

# Pesquisa em Memória Secundária

Prof. Jefferson T. Oliva

Algoritmos e Estrutura de Dados II (AE23CP)  
Engenharia de Computação  
Departamento Acadêmico de Informática (Dainf)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)  
Campus Pato Branco

- Modelo Computacional para Memória Secundária
- Exemplo de Implementação com Paginação
- Acesso Sequencial Indexado

- Pesquisa em memória primária
  - Pesquisa sequencial
  - Pesquisa binária
  - Árvores de pesquisa
    - Binária
    - AVL
    - Vermelha-preta
- *Hashing*

- Pesquisa em memória secundária envolve mais registros do que a memória interna pode suportar
  - Custo para acessar registro é maior: minimizar acessos
  - Métodos eficientes de pesquisa dependem das características de hardware e sistema operacional
  - Medida de complexidade: custo de transferir dados entre a memória principal e secundária (minimizar o número de transferências)
- Apenas um registro pode ser acessado por vez
  - Fitas magnéticas: acesso de forma sequencial
  - Discos: acesso direto, mas todo bloco deve ser trazido à memória

## Modelo Computacional para Memória Secundária

# Modelo Computacional para Memória Secundária

- Memória virtual
  - Normalmente implementado como uma função do sistema operacional
  - Uso de uma pequena quantidade de memória principal e uma grande quantidade de memória secundária
  - Boa estratégia para algoritmos com pequena localidade de referência
  - Organização do fluxo entre a memória principal e secundária é extremamente importante
  - Programador pode endereçar grandes quantidades de dados, deixando para o sistema a responsabilidade de transferir o dado da memória secundária para a principal

- Memória virtual: funções básicas
  - Realocação
  - Proteção
  - Paginação

- Sistema de paginação:
  - Implementação mais utilizada
  - Espaço de endereçamento dividido em páginas de igual tamanho (geralmente múltiplos de 512 bytes)
  - Memória principal dividida em molduras de páginas (*frames*) de igual tamanho
  - Molduras de páginas contêm algumas páginas ativas
  - Páginas inativas estão na memória secundária



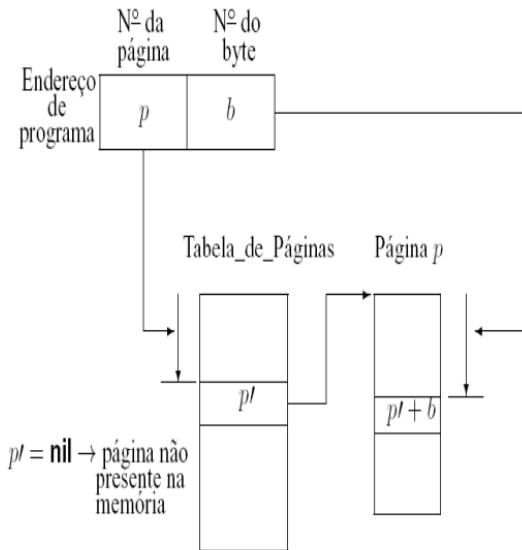
# Modelo Computacional para Memória Secundária

- Mecanismo de paginação tem duas funções:
  - 1 Mapeamento dos endereços: determinar qual página está sendo usada e encontrar a moldura (se existir)
  - 2 Transferência das páginas entre memória primária e secundária
- Referência de página
  - Uma parte dos bits do endereço é definida como um número de página
  - Outra parte é o número do byte do item dentro da página
  - Exemplo: se o espaço de endereçamento é de 24 bits
    - A memória terá virtual terá  $2^{24}$  bytes
    - Se a página é de 512 bytes ( $2^9$ ): nove bits são usados para o número do byte dentro da página (***b***) e o restante (15 bits) representa o número da página (***p***)

# Modelo Computacional para Memória Secundária

- O mapeamento de endereços é feito utilizando uma tabela de páginas
  - $f(p, b) = p' + b$
  - A  $p$ -ésima entrada da tabela contém a localização  $p'$  da moldura de página (*frame*) que contém a página número  $p$ , caso a mesma esteja na memória principal
  - A tabela de páginas pode ser representada como um vetor do tamanho de número possível de páginas
  - Se a página número  $p$  não estiver em um *frame* na memória principal,  $p'$  terá valor nulo

# Modelo Computacional para Memória Secundária



# Modelo Computacional para Memória Secundária

- Caso um programa necessitar de uma página que não esteja na memória principal ( $p = NULL$ ), essa página  $p$  deve ser recuperada da memória secundária para a primária
  - Também, a tabela de páginas deve ser atualizada
- Se não houver uma moldura de página vazia, uma página deverá ser removida da memória principal
  - O ideal é a remoção da página que não será referenciada pelo período de tempo mais longo no futuro
  - Como não há como prever o futuro, o mesmo é inferido a partir do comportamento passado

- Algoritmos para escolha da página a ser removida:
  - Menos recentemente utilizada (LRU – "*least recently used*")
  - Menos frequentemente utilizada (LFU – "*least frequently used*")
  - Ordem de chegada (FIFO – *first in first out*)

# Modelo Computacional para Memória Secundária

- Menos recentemente utilizada (LRU)
  - Um dos algoritmos mais utilizados
  - Remove a página menos recentemente utilizada
  - Princípio: comportamento futuro deve seguir o passado recente
  - Implementação por meio de filas
    - Após a utilização de uma página, ela é colocada no fim da fila
    - A página no início da fila é que foi menos recentemente utilizada
    - A nova página trazida da memória secundária deve ser colocada na *frame* que contém a página menos recentemente utilizada

# Modelo Computacional para Memória Secundária

- Menos frequentemente utilizada (LFU)
  - Remove a página menos frequentemente utilizada
  - Custo extra: registrar número de acessos a cada página
  - Desvantagem: uma página recentemente trazida da memória secundária tem um baixo número de acessos e pode ser brevemente removida
- Ordem de chegada (FIFO)
  - Remove a página que está na memória principal há mais tempo
  - Algoritmo mais simples e barato de se manter
  - Desvantagem: ignora que a página mais antiga pode ser a mais referenciada

## Exemplo de Implementação com Paginação



- Exemplo com paginação:

```
#define ITENSPAGINA 5
#define MAXTABELA 20

typedef struct{
    long RA;
    char nome[70];
    int codigo_curso;
    float coef;
}Aluno;

typedef struct{
    Aluno itens[ITENSPAGINA];
}Pagina;
```

# Exemplo de Implementação com Paginação

- Exemplo com paginação:

```
int buscar(Aluno* aluno, FILE *arq){
    Pagina pag;
    int i = 0;
    int tam = tamanho_arquivo(arq);

    fseek(arq, 0, SEEK_SET);

    if (tam > 0){
        do{
            fread(pag, sizeof(Pagina), 1, arq);

            for (i = 0; (i < ITENSPAGINA) && (aluno->RA < pag->itens[i]->RA); j++);

            if ((i < ITENSPAGINA) && (aluno->RA == pag->itens[i]->RA)){
                *aluno = pag->itens[i];

                return 1;
            }else{
                fseek(arq, sizeof(Pagina), SEEK_CUR);
            }while (ftell(arq) < tam);
        }

        return 0;
    }
}
```

- Exemplo com paginação:

```
int tamanho_arquivo(FILE *arq){  
    fseek(arq, 0, SEEK_END);  
  
    return ftell(arq);  
}
```

## Exemplo de Implementação com Paginação

- Complexidade:
  - Carregar  $M$  páginas:  $O(M)$
  - Percorrer  $N$  itens em cada página:  $O(N)$
  - Custo total:  $O(M * N)$

## Acesso Sequencial Indexado

# Acesso Sequencial Indexado

- Utiliza o princípio da pesquisa sequencial
  - Cada item é lido sequencialmente até encontrar uma chave maior ou igual a chave de pesquisa
- Providências necessárias para aumentar a eficiência da pesquisa sequencial:
  - O arquivo deve estar ordenado pelo campo chave do item
  - Um arquivo de índice de páginas, contendo pares de valores  $(x, p)$ , deve ser criado, onde
    - $x$  é a chave de um item
    - $p$  é o endereço da página na qual o primeiro item contém a chave  $x$

- Exemplo para um conjunto de 15 registros (itens)
  - Cada página tem capacidade para armazenar 4 itens do disco
  - Cada entrada do índice de páginas armazena a chave do 1º item de cada página e o endereço de tal página no disco

3	14	25	41
1	2	3	4

1 

3	5	7	11
---	---	---	----

 2 

14	17	20	21
----	----	----	----

 3 

25	29	32	36
----	----	----	----

 4 

41	44	48	
----	----	----	--

- Para se pesquisar por um item, deve-se:
  - Localizar, no índice de páginas, a página que pode conter o item desejado de acordo com sua chave de pesquisa
  - Realizar uma pesquisa sequencial na página localizada

- Implementação do acesso sequencial indexado:

```
#define ITENSPAGINA 4

// Uma entrada da tabela de índice das páginas
typedef struct {
    int posicao;
    int chave;
}Indice;

typedef struct{
    int chave;
    char descricao[51];
    float preco;
    /* outros componentes */
}Item;
```



- Implementação do acesso sequencial indexado:

```
int buscar(Indice tab[], int tam, Item* item, FILE *arq){
    Item pagina[ITENSPAGINA];
    int i, n_itens;
    long desloc;

    for (i = 0; i < tam && tab[i].chave <= item->chave; i++);

    if ((i == 0) && (tab[i].posicao < item->chave)) return 0;
    else {
        if (i < tam) n_itens = ITENSPAGINA;
        else {
            fseek(arq, 0, SEEK_END);
            n_itens = (ftell(arq) / sizeof(Item)) % ITENSPAGINA;
        }

        desloc = (tab[i - 1].posicao) * ITENSPAGINA * sizeof(Item);
        fseek (arq, desloc, SEEK_SET);
        fread(&pagina, sizeof(Item), n_itens, arq);

        for (i = 0; i < n_itens; i++)
            if (pagina[i].chave == item->chave){
                *item = pagina[i];
                return 1;
            }

        return 0;
    }
}
```

- Complexidade:
  - Percorrer a tabela de índice de tamanho  $m$
  - Percorrer a página de tamanho  $n$
  - Custo total:  $O(n + m)$

# Acesso Sequencial Indexado

Disco magnético



Fonte: <https://www.indiamart.com/proddetail/2tb-seagate-hard-disk-3264950212.html>

# Acesso Sequencial Indexado

Disco magnético



Fonte: [https://www.123rf.com/photo\\_51017724\\_hard-disk-drive-hdd-connected-to-the-sata-cable-on-a-white-background.html](https://www.123rf.com/photo_51017724_hard-disk-drive-hdd-connected-to-the-sata-cable-on-a-white-background.html)

# Acesso Sequencial Indexado

Disco magnético



Fonte: <https://produto.mercadolivre.com.br/>

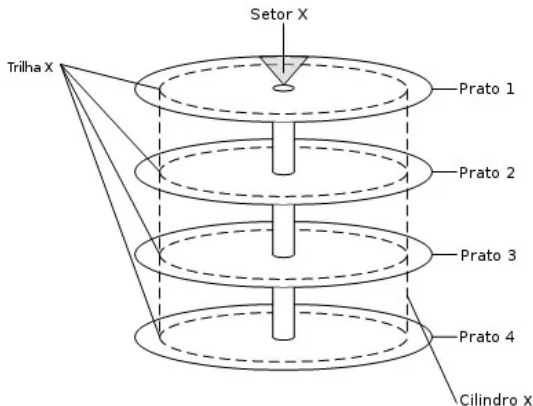
MLB-985991927-hd-pc-8-tb-8000-gb-desktop-seagate-samsung-armazenamento-alt-JM

# Acesso Sequencial Indexado

## Disco magnético

- Funcionamento do disco magnético:

<https://www.youtube.com/watch?v=lpYfep68xnA>



Fonte: <https://canaltech.com.br/hardware/Como-funcionam-os-discos-rigidos/>

# Acesso Sequencial Indexado

## Disco magnético

- Acesso sequencial indexado em disco magnético:
  - Possibilita acesso sequencial ou randômico
  - Adequado apenas para aplicações com baixa frequência de inserção e remoção
  - Vantagem: garantia de acesso com apenas um deslocamento da cabeça de gravação
  - Desvantagem: inflexibilidade



Assis, G. T.

Pesquisa Externa. BCC203 – Algoritmos II.

*Notas de Aula.* Ciência da Computação. DECOM/UFOP, 2018.



Deitel, H. M. e and Deitel, P. J.

*C: Como Programar.*

Pearson, 2011.



Schidildt, H.

*C Completo e Total.*

Pearson, 2011.



Ziviani, N.

*Projeto de Algoritmos - com implementações em Java e C++.*

Thomson, 2007.