

# Estrutura de Dados I

## **Algoritmos básicos de** **Ordenação**

**Prof. Rodrigo Minetto**

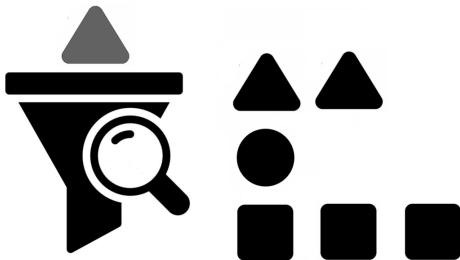
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

# Sumário

- 1 Conceitos
- 2 Bubble-Sort
- 3 Selection-Sort
- 4 Insertion-Sort

# Conceitos

**Ordenação** (*sorting*): é o processo de **reorganização** de uma seqüência de objetos, de modo a colocá-los em alguma **ordem lógica**. Ampla variedade de aplicações: simulação, compressão, busca, computação comercial e numérica, etc.



# Conceitos

A ordem lógica, por exemplo, define se os valores devem ser organizados de forma **crescente** ou **decrescente**. Sendo que as estratégias de ordenação se dividem em duas alternativas: (1) **inserir** os elementos na estrutura de dados **respeitando a ordenação** (dizemos que a ordenação é garantida por construção); ou, (2) **ordenar** os elementos de um **conjunto** de dados **já criado**;

# Conceitos

Vamos descrever os algoritmos de ordenação no seguinte cenário:

- **Entrada**: um array  $A[0 \dots n - 1]$
- **Saída**:  $A[0 \dots n - 1]$  em ordem crescente

Se a ordenação é realizada no próprio array  $A$  o algoritmo é **in-place** — memória adicional requerida é independente do tamanho.

# Sumário

- 1 Conceitos
- 2 Bubble-Sort**
- 3 Selection-Sort
- 4 Insertion-Sort

# Bubble-Sort

**Bubble-Sort:** recebeu esse nome pela imagem pitoresca usada para descrevê-lo: “os elementos maiores são mais leves e sobem como bolhas até sua posição correta”.



# Bubble-Sort

Suponha um algoritmo de ordenação cuja ideia é realizar uma série de **comparações** entre os elementos **adjacentes** em um vetor. Quando dois elementos estão fora de ordem realizamos uma **inversão**, e esses dois elementos são trocados de posição, ficando assim em ordem correta.



# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 99 | 66 | 33 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 99 | 66 | 33 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 99 | 66 | 33 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 99 | 66 | 33 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 66 | 99 | 33 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 66 | 99 | 33 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 66 | 99 | 33 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 66 | 33 | 99 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**



# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 66 | 33 | 99 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 66 | 33 | 99 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 66 | 33 | 11 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 66 | 33 | 11 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 66 | 33 | 11 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 66 | 33 | 11 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 66 | 33 | 11 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 33 | 66 | 11 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**



# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 33 | 66 | 11 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 33 | 66 | 11 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 33 | 11 | 66 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 33 | 11 | 66 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 33 | 11 | 66 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 33 | 11 | 66 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 33 | 11 | 66 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 11 | 33 | 66 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**



# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 11 | 33 | 66 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 11 | 33 | 66 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 11 | 33 | 66 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 22 | 33 | 66 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 22 | 33 | 66 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

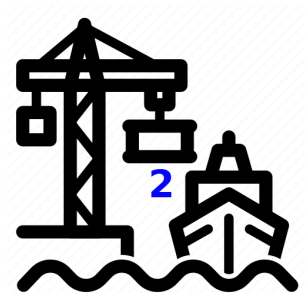
→ **Elemento na posição correta**

# Sumário

- 1 Conceitos
- 2 Bubble-Sort
- 3 Selection-Sort**
- 4 Insertion-Sort

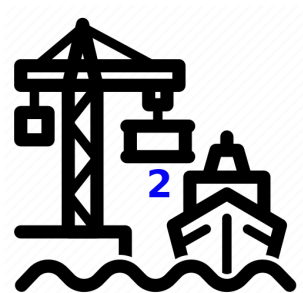
# Selection-Sort

**Cenário:** suponha uma transportadora com a tarefa de reorganizar contêineres, em um porto para embarque, segundo identificações numéricas.



# Selection-Sort

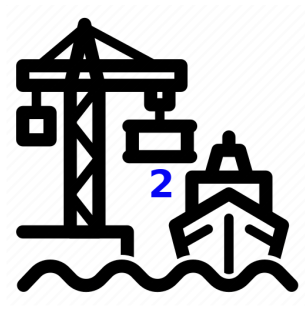
Note que o custo para **comparar** dois contêineres é baixo (basta olhar para as identificações numéricas) em relação ao custo para **movimentar** os contêineres (trocar de posições).





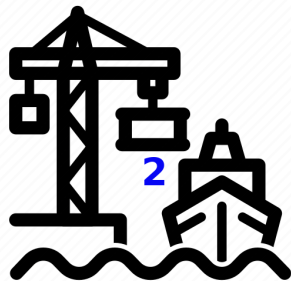
# Selection-Sort

O algoritmo Bubble-Sort seria **adequado** para esse cenário?



# Selection-Sort

Suponha um algoritmo cuja ideia é **selecionar** um **menor** item ainda **não ordenado** e **permutá-lo** com aquele que ocupa a sua posição na seqüência ordenada. **Objetivo: minimizar o número de trocas.**



# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 99 | 66 | 33 | 11  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- **Comparação**
- **Troca**
- **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 99 | 66 | 33 | 11  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- **Comparação**
- **Troca**
- **Elemento na posição correta**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 99 | 66 | 33 | 11  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 99 | 66 | 33 | 11  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 99 | 66 | 33 | 11  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 99 | 66 | 33 | 11  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta



# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 99 | 66 | 33 | 11  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 99 | 66 | 33 | 11  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 99 | 66 | 33 | 22  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 99 | 66 | 33 | 22  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 99 | 66 | 33 | 22  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 99 | 66 | 33 | 22  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 99 | 66 | 33 | 22  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 99 | 66 | 33 | 22  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta



# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 99 | 66 | 33 | 22  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 99 | 66 | 33 | 22  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 99 | 66 | 33 | 22  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 99 | 66 | 33 | 22  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 22 | 66 | 33 | 99  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 22 | 66 | 33 | 99  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 22 | 66 | 33 | 99  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 22 | 66 | 33 | 99  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta



# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 22 | 66 | 33 | 99  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 22 | 66 | 33 | 99  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 22 | 66 | 33 | 99  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 22 | 33 | 66 | 99  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 22 | 33 | 66 | 99  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 22 | 33 | 66 | 99  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 22 | 33 | 66 | 99  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 11 | 22 | 33 | 66 | 99  |

- Valor mínimo ainda não ordenado
- Comparação
- Troca
- Elemento na posição correta

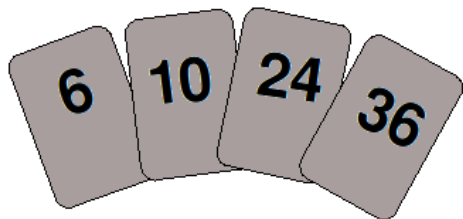


# Sumário

- 1 Conceitos
- 2 Bubble-Sort
- 3 Selection-Sort
- 4 Insertion-Sort**

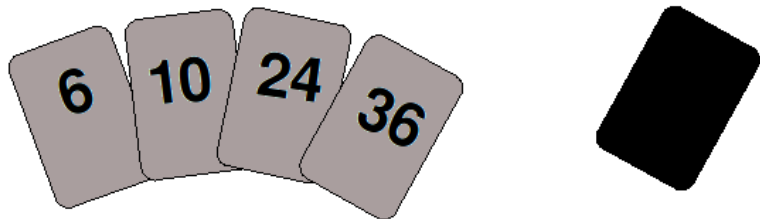
# Insertion-Sort

Suponha um algoritmo de ordenação **incremental** que cresce uma sequência ordenada em um elemento a cada iteração. Funciona da mesma maneira com que muitas pessoas ordenam cartas em um jogo de baralho.



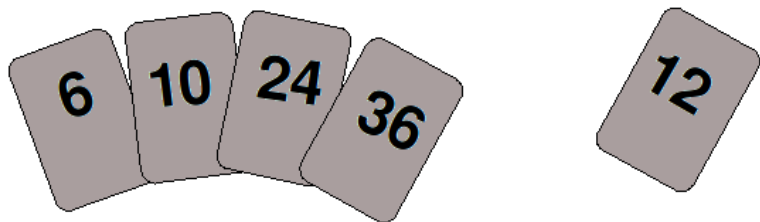
# Insertion-Sort

Suponha um algoritmo de ordenação **incremental** que cresce uma sequência ordenada em um elemento a cada iteração. Funciona da mesma maneira com que muitas pessoas ordenam cartas em um jogo de baralho.



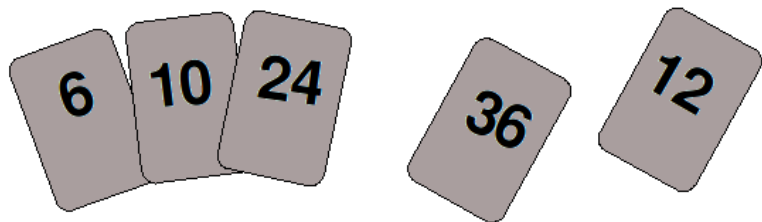
# Insertion-Sort

Suponha um algoritmo de ordenação **incremental** que cresce uma sequência ordenada em um elemento a cada iteração. Funciona da mesma maneira com que muitas pessoas ordenam cartas em um jogo de baralho.



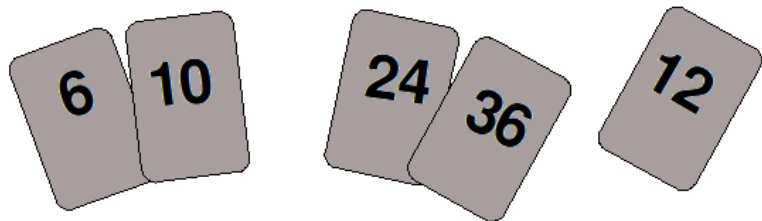
# Insertion-Sort

Suponha um algoritmo de ordenação **incremental** que cresce uma sequência ordenada em um elemento a cada iteração. Funciona da mesma maneira com que muitas pessoas ordenam cartas em um jogo de baralho.



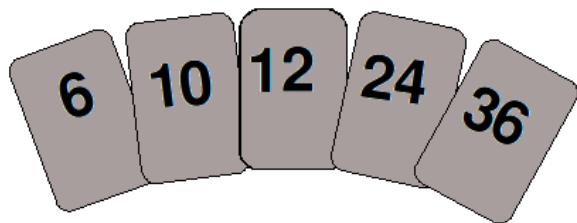
# Insertion-Sort

Suponha um algoritmo de ordenação **incremental** que cresce uma sequência ordenada em um elemento a cada iteração. Funciona da mesma maneira com que muitas pessoas ordenam cartas em um jogo de baralho.



# Insertion-Sort

Suponha um algoritmo de ordenação **incremental** que cresce uma sequência ordenada em um elemento a cada iteração. Funciona da mesma maneira com que muitas pessoas ordenam cartas em um jogo de baralho.



# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 99 | 66 | 33 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**



# Exemplo de ordenação

Um conjunto com 1 elemento já está ordenado!

$$A = \begin{array}{c} 0 \qquad \qquad \qquad n-1 \\ \boxed{22} \boxed{99} \boxed{66} \boxed{33} \boxed{11} \end{array}$$

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 99 | 66 | 33 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave =

0 n-1

A = 

|           |           |    |    |    |
|-----------|-----------|----|----|----|
| <b>22</b> | <b>99</b> | 66 | 33 | 11 |
|-----------|-----------|----|----|----|

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = 99

0 n-1

A = 

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| 22 | 99 | 66 | 33 | 11 |
|----|----|----|----|----|

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = **99**

0 n-1

A = 

|           |           |    |    |    |
|-----------|-----------|----|----|----|
| <b>22</b> | <b>99</b> | 66 | 33 | 11 |
|-----------|-----------|----|----|----|

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave =

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 99 | 66 | 33 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = 66

0 n-1

A = 

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| 22 | 99 | 66 | 33 | 11 |
|----|----|----|----|----|

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = **66**

0 n-1

A = 

|    |           |           |    |    |
|----|-----------|-----------|----|----|
| 22 | <b>99</b> | <b>66</b> | 33 | 11 |
|----|-----------|-----------|----|----|

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**



# Exemplo de ordenação

Chave = 66

|     |    |  |    |    |     |
|-----|----|--|----|----|-----|
|     | 0  |  |    |    | n-1 |
| A = | 22 |  | 99 | 33 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = **66**

|     |           |  |           |    |     |
|-----|-----------|--|-----------|----|-----|
|     | 0         |  |           |    | n-1 |
| A = | <b>22</b> |  | <b>99</b> | 33 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = **66**

|     |    |  |    |    |     |
|-----|----|--|----|----|-----|
|     | 0  |  |    |    | n-1 |
| A = | 22 |  | 99 | 33 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave =

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 66 | 99 | 33 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave =

0 n-1

A = 

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| 22 | 66 | 99 | 33 | 11 |
|----|----|----|----|----|

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = 33

0 n-1

A = 

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| 22 | 66 | 99 | 33 | 11 |
|----|----|----|----|----|

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = **33**

0 n-1

A = 

|           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>22</b> | <b>66</b> | <b>99</b> | <b>33</b> | <b>11</b> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = 33

0 n-1

A = 

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| 22 | 66 | 99 | 33 | 11 |
|----|----|----|----|----|

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**



# Exemplo de ordenação

Chave = 33

|     |    |    |  |       |
|-----|----|----|--|-------|
|     | 0  |    |  | n-1   |
| A = | 22 | 66 |  | 99 11 |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = **33**

|     |    |    |  |    |     |
|-----|----|----|--|----|-----|
|     | 0  |    |  |    | n-1 |
| A = | 22 | 66 |  | 99 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = 33

|     |    |    |  |    |     |
|-----|----|----|--|----|-----|
|     | 0  |    |  |    | n-1 |
| A = | 22 | 66 |  | 99 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = 33

|     |    |  |    |    |     |
|-----|----|--|----|----|-----|
|     | 0  |  |    |    | n-1 |
| A = | 22 |  | 66 | 99 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = **33**

|     |           |  |           |           |           |
|-----|-----------|--|-----------|-----------|-----------|
|     | 0         |  |           |           | n-1       |
| A = | <b>22</b> |  | <b>66</b> | <b>99</b> | <b>11</b> |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = 33

|     |    |  |    |    |     |
|-----|----|--|----|----|-----|
|     | 0  |  |    |    | n-1 |
| A = | 22 |  | 66 | 99 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave =

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 33 | 66 | 99 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave =

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 33 | 66 | 99 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**



# Exemplo de ordenação

Chave = 11

0 n-1

A = 

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| 22 | 33 | 66 | 99 | 11 |
|----|----|----|----|----|

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = **11**

0 n-1

A = 

|           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>22</b> | <b>33</b> | <b>66</b> | <b>99</b> | <b>11</b> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = 11

|     |    |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 33 | 66 | 99 | 11  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = 11

|     |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 33 | 66 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = **11**

|     |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 33 | 66 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = 11

|     |    |    |    |     |
|-----|----|----|----|-----|
|     | 0  |    |    | n-1 |
| A = | 22 | 33 | 66 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = 11

|     |    |    |  |       |
|-----|----|----|--|-------|
|     | 0  |    |  | n-1   |
| A = | 22 | 33 |  | 66 99 |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = **11**

|     |    |    |  |       |
|-----|----|----|--|-------|
|     | 0  |    |  | n-1   |
| A = | 22 | 33 |  | 66 99 |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**



# Exemplo de ordenação

Chave = 11

|     |    |    |  |       |
|-----|----|----|--|-------|
|     | 0  |    |  | n-1   |
| A = | 22 | 33 |  | 66 99 |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = 11

|     |    |  |    |    |     |
|-----|----|--|----|----|-----|
|     | 0  |  |    |    | n-1 |
| A = | 22 |  | 33 | 66 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = **11**

|     |           |  |           |           |           |
|-----|-----------|--|-----------|-----------|-----------|
|     | 0         |  |           |           | n-1       |
| A = | <b>22</b> |  | <b>33</b> | <b>66</b> | <b>99</b> |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = 11

|     |    |  |    |    |     |
|-----|----|--|----|----|-----|
|     | 0  |  |    |    | n-1 |
| A = | 22 |  | 33 | 66 | 99  |

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave = 11

0 n-1

A = 

|  |    |    |    |    |
|--|----|----|----|----|
|  | 22 | 33 | 66 | 99 |
|--|----|----|----|----|

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave =

0 n-1

A = 

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| 11 | 22 | 33 | 66 | 99 |
|----|----|----|----|----|

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**

# Exemplo de ordenação

Chave =

$0$   $n-1$

A = 

|           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>11</b> | <b>22</b> | <b>33</b> | <b>66</b> | <b>99</b> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|

→ **Comparação**

→ **Troca**

→ **Seleção da chave**