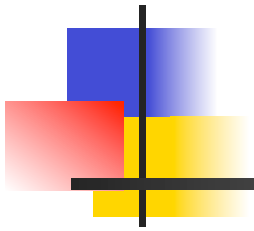
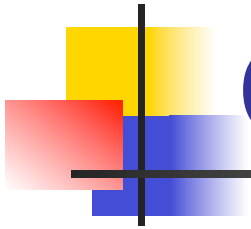


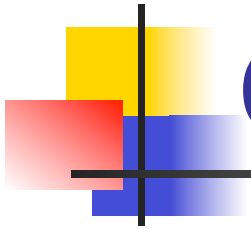
# Ordenação Interna e Externa

Cristina D. A. Ciferri
Thiago A. S. Pardo
Leandro C. Cintra
M.C.F. de Oliveira
Moacir Ponti Jr.



# Ordenação Interna

- Situação: arquivo cabe em RAM
- Etapas
  - leitura de todos os registros do arquivo
  - ordenação dos registros em RAM
  - escrita dos registros ordenados no arquivo
- Custo
  - soma dos custos das 3 etapas
  - leitura e escrita sequenciais minimizam *seeks*
  - uso de métodos eficientes de ordenação interna



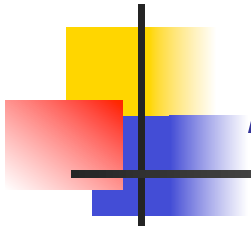
# Ordenação Interna

- Situação: paralelizando a ordenação com o processamento de entrada e saída (ou seja, leitura e escrita de registros)

parte 1 = leitura; parte 2 = ordenação

parte 1 = ordenação; parte 2 = escrita

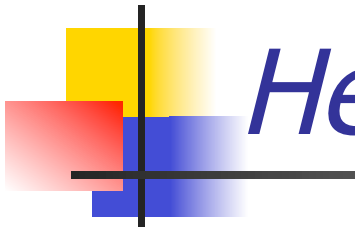
possíveis paralelismos



# *Heapsort*

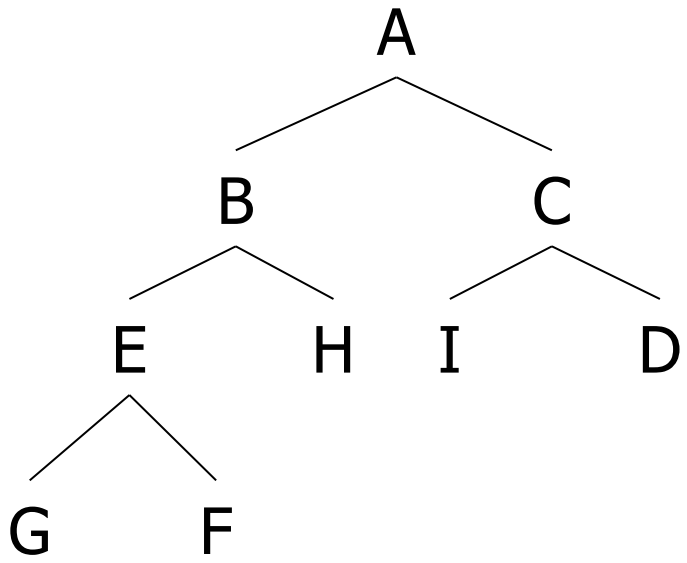
- Parte 1 = leitura; parte 2 = ordenação
  - começa ordenando um conjunto inicial de registros, construindo o *heap*
  - conforme mais dados vão chegando, eles vão sendo incorporados ao *heap*

não é necessário que o arquivo inteiro esteja carregado na memória primária



# *Heap*

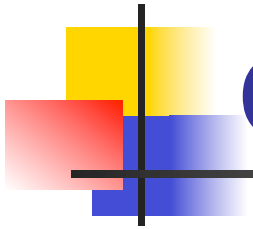
- Estrutura que mantém as chaves
- Árvore binária, implementada como vetor




| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | B | C | E | H | I | D | G | F |

Filhos de i: 2i e 2i+1

Pai de j: $\lfloor j/2 \rfloor$

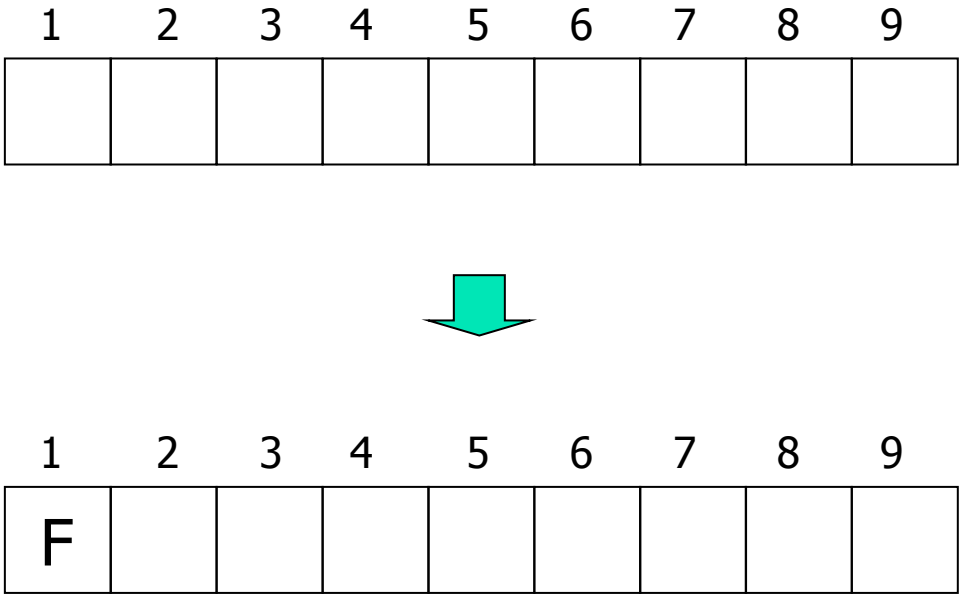


# Construção do *heap*

- Algoritmo
  - insere o elemento no fim do vetor
  - enquanto o elemento for menor do que o seu pai, troca-o de lugar com o pai
- Exemplo
  - *heap* com 9 posições
  - chaves: F, D, C, G, H, I, B, E, A

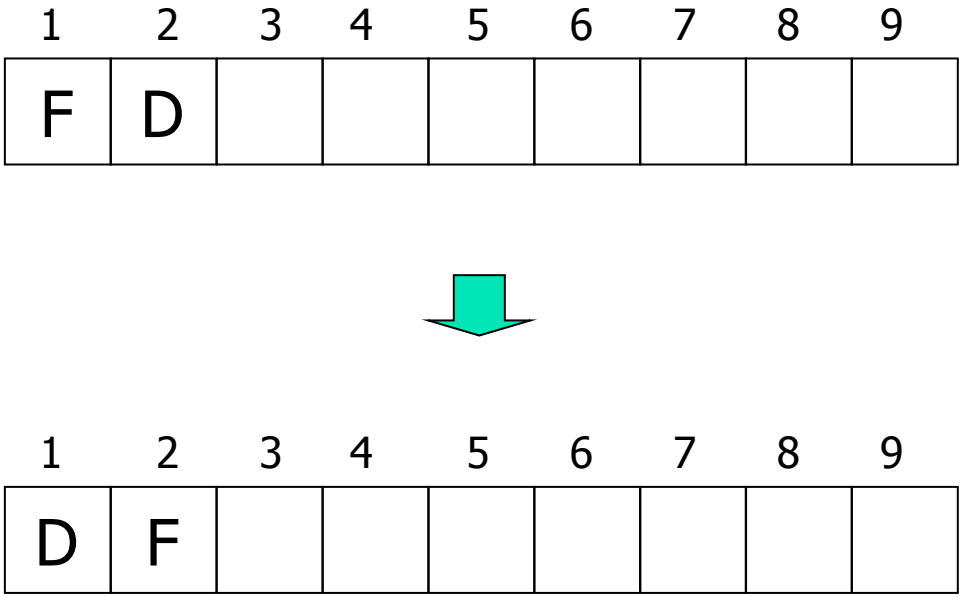
# Construção do *heap*

- Elemento: F



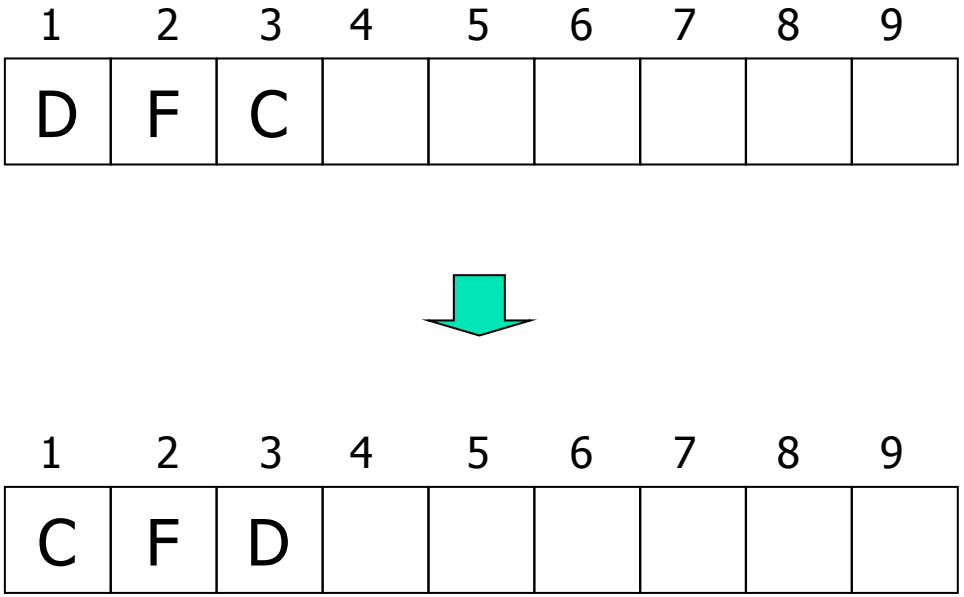
# Construção do *heap*

- Elemento: D



# Construção do *heap*

- Elemento: C



# Construção do *heap*

- Elemento: G

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | F | D | G | | | | | |

# Construção do *heap*

- Elemento: H

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | F | D | G | H | | | | |

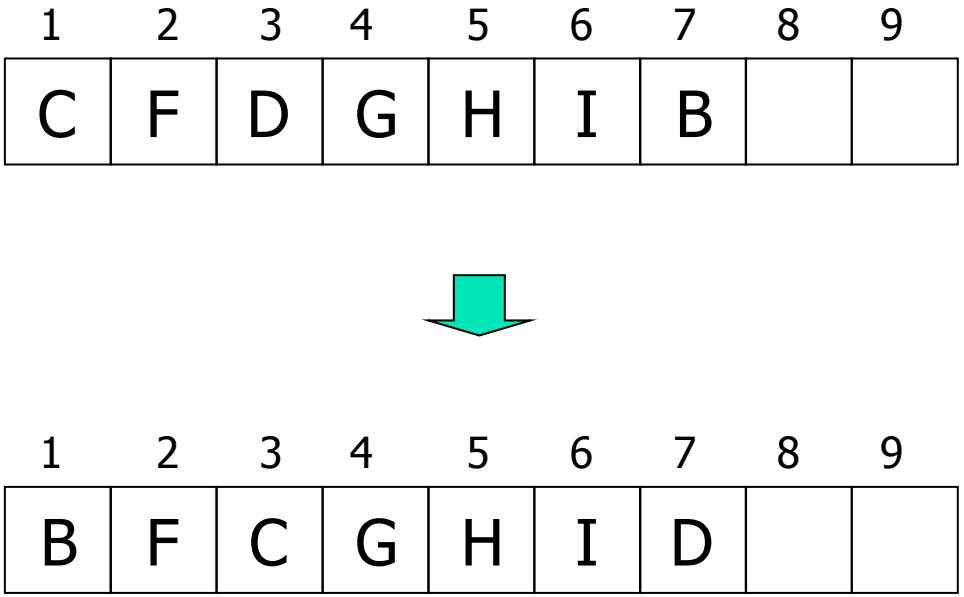
# Construção do *heap*

- Elemento: I

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | F | D | G | H | I | | | |

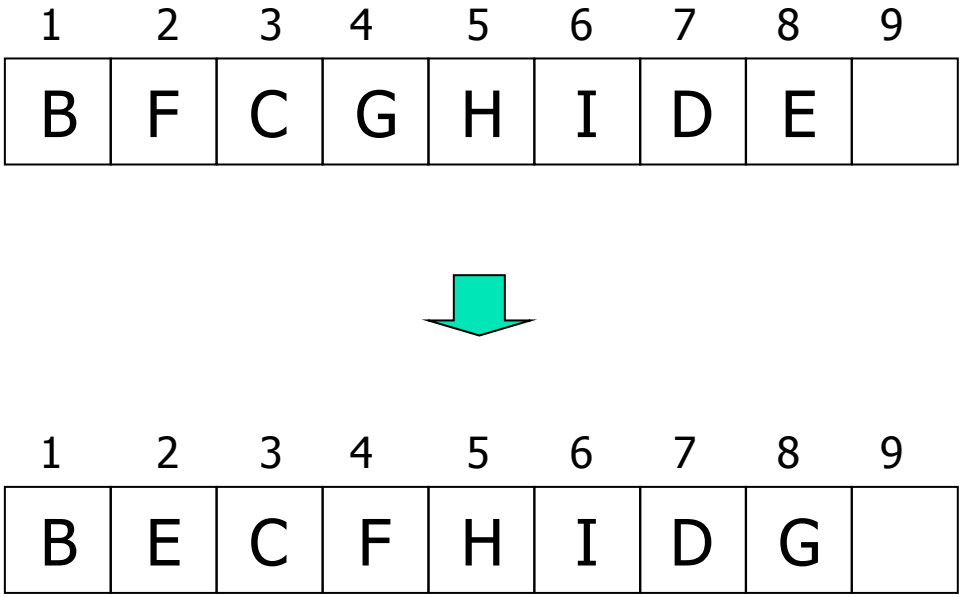
# Construção do *heap*

- Elemento: B



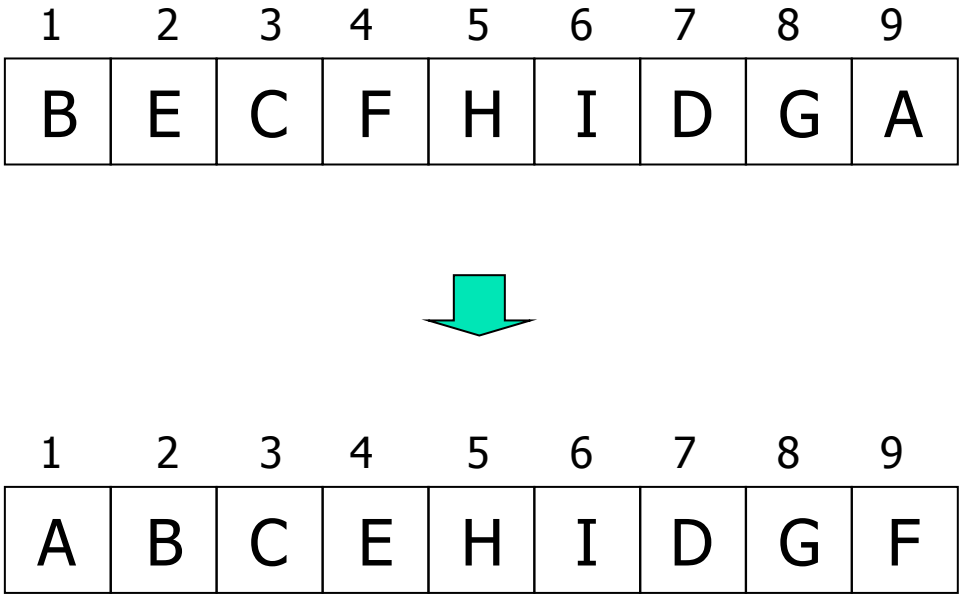
# Construção do *heap*

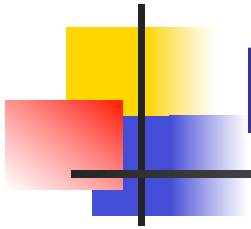
- Elemento: E



# Construção do *heap*

- Elemento: A

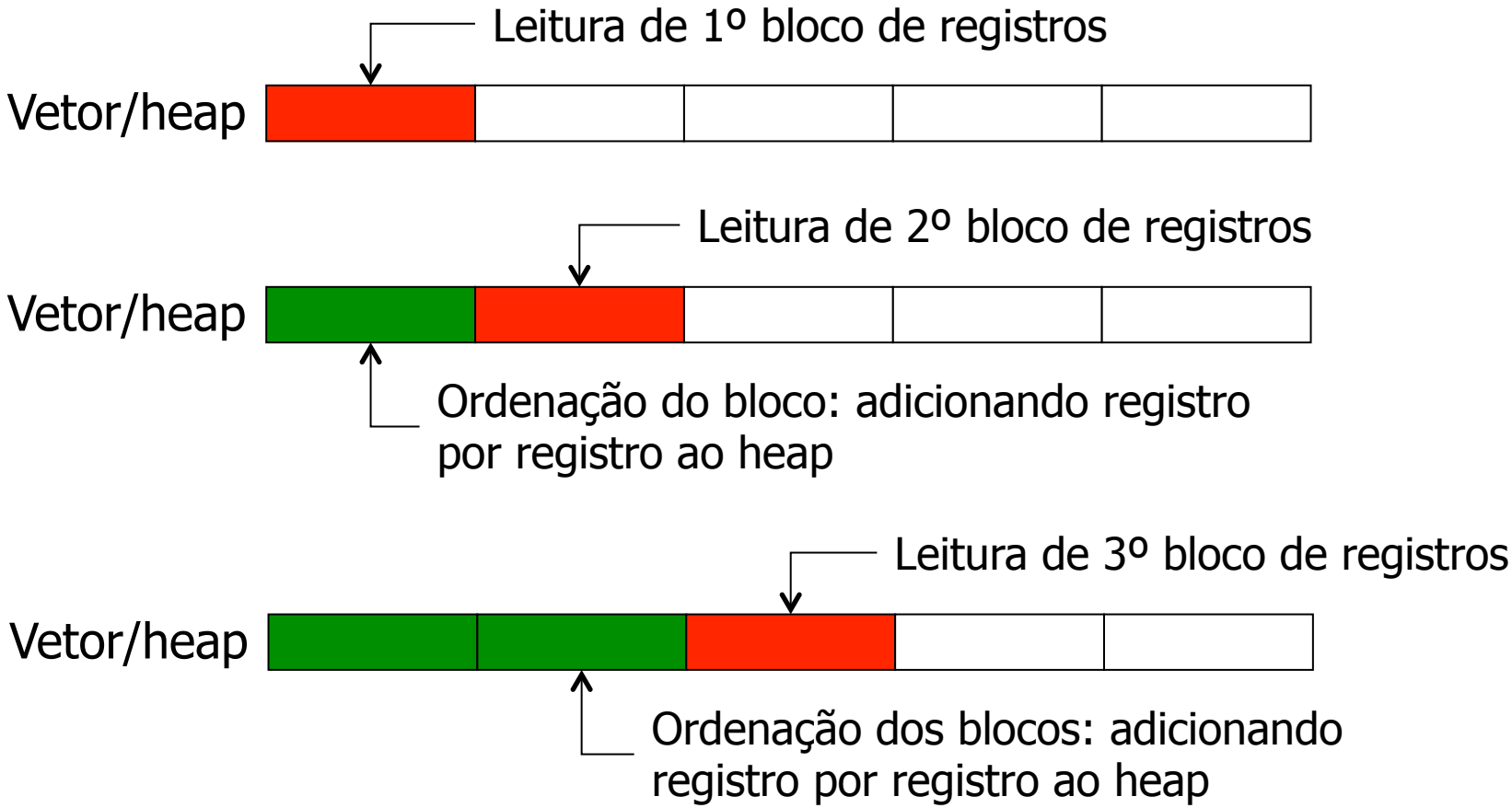




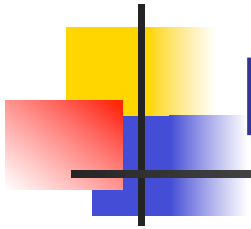
# Paralelismo leitura/ordenação

- Percebe-se que
  - O heap se rearranja conforme novos elementos são inseridos
  - Portanto, não é preciso ter todos os registros para se iniciar a ordenação
    - Enquanto ordenação é feita, novos blocos de registros podem ser lidos e adicionados ao final do vetor, para serem absorvidos na sequência

# Paralelismo leitura/ordenação




...



# Heapsort

- Parte 1 = ordenação; parte 2 = escrita
  - recupera o registro da raiz do *heap*
  - enquanto rearranja o *heap*, grava esse registro no arquivo de saída
- Rearranjo do *heap*
  - retira o elemento da raiz
  - coloca o último elemento *k* do *heap* como raiz
  - enquanto *k* for maior do que seus filhos, troca-o de lugar com seu menor filho

# Exemplo

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | B | C | E | H | I | D | G | F |

Recupera-se raiz A, colocando em seu lugar F

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F | B | C | E | H | I | D | G | --- |

Enquanto grava A no arquivo ordenado, rearranja heap

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | E | C | F | H | I | D | G | --- |

# Exemplo

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | E | C | F | H | I | D | G | --- |

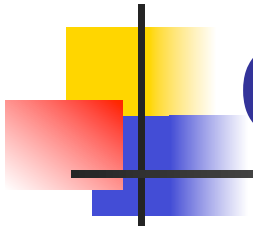
Recupera-se raiz B, colocando em seu lugar G

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G | E | C | F | H | I | D | --- | --- |

Enquanto grava B no arquivo ordenado, rearranja *heap*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | E | D | F | H | I | G | --- | --- |

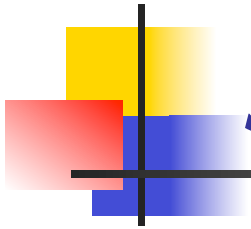
E assim por diante, até *heap* esvaziar



# Ordenação Externa

- Funcionalidade
  - classifica registros de arquivos armazenados em disco
- Restrição
  - tamanho do arquivo é maior do que o tamanho da memória principal disponível
- Algoritmo típico
  - *sort-merge* externo

pode ordenar arquivos realmente grandes

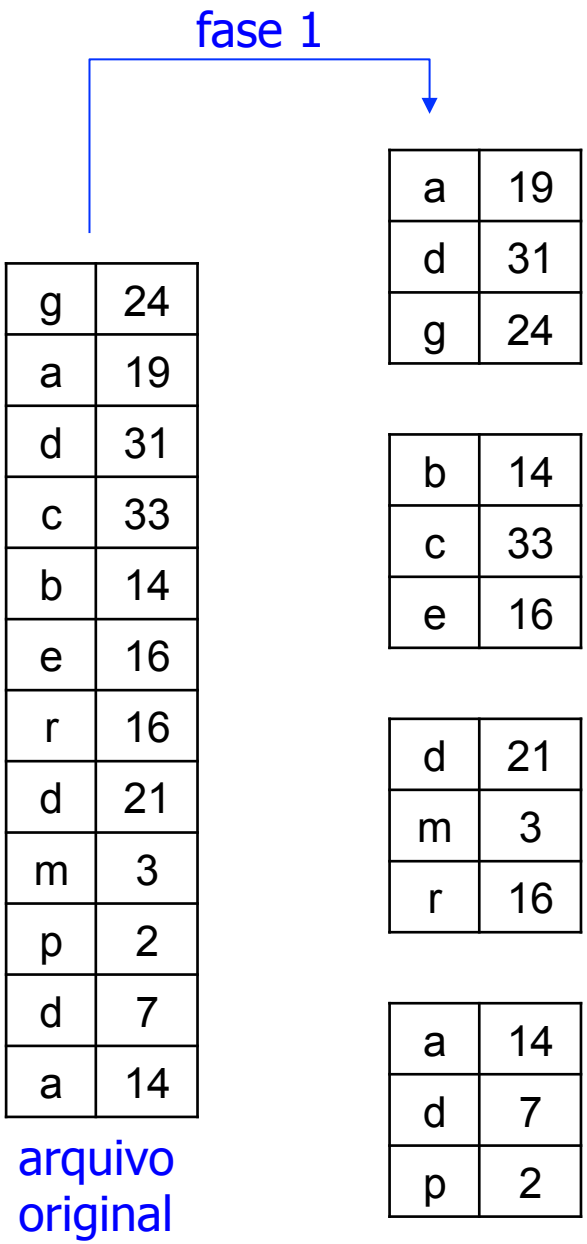


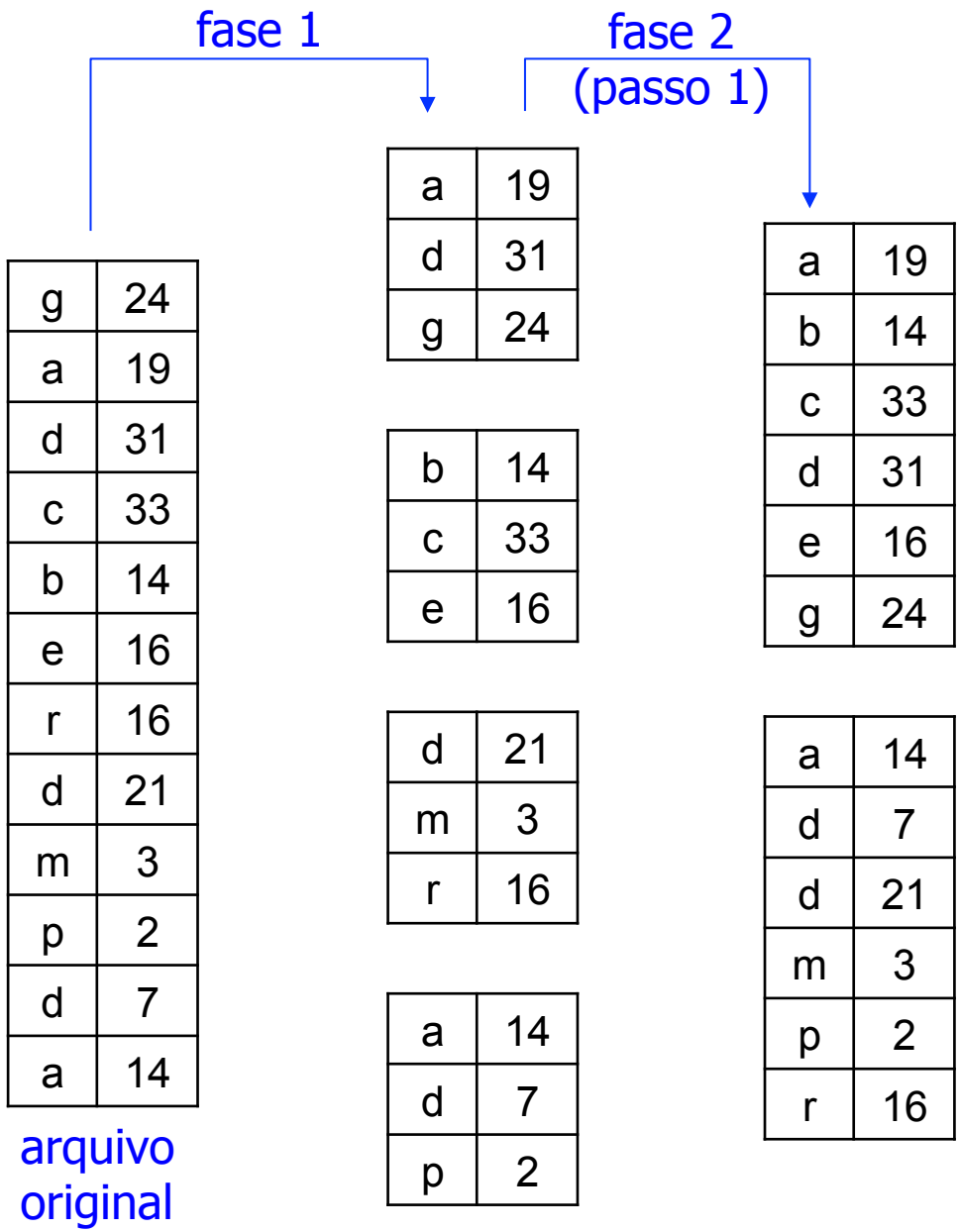
# *Sort-Merge* Externo

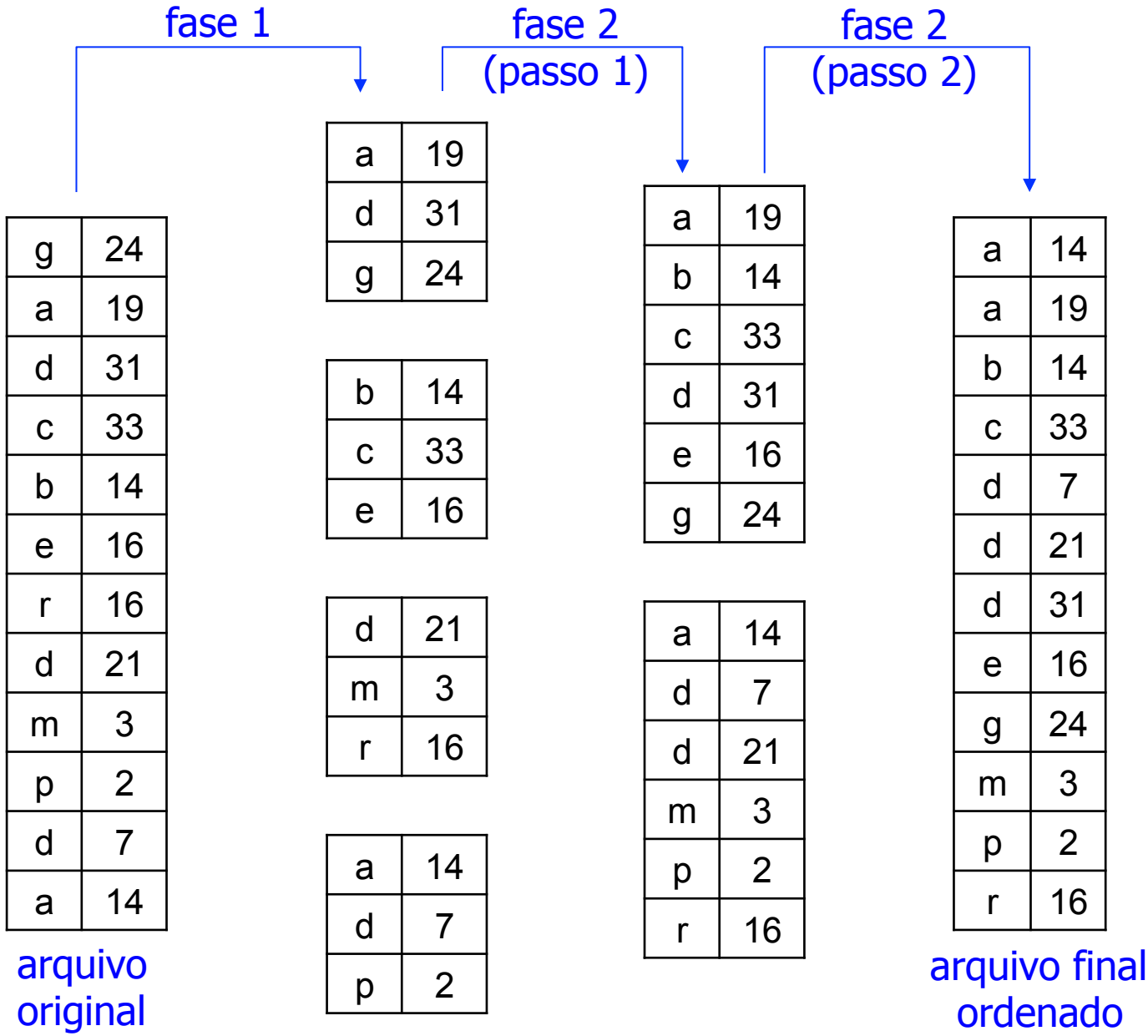
- Fase 1
  - cria subarquivos ordenados (i.e., *runs*) a partir do arquivo original
- Fase 2
  - combina os subarquivos ordenados em subarquivos ordenados maiores até que o arquivo completo esteja ordenado

| | |
|---|---|
| g | 24 |
| a | 19 |
| d | 31 |
| c | 33 |
| b | 14 |
| e | 16 |
| r | 16 |
| d | 21 |
| m | 3 |
| p | 2 |
| d | 7 |
| a | 14 |

arquivo original


fase 1
g 24
a 19
d 31
c 33
b 14
e 16
r 16
d 21
m 3
p 2
d 7
a 14
arquivo original
a 19
d 31
g 24
b 14
c 33
e 16
d 21
m 3
r 16
a 14
d 7
p 2


fase 1
fase 2
(passo 1)
g 24
a 19
d 31
c 33
b 14
e 16
r 16
d 21
m 3
p 2
d 7
a 14
arquivo
original
a 19
d 31
g 24
b 14
c 33
e 16
d 21
m 3
r 16
a 14
d 7
p 2
a 19
b 14
c 33
d 31
e 16
g 24
a 14
d 7
d 21
m 3
p 2
r 16


fase 1
fase 2
(passo 1)
fase 2
(passo 2)
g 24
a 19
d 31
c 33
b 14
e 16
r 16
d 21
m 3
p 2
d 7
a 14
arquivo
original
a 19
d 31
g 24
b 14
c 33
e 16
d 21
m 3
r 16
a 14
d 7
p 2
a 19
b 14
c 33
d 31
e 16
g 24
a 14
d 7
d 21
m 3
p 2
r 16
a 14
a 19
b 14
c 33
d 7
d 21
d 31
e 16
g 24
m 3
p 2
r 16
arquivo final
ordenado

# Custo do Algoritmo

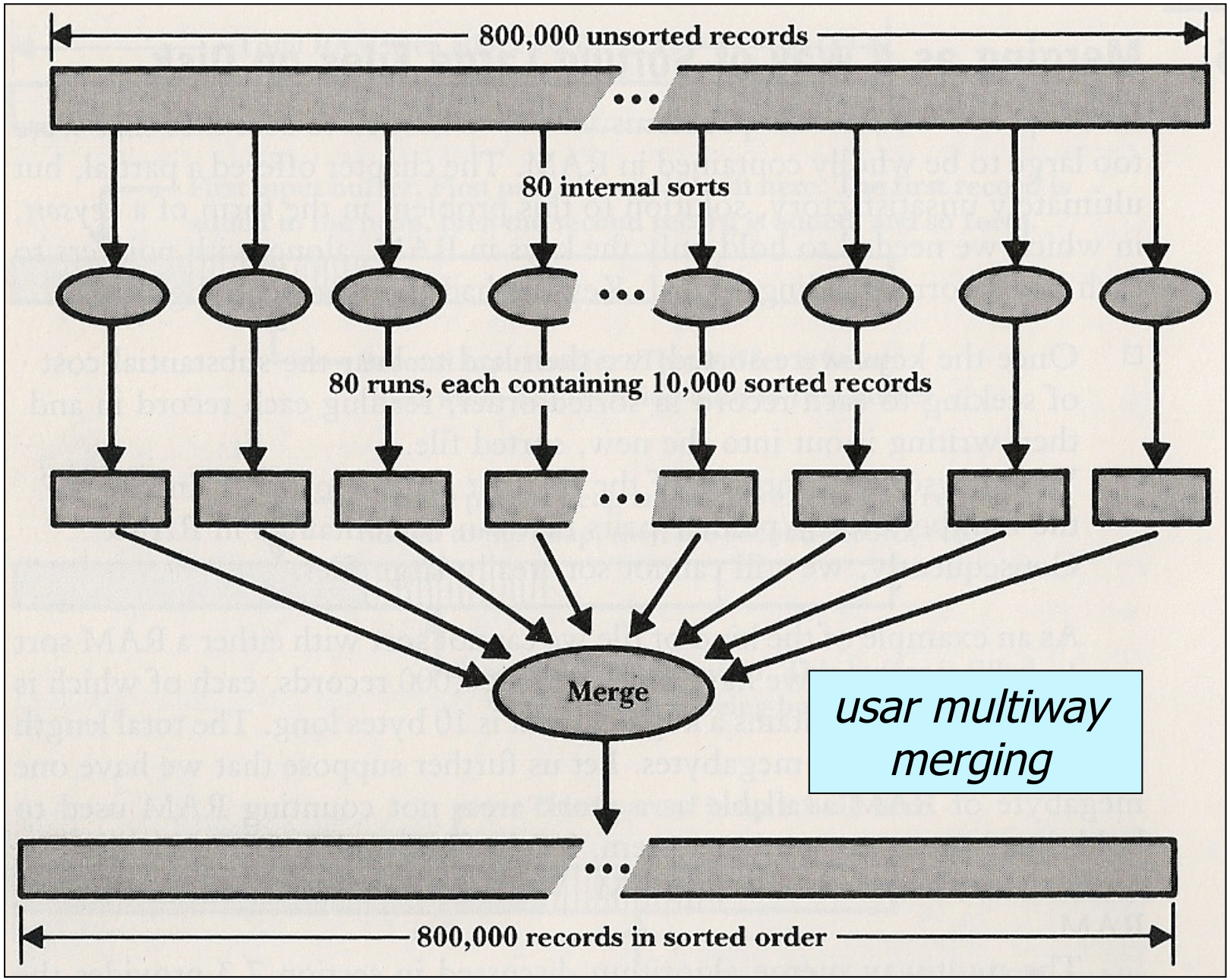
$$( 2 * b ) + ( 2 * ( b * ( \log_{dm} b ) ) )$$

- ( 2 * b )
  - número de acessos a disco na fase 1
- cada bloco do arquivo é acessado duas vezes
  - fase de leitura dos dados para a memória
  - fase de escrita dos dados ordenados no disco

# Custo do Algoritmo

$$( 2 * b ) + ( 2 * ( b * ( \log_{d_m} b ) ) )$$

- $( 2 * ( b * ( \log_{d_m} b ) ) )$
  - número de acessos a disco na fase 2
- cada bloco dos subarquivos é acessado várias vezes, dependendo do grau de combinação
  - fase de leitura dos dados para a memória
  - fase de escrita dos dados ordenados no disco




*usar multiway merging*