



**Universidade Federal de Pelotas**

**Instituto de Física e Matemática**

**Departamento de Informática**

**Bacharelado em Ciência da Computação**

# **Arquitetura e Organização de Computadores II**

## **Aula 16**

**4. Memória virtual: Paginação, segmentação,  
fragmentação. Colocação de uma página na memória  
principal, faltas de página, escrita de uma página.**

**Prof. José Luís Güntzel**

**[guntzel@ufpel.edu.br](mailto:guntzel@ufpel.edu.br)**

**[www.ufpel.edu.br/~guntzel/AOC2/AOC2.html](http://www.ufpel.edu.br/~guntzel/AOC2/AOC2.html)**

## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

### ► Introdução

- **Memória Principal (DRAM)**
  - Tamanho limitado (máx, 1GB)
  - Tempo de acesso da ordem de nanossegundos
- **Memória Secundária (disco magnético)**
  - Grande capacidade de armazenamento (tipicamente, 80-160 GB)
  - Tempo de latência da ordem de milissegundos
- **Pode não ser possível manter um programa inteiro na memória principal. Pior: deseja-se rodar vários programas “ao mesmo tempo”**
  - Solução: manter apenas as partes ativas do(s) programa(s)

## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

### ► **Memória Virtual**

- **Memória Virtual é a técnica que dá ao programador a ilusão de poder acessar rapidamente um grande espaço de endereçamento**
- **Objetivos da técnica:**
  - Permitir que haja um meio seguro e eficiente de se compartilhar informações, armazenadas na memória, entre vários programas
  - Minimizar os problemas causados aos programas pela existência de uma pequena quantidade de memória principal

## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

### ► Memória Virtual

- Os programas que compartilham a memória de determinada máquina mudam dinamicamente durante o processo de execução
- Cada programa deve ser compilado usando seu próprio espaço de endereçamento (ou seja, em uma região da memória acessível somente a esse programa)
- A técnica de memória virtual realiza a tradução do espaço de endereçamento de um programa para seus endereços reais

## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

### ► Memória Virtual

- A técnica de memória virtual permite que o tamanho de um único programa exceda a quantidade total de memória real disponível para sua execução
- A técnica de memória virtual gerencia automaticamente os dois níveis de hierarquia: memória principal (física) e memória secundária
- Antigamente, os programas eram divididos em pedaços. Os pedaços mutuamente exclusivos (*overlays*) eram identificados. Carga/exclusão de *overlays* da memória era realizada sob controle do próprio programa

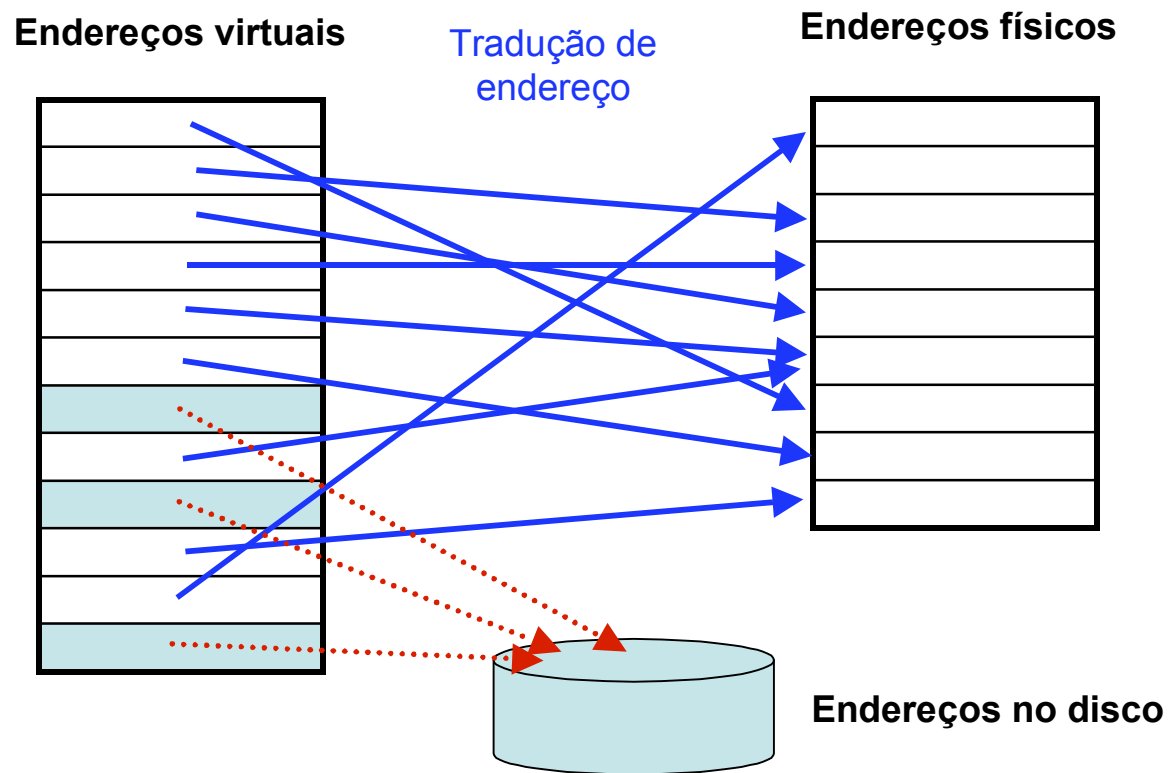
## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

### ► Conceitos Envolvidos em Memória Virtual

- **Página:** é um bloco de tamanho fixo
- **Falta de página:** é uma falta no acesso à memória virtual
- **Usando memória virtual:** o processador sempre gera um **endereço virtual**, que é traduzido para um **endereço real** por meio da MMU (*memory management unit*), que é um sistema HW+SW
- O endereço real (também chamado de **físico**) é, então, usado para acessar a memória

## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

### ► Memória Virtual



## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

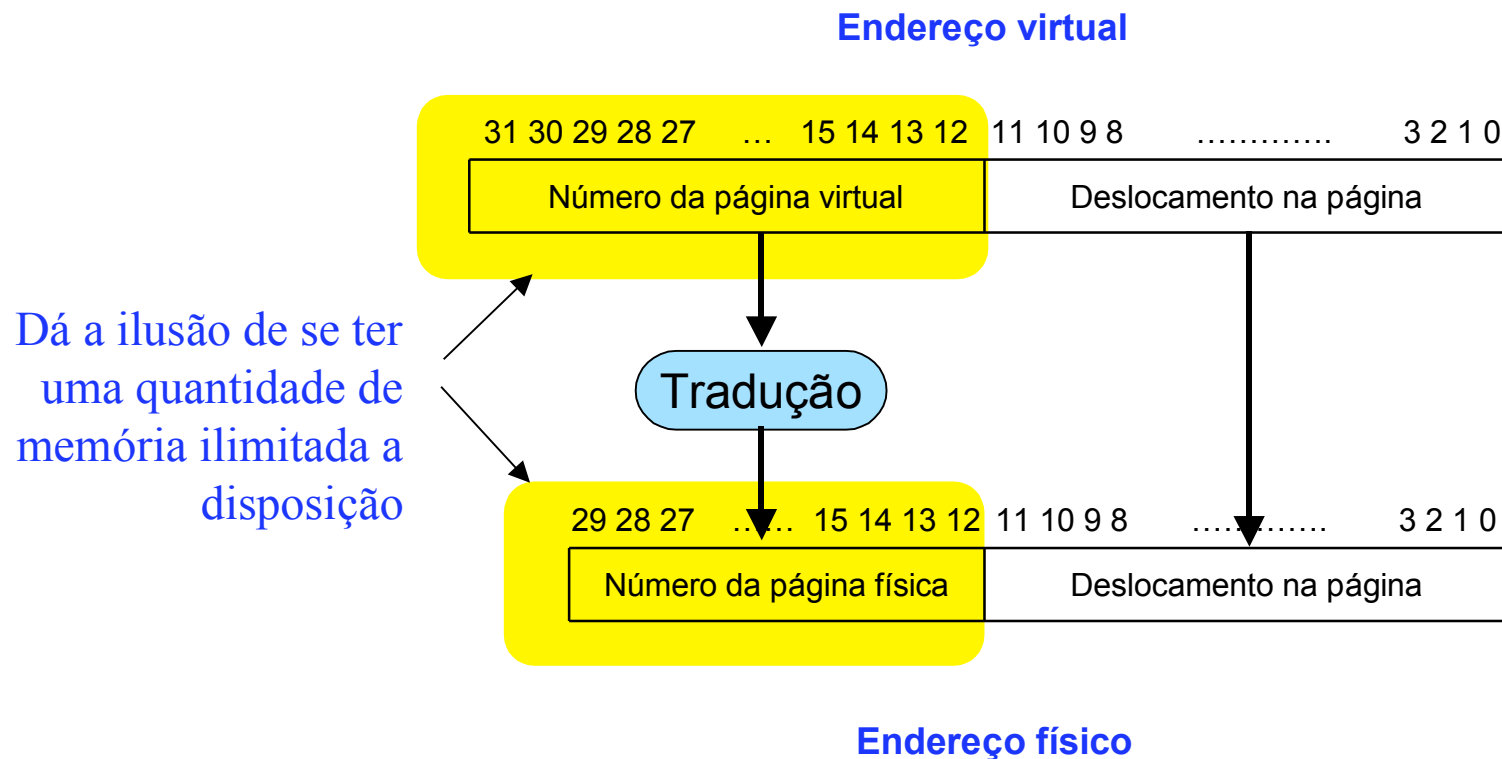
### ► Memória Virtual e Relocação de Código

- A técnica de memória virtual simplifica a carga dos programas para execução, a partir da **relocação**
- A relocação mapeia os endereços virtuais usados por um determinado programa em endereços físicos (antes de tais endereços serem usados para acessar a memória)
- A técnica de relocação permite que um programa seja carregado em qualquer posição da memória principal
- Todos os sistemas de memória virtual atuais relocalam os programas por meio de blocos de tamanho fixo, **as páginas**



## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

### ► Mapeamento de um endereço virtual em endereço físico



## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

### ► Projeto de Memória Virtual

- **A ocorrência de uma falta de página consome milhões de ciclos de relógio**
- **Este tempo é dominado pelo tempo para obter o primeiro endereço de uma página de tamanho típico**

**A penalidade imensa de uma falta de página conduz a decisões importantes, com relação ao projeto de sistemas de memória virtual...**

## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

### ► Características dos Sistemas de Memória Virtual

- As páginas devem ser grandes o suficiente para amortizar o tempo de acesso muito grande (atualmente, de 16KB a 64KB)
- Uma técnica de colocação totalmente associativa tende a proporcionar uma baixa taxa de falta de página
- As faltas de página podem ser tratadas por software, em função do *overhead* introduzido ser pequeno, quando comparado ao tempo de acesso ao disco (permite o uso de algoritmos mais eficientes para a escolha de como colocar as páginas)
- Os sistemas de memória virtual usam *write-back*. (*Write-through* não funciona bem porque as escritas são muito demoradas.)

## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

### ► Colocação e Localização de uma Página na Memória

- A redução das faltas de página é o principal objetivo no projeto de um sistema de memória virtual
- Esta redução é obténível através do uso de técnicas otimizadas para a colocação das páginas na memória principal
- Associatividade total é usada, atualmente:
  - (+) muita flexibilidade para substituição de páginas,
  - (-) dificuldade na localização das páginas

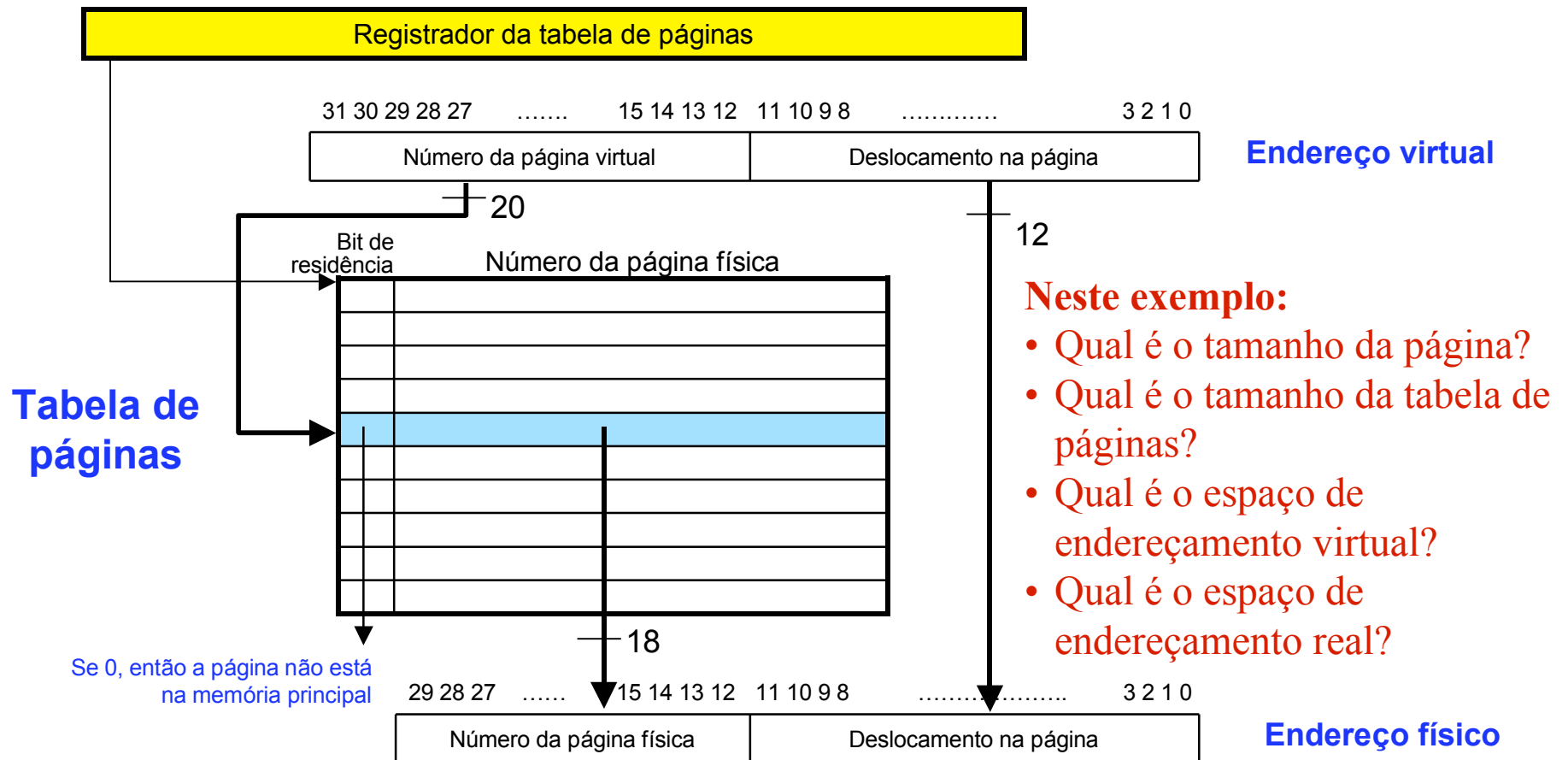
## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

### ► A Tabela de Páginas

- Permite a localização das páginas
- Indexa totalmente a memória principal
- Armazenada na memória principal
- É indexada com o número da página extraído do endereço virtual e contém o número da página física correspondente
- Cada programa possui sua própria tabela de páginas
- **Registrador da tabela de páginas:** em HW, aponta para a posição inicial da tabela de páginas na memória principal
- Por hora, assumamos que a tabela de páginas está em uma posição fixa da memória principal, utilizando endereços contíguos

## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

### ► Tabela de Páginas



## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

### ► Faltas de Página

- Bit de residência = 0 indica falta de página
- Sistema operacional assume o controle, por meio do **mecanismo de exceção**
- O sistema operacional precisa
  - Encontrar a página faltante no nível hierárquico inferior (geralmente, no HD)
  - Decidir em que lugar da memória principal deve ser colocada a página requisitada
- O endereço virtual, por si só, não informa em que posição do HD está a página que gerou a falta de página

## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

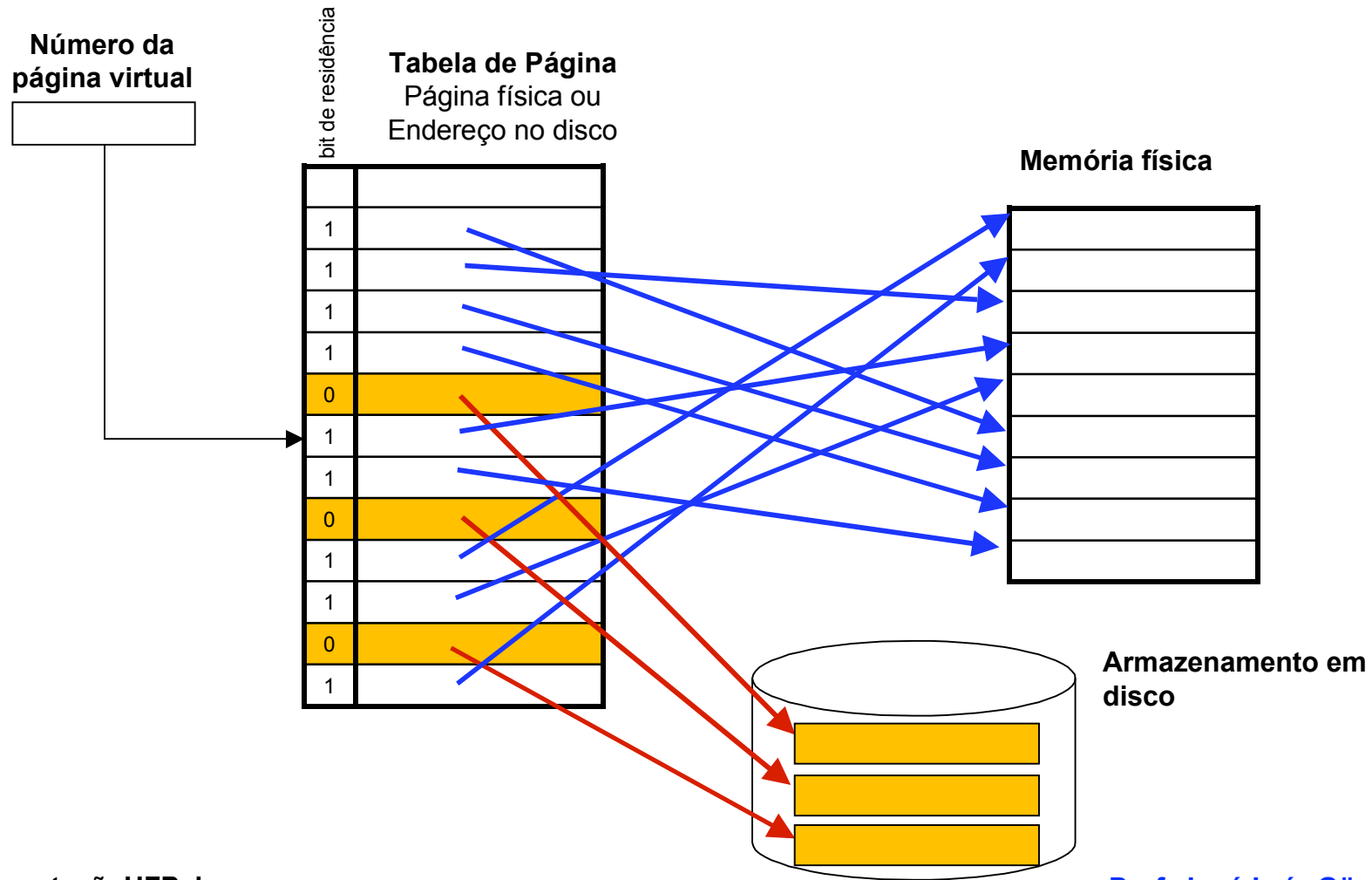
### ► Faltas de Página

- O SO cria espaço em disco para todas as páginas virtuais de um processo, quando da criação do processo
- Neste momento, o SO também cria uma estrutura de dados para controlar onde cada página virtual está guardada no disco
- Tal estrutura pode ser parte da tabela de páginas, ou pode ser uma estrutura auxiliar, indexada da mesma maneira que a tabela de páginas



## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

### ► Tabela de Páginas



## 4. Hierarquia de Memória: memória virtual

### ► Escrita

- A escrita no disco consome milhões de ciclos de relógio
- Esquema *write-through* não funciona
- Esquema *write-back* é usado: página é copiada para o disco no momento em que for substituída (nomenclatura: “*copy-back*”)