

Estrutura de Dados Básicas I - DIM0120

Selan R. dos Santos

DIMAp – Departamento de Informática e Matemática Aplicada
Sala 231, ramal 231, selan.santos@ufrn.br
UFRN

2024.1

Solução de um Labirinto — Conteúdo

1 O Problema: encontrar a saída de um labirinto

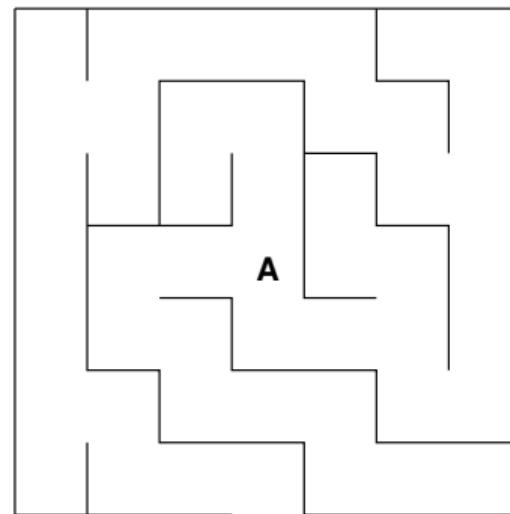
2 Solução Recursiva Backtracking

3 Codificando a solução

Introdução

Algoritmo da mão-direita (ou mão-esquerda)

- ▷ Considere o problema de encontrar a solução para um labirinto.



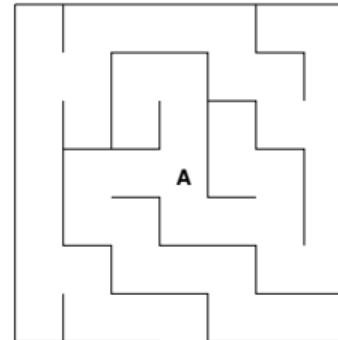
Introdução

Algoritmo da mão-direita (ou mão-esquerda)

Existe um algoritmo **iterativo** simples:

Algoritmo: Segue-parede (*Wall follower*)

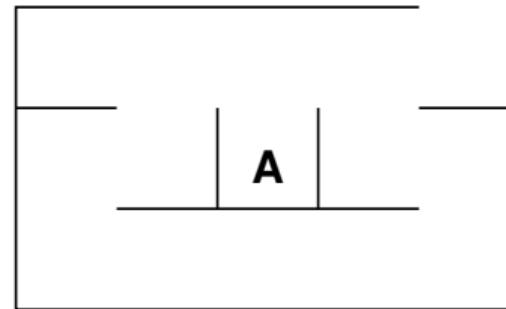
1. Coloque sua mão direita (ou esquerda) contra parede.
2. **enquanto** Não conseguir escapar do labirinto **faça**
 3. └ Ande pra frente mantendo a mão encostada na parede.



Introdução

Labirinto e o algoritmo da mão-direita (cont.)

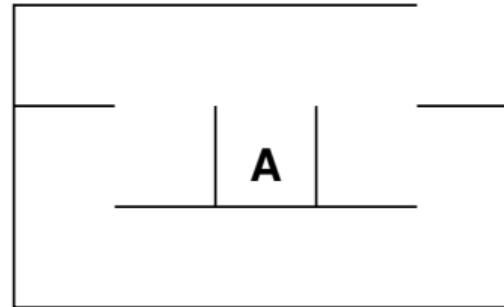
- Porém, para certas configurações de labirinto o algoritmo anterior **falha!**



Introdução

Labirinto e o algoritmo da mão-direita (cont.)

- Porém, para certas configurações de labirinto o algoritmo anterior **falha!**



- Note que o algoritmo faz o **ator** ficar em **laço infinito**.

Introdução

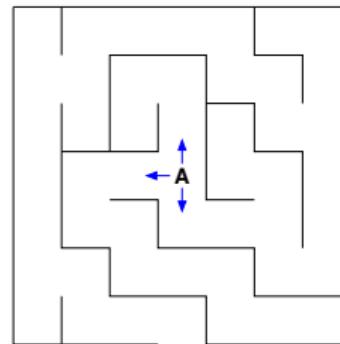
Labirinto e o algoritmo da mão-direita (cont.)

Vamos tentar esboçar uma solução recursiva.

- ▷ Precisamos achar uma simplificação do problema, criando subproblemas menores.
- ▷ Também precisamos encontrar casos base e/ou casos simples de resolver.

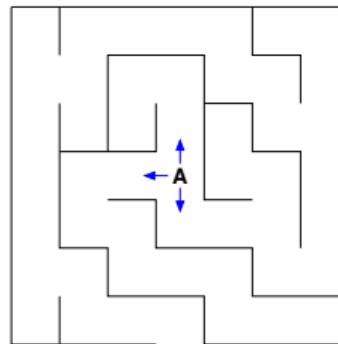
Solução do Labirinto com Backtracking

- ▷ Vamos considerar o labirinto original, para o qual existem 3 possíveis movimentos.



Solução do Labirinto com Backtracking

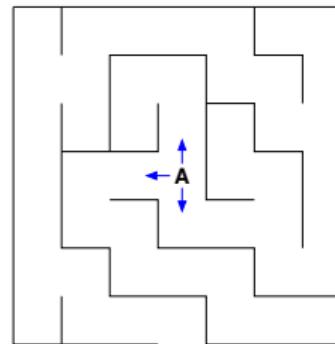
- ▷ Vamos considerar o labirinto original, para o qual existem **3 possíveis movimentos**.



- ▷ A saída, se existir, deve estar ao longo de um destes **3 caminhos**.

Solução do Labirinto com Backtracking

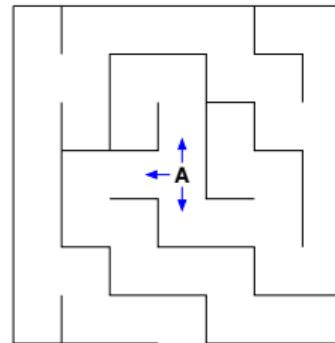
- ▷ Vamos considerar o labirinto original, para o qual existem 3 possíveis movimentos.



- ▷ A saída, se existir, deve estar ao longo de um destes 3 caminhos.
- ▷ Note também que estamos 1 passo mais próximo da solução.

Solução do Labirinto com Backtracking

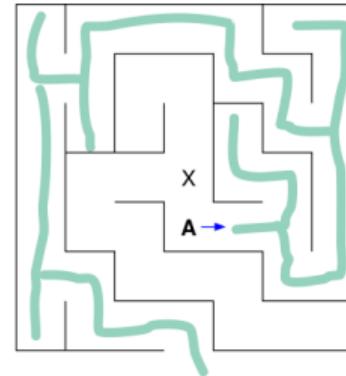
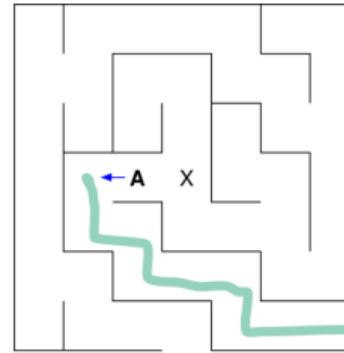
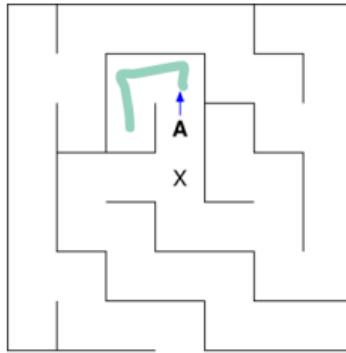
- ▷ Vamos considerar o labirinto original, para o qual existem **3 possíveis movimentos**.



- ▷ A saída, se existir, deve estar ao longo de um destes **3 caminhos**.
- ▷ Note também que estamos **1 passo** mais próximo da solução.
- ▷ Ou seja, o labirinto ficou **mais simples** ao longo de cada direção.

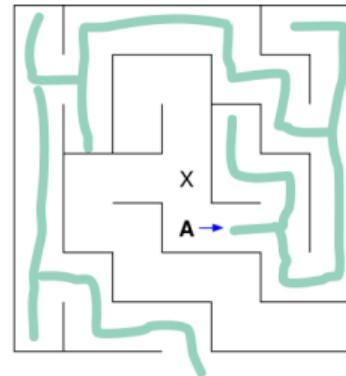
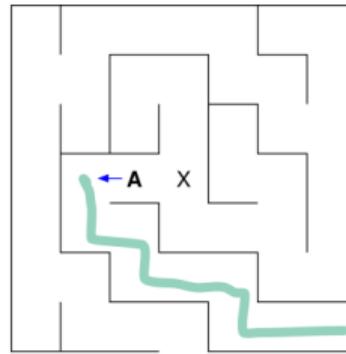
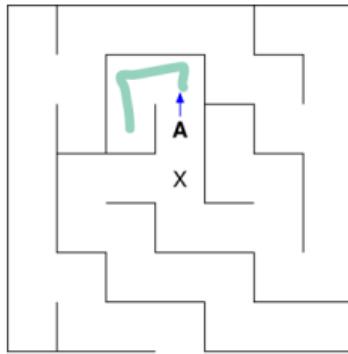
Solução do Labirinto com Backtracking

- ▷ Existem, portanto, 3 (sub)labirintos mais simples:



Solução do Labirinto com Backtracking

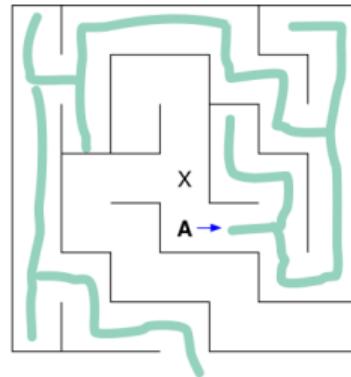
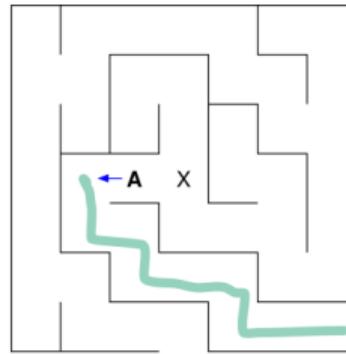
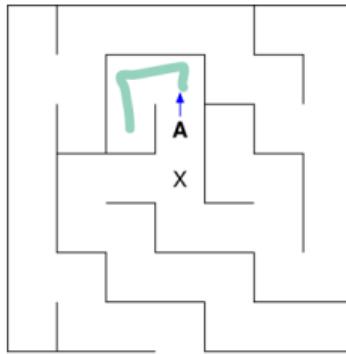
- ▷ Existem, portanto, 3 (sub)labirintos mais simples:



- ▷ Fazendo uma análise global, é fácil perceber que os dois primeiros levam a um **beco sem saída**.

Solução do Labirinto com Backtracking

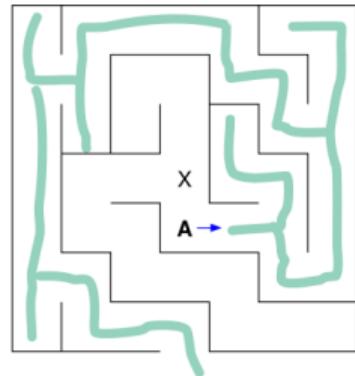
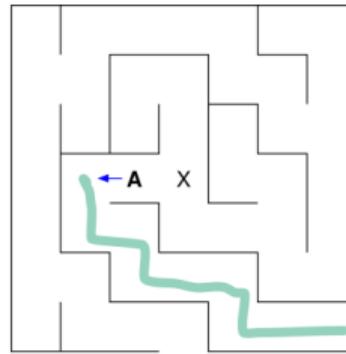
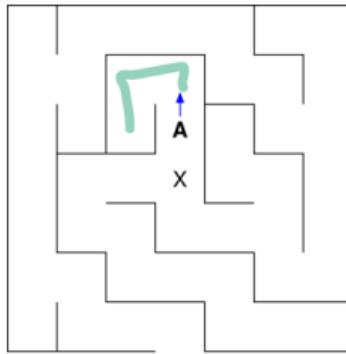
- ▷ Existem, portanto, 3 (sub)labirintos mais simples:



- ▷ Fazendo uma análise global, é fácil perceber que os dois primeiros levam a um **beco sem saída**.
- ▷ Porém, o algoritmo não tem capacidade de fazer uma “**análise global**” como a que fizemos.

Solução do Labirinto com Backtracking

- ▷ Existem, portanto, 3 (sub)labirintos mais simples:



- ▷ Fazendo uma análise global, é fácil perceber que os dois primeiros levam a um **beco sem saída**.
- ▷ Porém, o algoritmo não tem capacidade de fazer uma “análise global” como a que fizemos.
- ▷ Precisamos identificar os **casos simples** para parar a recursão.

Solução do Labirinto com Backtracking

Casos simples da recursão

- ▷ Quais seriam os casos simples?

Solução do Labirinto com Backtracking

Casos simples da recursão

- ▷ Quais seriam os casos simples?
 - ★ Ator achou a [saída](#).

Solução do Labirinto com Backtracking

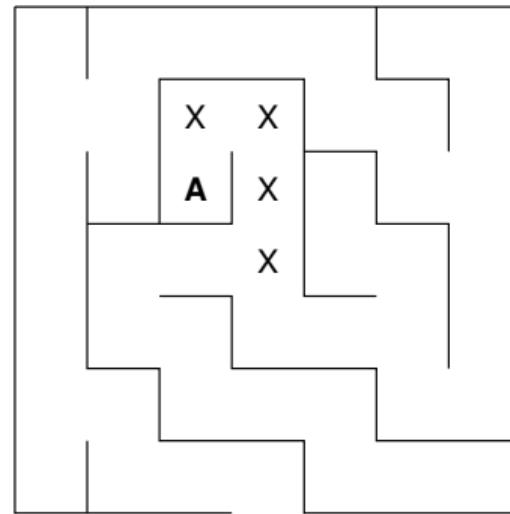
Casos simples da recursão

- ▷ Quais seriam os casos simples?
 - ★ Ator achou a **saída**.
 - ★ Ator alcançou um **beco sem saída**.

Solução do Labirinto com Backtracking

Casos simples da recursão

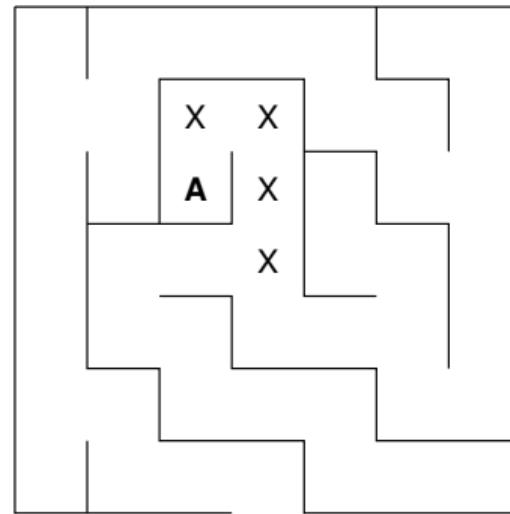
- ▷ Considere o primeiro sub-labirinto:



Solução do Labirinto com Backtracking

Casos simples da recursão

- ▷ Considere o primeiro sub-labirinto:



- ▷ Neste ponto não há mais uma **célula livre** para onde mover o ator, visto que as células livres **já foram visitadas**.

Solução do Labirinto com Backtracking

Casos simples da recursão (cont.)

- ▷ A solução recursiva fica mais fácil de **codificar** se, ao invés de verificar por células marcadas ao considerar uma direção de movimento, chamamos a recursão para a célula livre, independente de ser marcada ou não.

Solução do Labirinto com Backtracking

Casos simples da recursão (cont.)

- ▷ A solução recursiva fica mais fácil de **codificar** se, ao invés de verificar por células marcadas ao considerar uma direção de movimento, chamamos a recursão para a célula livre, independente de ser marcada ou não.
- ▷ No **início da recursão** verificamos os 2 casos básicos (em um só lugar):

Solução do Labirinto com Backtracking

Casos simples da recursão (cont.)

- ▷ A solução recursiva fica mais fácil de **codificar** se, ao invés de verificar por células marcadas ao considerar uma direção de movimento, chamamos a recursão para a célula livre, independente de ser marcada ou não.
- ▷ No **início da recursão** verificamos os 2 casos básicos (em um só lugar):
 - ① Se a célula atual é a saída.

Solução do Labirinto com Backtracking

Casos simples da recursão (cont.)

- ▷ A solução recursiva fica mais fácil de **codificar** se, ao invés de verificar por células marcadas ao considerar uma direção de movimento, chamamos a recursão para a célula livre, independente de ser marcada ou não.
- ▷ No **início da recursão** verificamos os 2 casos básicos (em um só lugar):
 - ① Se a célula atual é a saída.
 - ② Se a célula atual é marcada como visitada, não há solução ao longo do caminho que levou até esta célula.

Codificando a solução

- ▷ Precisamos definir uma representação para o labirinto, encapsulado na classe `Maze`.

Codificando a solução

- ▷ Precisamos definir uma representação para o labirinto, encapsulado na classe `Maze`.
- ▷ Em seguida, precisamos codificar uma função que resolver o labirinto, como em:

```
bool solve_maze( const Maze& mz,
                  const Position& start, const Position& end,
                  list<Direction> &solution )
```

Codificando a solução

```
bool solve_maze( const Maze& mz,  
                 const Position& start, const Position& end,  
                 list<Direction> &solution )
```

- ▷ A função recebe (1) o labirinto na forma de uma classe que encapsula a estrutura de dados que escolhermos, (2) uma posição de onde começar a navegação, (3) a posição de saída do labirinto, (4) uma referência para uma lista que conterá a solução e retorna `true` se existir uma solução, ou `false` caso contrário.

Codificando a solução

```
bool solve_maze( const Maze& mz,  
                 const Position& start, const Position& end,  
                 list<Direction> &solution )
```

- ▷ A função recebe (1) o labirinto na forma de uma classe que encapsula a estrutura de dados que escolhermos, (2) uma posição de onde começar a navegação, (3) a posição de saída do labirinto, (4) uma referência para uma lista que conterá a solução e retorna `true` se existir uma solução, ou `false` caso contrário.
- ▷ No caso de haver solução, o caminho deverá estar marcado dentro do objeto representando o labirinto e a sequência de direções que levam até a saída está armazenada em `solution`.

Interface pública de Maze

- ▷ Quais seriam os métodos públicos da classe `Maze` para que a função (cliente) `solve_maze` consiga codificar o algoritmo discutido anteriormente?

Interface pública de Maze

- ▷ Quais seriam os métodos públicos da classe `Maze` para que a função (cliente) `solve_maze` consiga codificar o algoritmo discutido anteriormente?
 - ★ `Position get_start_position()`

Interface pública de Maze

- ▷ Quais seriam os métodos públicos da classe `Maze` para que a função (cliente) `solve_maze` consiga codificar o algoritmo discutido anteriormente?
 - ★ `Position get_start_position()`
 - ★ `bool is_outside(const Position& pos)`

Interface pública de Maze

- ▷ Quais seriam os métodos públicos da classe `Maze` para que a função (cliente) `solve_maze` consiga codificar o algoritmo discutido anteriormente?
 - ★ `Position get_start_position()`
 - ★ `bool is_outside(const Position& pos)`
 - ★ `bool is_blocked(const Position& pos, const Direction& dir)`

Interface pública de Maze

- ▷ Quais seriam os métodos públicos da classe `Maze` para que a função (cliente) `solve_maze` consiga codificar o algoritmo discutido anteriormente?
 - ★ `Position get_start_position()`
 - ★ `bool is_outside(const Position& pos)`
 - ★ `bool is_blocked(const Position& pos, const Direction& dir)`
 - ★ `void mark_cell(const Position& pos)`

Interface pública de Maze

- ▷ Quais seriam os métodos públicos da classe `Maze` para que a função (cliente) `solve_maze` consiga codificar o algoritmo discutido anteriormente?
 - * `Position get_start_position()`
 - * `bool is_outside(const Position& pos)`
 - * `bool is_blocked(const Position& pos, const Direction& dir)`
 - * `void mark_cell(const Position& pos)`
 - * `void unmark_cell(const Position& pos)`

Interface pública de Maze

- ▷ Quais seriam os métodos públicos da classe `Maze` para que a função (cliente) `solve_maze` consiga codificar o algoritmo discutido anteriormente?
 - ★ `Position get_start_position()`
 - ★ `bool is_outside(const Position& pos)`
 - ★ `bool is_blocked(const Position& pos, const Direction& dir)`
 - ★ `void mark_cell(const Position& pos)`
 - ★ `void unmark_cell(const Position& pos)`
 - ★ `bool is_marked(const Position& pos)`

Programa principal

- ▷ O programa principal poderia apresentar a seguinte estrutura.

Programa principal

- ▷ O programa principal poderia apresentar a seguinte estrutura.

Principal

1. Instancia um labirinto *maze* com base em um arquivo de definição.
2. Apresentar labirinto *maze* na tela.
3. **se** *solve_maze(maze, maze.get_start_position())* **então**
 - 4. | Mostre *maze* com solução marcada na saída.
5. **senão**
 - 6. | Labirinto sem solução.

Programando o solucionador

- ▷ Função que tenta solucionar o labirinto, mas possui um erro.

Programando o solucionador

- ▷ Função que tenta solucionar o labirinto, mas possui um erro.

Maze solver

```
bool solve_maze( const Maze& mz, const Position& start ) {
    if ( mz.is_outside( start ) ) return true;
    if ( mz.is_marked( start ) ) return false;
    mz.mark_cell( start );
    for_each ( Direction dir in {NORTH, EAST, SOUTH, WEST} ) {
        if ( not mz.is_blocked( start, dir ) )
            if ( solve_maze( mz, walk_to_cell( start, dir ) ) )
                return true;
    }
    return false;
}
```