

Organização e Arquitetura de Computadores

Memória Virtual

Edson Moreno

edson.moreno@pucrs.br

<http://www.inf.pucrs.br/~emoreno>

Memória Virtual

- Gerência de memória convencional
 - Divide um programa em unidades menores
 - Partes são carregada para MP antes de sua execução pelo processador
- Poucas unidades de um programa carregadas por vez
 - Localidade espacial / temporal
 - É possível gerenciar a memória de forma que só unidades necessárias em um dado momento estejam na MP
- Memória física pode ser melhor aproveitada, sendo possível:
 - Executar um programa maior que a MP
 - Executar vários programas “ao mesmo tempo”
 - Somados exigem mais espaço do que o provido pela MP

Memória Virtual

Mapeamento

- **Processador**
 - Gera endereços para espaço de endereçamento lógico/virtuais
 - Apenas executa opera no espaço de endereçamento real
 - Deve existir mecanismo que transforme os endereços virtuais em reais.
- **Mapeamento**
 - Permite tradução um endereço do espaço virtual/lógico para espaço real.
- **Sistemas modernos**
 - Tarefa de tradução de endereços virtuais é realizada por
 - Hardware + sistema operacional
 - Não deve comprometer desempenho
 - Deve ser transparente a usuários e suas aplicações.

Memória Virtual

Mapeamento

- Tradução

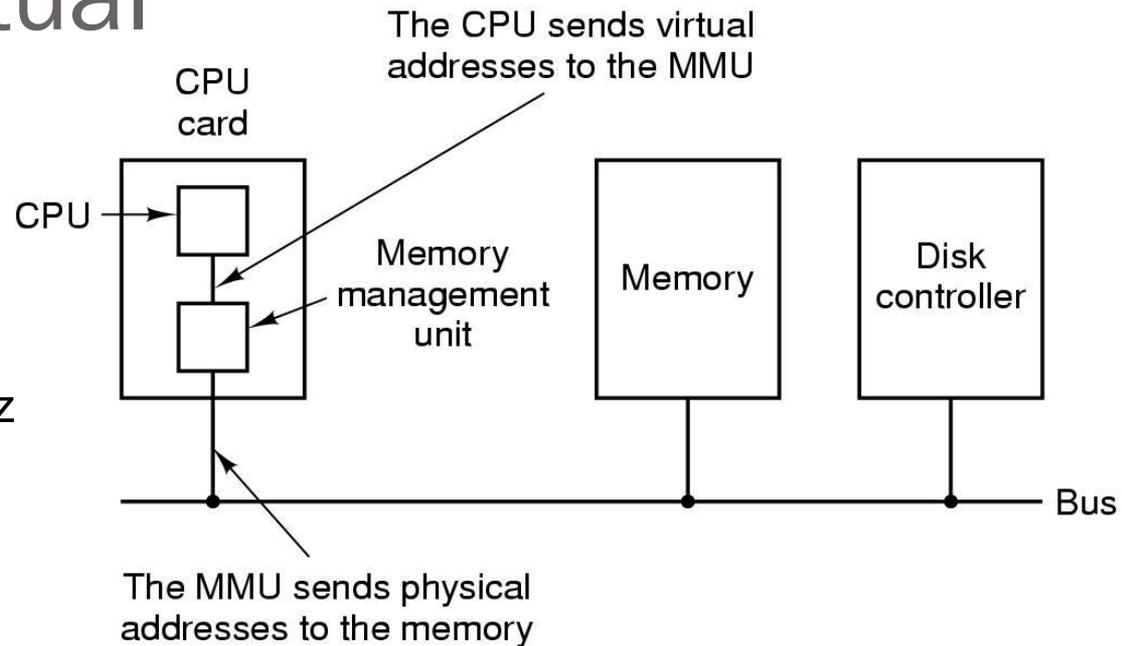
- Unidade de gerência de memória (MMU) em HW
- Acionado sempre que se faz referência a um endereço virtual

- Depois de traduzido

- Endereço real pode ser utilizado para o acesso à memória principal.

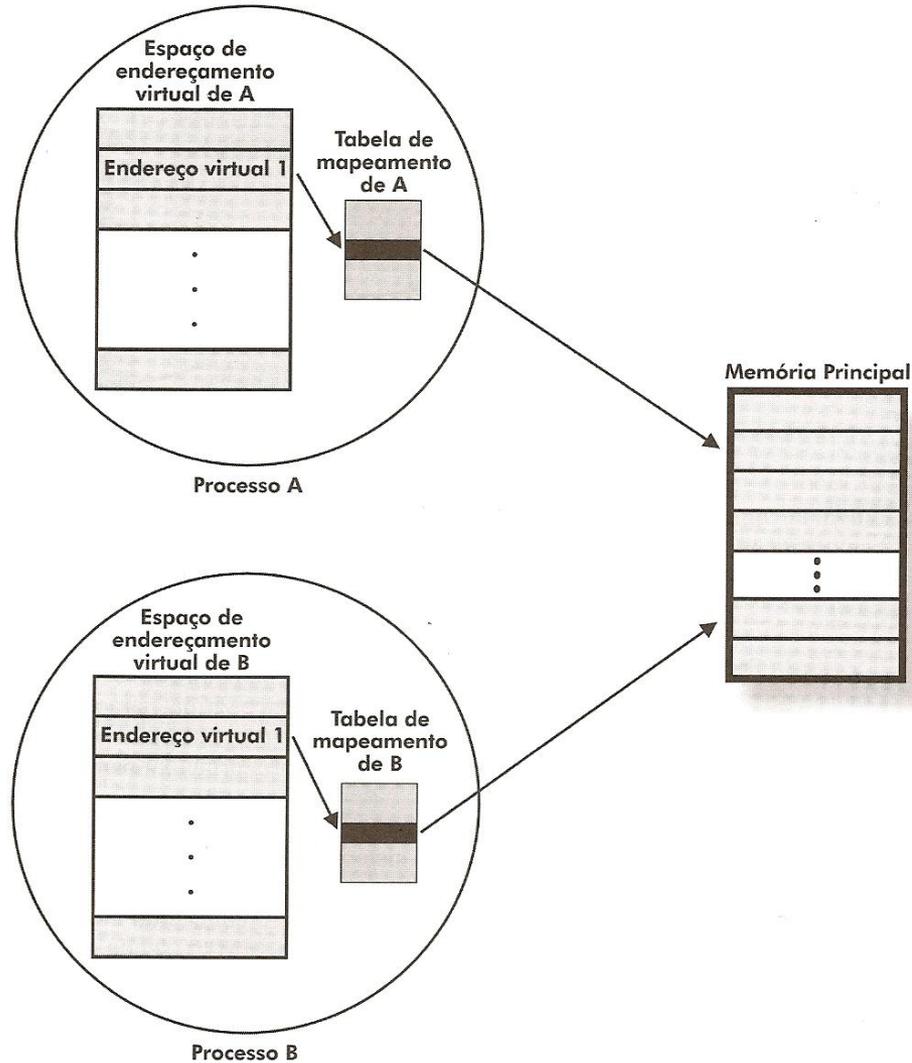
- Responsabilidade do mecanismo de tradução

- Manter tabelas de mapeamento exclusivas para cada processo
- Relacionar os endereços virtuais do processo às posições na memória real



Memória Virtual

Mapeamento



Memória Virtual

Mapeamento

- Tabelas mapeiam blocos de dados
 - Tamanho determina o número de entradas existentes nas tabelas de mapeamento.
- Quanto maior o bloco
 - Menos entradas existem nas tabelas de mapeamento
 - Menor o tamanho das tabelas de mapeamento
- Técnicas empregadas pelos sistemas operacionais
 - Paginação
 - Segmentação
 - Segmentação com paginação

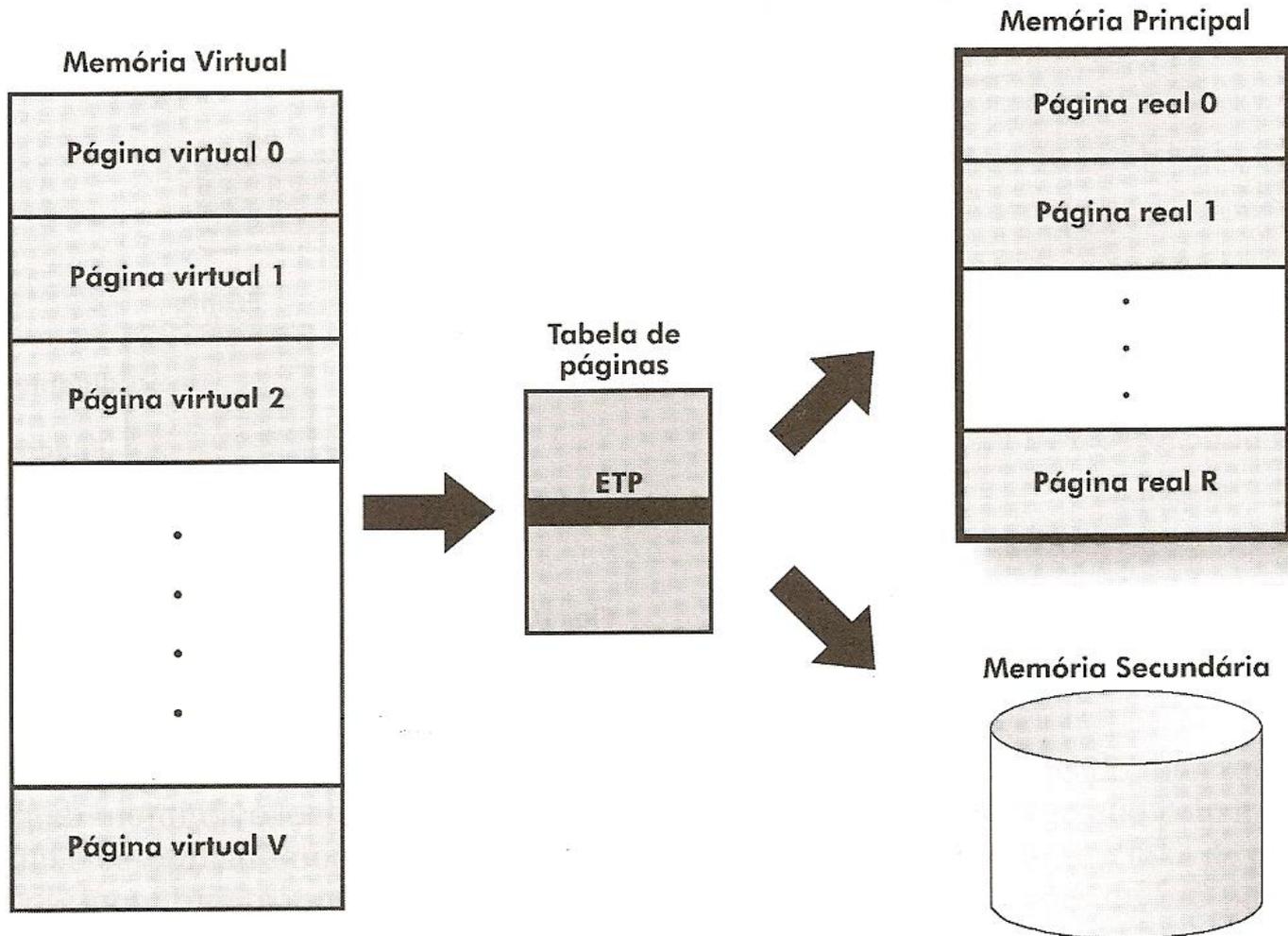
Memória Virtual

Memória Virtual por Paginação

- A memória virtual por paginação
 - Blocos de mesmo tamanho nos espaços de endereçamento
 - Virtual (memória secundária)
 - Páginas virtuais
 - Real (memória principal)
 - Páginas reais / quadros
- Tabela de página
 - Individual a cada processo
- Cada página virtual do processo
 - Presente na tabela (entrada na tabela de páginas - ETP)
 - Contém informações de mapeamento
 - Permitem ao sistema localizar a página real correspondente

Memória Virtual

Memória Virtual por Paginação



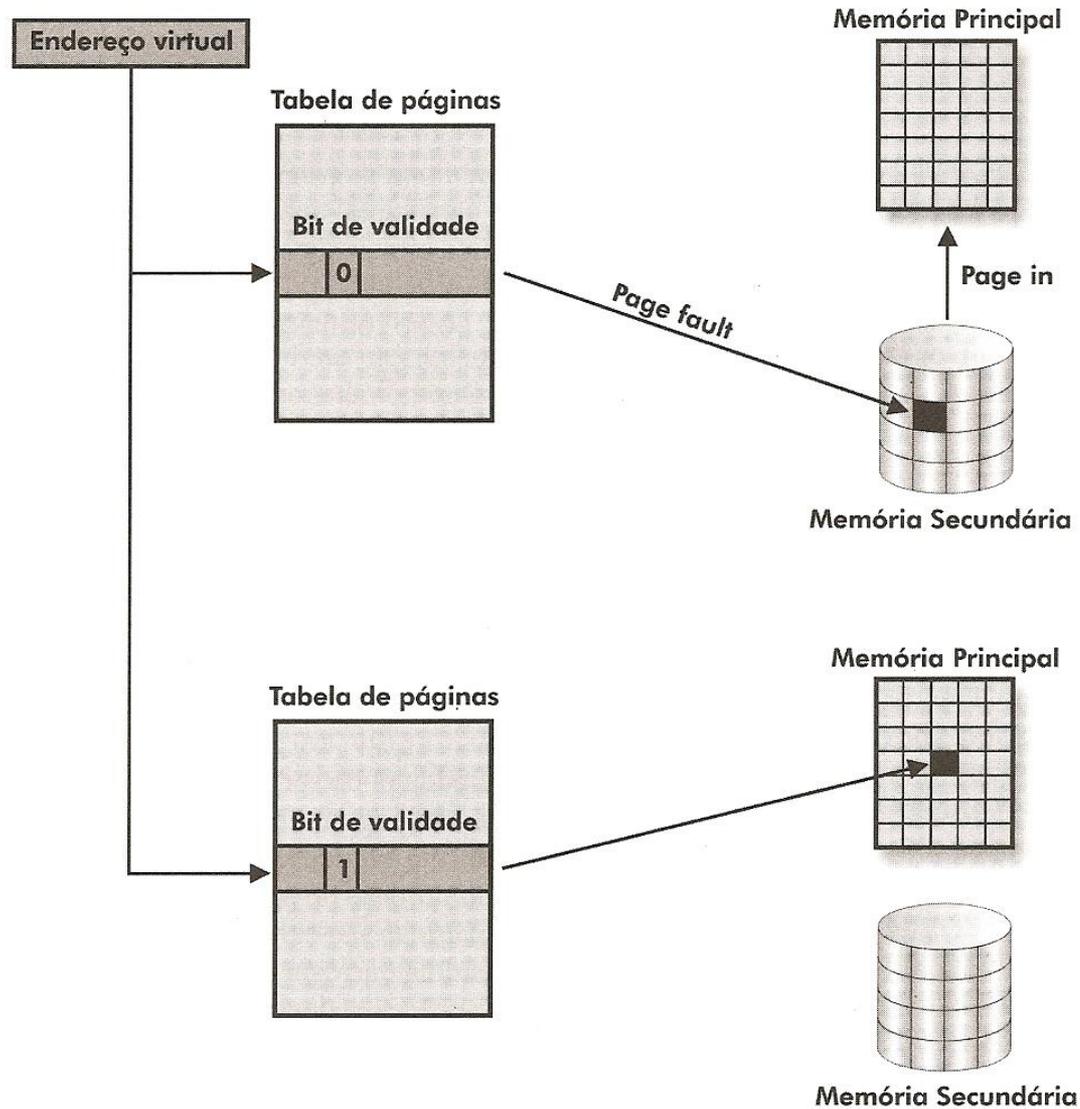
Memória Virtual

Memória Virtual por Paginação

- Além da informação sobre a localização da página virtual
 - Bit de validade (valid bit)
 - Indica se uma página está ou não na memória principal.
 - Zero indica página virtual não presente na memória principal
 - Um indica a página está localizada na memória.
 - Bit verificado sempre quando de uma requisição
 - Ausência de um página na MP acarreta uma falha (page fault)
 - Sistema transfere a página da memória secundária para a principal
 - Realizando uma operação de E/S conhecida como paginação.
 - Número de page faults gerado por um processo varia
 - Como o programa foi desenvolvido
 - Qual a política de gerência de memória implementada

Memória Virtual

Memória Virtual por Paginação



Memória Virtual

Políticas de Busca de Páginas

- **MMU**

- Permite a execução de um programa sem que seu código esteja completamente residente na memória principal
- Política de busca determina quando uma página deve ser carregada.

- **Estratégias para este propósito**

- Paginação por demanda
- Paginação antecipada.

- **Paginação por demanda**

- Páginas transferidas da memória secundária para a principal quando referenciadas.
- É possível que partes não executadas do programa nunca sejam carregadas

- **Paginação antecipada**

- Além da página referenciada, carrega páginas que podem ou não ser necessárias
- Permite economia de tempo, mas pode causar perda de tempo e desperdiçar memória

Memória Virtual

Translate Lookaside Buffer (TLB)

- Gerência de memória virtual
 - Mapeamento implica em pelo menos dois acessos à memória principal
 - à tabela de páginas
 - à própria página.
- Maioria das aplicações
 - Referencia um número reduzido de frames na memória principal
 - Princípio da localidade
 - Somente uma pequena fração da tabela de mapeamento é realmente necessária.

Memória Virtual

Translate Lookaside Buffer (TLB)

- Translation Lookaside Buffer (TLB)
 - Permite mapear endereços virtuais em endereços físicos
 - Não requer do acesso à tabela de páginas.
 - Funciona como uma memória cache
 - Mantem apenas as traduções dos endereços virtuais das páginas mais recentemente referenciadas.
 - Utiliza o esquema de mapeamento associativo

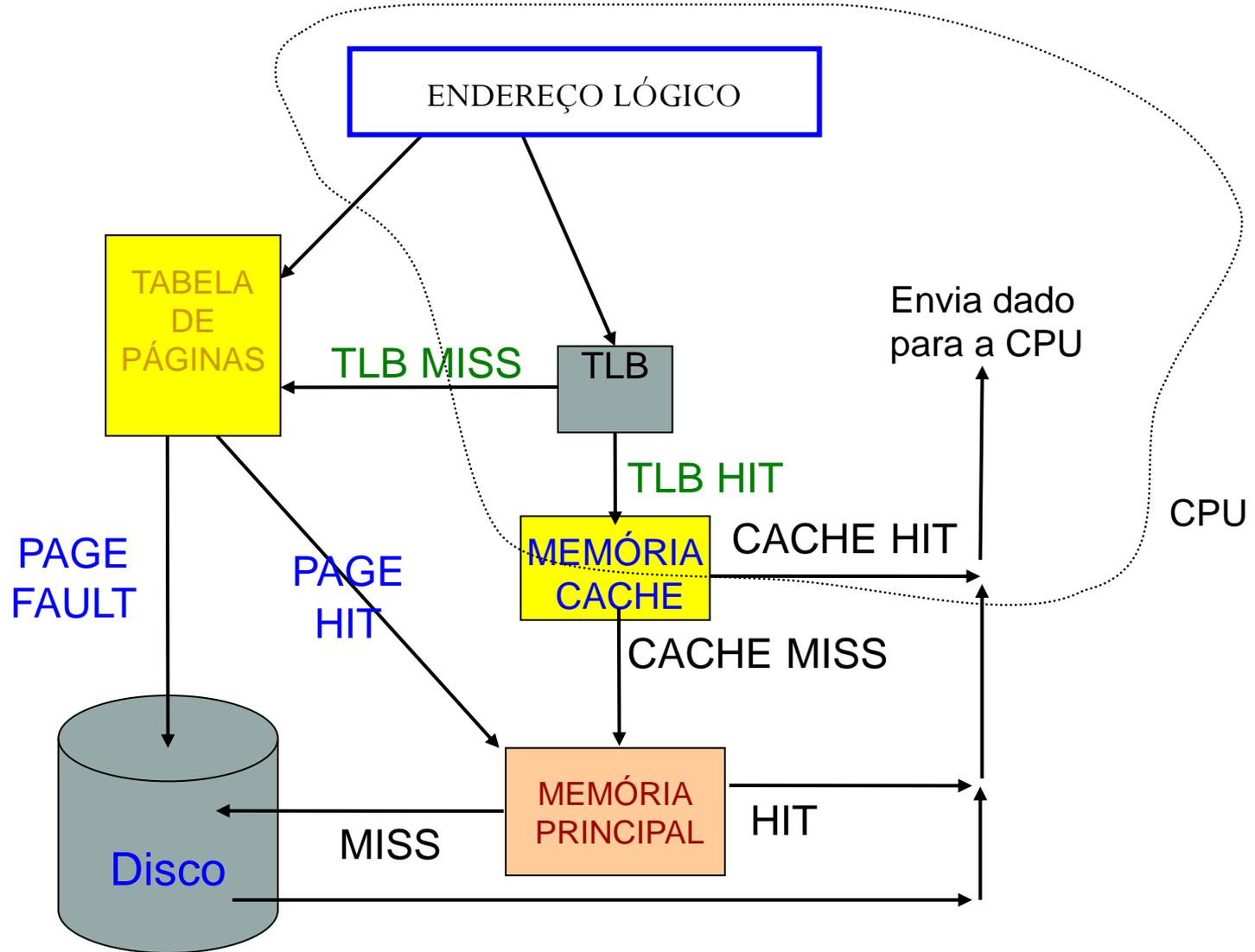
Memória Virtual

Translate Lookaside Buffer (TLB)

- Tradução de um endereço virtual
 - Verifica primeiro o TLB
 - Caso o endereço (tag) esteja na cache
 - Endereço físico é utilizado
 - Eliminando o acesso à tabela de mapeamento (TLB hit).
 - Caso o endereço não esteja na cache
 - Tabela de mapeamento deve ser consultada (TLB miss).
- Se a página estiver na memória principal
 - Tradução do endereço virtual é colocada no TLB
 - Endereço é traduzido.
- Caso contrário
 - Ocorre um page fault
 - A página é carregada para a memória
 - A tabela de mapeamento é atualizada
 - Informação é carregada para a TLB.

Memória Virtual

Translate Lookaside Buffer (TLB)



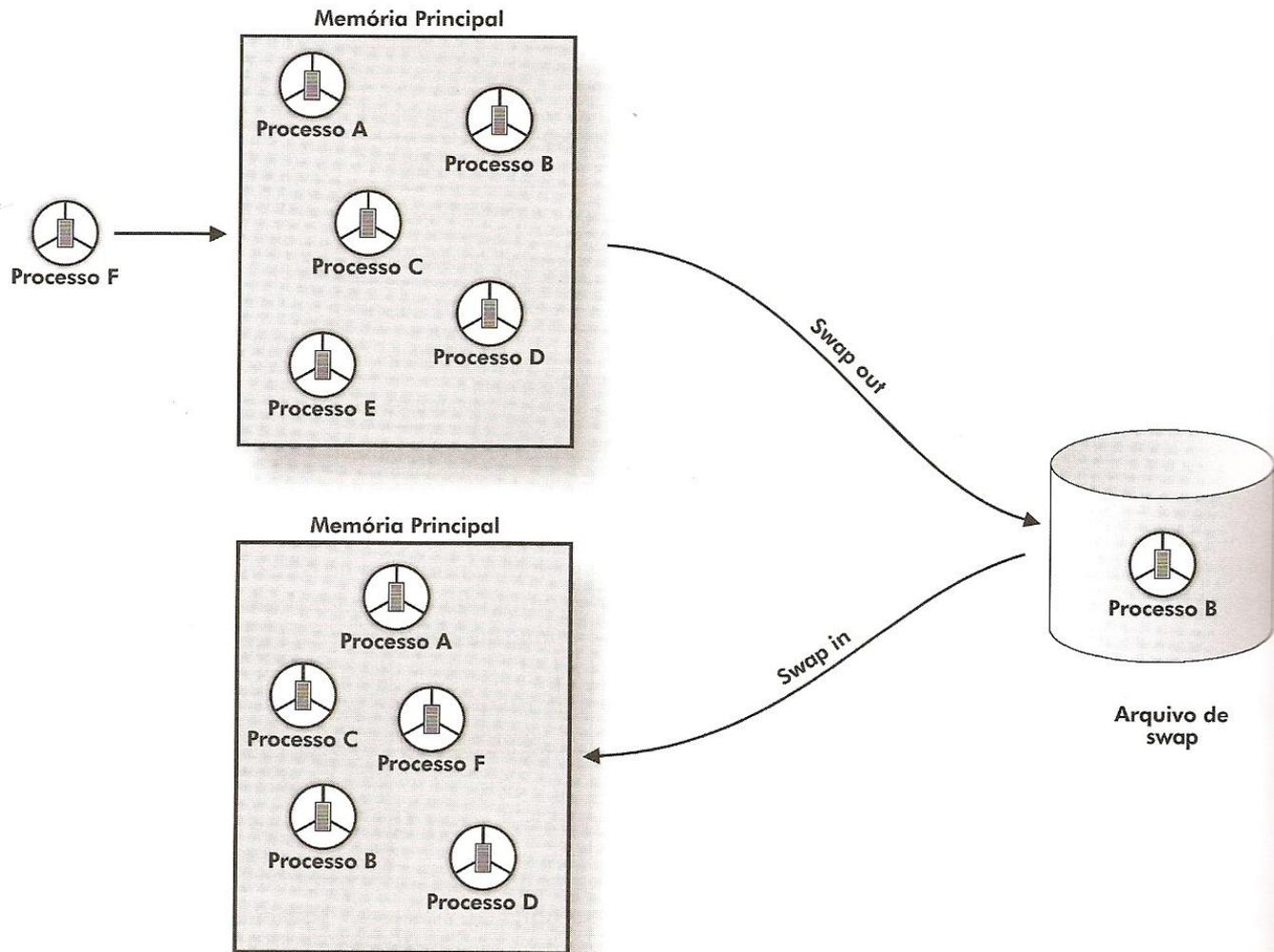
Memória Virtual

Swapping

- A técnica de swapping
 - Pode ser aplicada em sistemas com memória virtual
 - Permite aumentar o número de processos que compartilham a memória principal
 - Aumenta o grau de multiprogramação do sistema.
- Empregando quando
 - Existem novos processos para serem executados
 - Não há memória principal livre suficiente para alocação
- Sistema utiliza o swapping
 - Selecionando um ou mais processos para saírem da memória
 - Oferecer espaço para novos processos.
- Depois de escolhidos
 - Sistema retira os processos da memória principal para a secundária (swap out)
 - Páginas ou segmentos gravados em um arquivo de swap (swap file)

Memória Virtual

Swapping



Memória Virtual

Swapping

- Políticas que podem ser aplicadas na escolha dos processos
 - Principalmente escolhe considerando o estado do processo e sua prioridade.
 - Com base no estado dos processos
 - Seleciona, inicialmente, os processos que estão no estado de espera.
 - Seleção pode ser refinada em função do tipo de espera de cada processo.
 - Com base na prioridade
 - É possível que não existam processos suficientes no estado de espera para atender as necessidades de memória do sistema.
 - Escolhe os processos no estado de pronto com menor prioridade

Memória Virtual

Thrashing

- Thrashing
 - Excessiva transferência blocos entre a memória principal e a secundária.
- Na memória virtual por paginação
 - Thrashing ocorre em dois níveis
 - No próprio processo
 - Excessiva paginação ocorre devido ao elevado número de page faults
 - Processo passa mais tempo esperando por páginas do que executado
 - No sistema
 - Processos competindo por memória principal que espaço disponível
 - Solução
 - Reduzir o número de páginas de cada processo na memória

Memória Virtual

Thrashing

- Desempenho da máquina
 - Começa a diminuir a partir de um determinado número de processos ativos
 - Característica dinâmica que depende:
 - Da arquitetura da máquina
 - Do tamanho da MP
 - Do número de processos ativos
 - Do tipo de processos que estão ativos (*io-bound*, *cpu-bound*)
- Taxa de utilização do processador cai exponencialmente quando em *thrashing*

