# MATA54 - Estruturas de Dados e Algoritmos II Hashing

Endereçamento Aberto - Realocação de Registros

Flávio Assis Versão gerada a partir de slides do Prof. George Lima

IC - Instituto de Computação

Salvador, agosto de 2021

#### Desempenho depende da posição dos registros

Exemplo (Hashing Duplo) m = 11.

Inserção: 18, 16, 27

| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  |      |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  |      |
| 7:  | 18   |
| 8:  |      |
| 9:  | 27   |
| 10: |      |

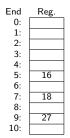
Média de acessos: 5/3 = 1,67

#### Desempenho depende da posição dos registros

Exemplo (Hashing Duplo) m = 11.

Inserção: 18, 16, 27

Inserção: 18, 27, 16



Média de acessos: 5/3 = 1,67

#### Desempenho depende da posição dos registros

Exemplo (Hashing Duplo) m = 11.

Inserção: 18, 16, 27

| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  |      |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  |      |
| 7:  | 18   |
| 8:  |      |
| 9:  | 27   |
| 10: |      |

Média de acessos: 5/3 = 1,67

Inserção: 18, 27, 16

| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  |      |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 27   |
| 6:  | 16   |
| 7:  | 18   |
| 8:  |      |
| 9:  |      |
| 10: |      |

#### Desempenho depende da posição dos registros

Exemplo (Hashing Duplo) m = 11.

Inserção: 18, 16, 27

| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  |      |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  |      |
| 7:  | 18   |
| 8:  |      |
| 9:  | 27   |
| 10: |      |

Média de acessos: 5/3 = 1,67

Inserção: 18, 27, 16

| End | Reg.  |
|-----|-------|
| 0:  | ricg. |
| 1:  |       |
| 2:  |       |
| 3:  |       |
| 4:  |       |
| 5:  | 27    |
| 6:  | 16    |
| 7:  | 18    |
| 8:  |       |
| 9:  |       |
| 10: |       |

Média de acessos: 4/3 = 1,33

#### Critérios para realocação dos registros

#### Supondo que:

- cada registro é consultado várias vezes e
- todos os registros possuem igual probabilidade de serem consultados

#### Estratégia

Ao inserir registro com chave k, verificar se há vantagens em realocar registros no caminho da cadeia de sondagem de k.

#### A cada inserção...

▶ Vários registros podem ser realocados, não apenas um

Ex.: Considere um arquivo após a inserção dos registros com chaves:

16, 18, 28, 31 (
$$m = 11$$
):

| End | Reg. |  |
|-----|------|--|
| 0:  |      |  |
| 1:  |      |  |
| 2:  |      |  |
| 3:  |      |  |
| 4:  |      |  |
| 5:  | 16   |  |
| 6:  | 28   |  |
| 7:  | 18   |  |
| 8:  |      |  |
| 9:  | 31   |  |
| 10: |      |  |

#### A cada inserção...

▶ Vários registros podem ser realocados, não apenas um

Ex.: Considere um arquivo após a inserção dos registros com chaves:

16, 18, 28, 31 (
$$m = 11$$
):

| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  |      |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 28   |
| 7:  | 18   |
| 8:  |      |
| 9:  | 31   |
| 10: |      |

Ao se inserir agora o 27, como realocar os registros?

#### A cada inserção...

Vários registros podem ser realocados, não apenas um

Ex.: Considere um arquivo após a inserção dos registros com chaves:

16, 18, 28, 31 (
$$m = 11$$
):

| =nd | Reg. |
|-----|------|
| 0:  |      |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 28   |
| 7:  | 18   |
| 8:  |      |
| 9:  | 31   |
| 10: |      |

Ao se inserir agora o 27, como realocar os registros?

Quais são as alternativas de realocação?

#### A cada inserção...

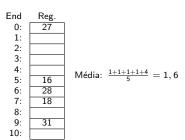
▶ Vários registros podem ser realocados, não apenas um

Ex.: Considere um arquivo após a inserção dos registros com chaves:

16, 18, 28, 31 (
$$m = 11$$
):

#### Inserção do 27

#### Alternativa 1



#### A cada inserção...

▶ Vários registros podem ser realocados, não apenas um

Ex.: Considere um arquivo após a inserção dos registros com chaves:

16, 18, 28, 31 (m = 11):

31

9: 10:

#### Inserção do 27

#### Alternativa 1

#### Alternativa 2

| End                        | Reg. |          |                            |
|----------------------------|------|----------|----------------------------|
| 0:                         |      |          |                            |
| 1:                         |      |          |                            |
| 2:                         |      |          |                            |
| 3:                         |      |          |                            |
| 4:                         |      | Média:   | $\frac{2+1+2+1+1}{5} = 1,$ |
| 2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6: | 27   | iviedia: | $\frac{1}{5} = 1,2$        |
|                            | 16   |          |                            |
| 7:                         | 18   |          |                            |
| 8:                         | 28   |          |                            |
| 9:                         | 31   |          |                            |
| 10:                        |      |          |                            |

### Método da Árvore Binária

Os registros são acessados seguindo as cadeias de sondagem do registro que se quer inserir e dos demais registros acessados ao longo do processo.

Uma árvore binária é usada para determinar qual a melhor realocação de registros.

A árvore é montada nível a nível.

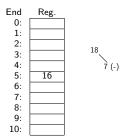
| End | Reg. |  |
|-----|------|--|
| 0:  |      |  |
| 1:  |      |  |
| 2:  |      |  |
| 3:  |      |  |
| 4:  |      |  |
| 5:  |      |  |
| 6:  |      |  |
| 7:  |      |  |
| 8:  |      |  |
| 9:  |      |  |
| 10: |      |  |

| End                        | Reg. |       |
|----------------------------|------|-------|
| 0:                         |      |       |
| 1:                         |      |       |
| 2:                         |      | 1.0   |
| 2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6: |      | 16    |
| 4:                         |      | 5 (-) |
| 5:                         |      |       |
| 6:                         |      |       |
| 7:                         |      |       |
| 8:                         |      |       |
| 9:                         |      |       |
| 10:                        |      |       |

| End                              | Reg. |       |
|----------------------------------|------|-------|
| 0:                               |      | ]     |
| 1:                               |      | 1     |
| 2:                               |      | 1.0   |
| 3:                               |      | 16    |
| 1:<br>2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6: |      | 5 (-) |
| 5:                               |      | 1     |
| 6:                               |      | 1     |
| 7:                               |      | 1     |
| 8:                               |      | 1     |
| 9:                               |      | 1     |
| 10:                              |      | 1     |

| End                              | Reg. | ī     | End  | Reg. |
|----------------------------------|------|-------|--|------|
| 0:                               |      |       | 0:   |      |
| 1:                               |      |       | 1:   |      |
| 1:<br>2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6: |      | 1.0   | 1:<br>2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6:<br>7:<br>8: |      |
| 3:                               |      | 16    | 3:   |      |
| 4:                               |      | 5 (-) | 4:   |      |
| 5:                               |      | * *   | 5:   | 16   |
|                                  |      |       | 6:   |      |
| 7:<br>8:                         |      |       | 7:   |      |
|                                  |      |       |  |      |
| 9:                               |      |       | 9:   |      |
| 10:                              |      |       | 10:  |      |

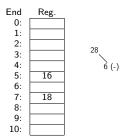
| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  |      |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  |      |
| 7:  |      |
| 8:  |      |
| 9:  |      |
| 10: |      |

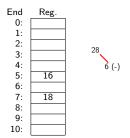


| End                              | Reg. |       |
|----------------------------------|------|-------|
| 0:                               |      | ]     |
| 1:                               |      | 1     |
| 2:                               |      | 1.0   |
| 3:                               |      | 18    |
| 1:<br>2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6: |      | 7 (-) |
| 5:                               | 16   | 1     |
| 6:                               |      | ]     |
| 7:                               |      | 1     |
| 7:<br>8:<br>9:                   |      | 1     |
| 9:                               |      | 1     |
| 10.                              |      | 1     |

| End                  | Reg. |       | End | Reg. |
|----------------------|------|-------|-----|------|
| 0:                   |      |       | 0:  |      |
| 1:                   |      |       | 1:  |      |
| 2:                   |      |       | 2:  |      |
| 1:<br>2:<br>3:<br>4: |      | 18    | 3:  |      |
| 4:                   |      | 7 (-) | 4:  |      |
| 5:<br>6:             | 16   | ,     | 5:  | 16   |
| 6:                   |      |       | 6:  |      |
| 7:<br>8:             |      |       | 7:  | 18   |
| 8:                   |      |       | 8:  |      |
| 9:                   |      |       | 9:  |      |
| 10:                  |      |       | 10: |      |

| End | Reg. |  |
|-----|------|--|
| 0:  |      |  |
| 1:  |      |  |
| 2:  |      |  |
| 3:  |      |  |
| 4:  |      |  |
| 5:  | 16   |  |
| 6:  |      |  |
| 7:  | 18   |  |
| 8:  |      |  |
| 9:  |      |  |
| 10: |      |  |





| End                              | Reg.   |       | End | Reg.  |
|----------------------------------|--------|-------|-----|-------|
|                                  | Titeg. |       | 0:  | Ticg. |
| 0:                               |        |       |     |       |
| 1:                               |        |       | 1:  |       |
| 2:                               |        | -00   | 2:  |       |
| 3:                               |        | 28    | 3:  |       |
| 4:                               |        | 6 (-) | 4:  |       |
| 1:<br>2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6: | 16     | * * * | 5:  | 16    |
|                                  |        |       | 6:  | 28    |
| 7:                               | 18     |       | 7:  | 18    |
| 8:                               |        |       | 8:  |       |
| 9:                               |        |       | 9:  |       |
| 10:                              |        |       | 10: |       |

| End | Reg. |  |
|-----|------|--|
| 0:  |      |  |
| 1:  |      |  |
| 2:  |      |  |
| 3:  |      |  |
| 4:  |      |  |
| 5:  | 16   |  |
| 6:  | 28   |  |
| 7:  | 18   |  |
| 8:  |      |  |
| 9:  |      |  |
| 10: |      |  |

| End                        | Reg. |       |
|----------------------------|------|-------|
| 0:                         |      | ]     |
| 1:                         |      | 1     |
| 2:                         |      | 2,    |
| 2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6: |      | 31    |
| 4:                         |      | 9 (-) |
| 5:                         | 16   | 1     |
| 6:                         | 28   | ]     |
| 7:                         | 18   |       |
| 8:                         |      | 1     |
| 9:                         |      | 1     |
| 10:                        |      | 1     |

| End                        | Reg. |       |
|----------------------------|------|-------|
| 0:                         |      |       |
| 1:                         |      |       |
| 2:                         |      | 2.    |
| 2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6: |      | 31    |
| 4:                         |      | 9 (-) |
| 5:                         | 16   | ```   |
|                            | 28   |       |
| 7:                         | 18   |       |
| 8:                         |      |       |
| 9:                         |      |       |
| 10:                        |      |       |

| End                              | Reg. |       | End            | Reg. |
|----------------------------------|------|-------|----------------|------|
| 0:                               |      |       | 0:             |      |
| 1:                               |      |       | 1:             |      |
| 2:                               |      |       | 2:             |      |
| 3:                               |      | 31    | 3:             |      |
| 1:<br>2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6: |      | 9 (-) | 4:<br>5:<br>6: |      |
| 5:                               | 16   | ( )   | 5:             | 16   |
| 6:                               | 28   |       | 6:             | 28   |
| 7:                               | 18   |       | 7:             | 18   |
| 7:<br>8:<br>9:                   |      |       | 8:             |      |
| 9:                               |      |       | 9:             | 31   |
| 10:                              |      |       | 10:            |      |

| End | Reg. |  |
|-----|------|--|
| 0:  |      |  |
| 1:  |      |  |
| 2:  |      |  |
| 3:  |      |  |
| 4:  |      |  |
| 5:  | 16   |  |
| 6:  | 28   |  |
| 7:  | 18   |  |
| 8:  |      |  |
| 9:  | 31   |  |
| 10: |      |  |

Exemplo: 16, 18, 28, 31, 27, 29, 17, 26, 15

| End | Reg. |  |
|-----|------|--|
| 0:  |      |  |
| 1:  |      |  |
| 2:  |      |  |
| 3:  |      |  |
| 4:  |      |  |
| 5:  | 16   |  |
| 6:  | 28   |  |
| 7:  | 18   |  |
| 8:  |      |  |
| 9:  | 31   |  |
| 10: |      |  |

5 (16)

| End | Reg. |  |
|-----|------|--|
| 0:  |      |  |
| 1:  |      |  |
| 2:  |      |  |
| 3:  |      |  |
| 4:  |      |  |
| 5:  | 16   |  |
| 6:  | 28   |  |
| 7:  | 18   |  |
| 8:  |      |  |
| 9:  | 31   |  |
| 10: |      |  |

| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  |      |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 28   |
| 7:  | 18   |
| 8:  |      |
| 9:  | 31   |
| 10: |      |

| End                              | Reg. | 27            |
|----------------------------------|------|---------------|
| 0:                               |      | 27            |
|                                  |      | 5 (16)        |
| 1:<br>2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6: |      | 7 (18) 6 (28) |
| 3:                               |      | 7 (18) 6 (28) |
| 4:                               |      | 9 (31)        |
| 5:                               | 16   |               |
|                                  | 28   |               |
| 7:<br>8:<br>9:                   | 18   |               |
| 8:                               |      |               |
| 9:                               | 31   |               |
| 10.                              |      |               |

| End  | Reg. | . 27          |
|--|------|---------------|
| 0:   |      |               |
| 1:   |      | 5 (16)        |
| 1:<br>2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6:<br>7:<br>8:<br>9: |      | 7 (18) 6 (28) |
| 3:   |      | / / /         |
| 4:   |      | 9 (31) 8 (-)  |
| 5:   | 16   |               |
| 6:   | 28   |               |
| 7:   | 18   |               |
| 8:   |      |               |
| 9:   | 31   |               |
| 10:  |      |               |

| End                              | Reg. | . 27          |
|----------------------------------|------|---------------|
| 0:                               |      |               |
| 1:                               |      | 5 (16)        |
| 1:<br>2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6: |      | 7 (18) 6 (28) |
| 3:                               |      | / /           |
| 4:                               |      | 9 (31) 8 (-)  |
| 5:                               | 16   |               |
| 6:                               | 28   |               |
| 7:<br>8:<br>9:                   | 18   |               |
| 8:                               |      |               |
| 9:                               | 31   |               |
| 10:                              |      |               |

Exemplo: 16, 18, 28, 31, 27, 29, 17, 26, 15

| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  |      |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 28   |
| 7:  | 18   |
| 8:  |      |
| 9:  | 31   |
| 10: |      |



Por que não mover o 27 mais uma vez?



| E  | D    |               |
|--|------|---------------|
| End  | Reg. | . 27          |
| 0:   |      |               |
| 1:   |      | 5 (16)        |
| 2:   |      | 7 (18) 6 (28) |
| 3:   |      | /             |
| 4:   |      | 9 (31) 8 (-)  |
| 5:   | 16   | . , , , ,     |
| 6:   | 28   |               |
| 1:<br>2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6:<br>7:<br>8:<br>9: | 18   |               |
| 8:   |      |               |
| 9:   | 31   |               |
| 10:  |      |               |

| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  |      |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 28   |
| 7:  | 18   |
| 8:  |      |
| 9:  | 31   |
| 10: |      |
|     |      |



| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  |      |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 28   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: |      |

| End | Reg. |  |
|-----|------|--|
| 0:  |      |  |
| 1:  |      |  |
| 2:  |      |  |
| 3:  |      |  |
| 4:  |      |  |
| 5:  | 16   |  |
| 6:  | 28   |  |
| 7:  | 27   |  |
| 8:  | 18   |  |
| 9:  | 31   |  |
| 10: |      |  |

| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  |      |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 28   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: |      |

| End | Reg. |  |
|-----|------|--|
| 0:  |      |  |
| 1:  |      |  |
| 2:  |      |  |
| 3:  |      |  |
| 4:  |      |  |
| 5:  | 16   |  |
| 6:  | 28   |  |
| 7:  | 27   |  |
| 8:  | 18   |  |
| 9:  | 31   |  |
| 10: |      |  |

| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  |      |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 28   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: |      |

| E. J   | D    |               |
|--|------|---------------|
| End  | Reg. | . 29          |
| 0:   |      |               |
| 1:   |      | 7 (27)        |
| 1:<br>2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6:<br>7:<br>8:<br>9: |      | 9 (31) 9 (31) |
| 3:   |      | 9(31) 9(31)   |
| 4:   |      | 0 (-)         |
| 5:   | 16   |               |
| 6:   | 28   |               |
| 7:   | 27   |               |
| 8:   | 18   |               |
| 9:   | 31   |               |
| 10.  |      |               |

| End  | Reg. | . 29          |
|--|------|---------------|
| 0:   |      |               |
| 1:   |      | 7 (27)        |
| 1:<br>2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6:<br>7:<br>8:<br>9: |      | 9 (31) 9 (31) |
| 3:   |      | 9 (31) 9 (31) |
| 4:   |      | 0 (-)         |
| 5:   | 16   | . ,           |
| 6:   | 28   |               |
| 7:   | 27   |               |
| 8:   | 18   |               |
| 9:   | 31   |               |
| 10:  |      |               |

| End<br>0:                  | Reg. | 29            | End<br>0: | Reg. |
|----------------------------|------|---------------|-----------|------|
|                            |      | 7 (27)        | 1:        |      |
| 1:<br>2:<br>3:<br>4:<br>5: |      | 9 (31) 9 (31) | 2:        |      |
| 3:                         |      | 9 (31) 9 (31) | 3:        |      |
| 4:                         |      | 0 (-)         | 4:        |      |
| 5:                         | 16   |               | 5:        | 16   |
| 6:                         | 28   |               | 6:        | 28   |
| 7:                         | 27   |               | 7:        | 27   |
| 8:                         | 18   |               | 8:        | 18   |
| 9:                         | 31   |               | 9:        | 31   |
| 10:                        |      |               | 10:       |      |

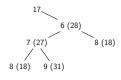
| End                  | Reg. | 17     |
|----------------------|------|--------|
| 0:                   | 29   | 6 (28) |
| 1:                   |      | ,      |
| 2:                   |      |        |
| 3:                   |      |        |
| 2:<br>3:<br>4:       |      |        |
| 5:                   | 16   |        |
| 5:<br>6:<br>7:<br>8: | 28   |        |
| 7:                   | 27   |        |
| 8:                   | 18   |        |
| 9:                   | 31   |        |
| 10:                  |      |        |

| End | Reg. |  |
|-----|------|--|
| 0:  | 29   |  |
| 1:  |      |  |
| 2:  |      |  |
| 3:  |      |  |
| 4:  |      |  |
| 5:  | 16   |  |
| 6:  | 28   |  |
| 7:  | 27   |  |
| 8:  | 18   |  |
| 9:  | 31   |  |
| 10: |      |  |

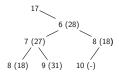
| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 28   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: |      |
|     |      |

| End<br>0: | Reg. | 6 (28) |        |
|-----------|------|--------|--------|
| 1:        |      | 7 (27) | 8 (18) |
| 2:        |      | 1 (21) | 0 (10) |
| 3:        |      | /      |        |
| 4:        |      | 8 (18) |        |
| 5:        | 16   |        |        |
| 6:        | 28   |        |        |
| 7:        | 27   |        |        |
| 8:        | 18   |        |        |
| 9:        | 31   |        |        |
| 10:       |      |        |        |

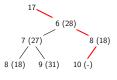
| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 28   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: |      |



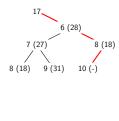
| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 28   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: |      |
|     |      |



| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 28   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: |      |
|     |      |



| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 28   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: |      |
|     |      |



| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  |      |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 17   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: | 28   |
|     |      |

| End | Reg. |  |
|-----|------|--|
| 0:  | 29   |  |
| 1:  |      |  |
| 2:  |      |  |
| 3:  |      |  |
| 4:  |      |  |
| 5:  | 16   |  |
| 6:  | 17   |  |
| 7:  | 27   |  |
| 8:  | 18   |  |
| 9:  | 31   |  |
| 10: | 28   |  |

| End                  | Reg. |       |
|----------------------|------|-------|
| 0:                   | 29   |       |
| 1:                   |      |       |
| 2:                   |      | 26    |
| 2:<br>3:<br>4:<br>5: |      | 26    |
| 4:                   |      | 4 (-) |
|                      | 16   | ` `   |
| 6:                   | 17   |       |
| 7:                   | 27   |       |
| 8:                   | 18   |       |
| 9:                   | 31   |       |
| 10:                  | 28   |       |

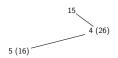
| End                  | Reg. |       |
|----------------------|------|-------|
| 0:                   | 29   |       |
| 1:                   |      |       |
| 2:                   |      | 06    |
| 3:                   |      | 26    |
| 4:                   |      | 4 (-) |
| 2:<br>3:<br>4:<br>5: | 16   | , ,   |
| 6:                   | 17   |       |
| 7:<br>8:             | 27   |       |
|                      | 18   |       |
| 9:                   | 31   |       |
| 10:                  | 28   |       |

| End                        | Reg. |       | End | Reg. |
|----------------------------|------|-------|-----|------|
| 0:                         | 29   |       | 0:  | 29   |
| 1:                         |      |       | 1:  |      |
| 2:                         |      | 0.0   | 2:  |      |
| 2:<br>3:<br>4:<br>5:<br>6: |      | 26    | 3:  |      |
| 4:                         |      | 4 (-) | 4:  | 26   |
| 5:                         | 16   | * * * | 5:  | 16   |
| 6:                         | 17   |       | 6:  | 17   |
| 7:                         | 27   |       | 7:  | 27   |
| 8:                         | 18   |       | 8:  | 18   |
| 9:                         | 31   |       | 9:  | 31   |
| 10:                        | 28   |       | 10: | 28   |

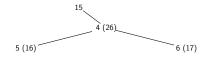
| End | Reg. |  |
|-----|------|--|
| 0:  | 29   |  |
| 1:  |      |  |
| 2:  |      |  |
| 3:  |      |  |
| 4:  | 26   |  |
| 5:  | 16   |  |
| 6:  | 17   |  |
| 7:  | 27   |  |
| 8:  | 18   |  |
| 9:  | 31   |  |
| 10: | 28   |  |



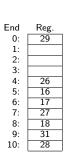
| End | Reg. |  |
|-----|------|--|
| 0:  | 29   |  |
| 1:  |      |  |
| 2:  |      |  |
| 3:  |      |  |
| 4:  | 26   |  |
| 5:  | 16   |  |
| 6:  | 17   |  |
| 7:  | 27   |  |
| 8:  | 18   |  |
| 9:  | 31   |  |
| 10: | 28   |  |

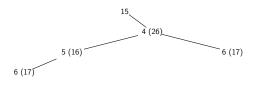


| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  | 26   |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 17   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: | 28   |

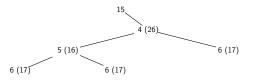


| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  | 26   |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 17   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: | 28   |

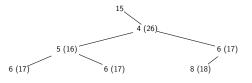




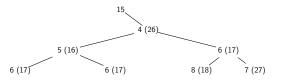
| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  | 26   |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 17   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: | 28   |

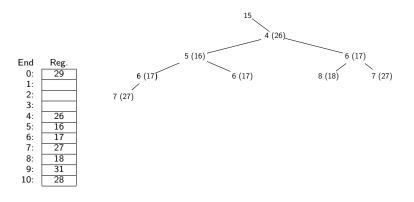


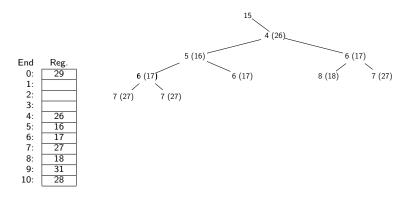
| F., .1 | D    |
|--------|------|
| End    | Reg. |
| 0:     | 29   |
| 1:     |      |
| 2:     |      |
| 3:     |      |
| 4:     | 26   |
| 5:     | 16   |
| 6:     | 17   |
| 7:     | 27   |
| 8:     | 18   |
| 9:     | 31   |
| 10:    | 28   |

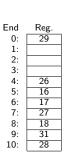


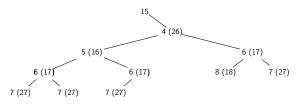
| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  | 26   |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 17   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: | 28   |



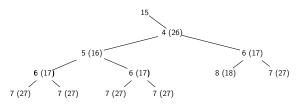




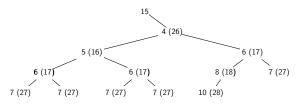




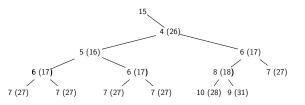
| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  | 26   |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 17   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: | 28   |



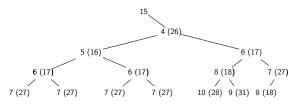
| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  | 26   |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 17   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: | 28   |



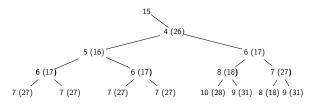
| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  | 26   |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 17   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: | 28   |

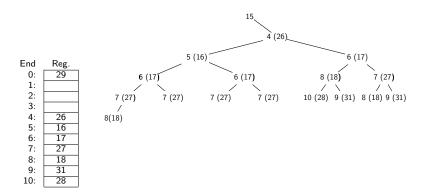


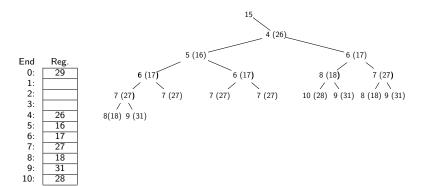
| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  | 26   |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 17   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: | 28   |

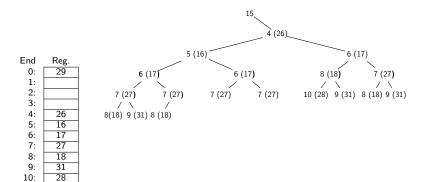


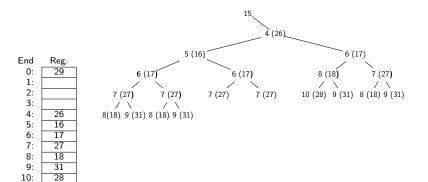
| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  | 26   |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 17   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: | 28   |





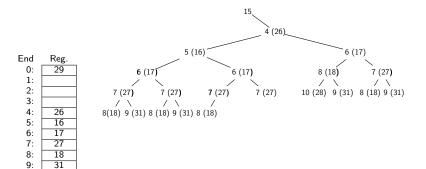






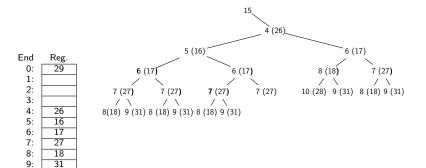
28

10:

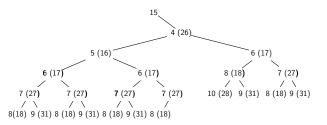


28

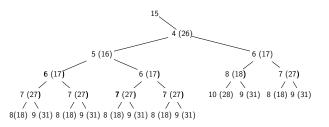
10:



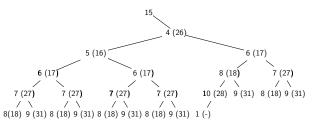
| End | Reg. |   |
|-----|------|---|
| 0:  | 29   | ] |
| 1:  |      |   |
| 2:  |      | 1 |
| 3:  |      | 1 |
| 4:  | 26   | 1 |
| 5:  | 16   |   |
| 6:  | 17   | 1 |
| 7:  | 27   | 1 |
| 8:  | 18   | 1 |
| 9:  | 31   |   |
| 10: | 28   | 1 |



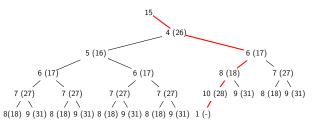
| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  | 26   |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 17   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: | 28   |
|     |      |
|     |      |



| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  |      |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  | 26   |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 17   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: | 28   |
|     |      |



| D    |
|------|
| Reg. |
| 29   |
|      |
|      |
|      |
| 26   |
| 16   |
| 17   |
| 27   |
| 18   |
| 31   |
| 28   |
|      |
|      |



| End | Reg. |  |
|-----|------|--|
| 0:  | 29   |  |
| 1:  | 26   |  |
| 2:  |      |  |
| 3:  |      |  |
| 4:  | 15   |  |
| 5:  | 16   |  |
| 6:  | 17   |  |
| 7:  | 27   |  |
| 8:  | 18   |  |
| 9:  | 31   |  |
| 10: | 28   |  |

Exemplo: 16, 18, 28, 31, 27, 29, 17, 26, 15

| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  | 26   |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  | 15   |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 17   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: | 28   |

Médias de acessos:

Exemplo: 16, 18, 28, 31, 27, 29, 17, 26, 15

| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  | 26   |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  | 15   |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 17   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: | 28   |

#### Médias de acessos:

Árvore Binária: 
$$\frac{1+2+3+1+2+3+1+5+1}{9} = 2, 1$$

Exemplo: 16, 18, 28, 31, 27, 29, 17, 26, 15

| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  | 26   |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  | 15   |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 17   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: | 28   |
|     |      |

#### Médias de acessos:

Árvore Binária: 
$$\frac{1+2+3+1+2+3+1+5+1}{9} = 2, 1$$

Hashing Duplo: 2,4

Exemplo: 16, 18, 28, 31, 27, 29, 17, 26, 15

| End | Reg. |
|-----|------|
| 0:  | 29   |
| 1:  | 26   |
| 2:  |      |
| 3:  |      |
| 4:  | 15   |
| 5:  | 16   |
| 6:  | 17   |
| 7:  | 27   |
| 8:  | 18   |
| 9:  | 31   |
| 10: | 28   |

#### Médias de acessos:

Árvore Binária:  $\frac{1+2+3+1+2+3+1+5+1}{9} = 2, 1$ 

Hashing Duplo: 2,4

Sondagem Linear: 3,0

- Conjetura-se que o comprimento médio das cadeias de sondagem é O(log n) [Gonnet, Baeza-Yates]. Este resultado é verificado em simulações.
- O custo de inserção pode ser muito alto, quando a tabela/arquivo está cheia(o).
- ▶ Pode ser uma alternativa para conjuntos de dados estáticos.