Estruturas de dados II

Classificação em Memória Principal e Secundária

André Tavares da Silva

andre.silva@udesc.br

UDESC

Programas usando classificação

- Relembrando um desafio de arquivo sequencial
  - Acesso não pode ser feito em posições aleatórias do arquivo
    - Exemplo: para ler o décimo registro é necessário ler os nove registros prévios
    - E se o arquivo conter 10^9 registros e for necessário ler o último registro?

- Programas podem gastar muito recurso computacional e tempo em atividades de classificação de registros
  - Ordenação, pesquisas, agrupamento de dados, dentre outros
  - Para simplificar, será utilizado termo classificação como sinônimo de ordenação

UDESC

Tipos de classificação

- A classificação de registros de um arquivo pode ser de dois tipos
  - Classificação interna
    - Utiliza exclusivamente a memória principal
    - Arquivo pode ser mantido inteiramente em memória principal
  - Classificação externa
    - Utiliza a memória secundária
    - Arquivo é maior do que a capacidade de armazenamento da memória principal

- Na classificação externa é fundamental minimizar o número de operações de entrada e saída na memória secundária
  - Esta memória possui um esforço computacional maior para acesso

UDESC

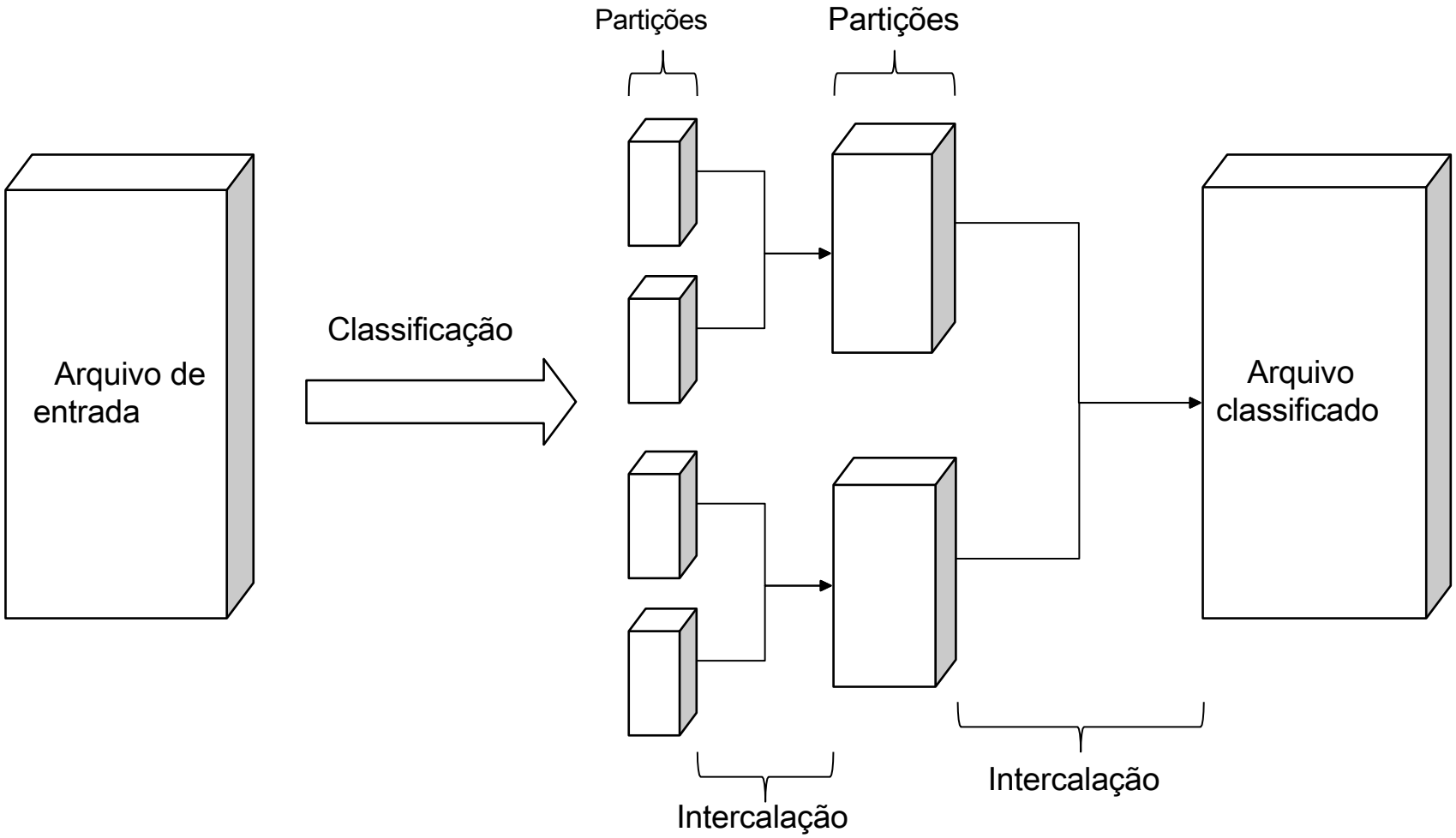
Tipos de classificação

- Classificação externa
  - A classificação do arquivo pode ser realizada
    - Sobre o próprio arquivo
    - A partir de um armazenamento auxiliar (arquivo temporário)
  - A classificação sobre o próprio arquivo economiza espaço
  - Há risco de inconsistência em caso de término anormal do processo

- Estratégia da classificação externa
  - Dividir o arquivo em pequenas frações que são ordenadas e intercaladas em dois estágios
    - Classificação
    - Intercalação

UDESC

Estratégia da classificação externa



UDESC

Estratégia da classificação externa

- Definição
  - Arquivo de entrada é um arquivo não classificado
  - Arquivo de saída é um arquivo classificado
  - Uma partição é uma sequência classificada de n registros

- Procedimento da classificação
  - Os registros são lidos de arquivos de entrada e de partições
  - Em seguida são classificados/gravados em arquivo de saída ou partições

UDESC

Estágio da classificação

- Métodos
  - Classificação interna
  - Seleção com substituição
  - Seleção natural

- Considera-se que
  - Memória principal tem capacidade para armazenar M registros do arquivo
  - Arquivo não classificado possui N registros

UDESC

Classificação interna

- Critério básico de eficiência da classificação interna
  - Número de comparações entre chaves de registros

- Consiste na leitura de M registros para a memória
  - Organização dos registros por qualquer processo de classificação interna
  - Gravação dos registros classificados em uma partição

- Todas as partições classificadas contêm M registros
  - Exceto a última que eventualmente possui menos registros

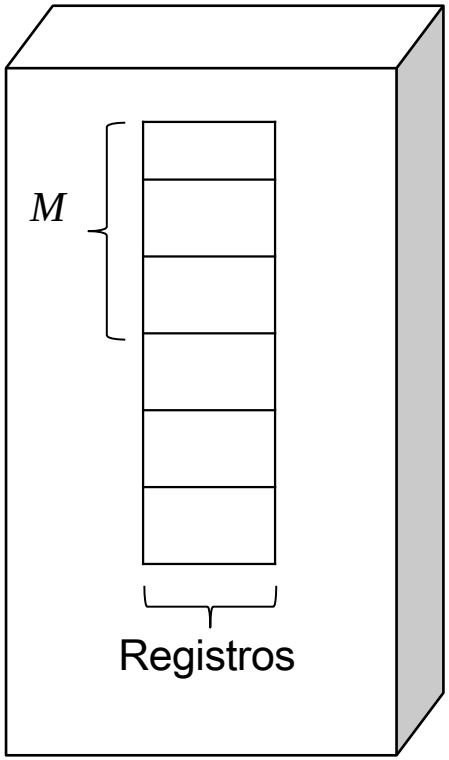
UDESC

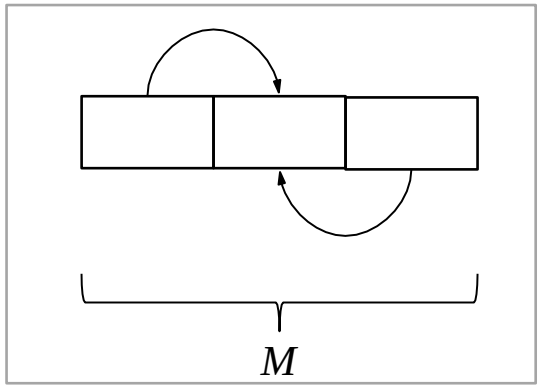
Classificação interna

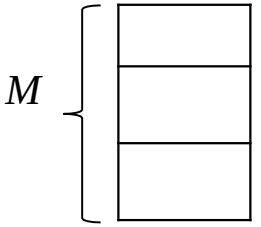
- Técnicas utilizadas para classificação
  - Seleção: *bubble sort*, *selection sort* e *heap sort*
  - Dividir para conquistar: *merge sort* e *quick sort*
  - Inserção: *insertion sort* e *shell sort*
  - Linear: *bucket sort* e *radix sort*
- Complexidade computacional pode variar
  - https://www.bigocheatsheet.com

Classificação interna

Arquivo de entrada → Memória principal → Partição de saída







UDESC

Classificação interna

- Chaves do arquivo não classificado
  - Sequência de leitura da esquerda para direita: 29, 14, 76, ...
- Assumir que a capacidade de memória principal são 6 registros

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

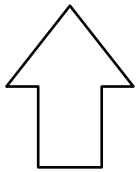
Arquivo não classificado

Classificação interna

Memória principal

$M = 6$

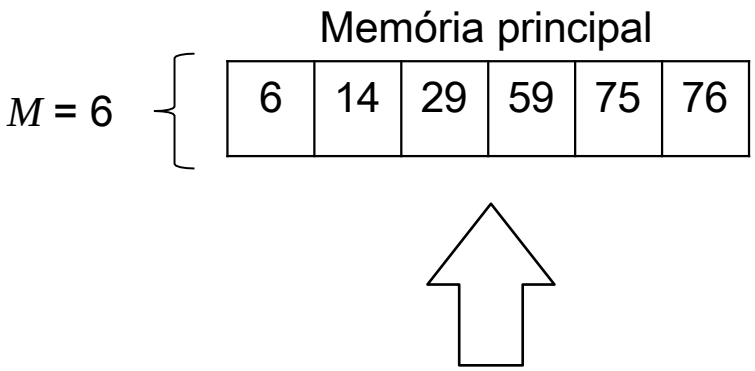
29	14	76	75	59	6



29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

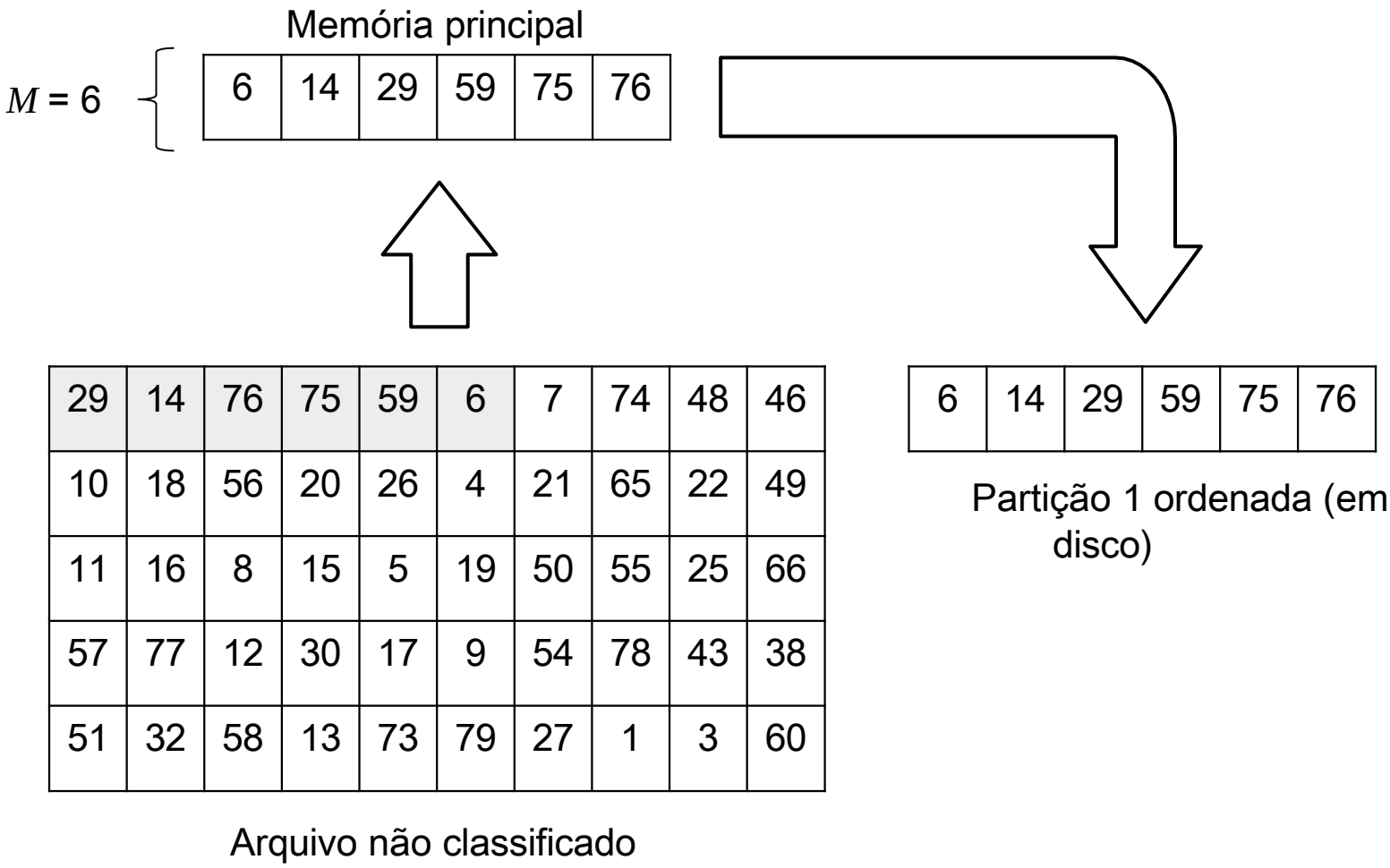
Classificação interna



29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Classificação interna



UDESC

Seleção com substituição

- Objetivo
  - Aproveitar uma possível classificação parcial do arquivo de entrada

- Algoritmo
  1. Ler M registros do arquivo para a memória
  2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave
  3. Gravar o registro r na partição de saída
  4. Substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
  5. Se a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, considerá-lo **congelado** e ignorá-lo no restante do processamento
  6. Caso existam em memória registros **não congelados**, voltar ao passo 2
  7. Caso contrário
     - Fechar a partição de saída
     - Descongelar os registros congelados
     - Abrir nova partição de saída
     - Voltar ao passo 2

UDESC

Seleção com substituição

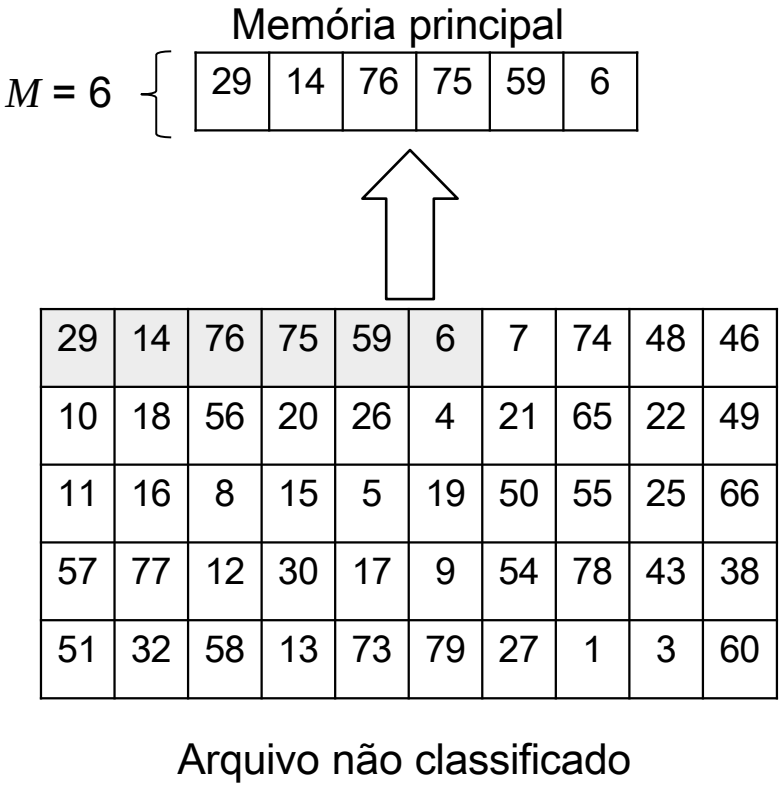
- Chaves do arquivo não classificado
  - Sequência de leitura da esquerda para direita: 29, 14, 76, ...
- Assumir que a capacidade de memória principal são 6 registros

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção com substituição

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Caso a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, considerá-lo **congelado** e ignorá-lo no restante do processamento
6. Caso existam em memória registros **não congelados**, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Descongelar os registros congelados
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2



Seleção com substituição

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Caso a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, considerá-lo **congelado** e ignorá-lo no restante do processamento
6. Caso existam em memória registros **não congelados**, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Descongelar os registros congelados
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Memória principal

r = 6

29	14	76	75	59	6

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção com substituição

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Caso a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, considerá-lo **congelado** e ignorá-lo no restante do processamento
6. Caso existam em memória registros **não congelados**, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Descongelar os registros congelados
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6

Memória principal

r = 6

29	14	76	75	59	6

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção com substituição

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Caso a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, considerá-lo **congelado** e ignorá-lo no restante do processamento
6. Caso existam em memória registros **não congelados**, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Descongelar os registros congelados
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6

Memória principal

r = 6

29	14	76	75	59	7

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção com substituição

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Caso a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, considerá-lo **congelado** e ignorá-lo no restante do processamento
6. Caso existam em memória registros **não congelados**, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Descongelar os registros congelados
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6

Memória principal

r = 6

29	14	76	75	59	7

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção com substituição

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Caso a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, considerá-lo **congelado** e ignorá-lo no restante do processamento
6. Caso existam em memória registros **não congelados**, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Descongelar os registros congelados
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6

Memória principal

r = 6

29	14	76	75	59	7

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção com substituição

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Caso a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, considerá-lo **congelado** e ignorá-lo no restante do processamento
6. Caso existam em memória registros **não congelados**, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Descongelar os registros congelados
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6

Memória principal

r = 7

29	14	76	75	59	7

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção com substituição

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Caso a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, considerá-lo **congelado** e ignorá-lo no restante do processamento
6. Caso existam em memória registros **não congelados**, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Descongelar os registros congelados
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6	7

Memória principal

r = 7

29	14	76	75	59	7

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção com substituição

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Caso a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, considerá-lo **congelado** e ignorá-lo no restante do processamento
6. Caso existam em memória registros **não congelados**, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Descongelar os registros congelados
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6	7

Memória principal

r = 7

29	14	76	75	59	74

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção com substituição

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Caso a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, considerá-lo **congelado** e ignorá-lo no restante do processamento
6. Caso existam em memória registros **não congelados**, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Descongelar os registros congelados
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6	7

r = 7

Memória principal

29	14	76	75	59	74

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção com substituição

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Caso a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, considerá-lo **congelado** e ignorá-lo no restante do processamento
6. Caso existam em memória registros **não congelados**, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Descongelar os registros congelados
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6	7

Memória principal

r = 7

29	14	76	75	59	74

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção com substituição

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Caso a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, considerá-lo **congelado** e ignorá-lo no restante do processamento
6. Caso existam em memória registros **não congelados**, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Descongelar os registros congelados
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6	7	14	29	46	48	59	74	75	76

r = 76

Memória principal

10	18	4	26	56	20

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

UDESC

Seleção com substituição

P1	6	7	14	29	46	48	59	74	75	76
P2	4	10	18	20	21	22	26	49	56	65
P3	5	8	11	15	16	19	25	50	55	57

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Caso a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, considerá-lo **congelado** e ignorá-lo no restante do processamento
6. Caso existam em memória registros **não congelados**, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Descongelar os registros congelados
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

r = 76

Memória principal

43	9	12	17	30	54

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

UDESC

Seleção com substituição

- Tamanho das partições geradas
  - Em média, o tamanho das partições obtidas pelo processo de seleção com substituição é de 2 x M

- Desvantagem da seleção com substituição
  - No final da partição, grande parte do espaço em memória principal está ocupado com registros congelados

UDESC

Seleção natural

- Estratégia da seleção natural
  - Reserva-se um espaço de memória secundária (o reservatório) para abrigar os registros congelados do processo de substituição
  - A formação de uma partição se encerra quando o reservatório estiver cheio ou quando terminarem os registros de entrada
  - Para a memória com capacidade de M registros, supõe-se um reservatório comportando n registros
  - Considerando $M = n$, o comprimento médio das partições é M x e, onde e = 2,718

UDESC

Seleção natural

- Algoritmo
  1. Ler M registros do arquivo para a memória
  2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
  3. Gravar o registro r na partição de saída
  4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
  5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
  6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
  7. Caso contrário
     - Fechar a partição de saída
     - Copiar os registros do reservatório para o vetor em memória
     - Esvaziar o reservatório
     - Abrir nova partição de saída
     - Voltar ao passo 2

UDESC

Seleção natural

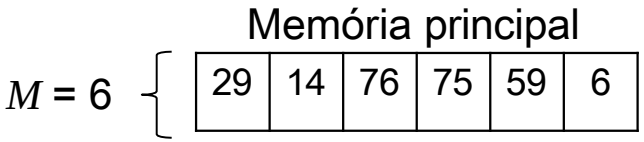
- Chaves do arquivo não classificado
  - Sequência de leitura da esquerda para direita: 29, 14, 76, ...
- Assumir que a capacidade de memória principal são 6 registros
  - M = 6 e n = 6

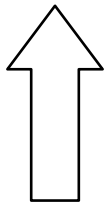
29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção natural

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Copiar os registros do reservatório para vetor em memória
   - Esvaziar o reservatório
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2





29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção natural

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Copiar os registros do reservatório para vetor em memória
   - Esvaziar o reservatório
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Reservatório

Memória principal

$r = 6$

29	14	76	75	59	6

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

UDESC

Seleção natural

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Copiar os registros do reservatório para vetor em memória
   - Esvaziar o reservatório
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6

Reservatório

Memória principal

$r = 6$

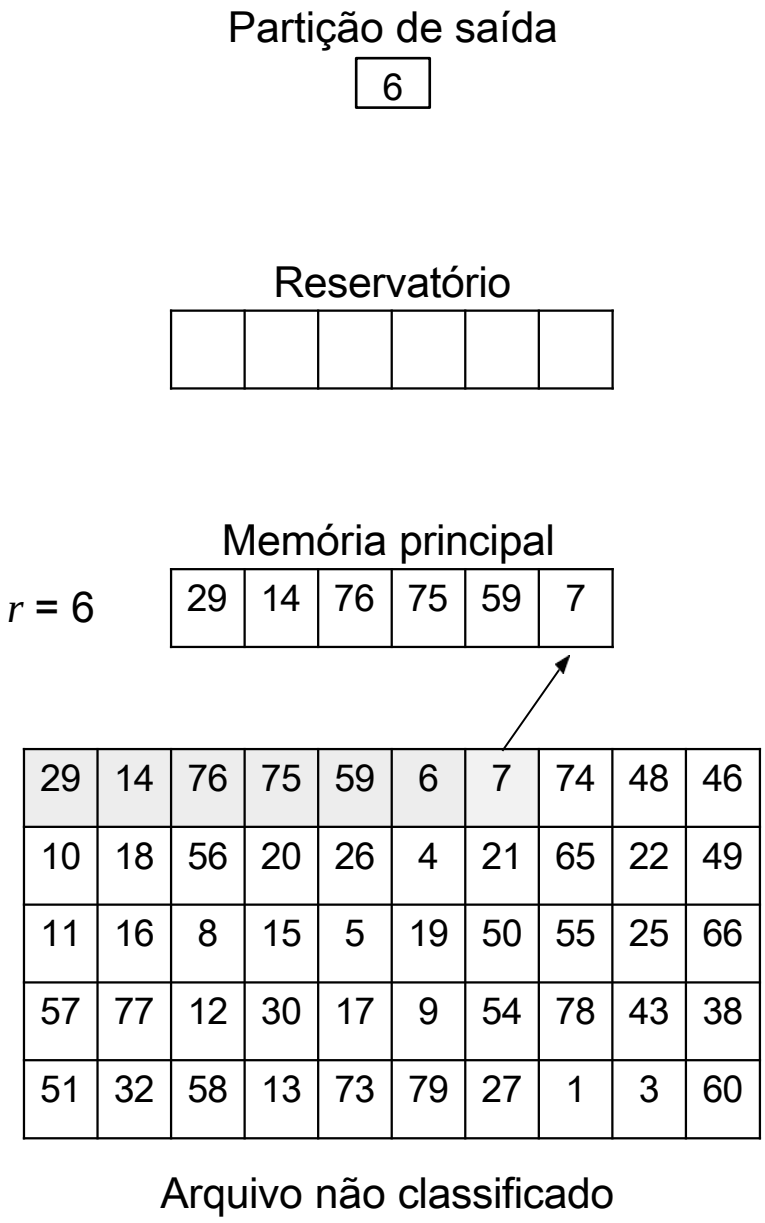
29	14	76	75	59	6

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

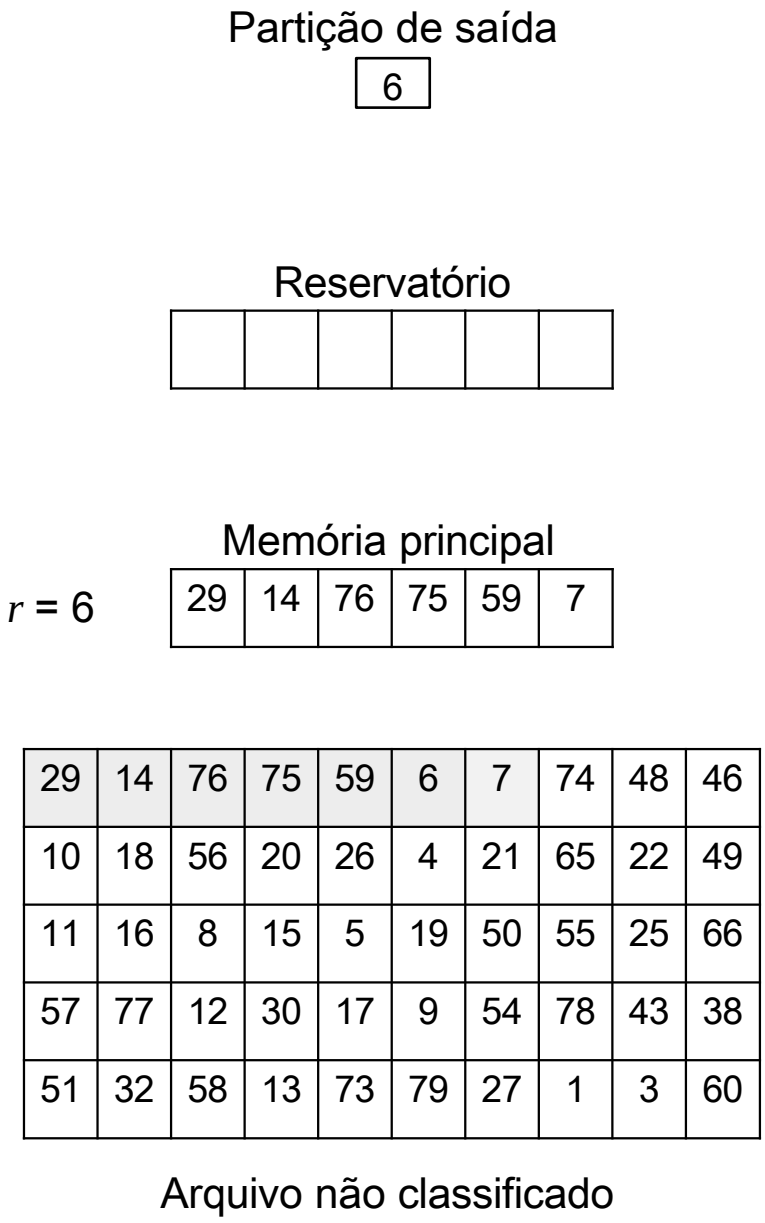
Seleção natural

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Copiar os registros do reservatório para vetor em memória
   - Esvaziar o reservatório
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2



Seleção natural

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Copiar os registros do reservatório para vetor em memória
   - Esvaziar o reservatório
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2



Seleção natural

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Copiar os registros do reservatório para vetor em memória
   - Esvaziar o reservatório
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6

Reservatório

Memória principal

r = 6

29	14	76	75	59	7

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção natural

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Copiar os registros do reservatório para vetor em memória
   - Esvaziar o reservatório
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6

Reservatório

Memória principal

r = 7

29	14	76	75	59	7

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

UDESC

Seleção natural

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Copiar os registros do reservatório para vetor em memória
   - Esvaziar o reservatório
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6	7

Reservatório

Memória principal

r = 7

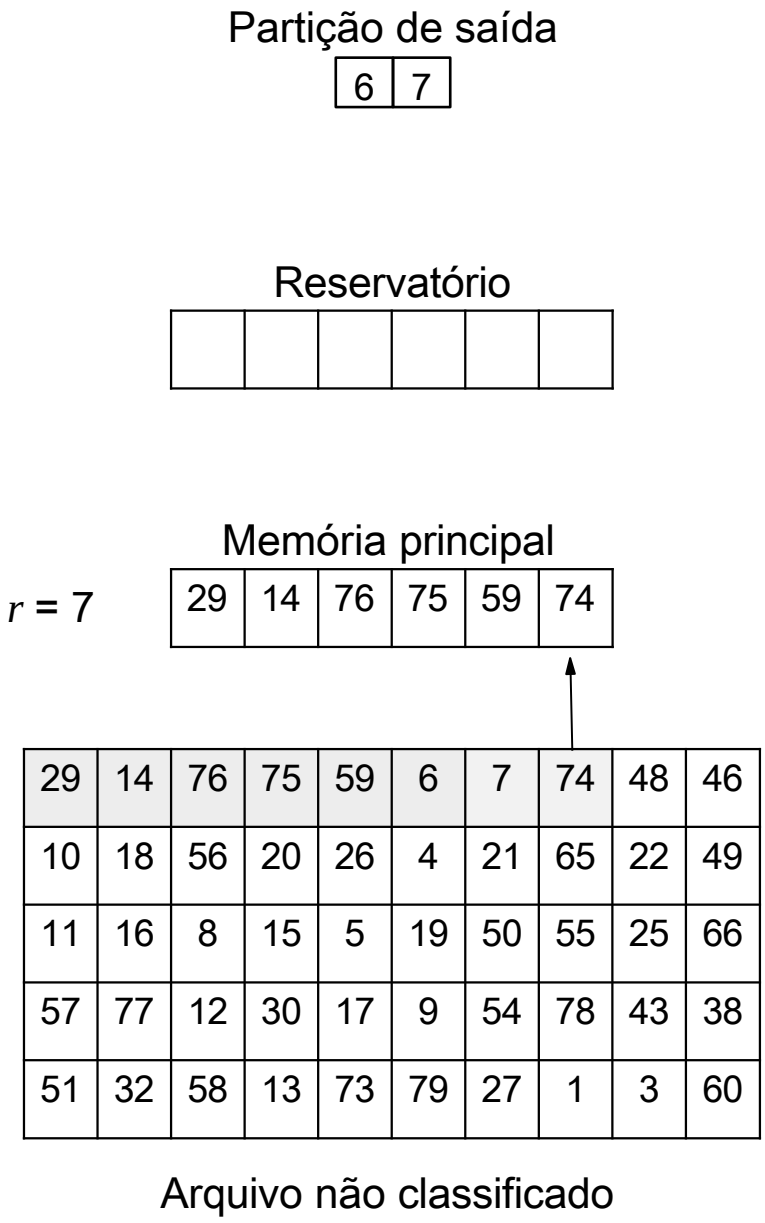
29	14	76	75	59	7

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção natural

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Copiar os registros do reservatório para vetor em memória
   - Esvaziar o reservatório
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2



Seleção natural

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Copiar os registros do reservatório para vetor em memória
   - Esvaziar o reservatório
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6	7

Reservatório

Memória principal

r = 7

29	14	76	75	59	74

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

UDESC

Seleção natural

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Copiar os registros do reservatório para vetor em memória
   - Esvaziar o reservatório
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6	7

Reservatório

Memória principal

r = 7

29	14	76	75	59	74

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Algum tempo depois...

Seleção natural

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Copiar os registros do reservatório para vetor em memória
   - Esvaziar o reservatório
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6	7	14	29

Reservatório

Memória principal

46	48	76	75	59	74

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção natural

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Copiar os registros do reservatório para vetor em memória
   - Esvaziar o reservatório
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6	7	14	29	46

Reservatório

10					

Memória principal

x	48	76	75	59	74

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Seleção natural

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Copiar os registros do reservatório para vetor em memória
   - Esvaziar o reservatório
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

6	7	14	29	46

Reservatório

10	18				

Memória principal

x	48	76	75	59	74

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

Algum tempo depois...

Seleção natural

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Copiar os registros do reservatório para vetor em memória
   - Esvaziar o reservatório
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

P1	6	7	14	29	46	48	56	59	74	75	76

Reservatório

10	18	20	26	4	21

Memória principal

56	48	76	75	59	74

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

UDESC

Seleção natural

1. Ler M registros do arquivo para a memória
2. Selecionar no vetor em memória o registro r com menor chave ainda não gravado na partição de saída
3. Gravar o registro r na partição de saída
4. Caso o reservatório não estiver cheio, substituir no vetor em memória o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
5. Enquanto a chave deste último for menor do que a chave recém gravada, gravá-lo no reservatório e substituir, no vetor em memória, o registro r pelo próximo registro do arquivo de entrada
6. Caso ainda exista espaço livre no reservatório ou exista registros na memória ainda não gravados na partição de saída, voltar ao passo 2
7. Caso contrário
   - Fechar a partição de saída
   - Copiar os registros do reservatório para vetor em memória
   - Esvaziar o reservatório
   - Abrir nova partição de saída
   - Voltar ao passo 2

Partição de saída

P1	6	7	14	29	46	48	56	59	74	75	76

Reservatório

Memória principal

10	18	20	26	4	21

29	14	76	75	59	6	7	74	48	46
10	18	56	20	26	4	21	65	22	49
11	16	8	15	5	19	50	55	25	66
57	77	12	30	17	9	54	78	43	38
51	32	58	13	73	79	27	1	3	60

Arquivo não classificado

UDESC

Comparação dos métodos

- A classificação interna gera as menores partições, implicando em mais arquivos a intercalar;
- Os processos de seleção com substituição e seleção natural geram partições maiores, reduzindo o tempo total de processamento;
- A seleção natural tem o ônus de utilizar mais operações de entrada e saída, já que o reservatório também está em memória secundária (arquivo).

UDESC

Intercalação de partições classificadas

- Objetivo da intercalação
  - Juntar um conjunto de partições classificadas em um único arquivo
  - Contém todos os registros de todas as partições originais do conjunto
  - Arquivo gerado é classificado com o mesmo critério das partições

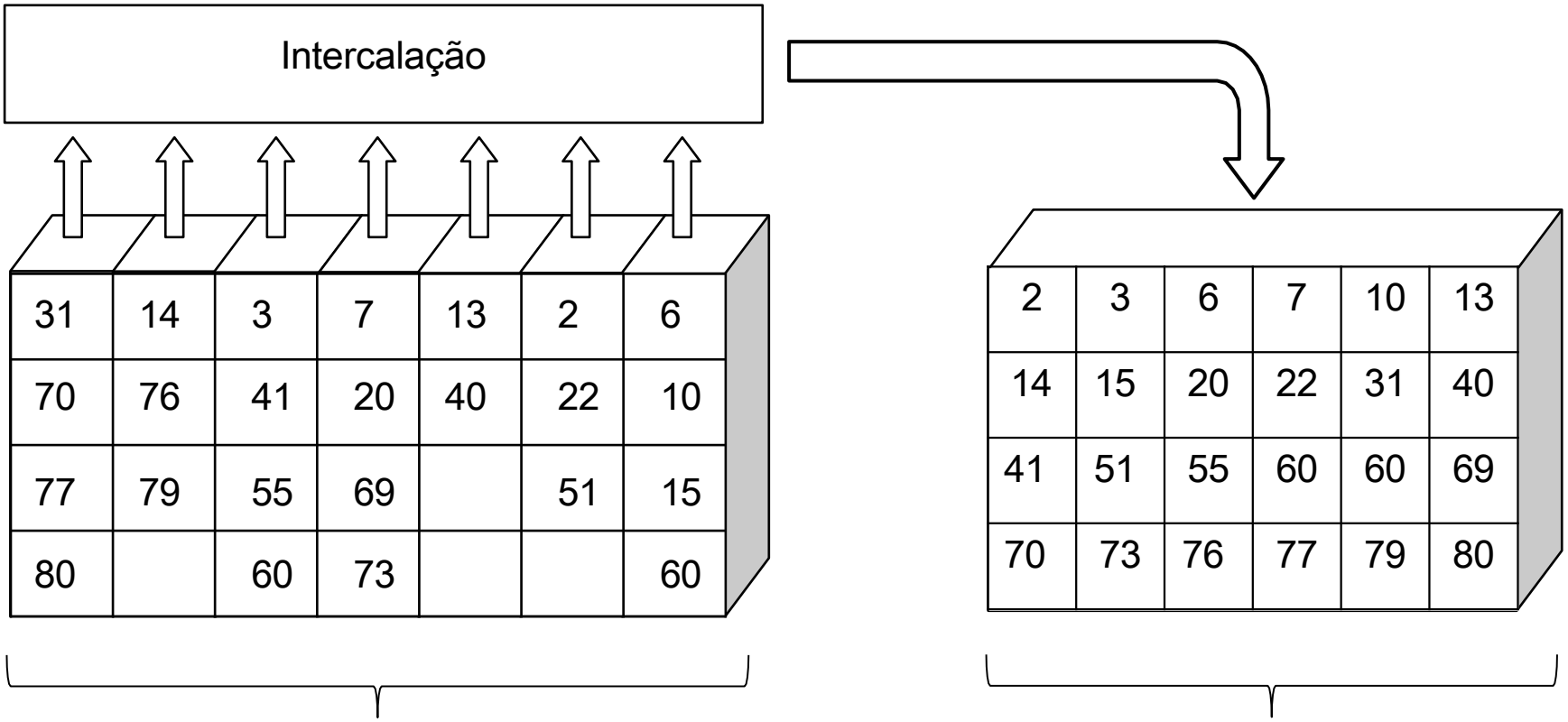
- Considere a existência de R partições geradas pelo processo de geração de partições anterior
  - A intercalação vai exigir uma série de etapas cujos registros são lidos de um conjunto de partições e gravados em outra

UDESC

Intercalação de partições classificadas

- Algoritmo básico
  - Basta ter em memória um registro para cada um dos arquivos a intercalar
  - Considera-se cada arquivo como uma pilha
    - Topo da pilha: registro em memória
    - Para cada iteração do algoritmo, o topo da pilha contendo a menor chave é gravado no arquivo de saída e é substituído pelo seu sucessor
    - Pilhas vazias têm topo igual a *high value*
    - O algoritmo termina quando todos os topos da pilha tiverem *high value*

Intercalação de partições classificadas



UDESC

Intercalação de partições classificadas

- Algoritmo básico
  - E se a quantidade de arquivos a intercalar for muito grande?
  - Operação de busca da menor chave precisa ser repetida várias vezes até esgotar as pilhas que representam as partições

- Abordagem para otimização do processo
  - Árvore binária de vencedores

UDESC

Árvore binária de vencedores

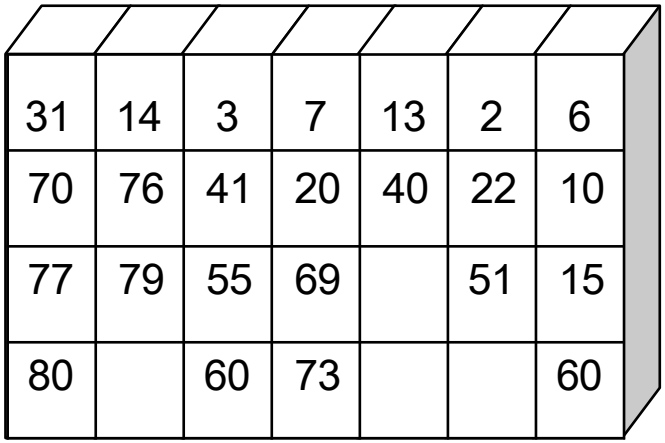
- Estrutura da árvore
  - Nós folha são as chaves no topo das pilhas das partições a intercalar
  - Cada nó da árvore representa a menor chave entre seus dois filhos
  - A raiz representa o nó da árvore com a menor chave

- Cada nó da árvore contém
  - Vencedor: valor da menor chave da subárvore iniciada pelo nó atual
  - Endereço do vencedor: ponteiro para a partição que detém aquela chave
  - Esquerda: ponteiro para o nó filho à esquerda
  - Direita: ponteiro para o nó filho à direita

UDESC

Árvore binária de vencedores

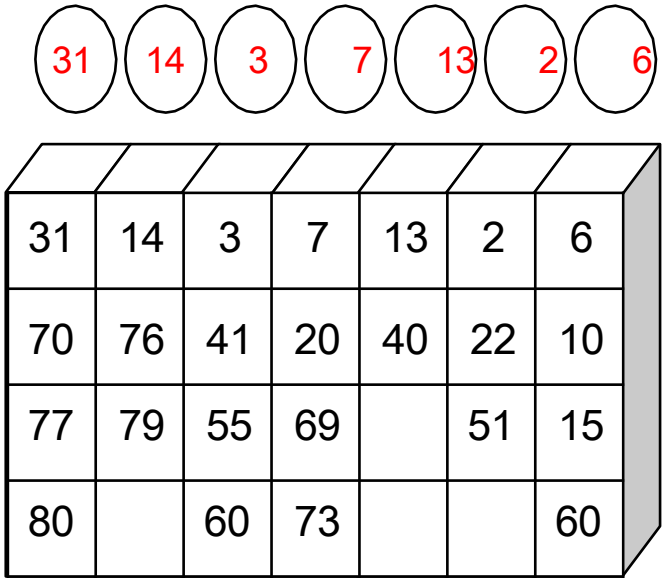
- Exemplo
  - Cada coluna abaixo representa uma partição com suas respectivas chaves



31	14	3	7	13	2	6
70	76	41	20	40	22	10
77	79	55	69		51	15
80		60	73			60

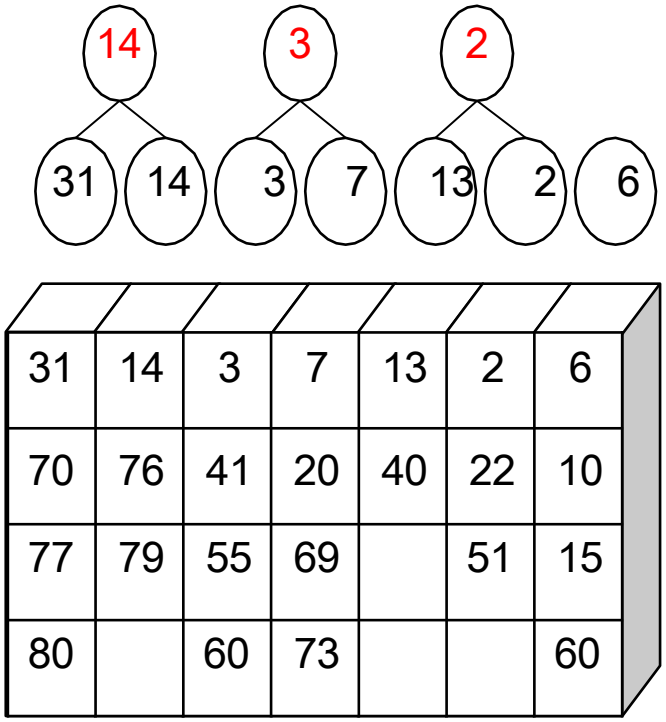
Árvore binária de vencedores

1. Colocar em memória o primeiro registro de cada partição
   - Cada registro é um nó folha da árvore



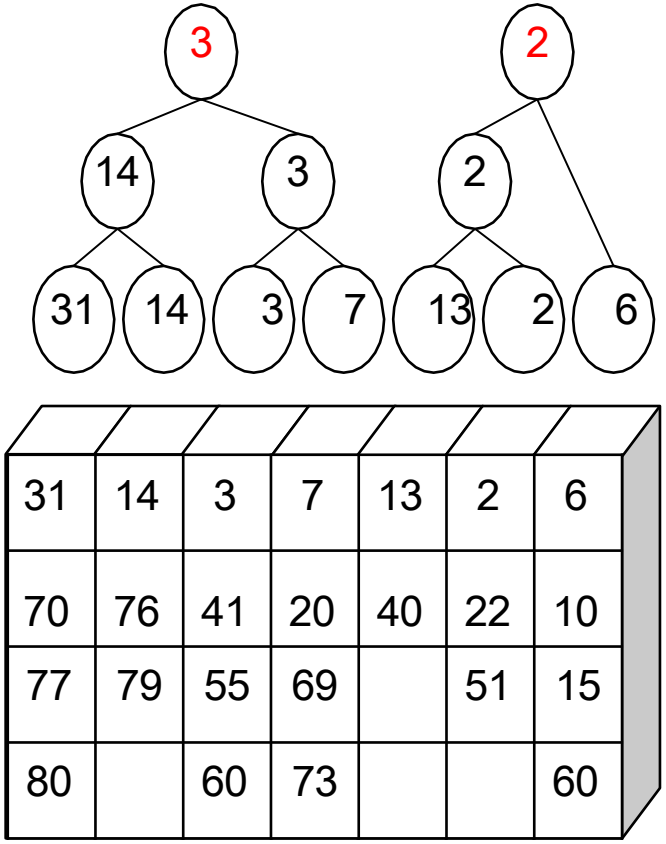
Árvore binária de vencedores

2. Criar um nó raiz para par de nós folha com o menor dos dois valores



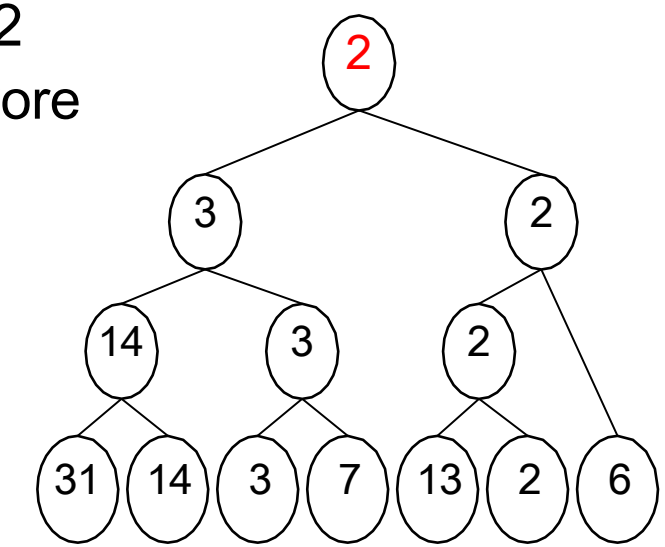
Árvore binária de vencedores

3. Repetir o passo 2
   - Até a raiz da árvore



Árvore binária de vencedores

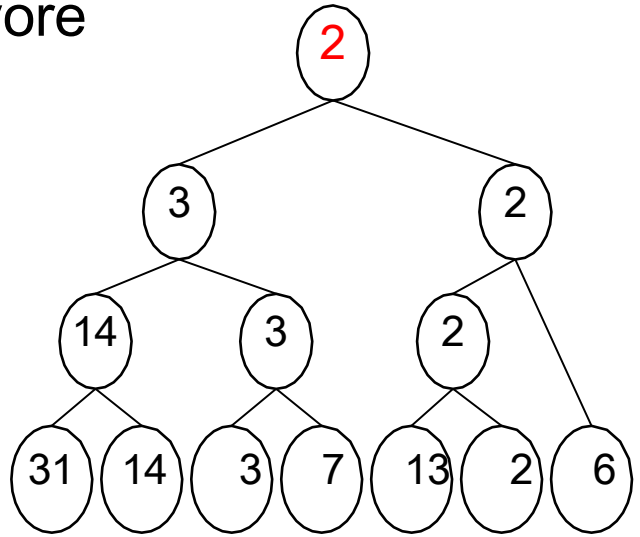
3. Repetir o passo 2
   - Até a raiz da árvore



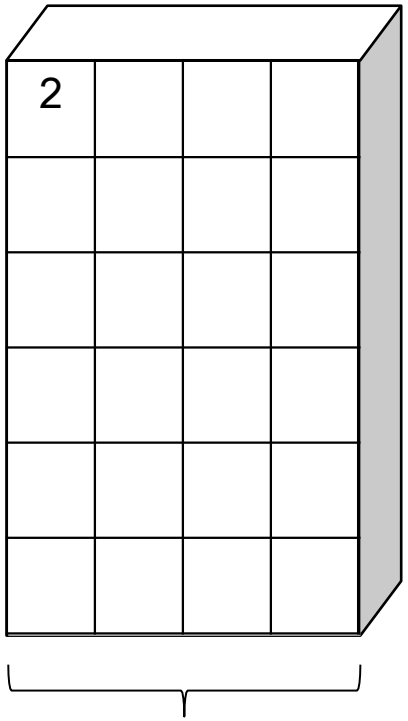
31	14	3	7	13	2	6
70	76	41	20	40	22	10
77	79	55	69		51	15
80		60	73			60

Árvore binária de vencedores

4. Retirar raiz da árvore
   - Inserir no arquivo classificado

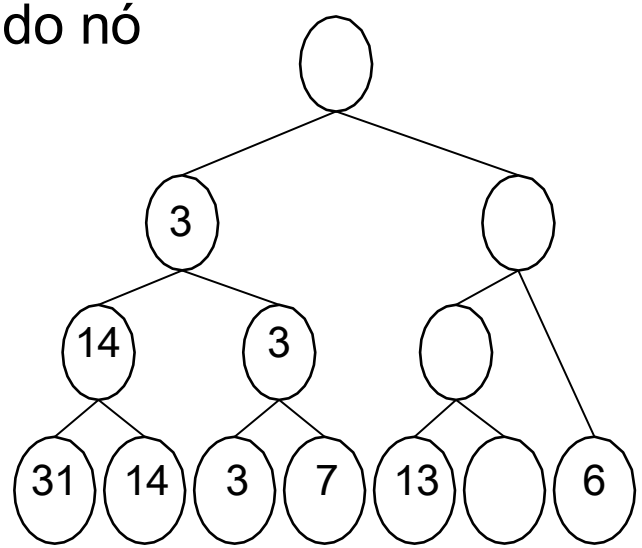


31	14	3	7	13	2	6
70	76	41	20	40	22	10
77	79	55	69		51	15
80		60	73			60

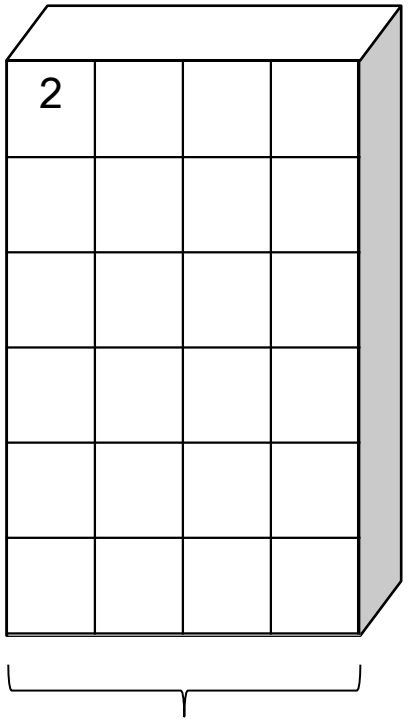


Árvore binária de vencedores

5. Atualizar caminho do nó retirado

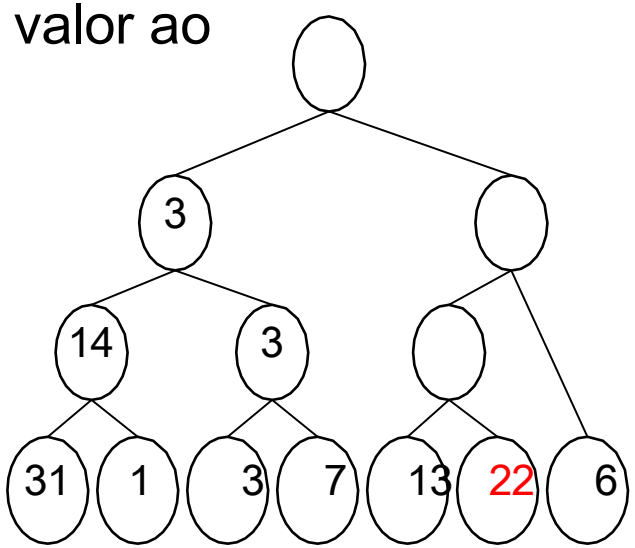


31	14	3	7	13	2	6
70	76	41	20	40	22	10
77	79	55	69		51	15
80		60	73			60

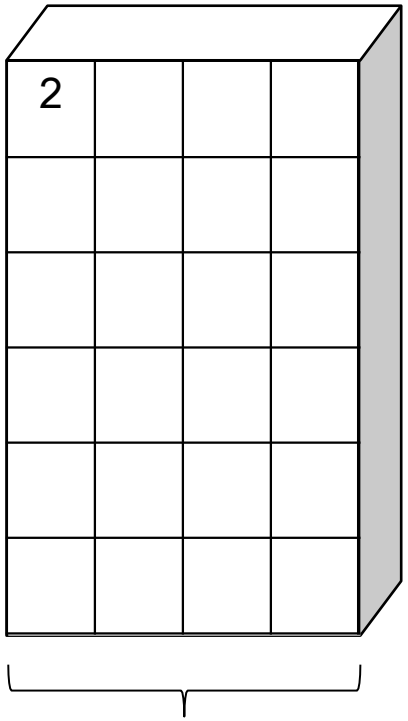


Árvore binária de vencedores

6. Adicionar um novo valor ao nó folha vazio
   - Caso necessário



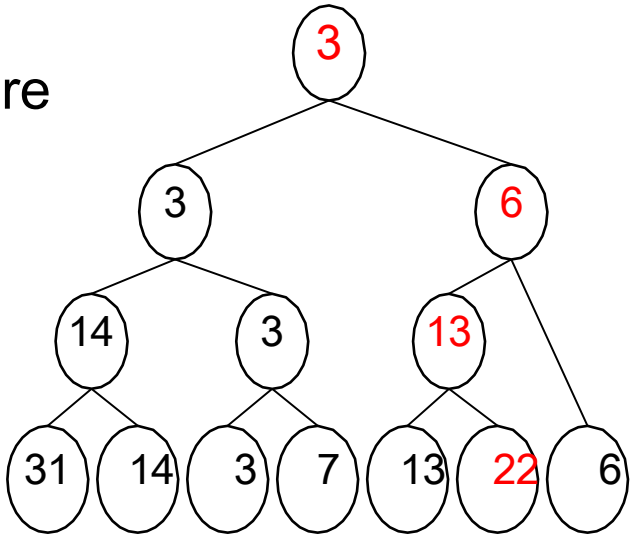
31	14	3	7	13	2	6
70	76	41	20	40	22	10
77	79	55	69		51	15
80		60	73			60



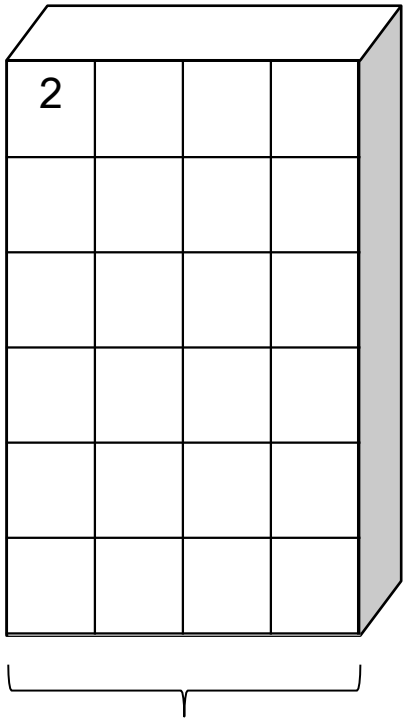
Arquivo classificado

Árvore binária de vencedores

7. Repetir o passo 2
   - Até a raiz da árvore

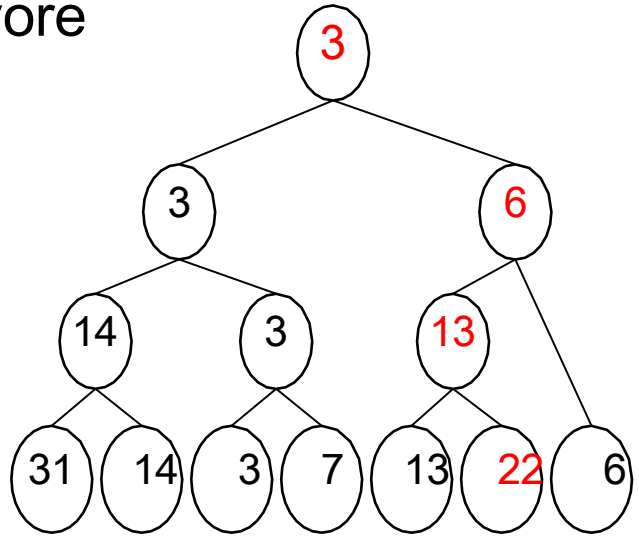


31	14	3	7	13	2	6
70	76	41	20	40	22	10
77	79	55	69		51	15
80		60	73			60

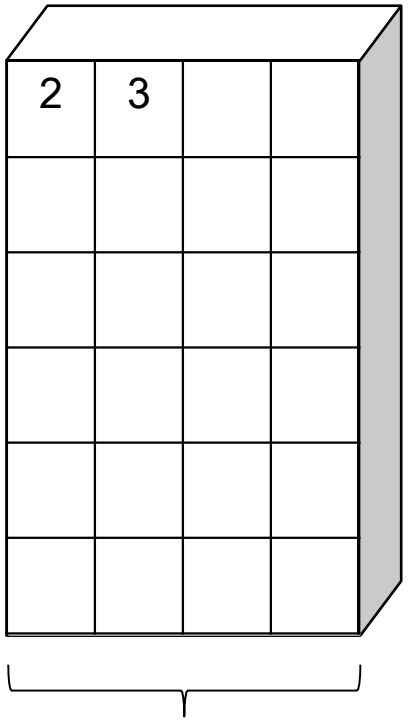


Árvore binária de vencedores

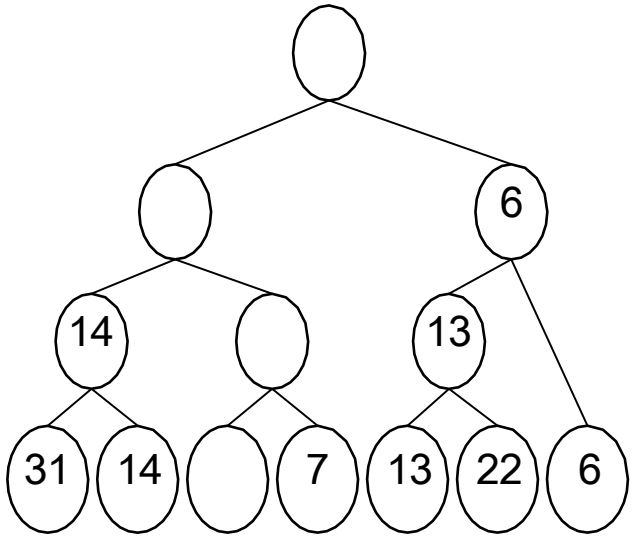
4. Retirar raiz da árvore
   - Inserir no arquivo classificado



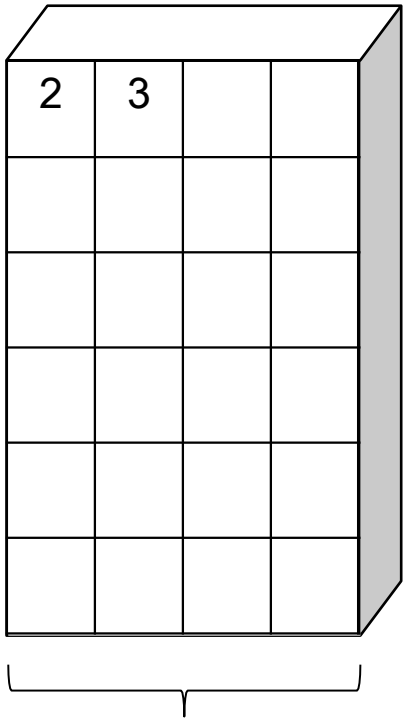
31	14	3	7	13	2	6
70	76	41	20	40	22	10
77	79	55	69		51	15
80		60	73			60



Árvore binária de vencedores

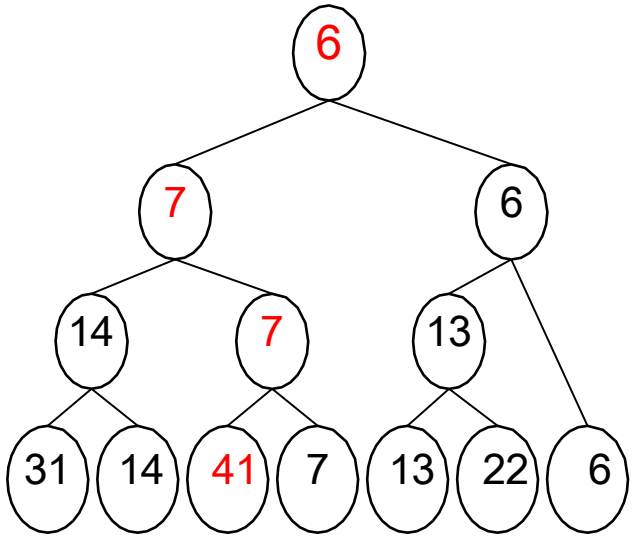


31	14	3	7	13	2	6
70	76	41	20	40	22	10
77	79	55	69		51	15
80		60	73			60

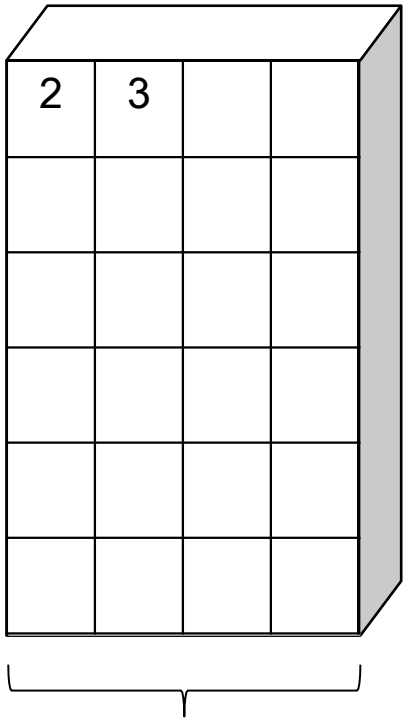


Arquivo classificado

Árvore binária de vencedores

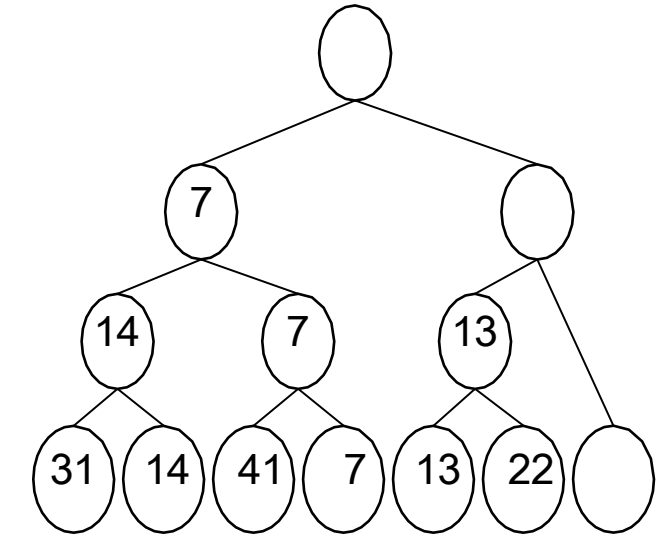


31	14	3	7	13	2	6
70	76	41	20	40	22	10
77	79	55	69		51	15
80		60	73			60

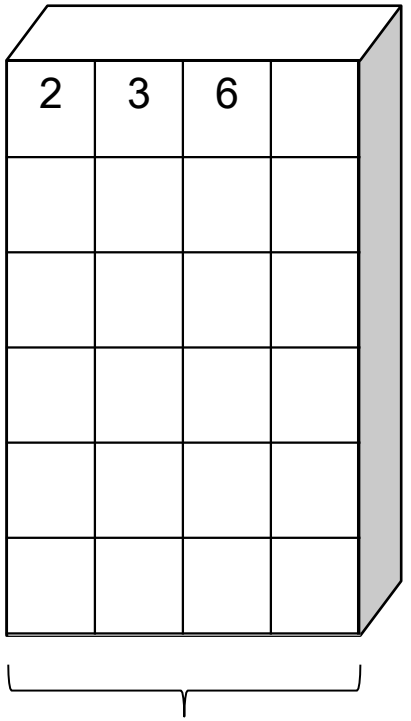


Arquivo classificado

Árvore binária de vencedores

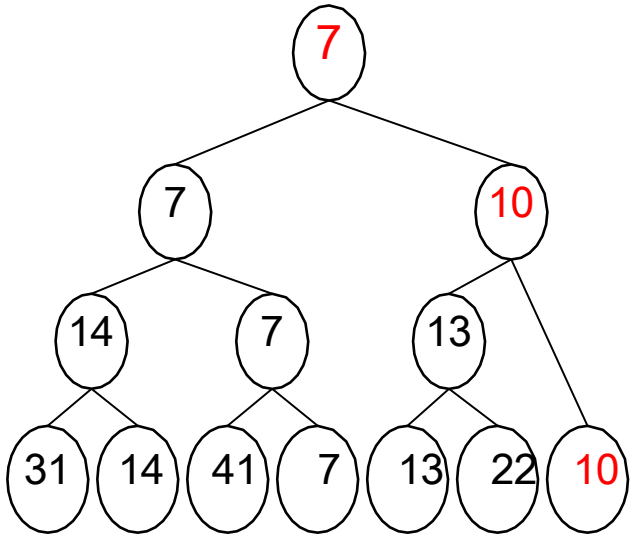


31	14	3	7	13	2	6
70	76	41	20	40	22	10
77	79	55	69		51	15
80		60	73			60

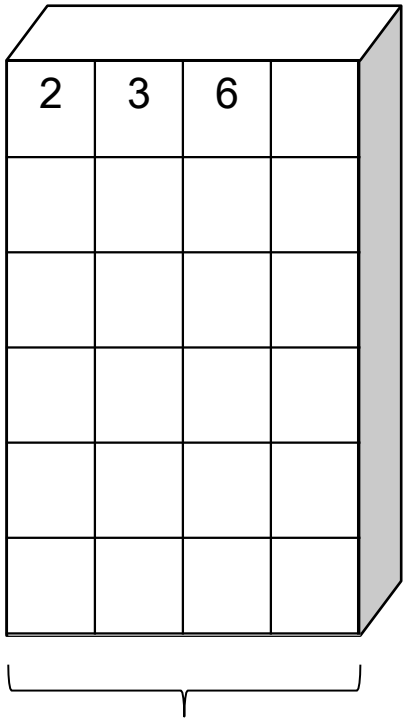


Arquivo classificado

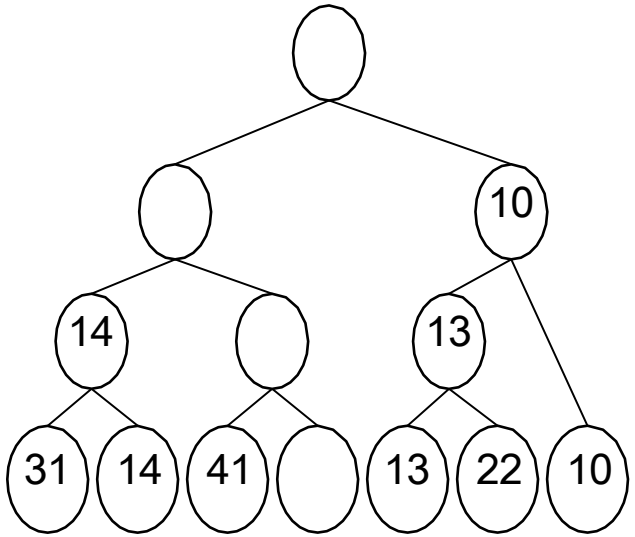
Árvore binária de vencedores



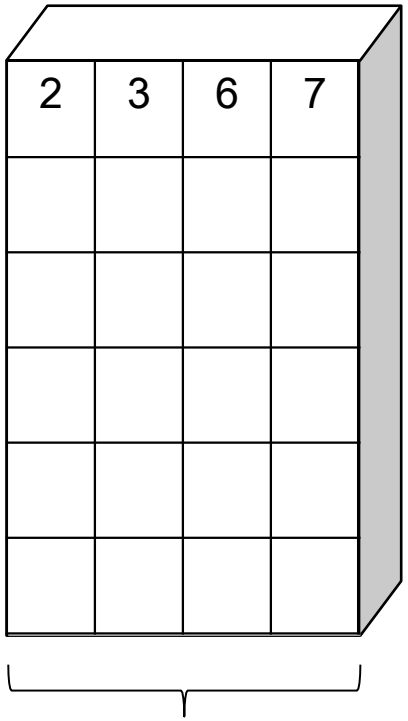
31	14	3	7	13	2	6
70	76	41	20	40	22	10
77	79	55	69		51	15
80		60	73			60



Árvore binária de vencedores

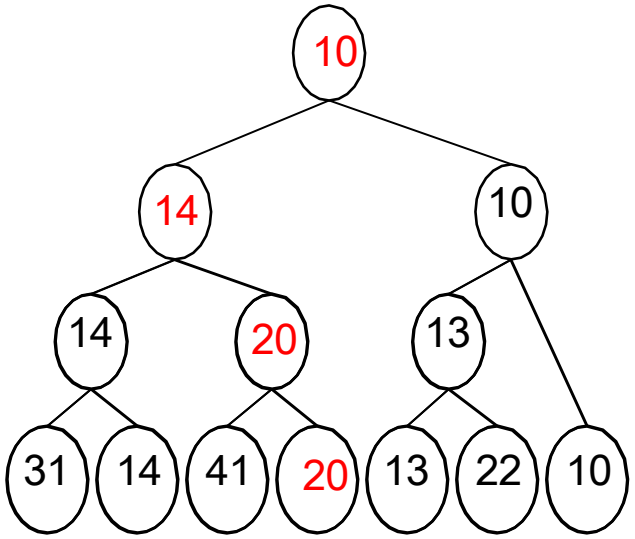


31	14	3	7	13	2	6
70	76	41	20	40	22	10
77	79	55	69		51	15
80		60	73			60

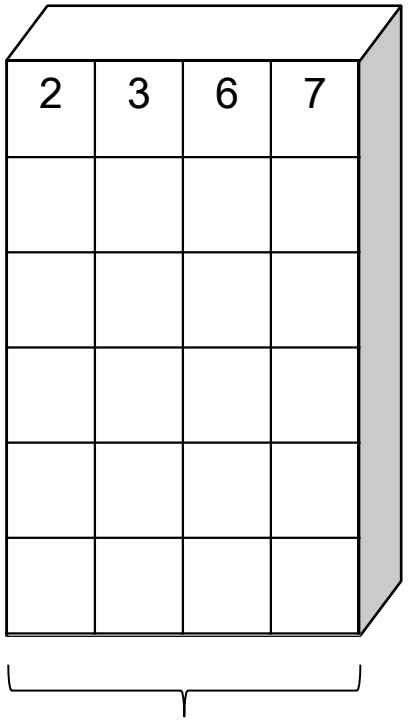


Arquivo classificado

Árvore binária de vencedores

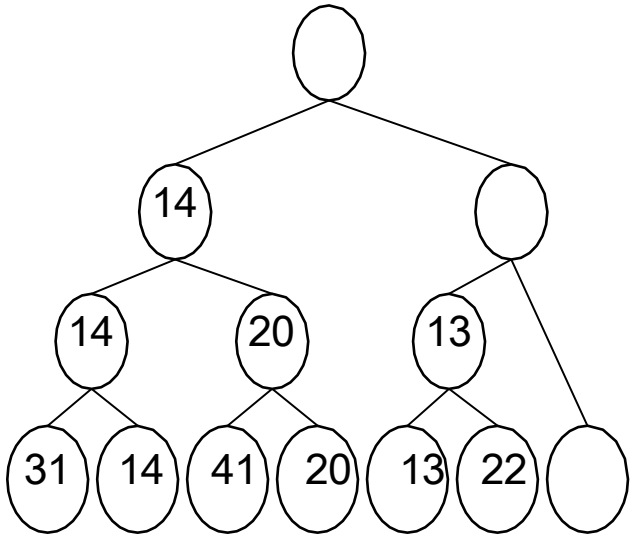


31	14	3	7	13	2	6
70	76	41	20	40	22	10
77	79	55	69		51	15
80		60	73			60

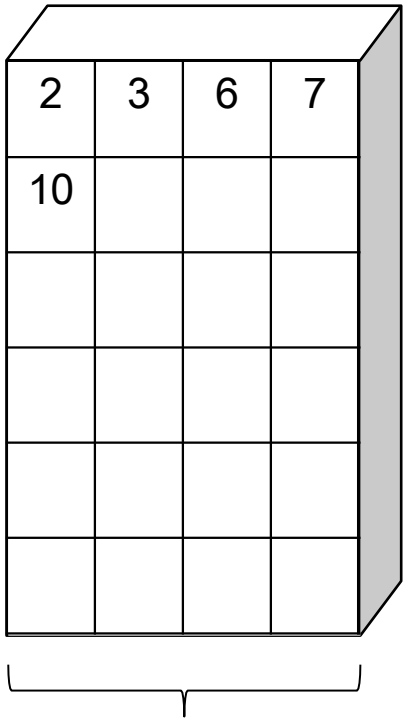


Arquivo classificado

Árvore binária de vencedores

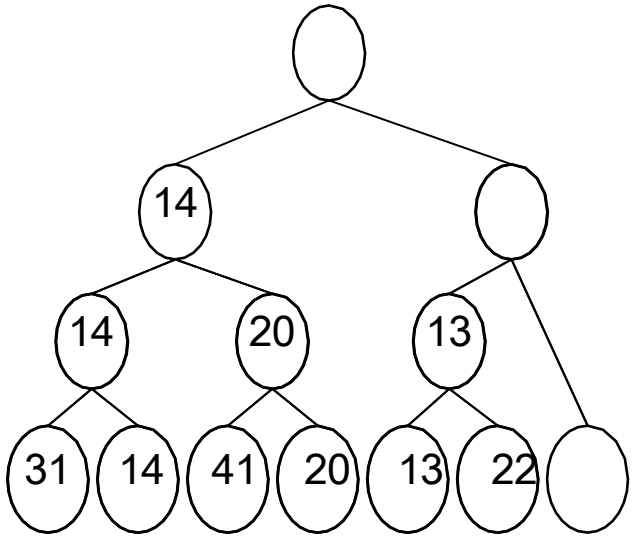


31	14	3	7	13	2	6
70	76	41	20	40	22	10
77	79	55	69		51	15
80		60	73			60

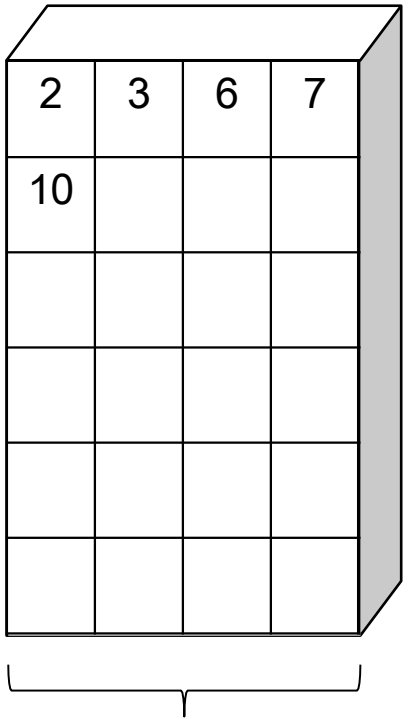


Arquivo classificado

Árvore binária de vencedores

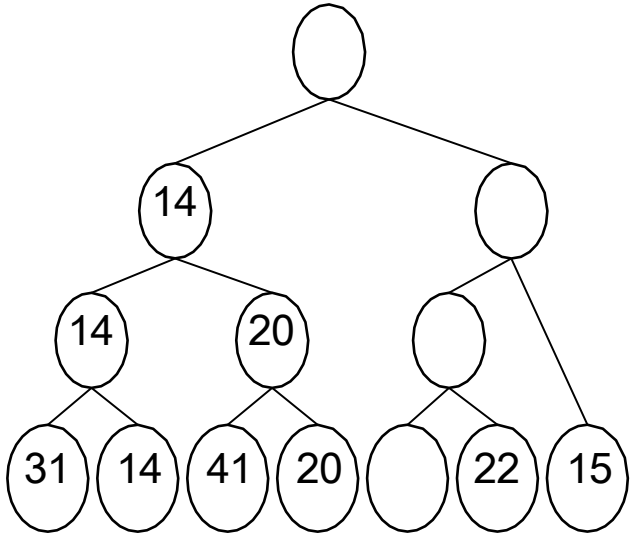


31	14	3	7	13	2	6
70	76	41	20	40	22	10
77	79	55	69		51	15
80		60	73			60



Arquivo classificado

Árvore binária de vencedores

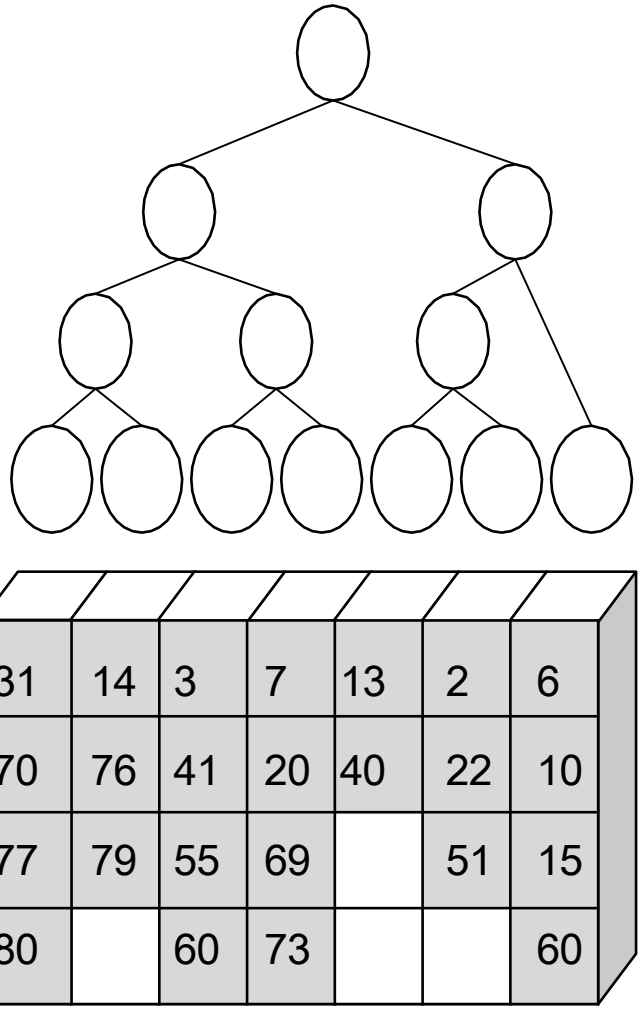


31	14	3	7	13	2	6
70	76	41	20	40	22	10
77	79	55	69		51	15
80		60	73			60

2	3	6	7
10	13		

Arquivo classificado

Árvore binária de vencedores



2	3	6	7
10	13	14	15
20	22	31	40
41	51	55	60
60	69	70	73
76	77	79	80

Arquivo classificado

UDESC

Árvore binária de vencedores

- Complexidade algorítmica
  - Montagem da árvore: $O(n)$
  - Cada iteração requer $log\ n$ comparações (n é o número de partições)
  - Número de iterações: número total de registros a serem ordenados

UDESC

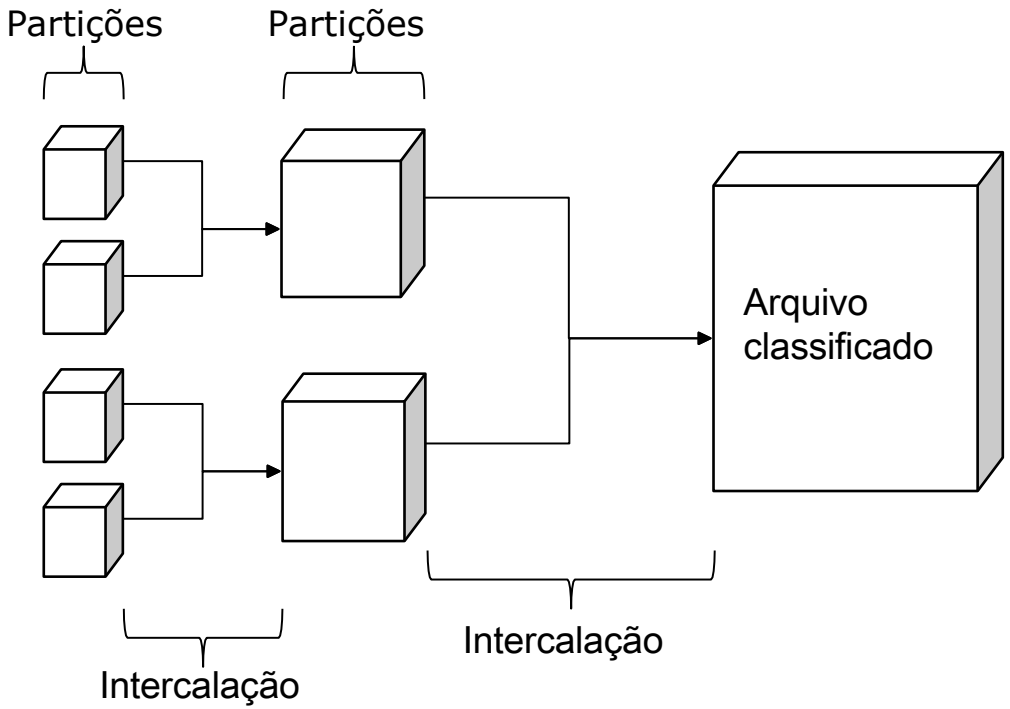
Árvore binária de vencedores

- Nem sempre é possível intercalar todas as partições de uma só vez e obter o arquivo classificado
  - O número de arquivos a intercalar pode gerar uma árvore de vencedores maior do que a capacidade da memória
  - Sistemas operacionais estabelecem número máximo de arquivos abertos simultaneamente (`ulimit -Hn`)

- Esses números podem ser bem menor do que o número de partições a serem intercaladas

Estágio de intercalação

- A intercalação vai exigir uma sequência de iterações
  - Registros são lidos de um conjunto de partições
  - Registros são gravados em outras partições



UDESC

Estágio de intercalação

- Estratégias de distribuição e intercalação
  - Intercalação balanceada de N caminhos
  - Intercalação ótima

- Medida de eficiência
  - A eficiência do estágio de intercalação é dada pelo número de passos
  - Representa o número médio de vezes que um registro é lido ou gravado

$$\text{Número de passos} = \frac{\text{Total de registros lidos}}{\text{Total de registros contidos no arquivo classificado}}$$

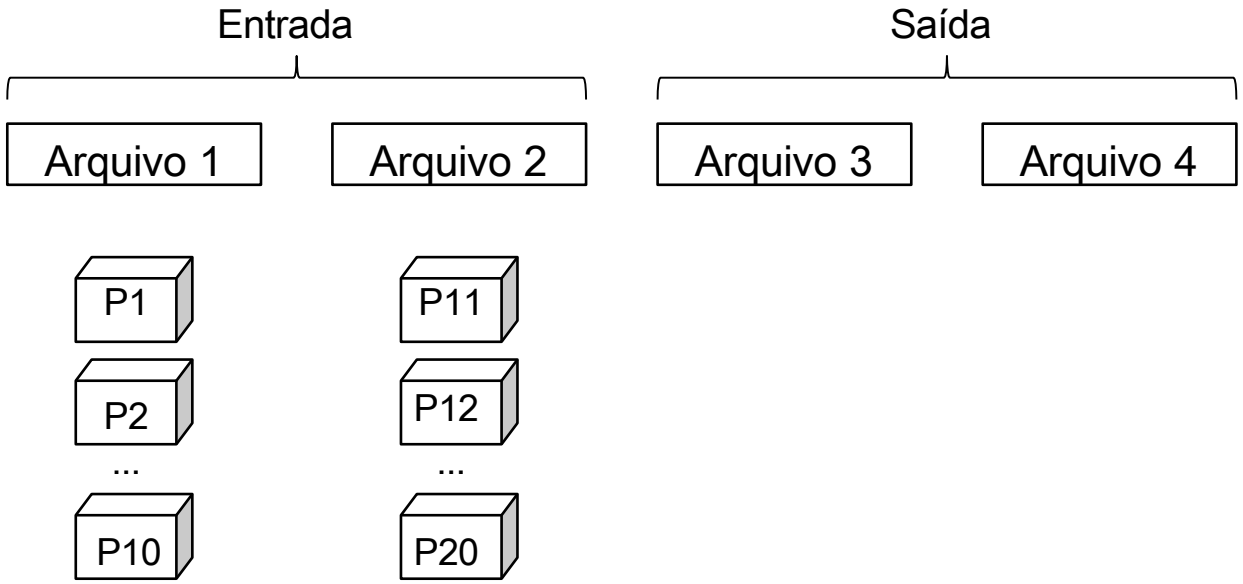
UDESC

Intercalação balanceada de N caminhos

- Determinar o número de arquivos F que o algoritmo irá manipular
  - A primeira metade das partições será usada para leitura (entrada)
  - A segunda metade para escrita (saída)
- Distribuir todas as partições o mais igualitária possível entre os arquivos de entrada
- Intercalar duas partições gravando o resultado em uma nova partição em um dos arquivos de saída

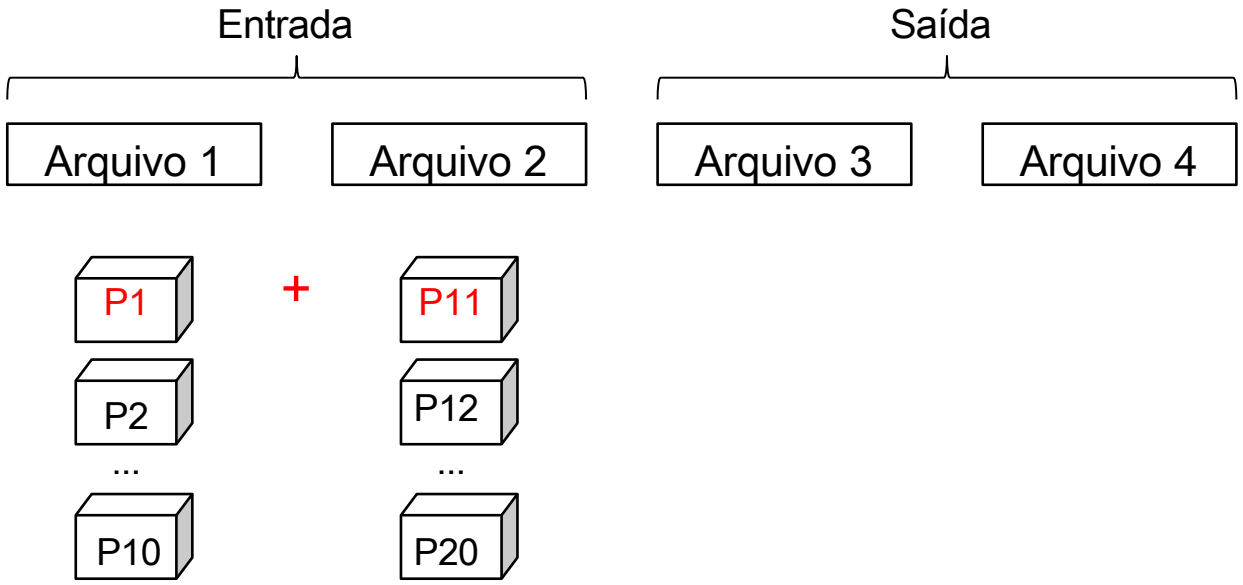
Intercalação balanceada de N caminhos

- Exemplo
  - Número de arquivos: 4
  - Número de partições a serem intercaladas: 20
  - Número de registros por partição: 100



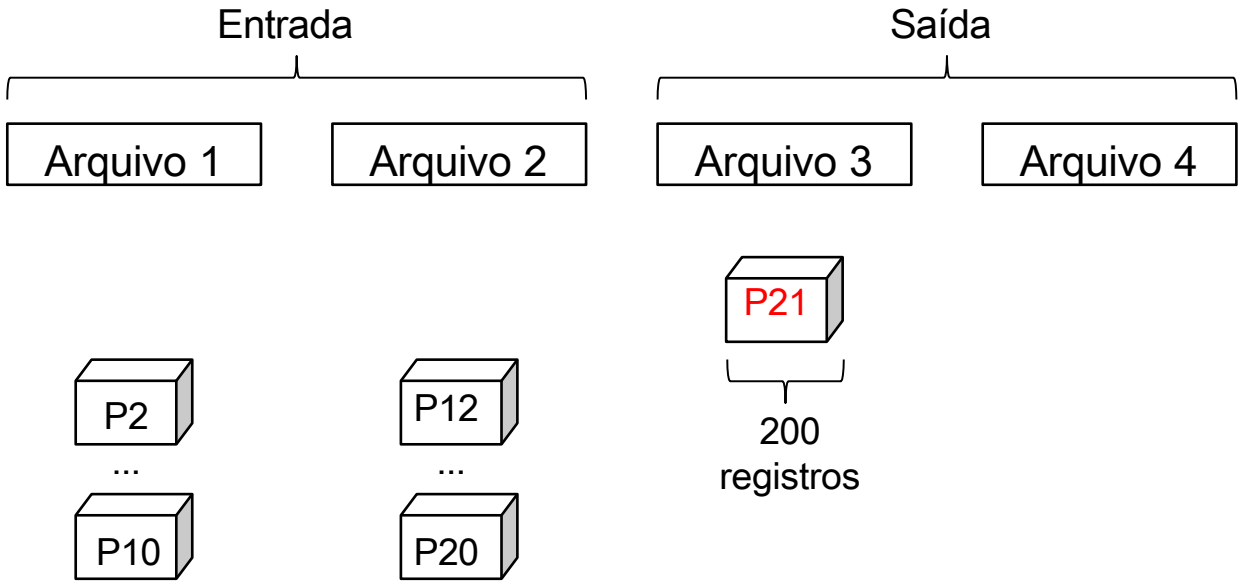
Intercalação balanceada de N caminhos

- Exemplo
  - Número de arquivos: 4
  - Número de partições a serem intercaladas: 20
  - Número de registros por partição: 100



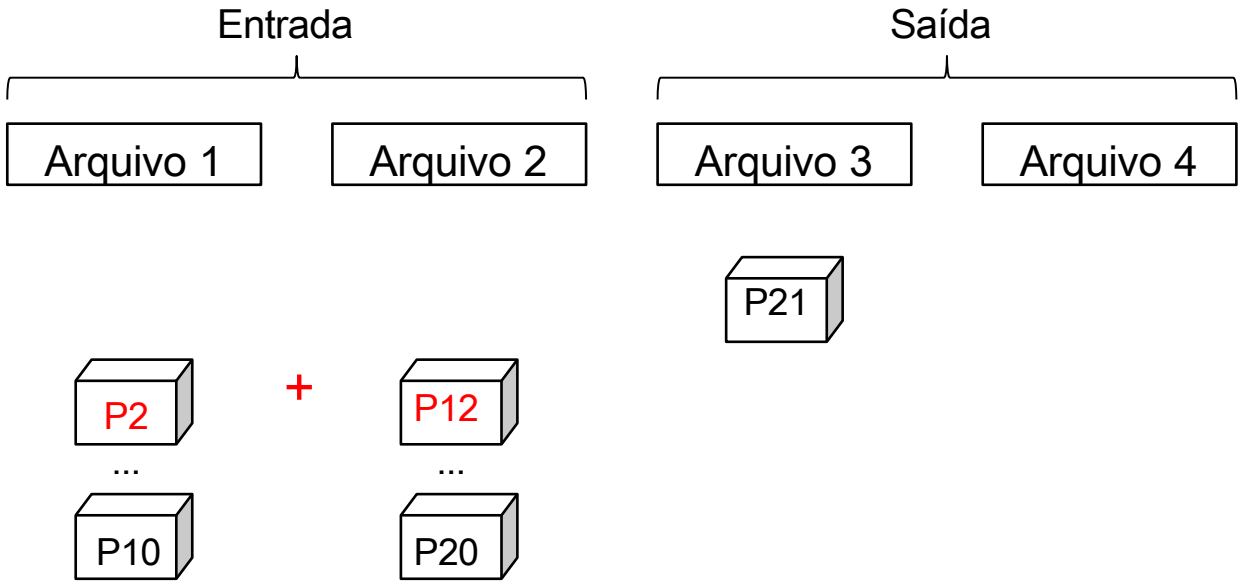
Intercalação balanceada de N caminhos

- Exemplo
  - Número de arquivos: 4
  - Número de partições a serem intercaladas: 20
  - Número de registros por partição: 100



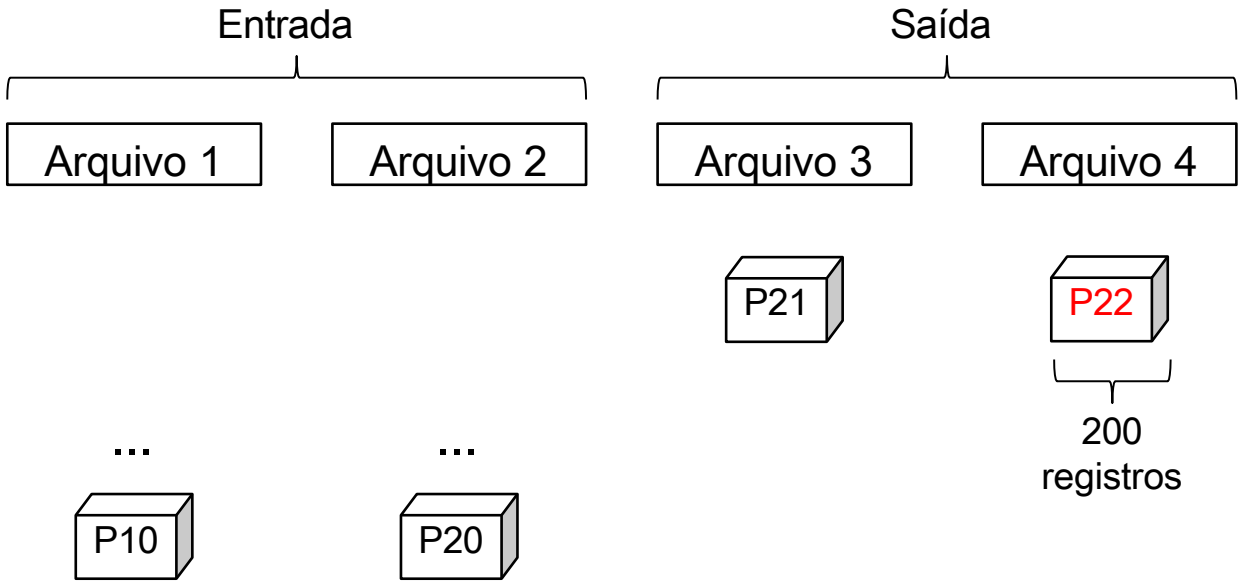
Intercalação balanceada de N caminhos

- Exemplo
  - Número de arquivos: 4
  - Número de partições a serem intercaladas: 20
  - Número de registros por partição: 100



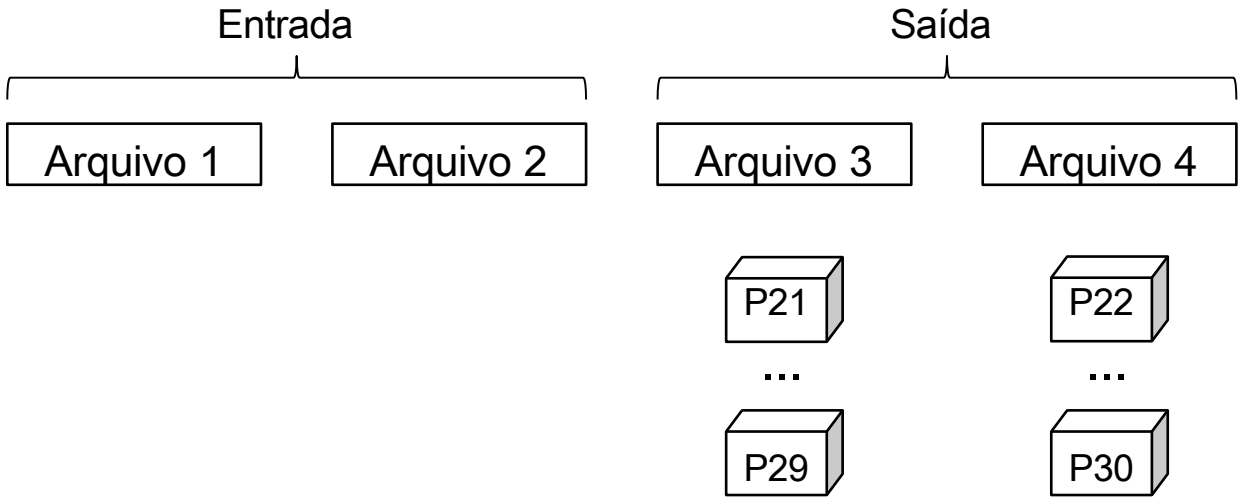
Intercalação balanceada de N caminhos

- Exemplo
  - Número de arquivos: 4
  - Número de partições a serem intercaladas: 20
  - Número de registros por partição: 100



Intercalação balanceada de N caminhos

- Exemplo
  - Número de arquivos: 4
  - Número de partições a serem intercaladas: 20
  - Número de registros por partição: 100



UDESC

Intercalação balanceada de N caminhos

- Ao encerrar uma rodada, o conjunto de partições de saída torna-se o conjunto de entrada para a rodada seguinte
  - A intercalação termina ao gravar apenas uma partição na rodada atual

  - Exemplo
    - **#1**: 20 partições com 100 registros cada
    - **#2**: 10 partições com 200 registros cada
    - **#3**: 5 partições com 400 registros cada
    - **#4**: 2 partições com 800 registros cada e 1 partição com 400 registros cada
    - **#5**: 1 partição com 1600 registros + 1 partição com 400 registros
    - **Resultado final**: 1 partição com 2000 registros

UDESC

Intercalação balanceada de N caminhos

- Considerando o exemplo de seleção com substituição ou natural, temos como resultado as seguintes partições:

  P1 = [6, 7, 14, 29, 46, 48, 59, 74, 75, 76]
  P2 = [4, 10, 18, 20, 21, 22, 26, 49, 56]
  P3 = [5, 8, 11, 15, 16, 19, 25, 50, 55, 57, 66, 77, 78]
  P4 = [9, 12, 17, 30, 32, 38, 43, 51, 54, 58, 73, 79]
  P5 = [1, 3, 13, 27, 31, 36, 47, 60]

- Usando um número de **4 arquivos**, sendo metade para entrada e metade para saída, teremos:

UDESC

Intercalação balanceada de N caminhos

- Usando um número de **4 arquivos**, sendo metade para entrada e metade para saída, teremos:

  Arquivo 1 (P1) = [6, 7, 14, 29, 46, 48, 59, 74, 75, 76]
  Arquivo 2 (P2) = [4, 10, 18, 20, 21, 22, 26, 49, 56]

  Arquivo 3 (P6) = [4, 6, 7, 10, 14, 18, 20, 21, 22, 26, 29, 46, 48, 49, 56, 59, 74, 75, 76]

UDESC

Intercalação balanceada de N caminhos

- Usando um número de **4 arquivos**, sendo metade para entrada e metade para saída, teremos:

  Arquivo 1 (P3) = [5, 8, 11, 15, 16, 19, 25, 50, 55, 57, 66, 77, 78]
  Arquivo 2 (P4) = [9, 12, 17, 30, 32, 38, 43, 51, 54, 58, 73, 79]

  Arquivo 3 (P6) = [4, 6, 7, 10, 14, 18, 20, 21, 22, 26, 29, 46, 48, 49, 56, 59, 74, 75, 76]
  Arquivo 4 (P7) = [5, 8, 9, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 25, 30, 32, 38, 43, 50, 51, 54, 55, 57, 58, 66, 73, 77, 78, 79]

UDESC

Intercalação balanceada de N caminhos

- Usando um número de **4 arquivos**, sendo metade para entrada e metade para saída, teremos:

  Arquivo 1 (P5) = [1, 3, 13, 27, 31, 36, 47, 60]
  Arquivo 2 = NULL (sem mais partições)

  Arquivo 3 (P6) = [4, 6, 7, 10, 14, 18, 20, 21, 22, 26, 29, 46, 48, 49, 56, 59, 74, 75, 76]
  Arquivo 4 (P7) = [5, 8, 9, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 25, 30, 32, 38, 43, 50, 51, 54, 55, 57, 58, 66, 73, 77, 78, 79]
  Arquivo 3 (P8) = [1, 3, 13, 27, 31, 36, 47, 60]

UDESC

Intercalação balanceada de N caminhos

- Usando um número de **4 arquivos**, sendo metade para entrada e metade para saída, teremos:

  Arquivo 1 (P5) = [5, 8, 11, 15, 16, 19, 25, 50, 55, 57, 66, 77, 78]
  Arquivo 2 = NULL (sem mais partições)

  Arquivo 3 (P6) = [4, 6, 7, 10, 14, 18, 20, 21, 22, 26, 29, 46, 48, 49, 56, 59, 74, 75, 76]
  Arquivo 4 (P7) = [5, 8, 9, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 25, 30, 32, 38, 43, 50, 51, 54, 55, 57, 58, 66, 73, 77, 78, 79]
  Arquivo 3 (P8) = [1, 3, 13, 27, 31, 36, 47, 60]

- Ao encerrar uma rodada, o conjunto de partições de saída torna-se o conjunto de entrada para a rodada seguinte

UDESC

Intercalação balanceada de N caminhos

- Usando um número de **4 arquivos**, sendo metade para entrada e metade para saída, teremos:

  Arquivo 3 (P6) = [4, 6, 7, 10, 14, 18, 20, 21, 22, 26, 29, 46, 48, 49, 56, 59, 74, 75, 76]
  Arquivo 4 (P7) = [5, 8, 9, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 25, 30, 32, 38, 43, 50, 51, 54, 55, 57, 58, 66, 73, 77, 78, 79]

  Arquivo 1 (P9) = [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 25, 29, 30, 32, 38, 43, 46, 48, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 66, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79]

UDESC

Intercalação balanceada de N caminhos

- Usando um número de **4 arquivos**, sendo metade para entrada e metade para saída, teremos:

  Arquivo 3 (P8) = [1, 3, 13, 27, 31, 36, 47, 60]
  Arquivo 4 = NULL

  Arquivo 2 (P10) = [1, 3, 13, 27, 31, 36, 47, 60]

UDESC

Intercalação balanceada de N caminhos

- Usando um número de **4 arquivos**, sendo metade para entrada e metade para saída, teremos:

  Arquivo 1 (P9) = [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 25, 29, 30, 32, 38, 43, 46, 48, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 66, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79]
  Arquivo 2 (P10) = [1, 3, 13, 27, 31, 36, 47, 60]

  Arquivo 3 (P11) = [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 25, 29, 30, 31,32, 36, 38, 43, 46, 48, 47, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 66, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79]

UDESC

Intercalação balanceada de N caminhos

- Usando um número de **4 arquivos**, sendo metade para entrada e metade para saída, teremos:

  Arquivo 1 (P9) = [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 25, 29, 30, 32, 38, 43, 46, 48, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 66, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79]
  Arquivo 2 (P10) = [1, 3, 13, 27, 31, 36, 47, 60]

  Arquivo 3 (P11) = [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 25, 29, 30, 31,32, 36, 38, 43, 46, 48, 47, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 66, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79]

- **A intercalação termina ao gravar apenas uma partição na rodada atual**

UDESC

Intercalação ótima

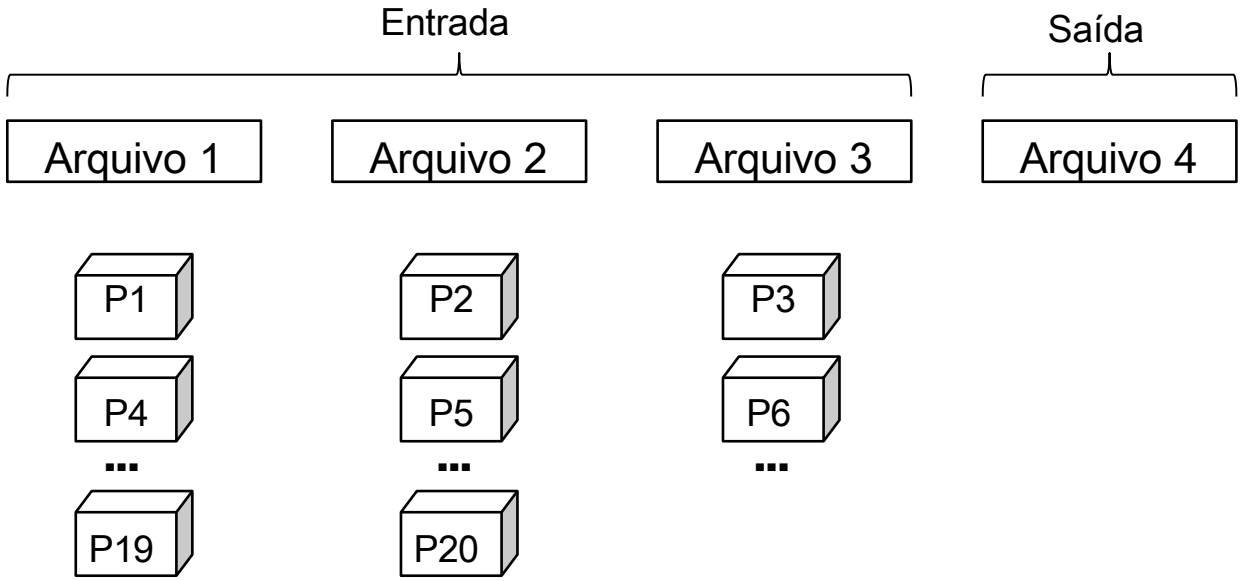
- Determinar o número de arquivos F que o algoritmo irá manipular
  - F – 1 para a entrada
  - 1 para a saída

- Durante cada rodada do algoritmo, F - 1 partições são intercaladas e gravadas em um único arquivo de saída

- Do conjunto inicial de partições
  - Removem-se as partições intercaladas
  - Agrega-se em algum arquivo de entrada a partição gerada anteriormente
  - Algoritmo termina quando este conjunto tiver apenas uma partição

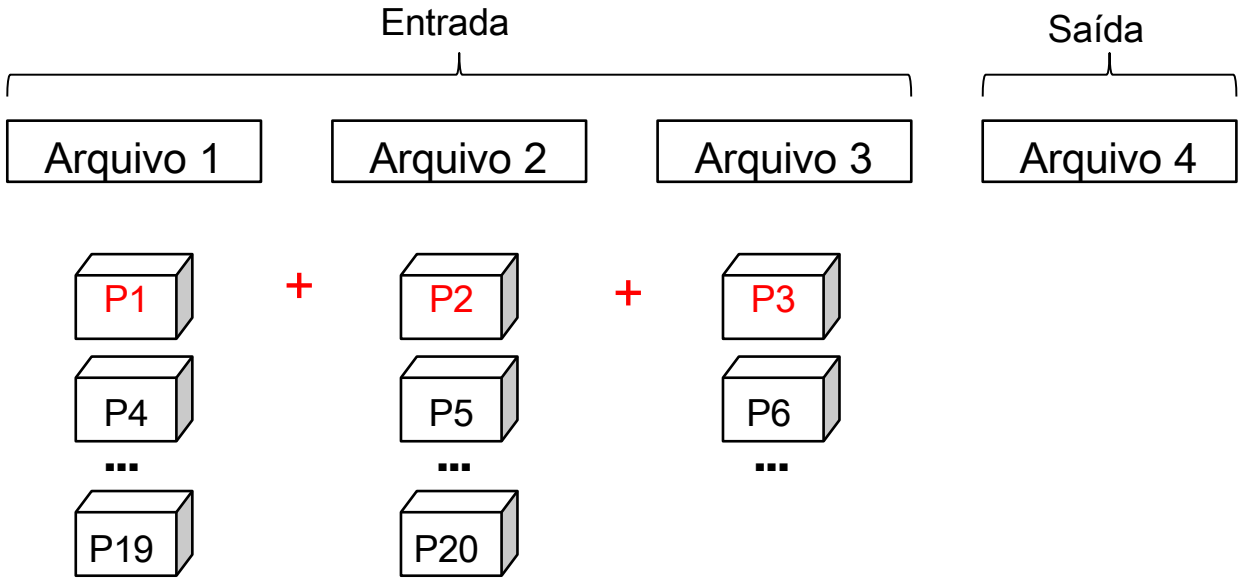
Intercalação ótima

- Exemplo
  - Número de arquivos: 4
  - Número de partições a serem intercaladas: 20
  - Número de registros por partição: 100



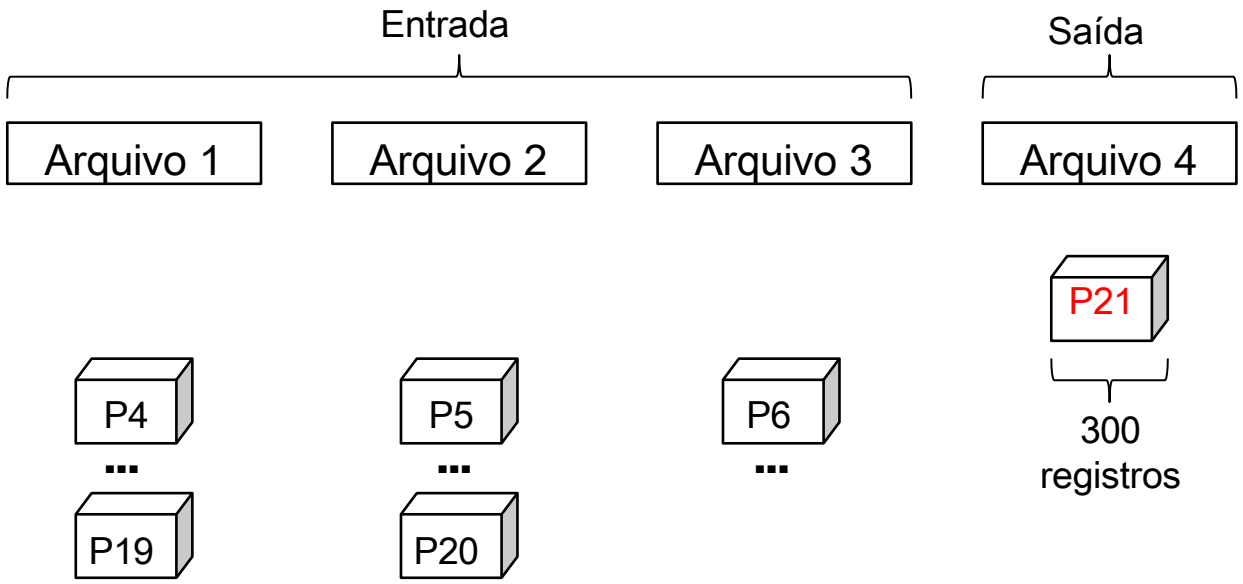
Intercalação ótima

- Exemplo
  - Número de arquivos: 4
  - Número de partições a serem intercaladas: 20
  - Número de registros por partição: 100



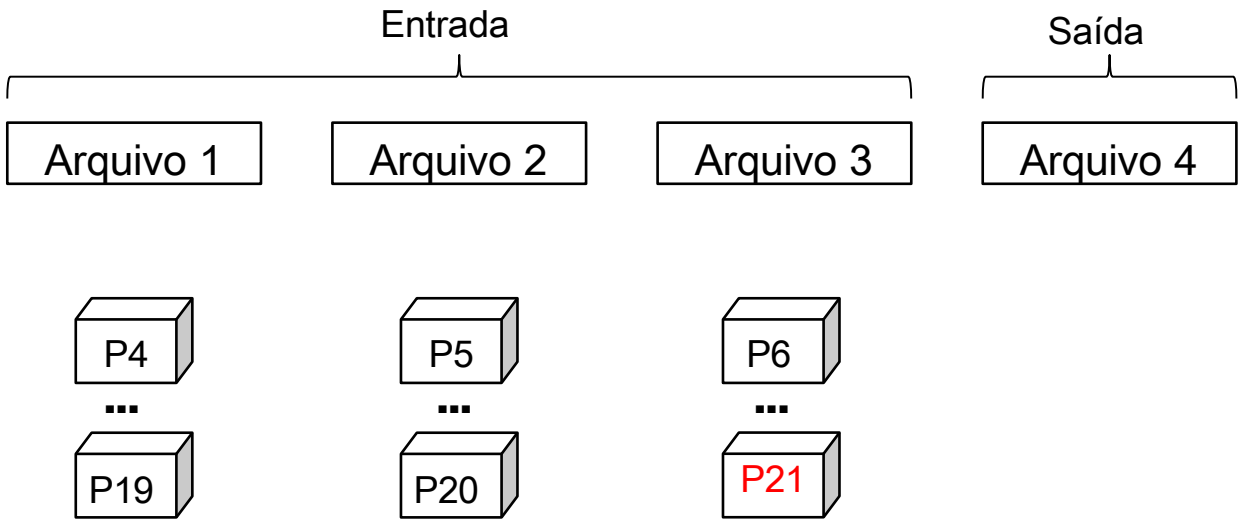
Intercalação ótima

- Exemplo
  - Número de arquivos: 4
  - Número de partições a serem intercaladas: 20
  - Número de registros por partição: 100



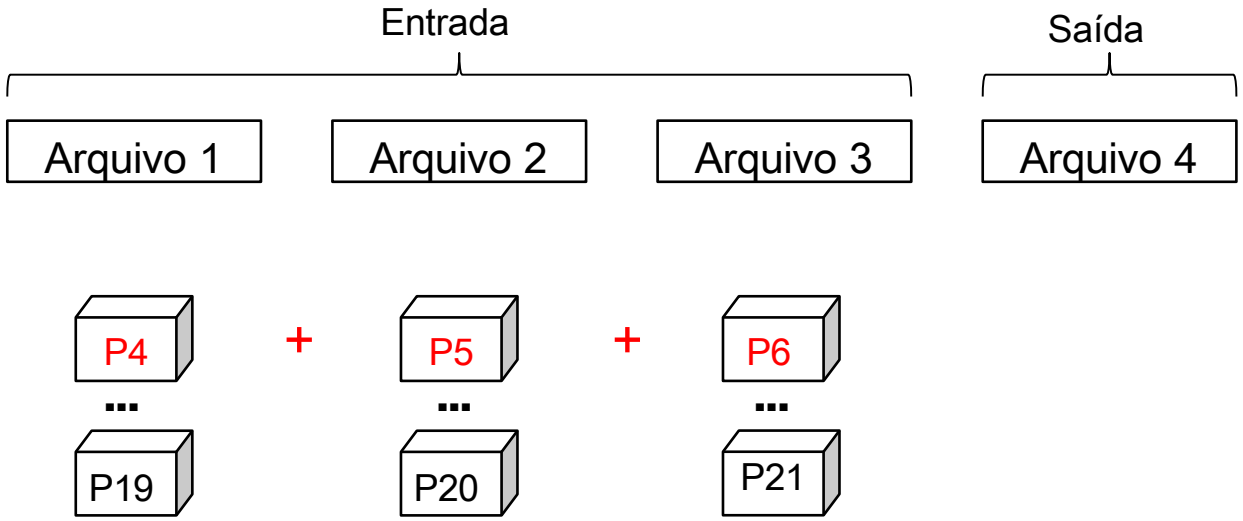
Intercalação ótima

- Exemplo
  - Número de arquivos: 4
  - Número de partições a serem intercaladas: 20
  - Número de registros por partição: 100



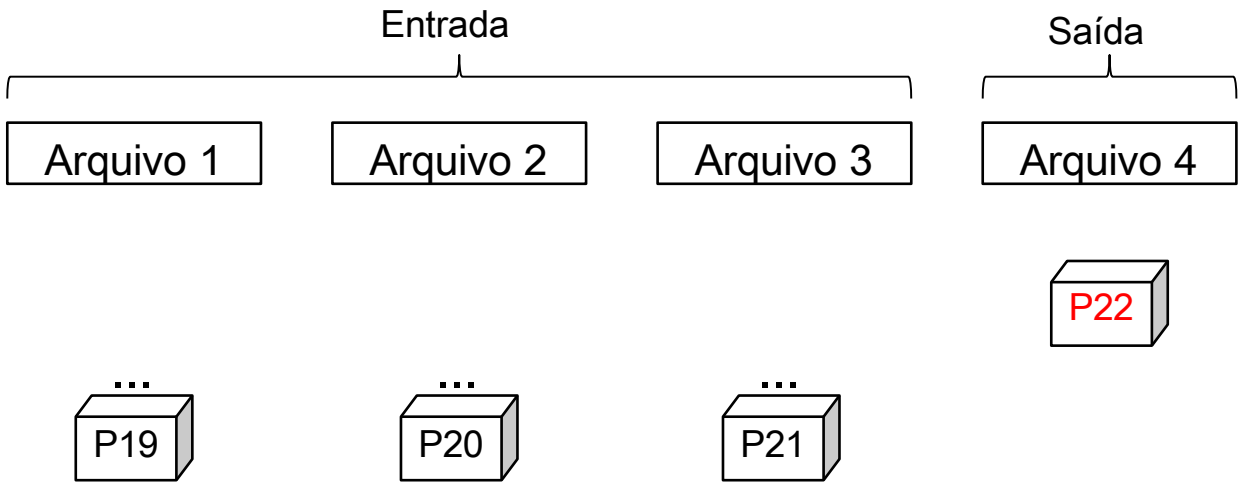
Intercalação ótima

- Exemplo
  - Número de arquivos: 4
  - Número de partições a serem intercaladas: 20
  - Número de registros por partição: 100



Intercalação ótima

- Exemplo
  - Número de arquivos: 4
  - Número de partições a serem intercaladas: 20
  - Número de registros por partição: 100



UDESC

Intercalação ótima

- Possível estratégia de implementação
  - Usar uma lista que contém os nomes dos arquivos a ordenar
  - A cada rodada do algoritmo
    - Retirar os 3 primeiros itens da lista
    - Intercalar os itens retirados
    - Colocar o arquivo resultante no final da lista
  - O algoritmo encerra quando a lista tiver apenas um arquivo
    - Arquivo classificado resultante

UDESC

Intercalação ótima

- Considerando o exemplo de seleção com substituição ou natural, temos como resultado as seguintes partições:

  P1 = [6, 7, 14, 29, 46, 48, 59, 74, 75, 76]
  P2 = [4, 10, 18, 20, 21, 22, 26, 49, 56]
  P3 = [5, 8, 11, 15, 16, 19, 25, 50, 55, 57, 66, 77, 78]
  P4 = [9, 12, 17, 30, 32, 38, 43, 51, 54, 58, 73, 79]
  P5 = [1, 3, 13, 27, 31, 36, 47, 60]

- Usando um número de **3 arquivos** de entrada, teremos:

UDESC

Intercalação ótima

- Usando um número de **3 arquivos** de entrada, teremos:

~~P1 = [6, 7, 14, 29, 46, 48, 59, 74, 75, 76]~~
~~P2 = [4, 10, 18, 20, 21, 22, 26, 49, 56]~~
~~P3 = [5, 8, 11, 15, 16, 19, 25, 50, 55, 57, 66, 77, 78]~~
P4 = [9, 12, 17, 30, 32, 38, 43, 51, 54, 58, 73, 79]
P5 = [1, 3, 13, 27, 31, 36, 47, 60]
P6 = [4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 29, 46, 48, 49, 50, 55, 56, 57, 59, 66, 74, 75, 76, 77, 78]

UDESC

Intercalação ótima

- Usando um número de **3 arquivos** de entrada, teremos:

~~P4 = [9, 12, 17, 30, 32, 38, 43, 51, 54, 58, 73, 79]~~
~~P5 = [1, 3, 13, 27, 31, 36, 47, 60]~~
~~P6 = [4, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 29, 46, 48, 49, 50, 55, 56, 57, 59, 66, 74, 75, 76, 77, 78]~~
P7 = [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 25, 29, 30, 31,32, 36, 38, 43, 46, 48, 47, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 66, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79]

UDESC

Exercícios

1. Implementar na linguagem C o algoritmo de classificação interna para um arquivo contendo M registros
   - Os valores para cada registro pode ser atribuído aleatoriamente
   - Pode usar apenas um valor inteiro como registro ou um registro ordenado por uma chave

2. Gerar partições classificadas segundo o método de seleção com substituição para a seguinte situação
   - Assuma que a memória possui capacidade para M = 7 registros simultaneamente
   - As partições devem ser representadas por vetores dinâmicos
   - Arquivo a ser ordenado

30	14	15	75	32	6	5	81	48	41	87	18
56	20	26	4	21	65	22	49	11	16	8	12
44	9	7	81	23	19	1	78	13	16	51	8

UDESC

Exercícios

3. Implementar na linguagem em C o algoritmo de seleção natural
   - Utilize os mesmos dados do exercício 2

4. Implementar na linguagem C o algoritmo de intercalação balanceada de N caminhos
   - Utilize os vetores dinâmicos das partições gerados pelo exercício 3
   - Considere 4 arquivos para intercalação das partições
   - As partições devem ser distribuídas igualmente nos 2 arquivos de entrada

5. Implementar na linguagem C o algoritmo de intercalação ótima
   - Utilize os vetores dinâmicos das partições gerados pelo exercício 3
   - Considere 4 arquivos para intercalação das partições (3 de entrada e 1 de saída)
   - Utilize uma lista contendo os vetores dinâmicos das partições a serem intercaladas

Estruturas de dados II

Classificação em Memória Principal e Secundária

André Tavares da Silva

andre.silva@udesc.br