Introdução

Conceitos básicos e motivação

Prof. Marcelo de Souza

45RPE – Resolução de Problemas com Estruturas de Dados
Universidade do Estado de Santa Catarina

UDESC

Material de apoio

Leitura principal:

- Capítulo 2 de Edelweiss e Galante (2009)[1] – Conceitos básicos.

Leitura complementar:

- Capítulo 1 de Pereira (2008)[2] – Introdução.

[1] Nina Edelweiss e Renata Galante (2009). *Estruturas de Dados*. Vol. 18. Bookman Editora.

[2] Silvio do Lago Pereira (2008). *Estruturas de Dados Fundamentais: Conceitos e Aplicações*.

Conceitos básicos

Algumas definições:

- **Algoritmo:** sequência de passos para realizar uma tarefa.
- **Estrutura de dados:** forma sistemática de **organizar** e **acessar** os dados.

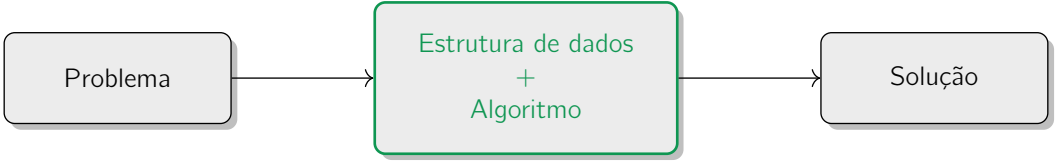
Conceitos básicos

Algumas definições:

- **Algoritmo:** sequência de passos para realizar uma tarefa.
- **Estrutura de dados:** forma sistemática de **organizar** e **acessar** os dados.

Objetivo: escolher os melhores elementos para resolver um problema. Ou seja, buscando

- eficácia: resolve o problema;
- eficiência: usa a menor quantidade de recursos possível.



Primeiros passos

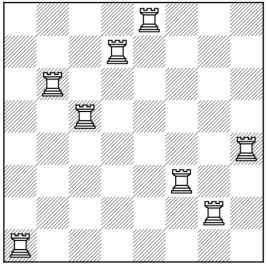
Para isso, precisamos **conhecer**/**dominar**:

- alguma linguagem de programação (nesta disciplina, Java);
- orientação a objetos;
- análise da complexidade de algoritmos e classes de complexidade;
- estruturas de dados fundamentais (*arrays*, listas encadeadas, ...);
- estruturas abstratas de dados (filas, pilhas, dicionários, árvores, grafos, ...);
- principais algoritmos que operam sobre essas estruturas;
- técnicas algorítmicas (recursividade, divisão e conquista, ...);
- experiência de aplicações práticas a problemas concretos.

Exemplo prático (n-rooks)

Problema das n torres

Problema: posicionar n torres em um tabuleiro de xadrez $n \times n$, de tal forma que elas não se ataquem (a torre se movimenta na vertical e na horizontal).



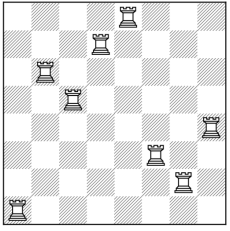
Tarefa: dada uma possível solução (posição das torres no tabuleiro), checar quantas violações existem, i.e. quantos ataques ocorrem.

Exemplo prático (n-rooks)

Proposta 1 (matriz)

Representar a solução como uma matriz de inteiros $M = (m_{ij})$ de tamanho $n \times n$, tal que $m_{ij} = 1$ caso haja uma torre posicionada na célula (i, j), e $m_{ij} = 0$, caso contrário.

Exemplo:



```
int[][] board = {
    {0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0},
    {0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1},
    {0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0},
    {1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}};
```

Implementar uma classe `NRooks` que faça a leitura de várias soluções, com diferentes tamanhos de tabuleiro, e conte o número de violações (método `violations`).

Exemplo prático (n-rooks)

Proposta 1 (matriz)

O arquivo `inputMatrix.txt` contém 1000 soluções (uma por linha). Primeiro é fornecido o tamanho $n \in [8, 500]$, seguido do valor de cada célula da matriz:

```
360 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...
309 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...
168 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...
147 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...
298 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...
28  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...
54  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...
39  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...
180 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...
285 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...
289 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...
53  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...
...
```

Exemplo prático (n-rooks)

Proposta 1 (matriz)

Leitura das soluções e chamada ao método `violations`:

```
1  public static void evalMatrix() {
2    Scanner s = new Scanner(System.in);
3    while(s.hasNext()) {
4      int n = s.nextInt();
5      int[][] board = new int[n][n];
6      for(int i = 0; i < n; i++)
7        for(int j = 0; j < n; j++)
8          board[i][j] = s.nextInt();
9      System.out.print(violations(board) + " ");
10   }
11 }
```

Exemplo prático (n-rooks)

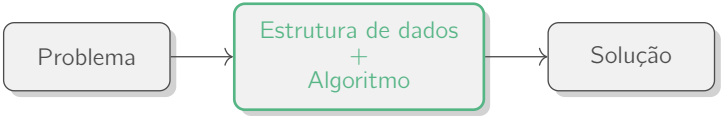
Proposta 1 (matriz)

O método `violations` conta o número de ataques nas linhas e colunas. Seja m o número de torres em uma mesma linha/coluna, o número de ataques é dado por $\mathrm{m}(\mathrm{m}-1)/2$:

```java
public static int violations(int[][] board) {
  int amount = 0;
  for(int c1 = 0; c1 < board.length; c1++) {
    int foundRow = 0;
    int foundCol = 0;
    for(int c2 = 0; c2 < board[c1].length; c2++) {
      if(board[c1][c2] == 1) foundRow += 1;
      if(board[c2][c1] == 1) foundCol += 1;
    }
    amount += (foundRow * (foundRow - 1)) / 2;
    amount += (foundCol * (foundCol - 1)) / 2;
  }
  return amount;
}
```

Exemplo prático (n-rooks)

Proposta 1 (matriz)

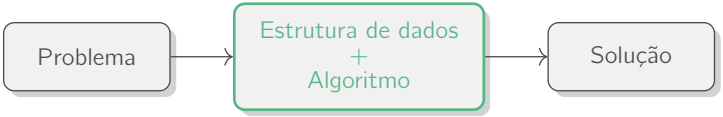


Quão boa é nossa solução para o problema (estrutura de dados + algoritmo)?

- Tempo de execução: ~**25 s**;
- Espaço de armazenamento: ~**164 MB** (`inputMatrix.txt`).

Exemplo prático (n-rooks)

Proposta 1 (matriz)



Quão boa é nossa solução para o problema (estrutura de dados + algoritmo)?

- Tempo de execução: ~**25 s**;
- Espaço de armazenamento: ~**164 MB** (`inputMatrix.txt`).

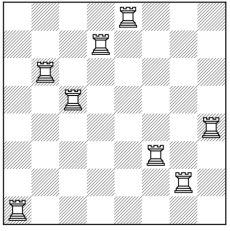
Podemos fazer melhor?

Exemplo prático (n-rooks)

Proposta 2 (*array*)

Sim! Assumimos que cada torre ficará em uma linha diferente, e usamos um *array* $A = (a_i)$ de tamanho n, tal que $a_i \in [n]$ indica a coluna onde a torre da linha i estará posicionada.

Exemplo:



→ `int[] board = {4, 3, 1, 2, 7, 5, 6, 0};`

Com isso, temos uma representação mais simples e com menor possibilidade de violações (não permite torres na mesma linha). Essa estrutura admite algoritmos mais eficientes?

Exemplo prático (n-rooks)

Proposta 2 (*array*)

O arquivo `inputArray.txt` contém as mesmas 1000 soluções anteriores (uma por linha). Primeiro é fornecido o tamanho $n \in [8, 500]$, seguido do valor de cada posição do *array*:

```
360 193 278 299 190 81 280 138 250 121 347 56 146 214 320 279 254 354 256 217 17 115 348 ...
309 65 69 182 258 123 297 101 97 53 128 229 269 119 186 155 233 226 50 80 195 9 36 98    ...
168 144 67 155 102 24 81 27 136 8 136 136 62 157 143 69 69 122 150 53 94 87 60 125 126   ...
147 44 81 44 57 92 85 96 84 119 15 62 16 113 98 123 57 30 32 141 131 57 41 9 18 103 6    ...
298 103 235 93 264 85 279 137 40 74 140 14 214 296 163 27 121 48 40 8 58 85 85 191 215   ...
28 25 19 7 17 16 8 4 2 23 7 5 3 5 4 19 18 27 20 16 3 11 12 20 27 3 14 11 25
54 47 45 16 35 45 32 3 22 53 53 37 44 36 39 33 14 24 41 29 37 39 18 18 43 33 27 22 18 17 ...
39 18 30 34 10 4 29 30 35 2 23 18 23 23 34 4 30 6 13 36 38 17 19 32 11 35 18 18 7 37 21  ...
180 177 107 8 48 56 99 17 8 92 24 146 142 157 41 155 98 134 174 166 2 25 114 43 14 104   ...
285 191 182 116 129 44 105 257 18 202 172 274 129 40 105 126 258 153 114 70 8 226 157    ...
289 102 110 94 200 260 252 172 274 283 102 277 177 116 147 196 81 84 155 215 98 141 217  ...
...
```

Exemplo prático (n-rooks)

Proposta 2 (*array*)

Leitura das soluções e chamada ao método `violations`:

```
1  public static void evalArray(int mode) {
2    Scanner s = new Scanner(System.in);
3    while(s.hasNext()) {
4      int n = s.nextInt();
5      int[] board = new int[n];
6      for(int i = 0; i < n; i++)
7        board[i] = s.nextInt();
8      System.out.print(violations(board) + " ");
9    }
10 }
```

Exemplo prático (n-rooks)

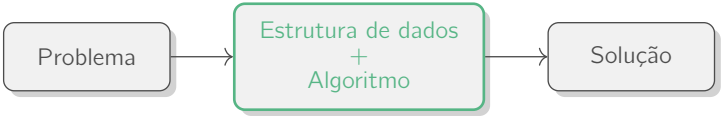
Proposta 2 (*array*)

O método `violations` conta o número de valores repetidos no *array*, i.e. o número de torres posicionadas em uma mesma coluna (que corresponde ao número de ataques):

```
1  public static int violations(int[] board) {
2    int amount = 0;
3    for(int i = 0; i < board.length - 1; i++)
4      for(int j = i + 1; j < board.length; j++)
5        if(board[i] == board[j])
6          amount++;
7    return amount;
8  }
```

Exemplo prático (n-rooks)

Comparação



Abordagem baseada em **matriz**:

- Tempo de execução: ~**25 s**;
- Espaço de armazenamento: ~**164 MB** (`inputMatrix.txt`).

Abordagem baseada em **array**:

- Tempo de execução: ~**0,2 s**;
- Espaço de armazenamento: ~**900 kB** (`inputArray.txt`).

Tipos abstratos de dados

Definições

Linguagens de programação fornecem:

- tipos de dados **primitivos**: inteiro, real, lógico, ...
- tipos de dados **estruturados**: arranjos, registros, sequências, ...

Tipos abstratos de dados

Definições

Linguagens de programação fornecem:

- tipos de dados **primitivos**: inteiro, real, lógico, ...
- tipos de dados **estruturados**: arranjos, registros, sequências, ...

Com esses recursos, podemos criar um **TAD** (**tipo abstrato de dados**), definindo:

- os valores e a **organização** dos dados;
- as **operações** sobre esses dados

Tipos abstratos de dados

Definições

Linguagens de programação fornecem:

- tipos de dados **primitivos**: inteiro, real, lógico, ...
- tipos de dados **estruturados**: arranjos, registros, sequências, ...

Com esses recursos, podemos criar um **TAD** (**tipo abstrato de dados**), definindo:

- os valores e a **organização** dos dados;
- as **operações** sobre esses dados

Um TAD é dito **abstrato** porque sua definição não exige uma implementação concreta, i.e.

- um TAD define uma API (*application programming interface*);
- para um TAD, podem existir várias implementações distintas;

Usaremos **interfaces** e **classes** para criar TADs em Java.

Tipos abstratos de dados

Representação física

Para criar TADs, usaremos dois tipos de estruturas fundamentais (arranjos ou encadeamento), que diferem uma da outra segundo sua representação física.

Tipos abstratos de dados

Representação física

Para criar TADs, usaremos dois tipos de estruturas fundamentais (arranjos ou encadeamento), que diferem uma da outra segundo sua representação física.

Arranjos

- Exemplos: vetores e matrizes;
- Contiguidade física: valores armazenados sequencialmente na memória;
- Vantagem: acesso aleatório (e rápido);
- Desvantagem: espaço físico estático.

Tipos abstratos de dados

Representação física

Para criar TADs, usaremos dois tipos de estruturas fundamentais (arranjos ou encadeamento), que diferem uma da outra segundo sua representação física.

Arranjos

- Exemplos: vetores e matrizes;
- Contiguidade física: valores armazenados sequencialmente na memória;
- Vantagem: acesso aleatório (e rápido);
- Desvantagem: espaço físico estático.

Encadeamento

- Exemplos: listas simplesmente e duplamente encadeadas;
- Alocação dinâmica e não sequencial de memória;
- Vantagem: maleabilidade;
- Desvantagem: acesso serial.

Apêndices

Apêndice I

Dicas de projeto

Dada a classe principal do projeto (`NRooks`):

```
1 public class NRooks {
2   public static void main (String[] args) { /* ... */}
3 }
```

Podemos compilar e executar essa classe na linha de comando:

```
1 $ javac NRooks.java
2 $ java NRooks
```

Ou ainda, usando:

```
1 $ javac NRooks.java && java NRooks
```

Ao usar alguma IDE (e.g., VS Code) que compila automaticamente, o bytecode é geralmente copiado para o diretório `bin`. Podemos executar o programa a partir da raiz do projeto:

```
1 $ java -cp bin/ NRooks
```

Apêndice I

Dicas de projeto

Ao executar o programa, podemos passar argumentos na chamada:

```
$ java -cp bin/ NRooks Brasil 10
```

E fazer a leitura desses valores no método `main` (parâmetro `args`):

```
public class NRooks {
  public static void main (String[] args) {
    System.out.println(args[0]);  // imprime a string "Brasil"
    System.out.println(args[1]);  // imprime a string "10"
  }
}
```

Apêndice I

Dicas de projeto

Podemos definir um arquivo como entrada padrão do sistema (`System.in`):

```
$ java -cp bin/ NRooks < input.txt
```

Ao ler valores (com `Scanner`), o arquivo é lido (em vez do teclado):

```
public class NRooks {
  public static void main (String[] args) {
    Scanner s = new Scanner(System.in);
    while(s.hasNext()) System.out.println(s.next());
  }
}
```

Também podemos redirecionar a saída do programa para um arquivo:

```
$ java -cp bin/ NRooks < input.txt > output.txt
```

O que facilita a comparação de duas saídas (para verificação da correção):

```
$ diff output1.txt output2.txt
```

45RPE – Resolução de Problemas com Estruturas de Dados
Prof. Marcelo de Souza