 . . . . # (.) (.) (.) |
*-----*
Tempo: 28 (9/10), custo 101

```

```

Parte 10, passos 10:
*-----[v]-----*
| (.) (.) (.) (.) (.) # (.) (:) (.) (.) (.) (.) |
| (+) # . # (:) : # . # (:) # # (.) |
| # . . # (:) : # : # (.) # (+) (.) |
| . . # . . # (.) (+) . # (+) (.) # # |
| . # (.) (.) (.) # (.) (.) # # (.) (.) (.) |
| . # (+) # . . # (.) (.) (.) # # (.) |
| . # (.) (.) # . . # # (.) . # (.) |
| # # # (+) (.) # . . # (.) . # (.) |
| (.) (:) (.) # (:) (.) # . # (+) # . (.) |
| (.) # (:) (.) # (:) # . # (.) # (.) (.) |
| (.) (+) # (.) (:) (.) # . # (.) (.) (.) |
| (.) # . # # # # . # (.) # # (+) |
| (.) (.) (.) (+) (.) (.) . # (.) (.) (.) |
*-----[v]-----*
Tempo: 19 (10/10), custo: 111

```

Instância 8:

```

Instância 8 - Mapa Inicial:
*-----[v]-----*
| 3 . . . . . : : : . 3 . 2 |
| . . . . # # # # . : . : |
| . . . . : . . . . 2 |
| . . . . 2 : . 3 . . . . |
| . . . . . : . : . . . . |
| . # . . : : . : . . 1 # . |
| . # 3 : . . : . . . # . |
> # . . 2 : . . . : : # . <
| . # . . : . . . . # : |
| . # 2 : . : . : . . # . |
| . . . . : . . . : . . : |
| 2 . . : . : . . . : . 3 . |
| . # . : . . . . . . . |
| . : . . # # # # . : . . |
| . . 3 . . . . . 3 . . 4 |
*-----[v]-----*
Parâmetros: N=15, K=10, W=15, Tempo=30

```

UCS

```

Parte 1, passos 5:
*-----[v]-----*
| 3 . . . . . : : : . 3 . 2 |
| . . . . # # # # . : . : |
| . . . . : . . . . 2 |
| . . . . 2 : . 3 . . . . |
| . . . . . : . : . . . . |
| . # . . : : . : . . 1 # . |
| . # 3 : . . : . . . # . |
> (.) # . . 2 : . . . : : # . <
| (.) # . . : . . . . # : |
| (.) # 2 : . : . : . . # . |
| (.) . . . . . : . . . . |
| [+] . . : . : . : . 3 . . |
| . . . . # # # # . : . . |
| . . 3 . . . . . 3 . . 4 |
*-----*
Tempo: 27 (1/10), custo 5

```

```

Parte 2, passos 4:
*-----[v]-----*
| 3 . . . . . : : : . 3 . 2 |
| . . . . # # # # . : . : |
| . . . . : . . . . 2 |
| . . . . 2 : . 3 . . . . |
| . . . . . : . : . . . . |
| . # . . : : . : . . 1 # . |
| . # 3 : . . : . . . # . |
> (.) # . . 2 : . . . : : # . <
| (.) # . . : . . . . # : |
| (.) # [+] . : . : . . # . |
| (.) . . . . . : . . . . |
| (+) (.) (.) : . . . : : 3 . |
| . . . . # # # # . : . . |
| . . 3 . . . . . 3 . . 4 |
*-----*
Tempo: 25 (2/10), custo 9

```

```

Parte 3, passos 3:
*-----[v]-----*
| 3 . . . . . : : : . 3 . 2 |
| . . . . # # # # . : . : |
| . . . . : . . . . 2 |
| . . . . 2 : . 3 . . . . |
| . . . . . : . : . . . . |
| . # . . : : . : . . 1 # . |
| . # [+] . : . . : . . # . |
> (.) # (.) . 2 : . . . : : # . <
| (.) # (.) . : . . . . # : |
| (.) # (+) . : . . : . . # . |
| (.) . . . . . : . . . . |
| (+) (.) (.) : . . . : : 3 . |
| . . . . # # # # . : . . |
| . . 3 . . . . . 3 . . 4 |
*-----*
Tempo: 25 (3/10), custo 12

```

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

[illegible]

BFS

[illegible]

```

Parte 5, passo 5:
[
  3  - - - - - (.) (.) (.) (.) (.) (.)
  - - - - - # # - - - - - (.) (.) (.) (.) (.)
  - - - - - 1 - - - - - - - - - - - (.)
  - - - - - 2 1 - - - - - [.] - - - - - (.)
  - - - - - 1 - - - - - (.) - - - - - (.) (.)
  - # - - - - - 1 - - - - - (.) (.) (.) (.) #
  - # 3 - - - - - 1 - - - - - - - - - - - #
  - # - - - - - 2 1 - - - - - - - - - - - #
  - - - - - 1 - - - - - - - - - - - # 1
  - # 2 1 - - - - - 1 - - - - - - - - - - - #
  - - - - - 1 - - - - - - - - - - - 1
  2 - - - - - 1 - - - - - - - - - - - 3
  - - - - - 1 - - - - - - - - - - -
  - - - - - # # # # - - - - - 1 - - -
  - 3 - - - - - - - - - - - 3 - - - 4
]

```

[illegible]

```

Parte 7, passos 61:
-----[v]-----*
| 5 | . | . | . | . | (-) (-) (-) (-) (-) (-) (-) | | | | | | |
| . | . | . | # | # | # | # | # | . | . | . | (-) |
| . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | (-) |
| . | . | . | . | (-) (-) (-) (-) (-) (-) (-) (-) |
| . | . | . | . | (-) | . | (-) | . | (-) (-) (-) |
| # | . | . | 1 | (-) | . | (-) | (-) (-) (-) (-) |
| # | 3 | . | . | . | . | (-) | . | . | . | # |
| . | . | . | [+] (-) (-) | . | . | . | . | . | . | 1 |
| # | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 |
| # | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | # |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 |
| 2 | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | 3 |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 |
| . | . | . | # | # | # | # | # | . | . | . | 1 |
| . | 3 | . | . | . | . | . | . | 3 | . | . | 4 |
-----
Tempo: 8 (7/10), custo 37

```

[illegible][illegible]

Instância 9:

```

Instância 9 - Mapa Inicial:
*-----|v|-----*
| 3 . . . . . : : : . 3 . 2 |
| . . . . . # # # # # . : . : |
| . . . . . : . # . . . . 2 |
| . . . . . 2 # . 3 . . . . |
| . # # # . # . # . # # . |
| . # . . . # : # : # . 1 # . |
| . # 3 . : # . . # . # . |
> . # . . 2 # # # # # : : . # . <
| . # . . . # : . . # . . # : |
| . # 2 : . # . # . # . # . |
| . # # # . # . # . # : # # # : |
| 2 . . : . : . # . : . : 3 . |
| . . . . : . . # . . . . . |
| . : . . . # # # # # . : . . |
| . 3 . . . . . . . 3 . . 4 |
*-----|^|-----*
Parâmetros: N=15, K=10, W=15, Tempo=45

```

UCS

```

Parte 1, passos 5:
[3] - - - - - : 1 : 1 : 3 : 2 :
[ ] - - - - - # # # # # : 1 :
[ ] - - - - - : # # - - - : 2 :
[ ] - - - - - 2 # 3 - - - :
[ ] # # # - - - # # # # # :
[ ] # - - - # 1 - - - 1 # :
[ ] # 3 - 1 # - - - # - - :
[()] - - - 2 # # # - 1 - - :
[()] # - - - # 1 - - - # :
[()] # 2 : - - - # - - - :
[()] # # # - - - # : # # :
[+] - - - 1 : - - - 1 : 3 :
[ ] - - - 1 - - - # - - - :
[ ] - - - # # # # - 1 - - :
[ ] 3 - - - - - 3 - - 4 :
Tempo: 42 (1/10), custo 5

```

```

Parte 2, passos 5:
+-----+-----+
| 3 | . | . | . | . | : | : | 3 | 2 |
| . | . | . | # | # | # | . | . | : |
| . | . | . | : | # | # | . | . | 2 |
| . | . | . | 2 | # | 3 | . | . | : |
| # | # | # | . | # | # | # | # | : |
| . | . | . | # | : | : | . | 1 | # |
| . | 3 | : | # | : | # | . | . | # |
> (.) . | 2 | # | # | # | : | . | . | : |
| (.) . | . | : | # | . | . | . | : | |
| (.) 2 | . | # | # | # | . | . | : |
| (.) # | # | . | # | : | # | # | : |
| (+) (-) . | . | # | : | . | . | 3 | . |
| . | (-) (-) . | . | . | . | . | . | . |
| : | (-) . | # | # | # | # | . | . | : |
| . | [+] . | . | . | . | 3 | . | 4 |
+-----+-----+
Tempo: 40 (2/10), custo 10

```

[illegible]

```

Parte 4, passos 31:
+-----+-----+
| 3 | . | . | . | . | . | : | : | : | 3 | 2 | |
| . | . | . | . | # | # | # | # | . | . | . | |
| . | . | . | . | : | # | . | . | . | . | 2 | |
| . | . | . | . | 2 | # | 3 | . | . | . | . | |
| # | # | # | # | # | # | # | # | # | # | |
| # | . | . | . | : | : | : | . | 1 | # | |
| # | 3 | : | # | # | . | . | . | . | # | |
| (.) | . | . | 2 | # | # | # | : | : | . | |
| (.) | # | . | # | : | . | . | . | . | # | |
| (.) | 2 | : | . | . | . | . | . | . | : | |
| (.) | # | # | . | . | . | : | # | # | : | |
| (+) | (.) | : | : | # | : | : | : | 3 | |
| . | (.) | (.) | . | # | # | # | . | . | . | |
| . | (.) | (.) | . | # | # | # | . | : | . | |
| . | (+) | (.) | (.) | (.) | (.) | (.) | (+) | (.) | (+) | |
+-----+-----+
Tempo: 35 (4/10), custo 22

```

```

Parte 5, passos 4:
-----
| 3 | . | . | . | . | . | 1 | : | : | 3 | : | 2 |
| . | . | . | . | # | # | # | : | : | . | : | : |
| . | . | . | . | : | # | . | . | . | . | . | 2 |
| . | . | . | . | 2 | # | 3 | . | . | . | . | . |
| . | # | # | . | . | . | . | . | . | # | # | # |
| . | . | . | . | . | : | # | : | # | . | 1 | # |
| . | # | 3 | : | # | . | . | . | . | . | . | . |
> (.) # | . | 2 | # | # | # | # | : | : | . | # |
| (.) # | . | . | . | : | . | . | . | . | . | : |
| (.) # | 2 | : | . | . | . | . | . | . | . | : |
| (.) # | # | . | . | . | . | # | : | # | # | : |
| (+) (.) | . | : | : | . | . | . | : | : | (+) |
| . | (.) (.) | : | . | # | . | . | . | . | . | (.) |
| . | (.) (.) | . | . | . | . | # | . | . | . | (.) |
| . | (+) (.) (.) (.) (.) (.) (.) (.) (+) (.) (+)
-----
Tempo: 34 (5/10), custo 26

```

[illegible][illegible]

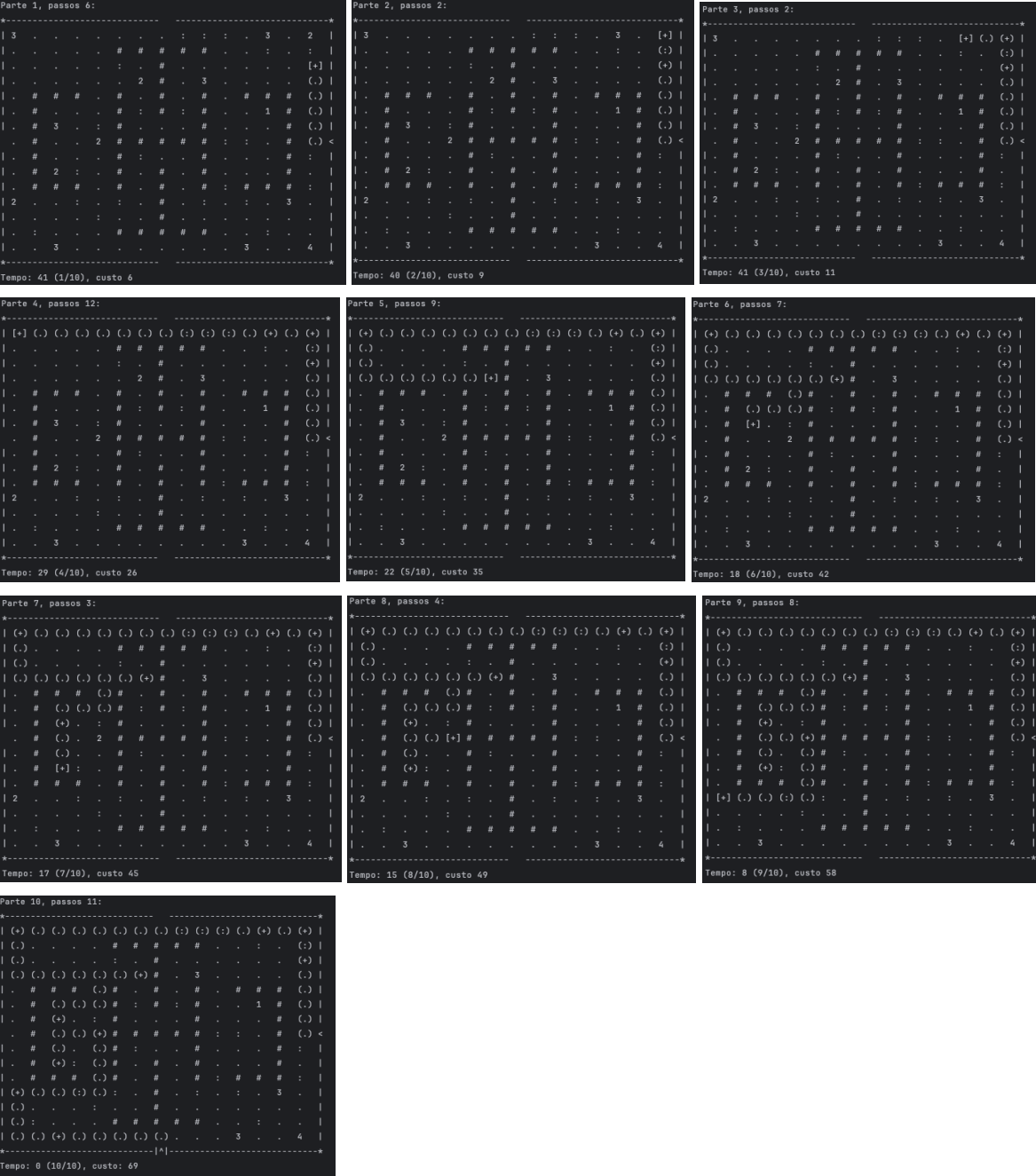
```

Parte 8, passo 4:
-----
| 3 | . . . . . : : (.) [+] . 2 |
| . . . . . # # # # # : : . . . . . |
| . . . . . : : # # (.) (.) . 2 |
| . . . . . 2 # # (4) . . . . . |
| . . # # . . . . # # (.) # # . . |
| . # . . . # : # : # (.) (.) (+) . |
| . # 3 : . . . . # . . . . (.) # . |
> (.) . . 2 # # # # : : (.) # . |
| (.) # . . . . # : # (.) (.) # . |
| (.) # 2 : . . . . # (.) (.) . . |
| (.) # # . . . . # # (2) # # . . |
| (+) (.) : : . . : : (2) (2) (+) . |
| (.) (2) : : # # . . . . (2) . . |
| : : (2) . . . . # # # : : (2) (2) . |
| . . (+) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (+) (2) (+) |
-----
Tempo: 17 (8/10), custo 50

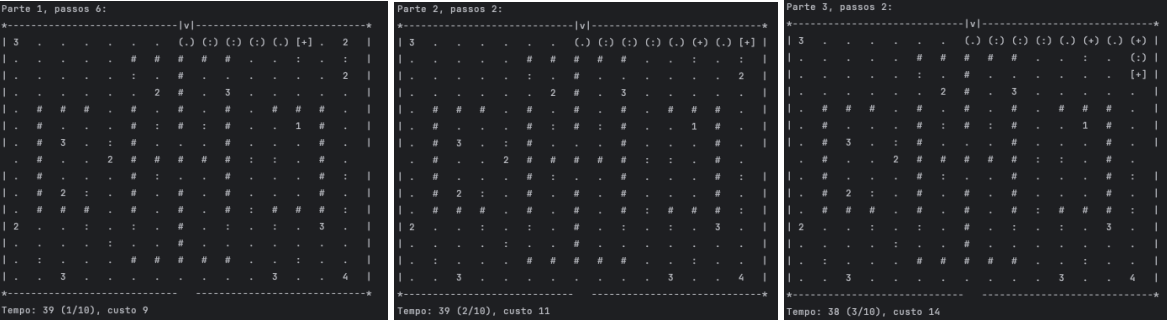
```

[illegible][illegible]

DFS



BFS



```

Parte 4, passos 6:
*-----|v|-----*
| 3 . . . . . (.) (:.) (:.) (:.) (+.) (+.) |
| . . . . . # # # # # . . . . . (:.) |
| . . . . . : # . . . . . (+.) |
| . . . . . 2 # . . . . . (+.) (:.) (:.) |
| . . . . . # # # # # . . . . . # # # # # |
| . . . . . # : # : # . . . . . 1 # . |
| . . . . . 3 : # . . . . . # . . . . . |
| . . . . . 2 # # # # # . . . . . : # . |
| . . . . . # 1 : # . . . . . # : |
| . . . . . # 2 : # . . . . . # . . . . . |
| . . . . . # # # # # . . . . . # # # # # |
| 2 . . . . . : # . . . . . : # . . . . . 3 . |
| . . . . . : # . . . . . # . . . . . |
| . . . . . # # # # # . . . . . : # . |
| . . . . . 3 . . . . . . . . . . 3 . . 4 |
*-----*
Tempo: 35 (4/10), custo 20

Parte 5, passos 9:
*-----|v|-----*
| 3 . . . . . . (.) (:.) (:.) (:.) (+.) (+.) |
| . . . . . # # # # # . . . . . (:.) |
| . . . . . : # . . . . . (+.) |
| . . . . . (+.) # (.) (+.) (:.) (:.) (:.) |
| . . . . . # # # # # . . . . . # # # # # |
| . . . . . # (:.) # (:.) # . . . . . 1 # . |
| . . . . . 3 : # (.) (.) # . . . . . # . |
| . . . . . 2 # # # # # . . . . . : # . |
| . . . . . # 1 : # . . . . . # : |
| . . . . . # 2 : # . . . . . # . . . . . |
| . . . . . # # # # # . . . . . # # # # # |
| 2 . . . . . : # . . . . . : # . . . . . 3 . |
| . . . . . : # . . . . . # . . . . . |
| . . . . . # # # # # . . . . . : # . |
| . . . . . 3 . . . . . . . . . . 3 . . 4 |
*-----*
Tempo: 26 (5/10), custo 31

Parte 6, passos 6:
*-----|v|-----*
| 3 . . . . . . (.) (:.) (:.) (:.) (+.) (+.) |
| . . . . . # # # # # . . . . . (:.) |
| . . . . . : # . . . . . (+.) |
| . . . . . (+.) # (.) (+.) (:.) (:.) (:.) |
| . . . . . # # # # # . . . . . # # # # # |
| . . . . . # (:.) # (:.) # . . . . . 1 # . |
| . . . . . 3 : # (.) (.) # . . . . . # . |
| . . . . . (+.) # # # # # . . . . . : # . |
| . . . . . # 1 : # . . . . . # : |
| . . . . . # 2 : # . . . . . # . . . . . |
| . . . . . # # # # # . . . . . # # # # # |
| 2 . . . . . : # . . . . . : # . . . . . 3 . |
| . . . . . : # . . . . . # . . . . . |
| . . . . . # # # # # . . . . . : # . |
| . . . . . 3 . . . . . . . . . . 3 . . 4 |
*-----*
Tempo: 21 (6/10), custo 38

Parte 7, passos 3:
*-----|v|-----*
| 3 . . . . . . (.) (:.) (:.) (:.) (+.) (+.) |
| . . . . . # # # # # . . . . . (:.) |
| . . . . . : # . . . . . (+.) |
| . . . . . (.) (.) (+.) # (.) (+.) (:.) (:.) |
| . . . . . # # # # # . . . . . # # # # # |
| . . . . . # (.) # (.) # . . . . . 1 # . |
| . . . . . # (:.) # (:.) # . . . . . # . |
| . . . . . (+.) (:.) # (.) (.) # . . . . . |
| . . . . . # (.) (+.) # # # # # . . . . . |
| . . . . . # : # : # . . . . . # : |
| . . . . . 2 : # . . . . . # . . . . . |
| . . . . . # # # # # . . . . . # # # # # |
| 2 . . . . . : # . . . . . : # . . . . . 3 . |
| . . . . . : # . . . . . # . . . . . |
| . . . . . # # # # # . . . . . : # . |
| . . . . . 3 . . . . . . . . . . 3 . . 4 |
*-----*
Tempo: 21 (7/10), custo 41

Parte 8, passos 3:
*-----|v|-----*
| 3 . . . . . . (.) (:.) (:.) (:.) (+.) (+.) |
| . . . . . # # # # # . . . . . (:.) |
| . . . . . : # . . . . . (+.) |
| . . . . . (.) (.) (+.) # (.) (+.) (:.) (:.) |
| . . . . . # # # # # . . . . . # # # # # |
| . . . . . # (.) # (.) # . . . . . 1 # . |
| . . . . . # (+.) # (.) # (.) # . . . . . |
| . . . . . # (.) (+.) # # # # # . . . . . |
| . . . . . # (.) : # . . . . . # : |
| . . . . . # (+.) : # . . . . . # . . . . . |
| . . . . . # # # # # . . . . . # # # # # |
| 2 . . . . . : # . . . . . : # . . . . . 3 . |
| . . . . . : # . . . . . # . . . . . |
| . . . . . # # # # # . . . . . : # . |
| . . . . . 3 . . . . . . . . . . 3 . . 4 |
*-----*
Tempo: 20 (8/10), custo 44

Parte 9, passos 9:
*-----|v|-----*
| 3 . . . . . . (.) (:.) (:.) (:.) (+.) (+.) |
| . . . . . # # # # # . . . . . (:.) |
| . . . . . : # . . . . . (+.) |
| . . . . . (.) (.) (+.) # (.) (+.) (:.) (:.) |
| . . . . . # # # # # . . . . . # # # # # |
| . . . . . # (.) # (.) # . . . . . 1 # . |
| . . . . . # (+.) # (.) # (.) # . . . . . |
| . . . . . # (.) (+.) # # # # # . . . . . |
| . . . . . # (.) : # . . . . . # : |
| . . . . . # (+.) (:.) # . . . . . # . . . . . |
| . . . . . # # # # # . . . . . # # # # # |
| 2 . . . . . : # . . . . . : # . . . . . 3 . |
| . . . . . : # . . . . . # . . . . . |
| . . . . . # # # # # . . . . . : # . |
| . . . . . (+.) (.) . . . . . 3 . . 4 |
*-----*
Tempo: 12 (9/10), custo 55

Parte 10, passos 10:
*-----|v|-----*
| 3 . . . . . . (.) (:.) (:.) (:.) (+.) (+.) |
| . . . . . # # # # # . . . . . (:.) |
| . . . . . : # . . . . . (+.) |
| . . . . . (.) (.) (+.) # (.) (+.) (:.) (:.) |
| . . . . . # # # # # . . . . . # # # # # |
| . . . . . # (.) # (.) # . . . . . 1 # . |
| . . . . . # (+.) # (.) # (.) # . . . . . |
| . . . . . # (.) (+.) # # # # # . . . . . |
| . . . . . # (.) : # . . . . . # : |
| . . . . . # (+.) (:.) # . . . . . # . . . . . |
| . . . . . # # # # # . . . . . # # # # # |
| . . . . . # (.) # (.) # . . . . . # : # # # # |
| . . . . . (+.) : # : # . . . . . : # . . . . . 3 . |
| . . . . . (.) : # . . . . . # . . . . . |
| . . . . . (.) : # # # # # . . . . . : # . |
| . . . . . (.) (.) (+.) # . . . . . 3 . . 4 |
*-----*
Tempo: 4 (10/10), custo 65

```

Instância 10:

```

Instância 10 - Mapa Inicial:
*-----|v|-----*
| 6 # . . . . . : : : # 6 . 4 |
| . # . # . # # # # . . : # : |
| . # . # . : # . # . # . # 4 |
| . . . # . # 4 # . 6 . # . . |
| . # # # . # . # . # # # . |
| . # . . . # : # : # . # 2 # . |
| . # 6 # : # . . . # . # . # . |
| . # . # 4 # # # # # : : # . <
| . # . # # # : . . # # # : |
| . # 4 : . . . # . # . . # . |
| . # # # . # . # . # : # # # : |
| 4 . . : # . # . : . : 6 . |
| # # . # : # . # . # # # # |
| . # . # . # # # # # . # : # . |
| . . 6 # . . . . . 6 . . 8 |
*-----|^-----*
Parâmetros: N=15, K=15, W=15, Tempo=45

```

UCS – Sem solução possível com os parâmetros definidos.

DFS – Sem solução possível com os parâmetros definidos.

BFS – Sem solução possível com os parâmetros definidos.

Anexos:

Nota Técnica: Evolução da função EstadoToChave:

Durante o desenvolvimento do projeto, foi necessário garantir que cada estado gerado pelos algoritmos fosse representado de forma única, para evitar expansões redundantes e ciclos infinitos. Para tal, foi utilizada a função EstadoToChave, responsável por gerar uma chave textual que identifica um estado de forma unívoca.

A versão inicial da função era a seguinte:

```
private static string EstadoToChave(Estado estado)
{
    return
    $"{estado.Posicao.x},{estado.Posicao.y},{estado.TempoRestante}
    ,{estado.VisitantesResgatados}";
}
```

Esta abordagem simples era bastante eficiente em termos de performance, mas revelou-se incompleta. Ignorava o conjunto de visitantes já resgatados, o que podia levar a considerar como iguais dois estados que, embora com a mesma posição, tempo e número de resgates, tinham resgatado visitantes diferentes. Isso gerava colisões falsas na estrutura visitados, levando à eliminação precoce de caminhos, observado na instância 7, que não era resolvida corretamente. Para resolver este problema, foi introduzida uma versão mais completa, que inclui explicitamente os visitantes já visitados.

A versão final da função é a seguinte:

```
private static string EstadoToChave(Estado estado)
{
    string visitantes = string.Join(";", estado.VisitantesVisitados
        .OrderBy(v => v.Item1)
        .ThenBy(v => v.Item2)
        .Select(v => $"{v.Item1},{v.Item2}"));

    return
    $"{estado.Posicao.x},{estado.Posicao.y},{estado.TempoRestante},{estado.Vis
    itantesResgatados}:{visitantes}";
}
```

Esta versão garante uma representação fiel e inequívoca dos estados, assegurando que caminhos diferentes, mesmo com o mesmo número de resgates, sejam devidamente distinguidos consoante quais visitantes já foram socorridos. No entanto, introduz um custo adicional de performance, devido à ordenação e construção da string, o que teve impacto direto no tempo de execução, especialmente notório em instâncias mais complexas, levando alguns algoritmos a ultrapassar o limite de 10 segundos.