Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA
Departamento de Informática
Integrado / Análise e Desenvolvimento de Sistemas / Licenciatura em Computação

Estruturas de Arquivos em Bancos de Dados

André L. R. Madureira <andre.madureira@ifba.edu.br>
Doutorando em Ciência da Computação (UFBA)
Mestre em Ciência da Computação (UFBA)
Engenheiro da Computação (UFBA)

Armazenamento de dados em disco

- O armazenamento de registros das tabelas de um banco de dados é feito em arquivos
  - Existem várias formas de organizar e armazenar esses registros, algumas mais eficientes do que outras
- O armazenamento de dados em um computador segue uma hierarquia de memória, definida pelo sistema operacional:
  - **Armazenamento primário (memória principal)**
  - **Armazenamento secundário (memória secundária)**

Hierarquia de Memórias

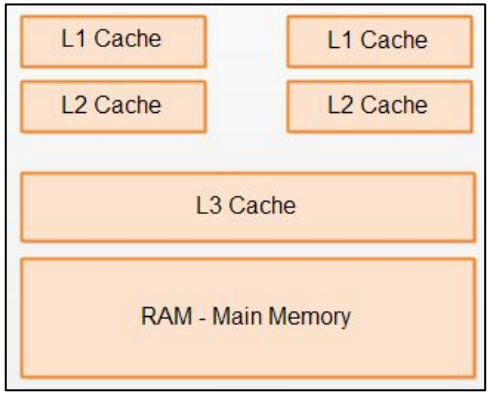
Memórias de elevada velocidade, porém de baixa capacidade e elevado custo (R$ / Byte)

Memória de computador

Memórias de alta capacidade e baixo custo (R$ / Byte), porém de baixa velocidade

Memória principal

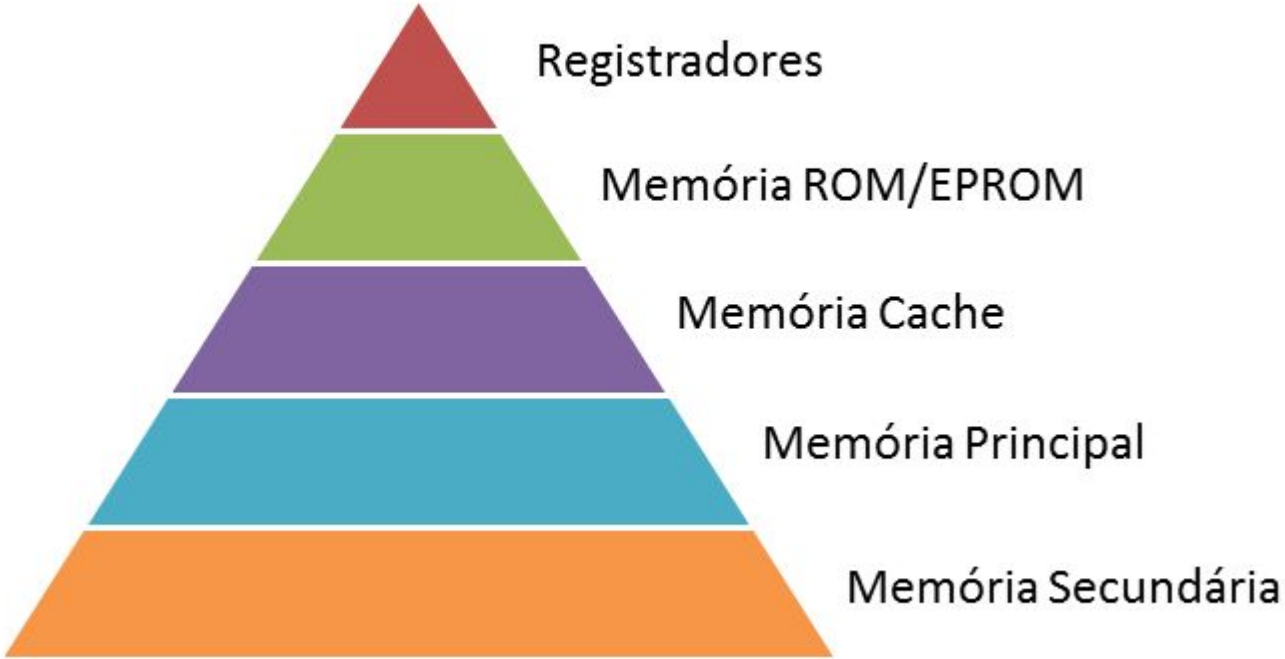
Memória secundária



Hierarquia de Memórias

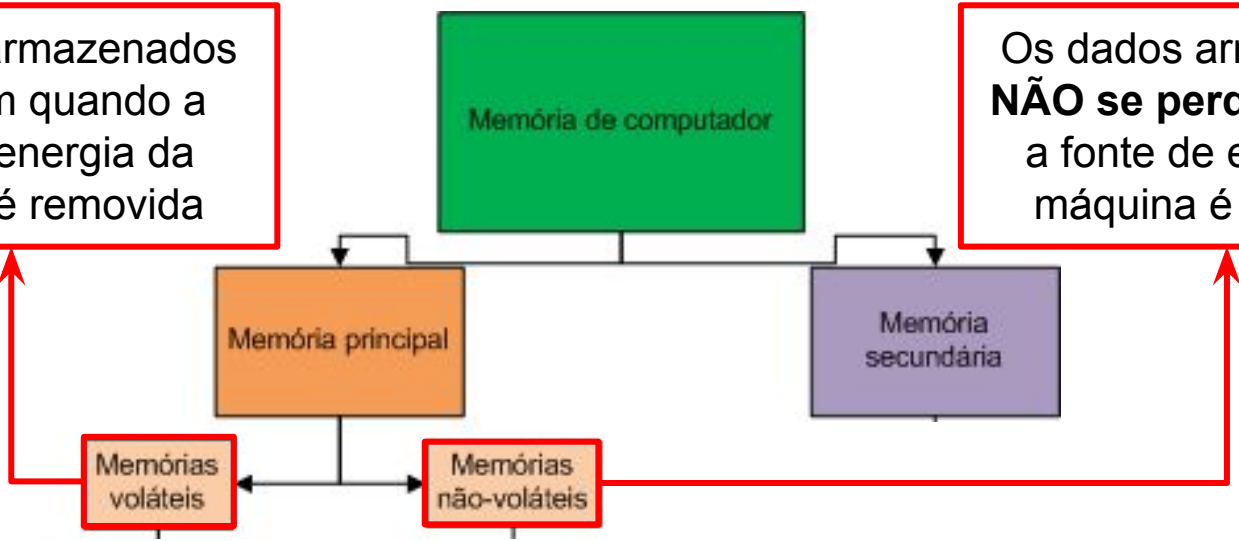
Custo alto
Velocidade alta
Capacidade baixa

Custo baixo
Velocidade baixa
Capacidade alta



Hierarquia de Memórias

Os dados armazenados se perdem quando a fonte de energia da máquina é removida



Os dados armazenados **NÃO se perdem** quando a fonte de energia da máquina é removida

Os dados de um banco de dados são armazenados nas memórias secundárias, que são memórias não-voláteis de alta capacidade.
Porque?

Armazenamento de Dados em Bancos de Dados

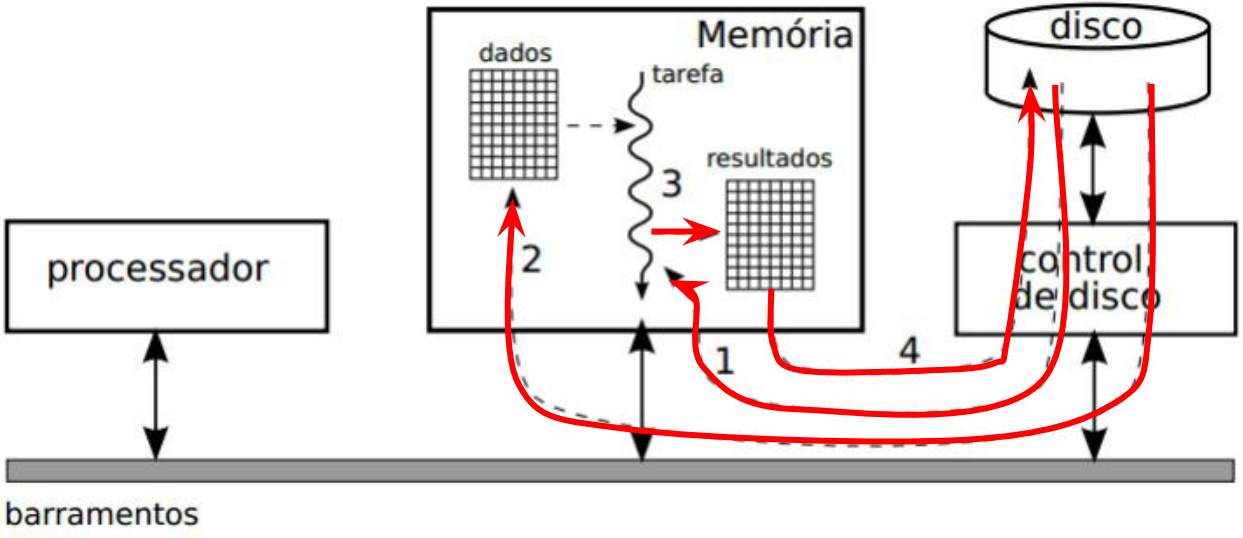
- Bancos de dados armazenam grandes volumes de dados
  - Não é possível armazenar um banco de dados inteiro dentro da memória principal, dada a sua capacidade limitada
  - Custo de armazenamento de dados na memória principal é maior do que na memória secundária
- Bancos de dados precisam armazenar dados de maneira permanente (SGBDs precisam de memórias não-voláteis)
- Perda de dados é menos frequente em memórias não-voláteis, como as memórias secundárias

Armazenamento de Dados em Bancos de Dados

- **Problema**: Acessar registros do banco de dados diretamente da memória secundária pode comprometer o desempenho do sistema
  - **Fato**: Aplicações acessam apenas uma pequena parte do bancos de dados em um dado instante de tempo
  - **Solução**: Transferir os dados da memória secundária para a principal, e vice-versa, conforme for necessário

Armazenamento de Dados em Bancos de Dados

- **Solução**: Transferir os dados da memória secundária para a principal, e vice-versa, conforme for necessário



1) carrega a aplicação

2) app lê dados do DB (memória sec. -> principal)

3) aplicação realiza operações com os dados

4) salva dados em disco (memória princ. -> sec.)

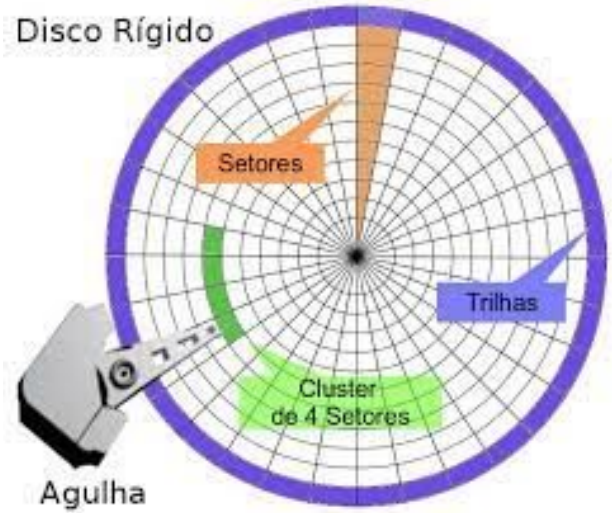
Transferência de Dados em um HDD

- A transferência de dados entre memórias (principal e secundária) é feita em **blocos**
  - Toda vez que uma transferência de dados é iniciada, as seguintes tarefas são executadas:
    - Posicionar o cabeçote de leitura/gravação do HDD sobre a faixa / cilindro correto do HDD
    - Girar o HDD para o setor correto
    - Realizar a leitura/gravação usando cabeçote magnético

A tarefa de transferir dados demanda tempo. Logo, **transferir blocos de dados é mais eficiente** do que transferir poucos bytes isoladamente.

Transferência de Dados em um HDD

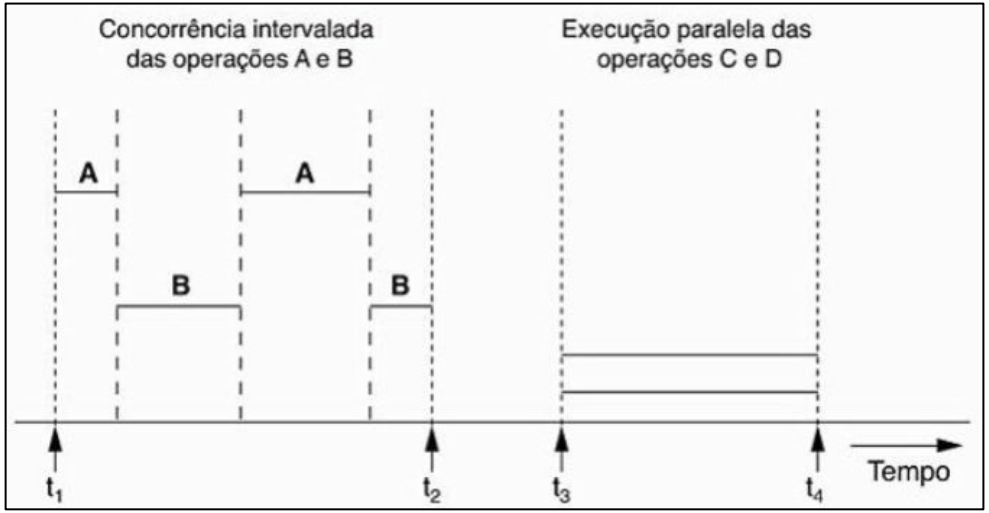
- Posicionar o cabeçote de leitura/gravação do HDD sobre a faixa / cilindro correto do HDD
- Girar o HDD para o setor correto
- Realizar a leitura/gravação usando cabeçote magnético



Será que é possível melhorar o desempenho da leitura/gravação de dados em uma memória secundária?

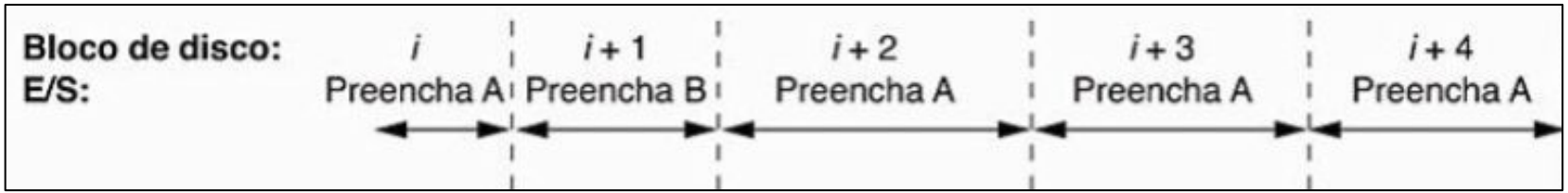
Buffering de Dados

- Buffer é um espaço de memória reservado para armazenamento temporário de dados
    - Podemos ter vários buffers, um para cada aplicação
- Buffers agilizam o acesso a dados, pois enquanto dados estão sendo lidos ou gravados em um buffer, a CPU pode processar informações de outros buffers



Buffering Duplo

- Técnica que permite leitura / gravação contínua de dados em blocos de disco contínuos
  - *“Blocos de dados são armazenados um após o outro no HDD”*
  - Elimina tempo de busca e atraso nas transferências de dados
    - Não precisamos mover cabeçote magnético ou motor do HDD a cada leitura de setor



Exercício - Pesquisa sobre desempenho de memórias

- Pesquise sobre o desempenho das memórias secundárias e primárias para responder às seguintes perguntas:
  - Qual a diferença de velocidade de uma memória secundária para uma memória primária?
  - Existe diferença entre diferentes tipos de memórias secundárias (HDD, SSD, etc) e primárias (RAM DDR4, ROM, etc)? Exemplifique!

Armazenamento de registros em um SGBD relacional

- Registros são tuplas de atributos e cada atributo possui um domínio (tipo de dados)
  - O domínio do atributo define que tipo de dados ele armazena, bem como quantos bytes de dados são necessários para representar esses dados
  - **Ex**:
    - CHAR(30) precisa de 30 Bytes para armazenar uma string de tamanho 30
    - INT precisa de 4 Bytes para representar um inteiro de 32 bits

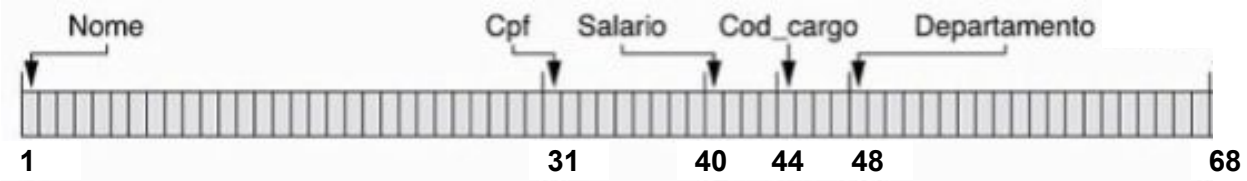
Armazenamento de registros em um SGBD relacional

- SGBD pode armazenar registros como um sucessão de bytes

Funcionario				
nome	**cpf**	**salario**	**cod_cargo**	**depto**
Carlos	777.888.999-00	3100	7	Vendas
Jussara	111.222.333-44	2000	4	Estoque
Maria	000.555.777-11	4000	6	RH

Funcionario
+ nome: **char(30)**
+ cpf: **char(9), PK**
+ salario: **int**
+ cod_cargo: **int**
+ depto**: char(20)**

Cada registro dessa tabela pode ser armazenado em disco como uma sequência de atributos:



Armazenamento de registros em um SGBD relacional

Sabemos quantos bytes cada atributo necessita. Logo, podemos calcular que cada registro da tabela *Funcionario* ocupa 68 bytes de espaço da memória secundária.

Mas e se a tabela *Funcionario* possuir um atributo de tamanho variável?
Como armazenar um registro como esse?

Armazenamento de registros com atributos de tamanho variável

Considere a tabela *Funcionario* com os seguintes atributos:

Note que *nome* é varchar(30). Ou seja, o nome do funcionário pode conter até 30 caracteres. De maneira similar temos *depto*.

Funcionario
+ nome: **varchar(30)**
+ cpf: **char(9), PK**
+ salario: **int**
+ cod_cargo: **int**
+ depto**: varchar(20)**

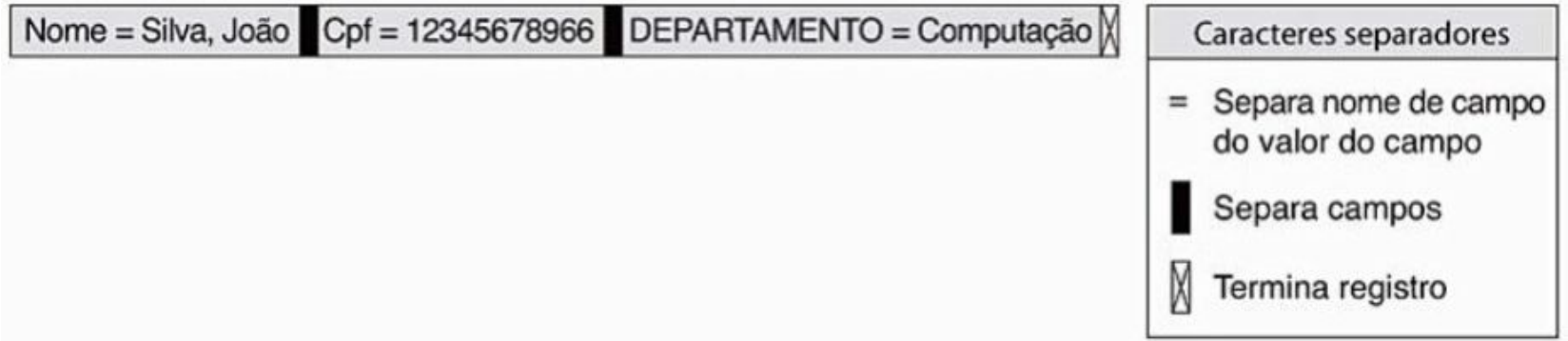
Caracteres especiais *(ex: NULL, \0)* delimitam os valores dos atributos de tamanho variável, representando assim o último byte armazenado em disco:

Podemos armazenar registros com atributos de tamanho variável usando vários formatos diferentes

Funcionario
+ nome: **varchar(30)**
+ cpf: **char(9), PK**
+ salario: **int**
+ cod_cargo: **int**
+ depto: **varchar(20)**

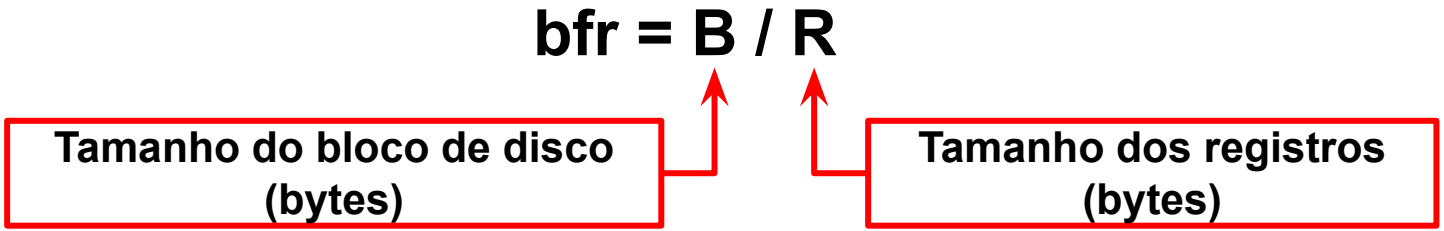
Formato 1 *(somente valor do atributo)*:

Formato 2 *(pares de nome e valor do atributo)*:



Blocagem de Registros

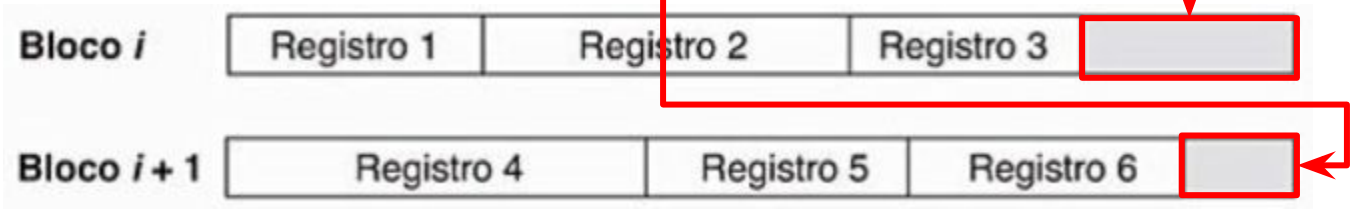
- Dados são gravados na memória secundária em **blocos**
- Registros de uma tabela relacional precisam ser armazenados em blocos de disco
  - Um bloco de disco pode conter vários registros
  - Podemos estimar quantos registros cabem em um bloco usando o **fator de blocagem (bfr)**



Organização não espalhada

bfr = B / R

Nem sempre existe uma divisão exata entre B e R.
Nestes casos, existirão espaços vazios dentro dos blocos de disco.



Esta situação ocorre porque os registros não podem ser divididos (eles devem ser armazenados inteiramente dentro de um bloco).

Esta organização de registros é chamada de **organização não espalhada**.

Como corrigir essas perdas de espaço em disco?

Organização espalhada

Podemos armazenar uma parte de um registro em um bloco, e o restante em outro bloco. Assim, podemos melhorar o uso do espaço!

Esta organização de registros é chamada de **organização espalhada**.

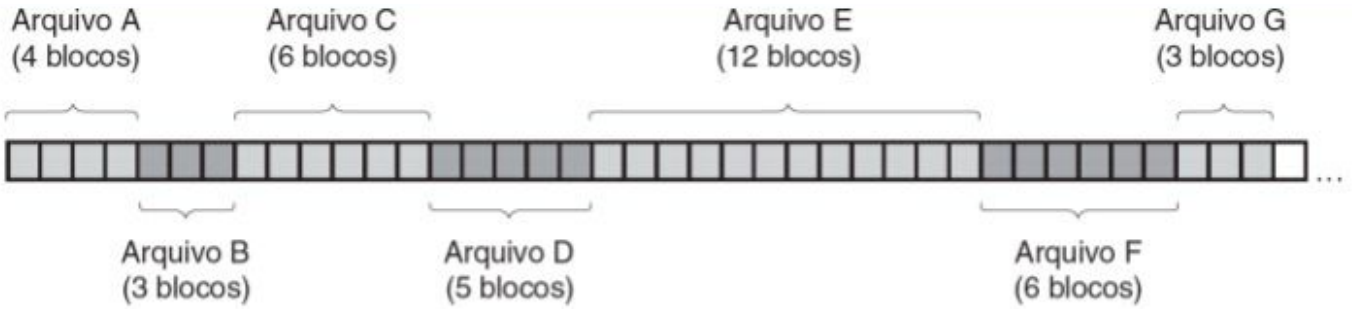
Um ponteiro no final do primeiro bloco aponta para o bloco que contém o restante do registro

Alocação de blocos em disco

- Existem várias formas de se armazenar blocos fisicamente em memórias secundárias (HDDs, SSDs, etc)
  - As formas mais utilizadas são:
    - **Alocação contígua**
      - Arquivos (registros) são alocados a blocos de disco de forma consecutiva
    - **Alocação ligada**
      - Cada bloco contém um ponteiro para o próximo bloco de arquivo

Alocação contígua

- Arquivos (registros) são alocados a blocos de disco de forma consecutiva

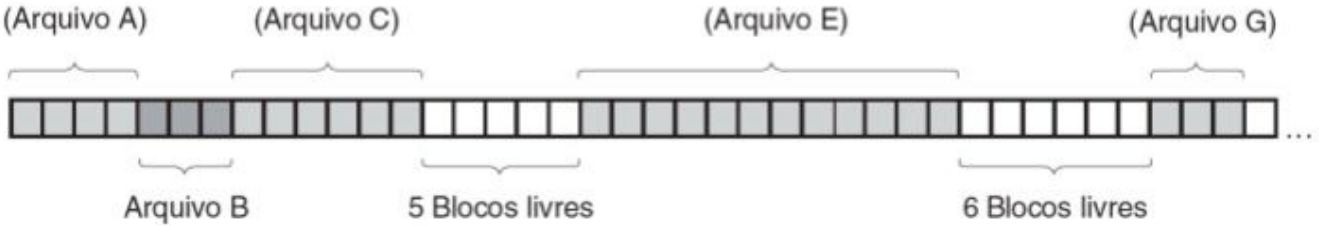


Vantagem:
leitura rápida de dados (por conta do buffering duplo)

Desvantagem:
Dificuldade de expandir arquivos

Alocação contígua

- Arquivos (registros) são alocados a blocos de disco de forma consecutiva

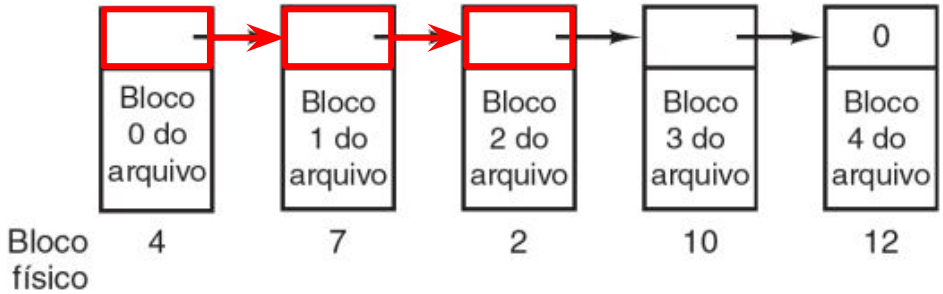


Desvantagem:
Fragmentação de disco (espaços vazios no meio do disco), o que gera problemas no gerenciamento do espaço de disco

Como faço para armazenar um arquivo H com 7 Blocos?
Seria possível armazenar H, pois o disco tem 5 + 6 = 11 Blocos livres. Porém esses Blocos livres não estão juntos.

Alocação ligada (ou alocação encadeada)

- Cada bloco de arquivo contém um ponteiro para o próximo bloco de arquivos



Vantagem: facilidade para expandir arquivos

Desvantagem: leitura de dados lenta (leitura sequencial de blocos)

Para ler um bloco no meio de um arquivo, precisamos ler todos os blocos anteriores em sequência

Atividade - Armazenamento de dados

- Explique, com suas próprias palavras, o que é alocação contínua e ligada, bem como o que é organização espalhada e não-espalhada
  - Explique os benefícios e desvantagens de cada solução
  - Qual solução é a melhor escolha para cada tipo de memória secundária (memória de estado sólido - SSD, memória baseada em discos magnéticos - HDD)? Porque?

Referencial Bibliográfico

- KORTH, H.; SILBERSCHATZ, A.; SUDARSHAN, S. **Sistemas de bancos de dados**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2006.

- DATE, C. J. **Introdução a sistemas de bancos de dados**. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2004. Tradução da 8ª edição americana.