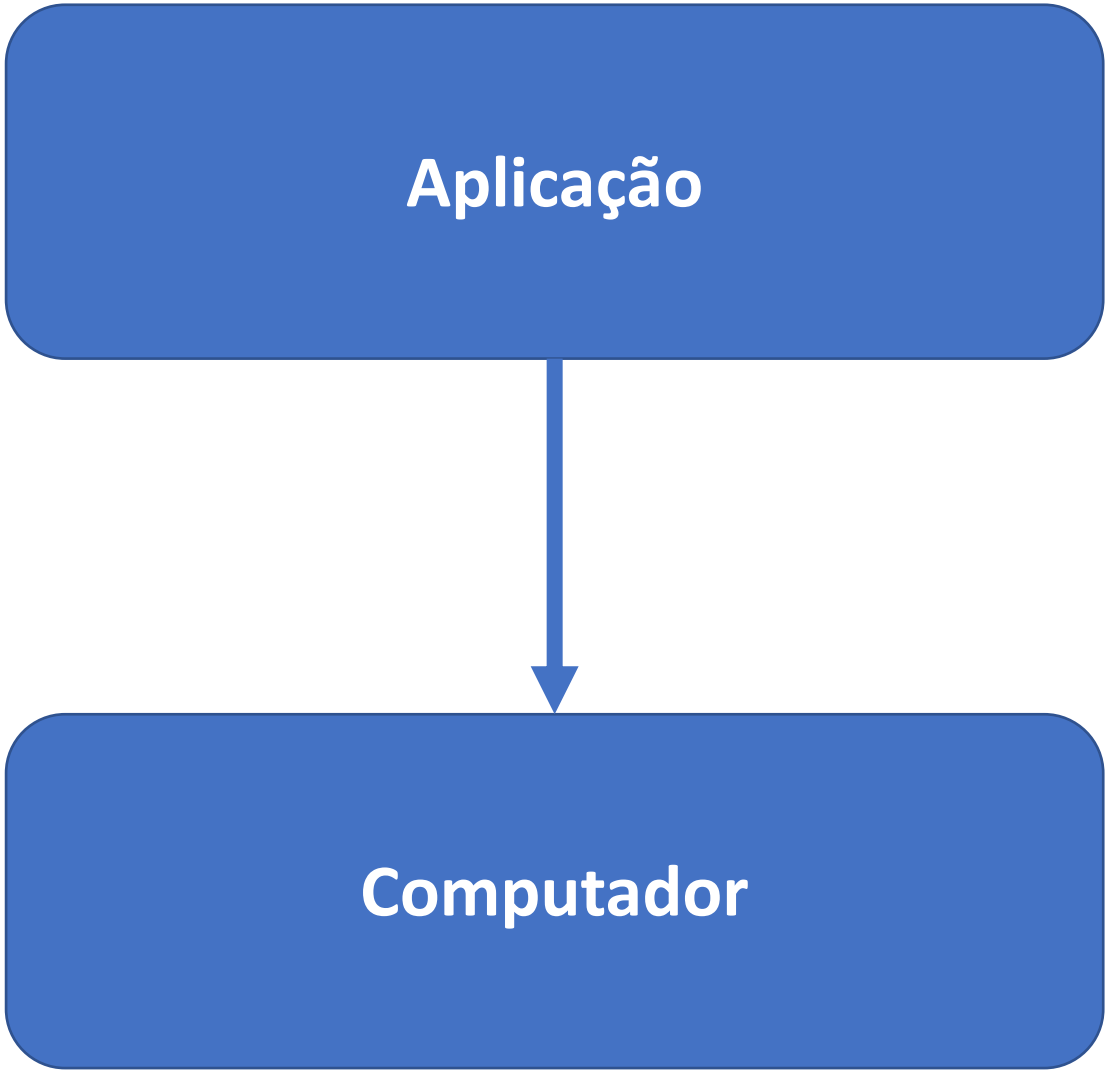
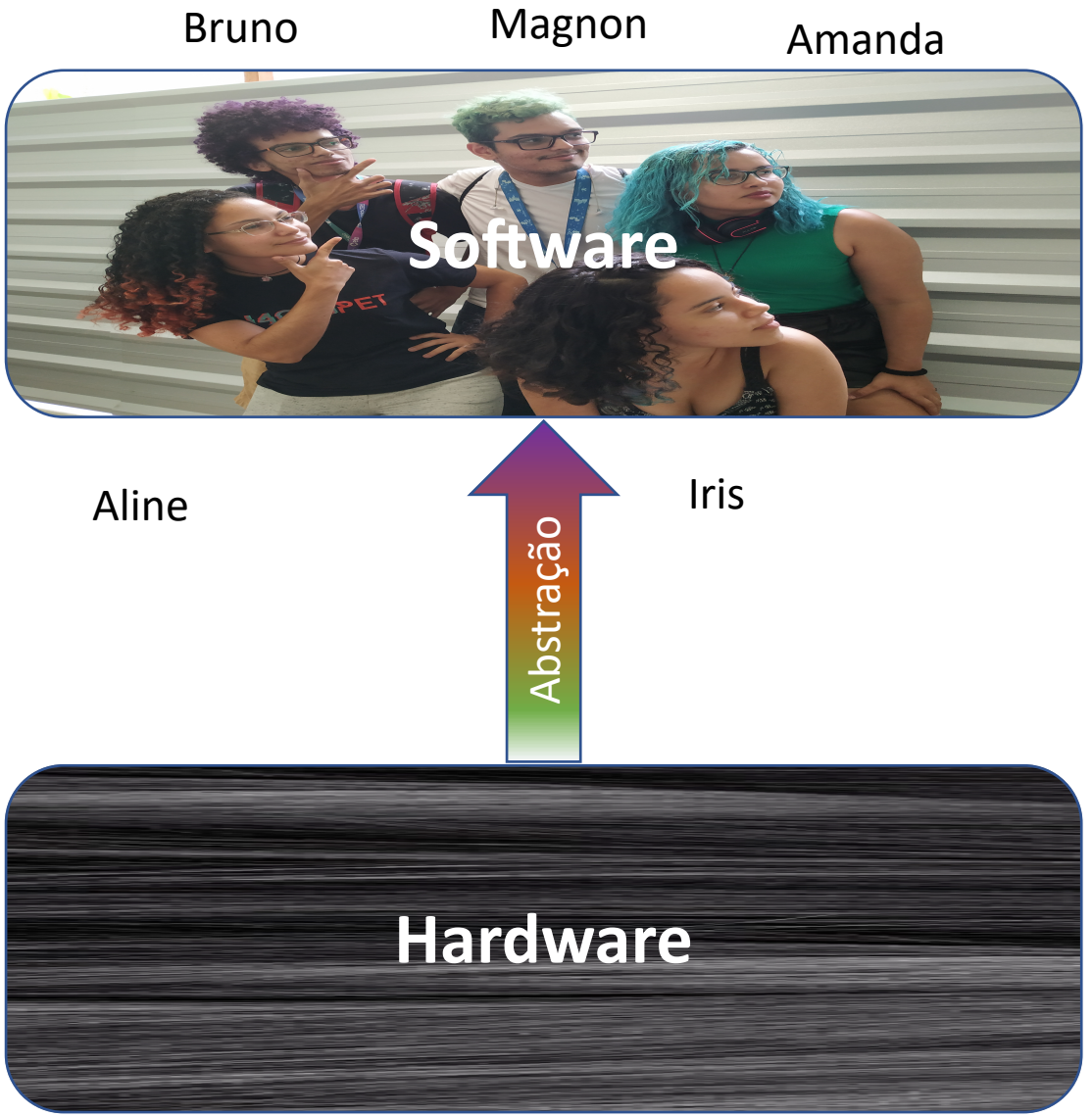
Introdução

A Máquina Abstrata

Visão simplificada da Computação





Mais bonito!
Mais agradável!
Mais fácil!

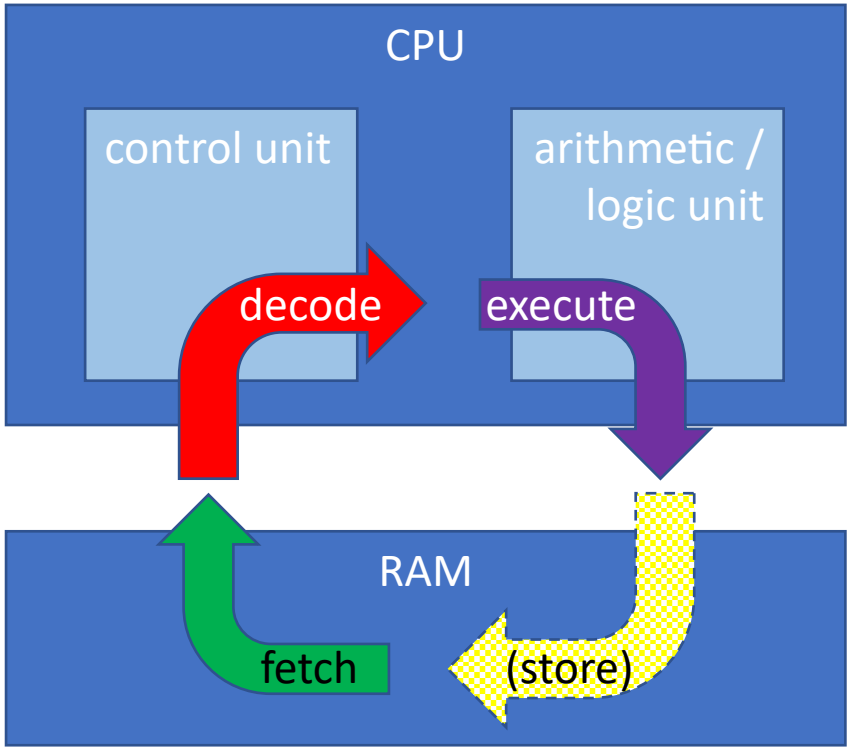
Mais “feio”!
Mais complexo!
Mais difícil!

O que acontece quando um programa executa?

Um programa em execução faz uma coisa **muito simples**: executa **instruções**!

Milhões/bilhões de vezes por segundo (MHz/GHz), o processador:

- Busca/captura (***fetch***) uma instrução da memória
- Decodifica-a (***decode***), ou seja, descobre que instrução é esta (de um conjunto de instruções)
- Executa-a (***execute***)



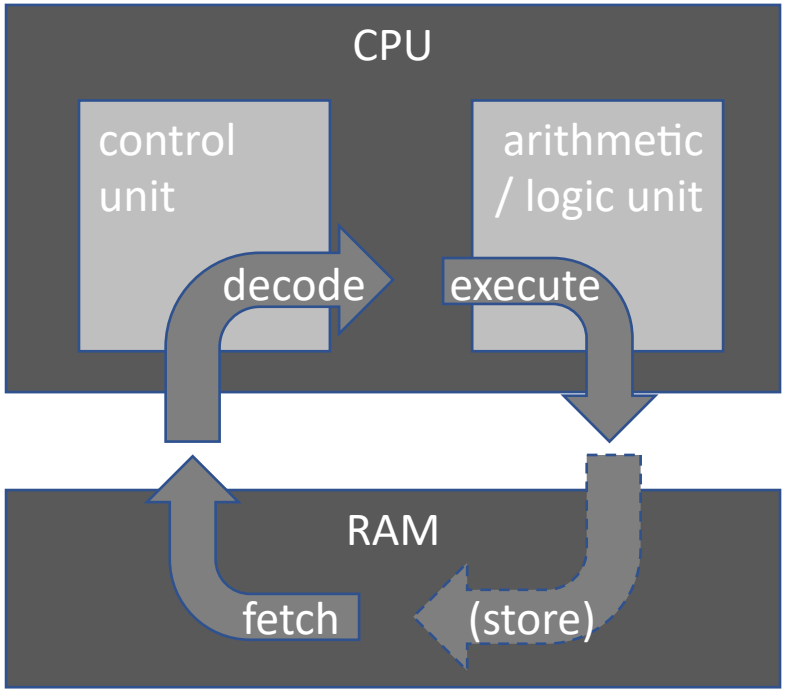
Isto descreve o básico do **modelo de computação** de ***Von Neumann***

O que acontece quando um programa executa?

Obs.: processadores modernos fazem coisas bizarras e assustadoras, *por baixo dos panos*, para fazer programas rodarem mais rápido! Executam múltiplas instruções de uma vez, entregam-nas fora de ordem etc. Mas vamos nos preocupar com o **modelo simples** que a maioria dos programas assumem: uma instrução por vez, entrega em ordem (sequencial).

Milhões/bilhões de vezes por segundo (MHz/GHz), o processador:

- Busca/captura (***fetch***) uma instrução da memória
- Decodifica-a (***decode***), ou seja, descobre que instrução é esta (de um conjunto de instruções)
- Executa-a (***execute***)



Isto descreve o básico do **modelo de computação** de ***Von Neumann***

Tornando tudo mais fácil

Há um **conjunto** de software responsável por

- Tornar fácil rodar programas (incl. vários ao mesmo tempo…) na CPU
- Fazer programas compartilharem memória
- Fazê-los interagir com dispositivos de Entrada/Saída (E/S)
- Etc….

Este conjunto de software é o **Sistema Operacional**

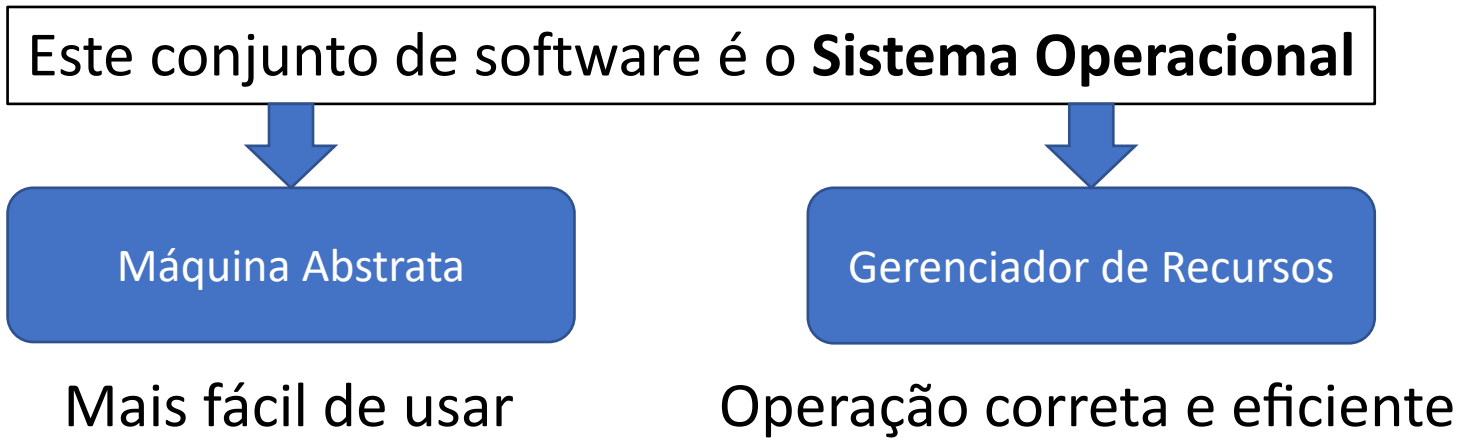
Máquina Abstrata

Mais fácil de usar

Tornando tudo mais fácil

Há um **conjunto** de software responsável por

- Tornar fácil rodar programas (incl. vários ao mesmo tempo…) na CPU
- Fazer programas compartilharem memória
- Fazê-los interagir com dispositivos de Entrada/Saída (E/S)
- Etc….



Virtualização

- SO transforma um **recurso físico** em uma **forma virtual** mais geral (não específica – ex. **SSD Samsung 860 EVO** → simplesmente **disco/SSD**) e fácil de usar
- Por isso, às vezes o SO é também chamado de **máquina virtual**

- O SO oferece **interfaces** (**APIs**) para aplicações
  - ***System Calls***
  - Biblioteca padrão

O X da questão: como virtualizar recursos?

- Por que? **Virtualização** faz o sistema ser **mais fácil** de usar

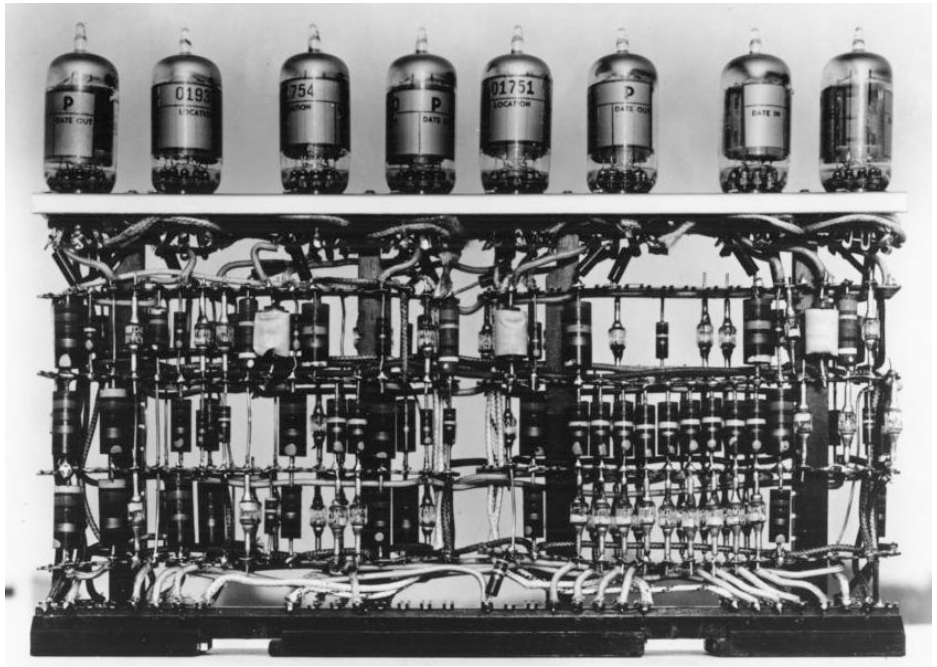
- Mas **como**?
  - Quais mecanismos e políticas são implementados pelo sistema operacional para obter virtualização?
  - Como o sistema operacional faz isso de forma eficiente?
  - Que suporte de hardware é necessário?

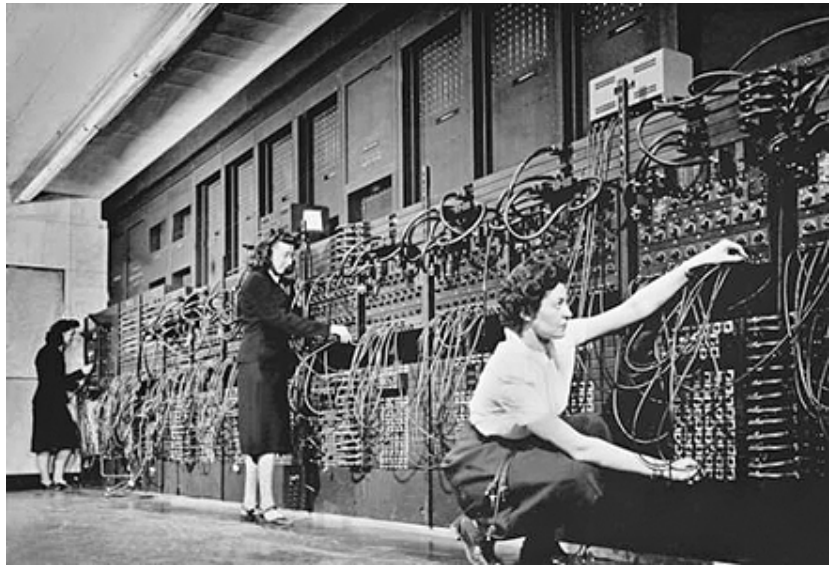
INTRODUÇÃO

Um pouco de HISTÓRIA

História dos Sistemas Operacionais

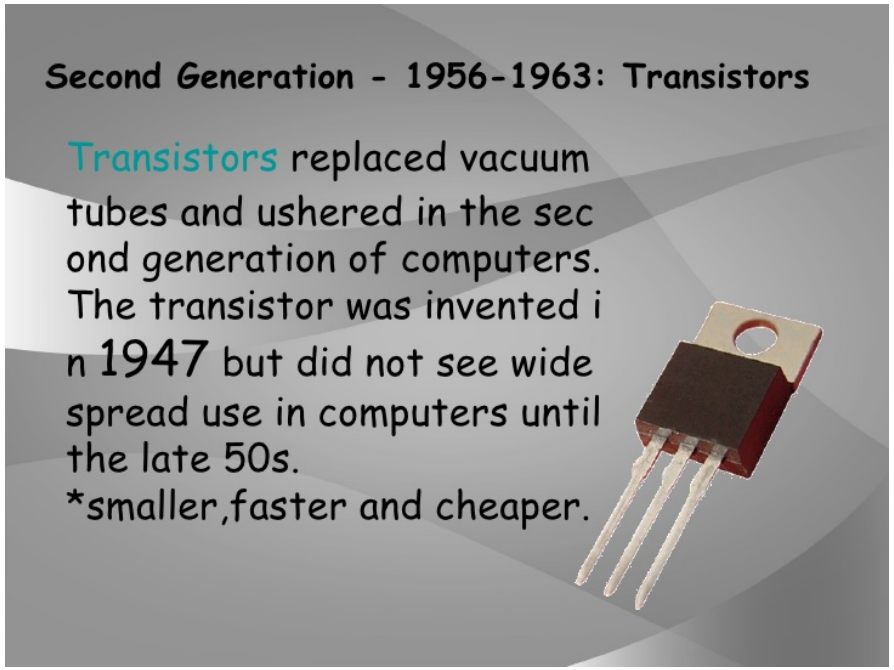
- Primeira geração: 1945 - 1955
  - Válvulas, painéis de programação





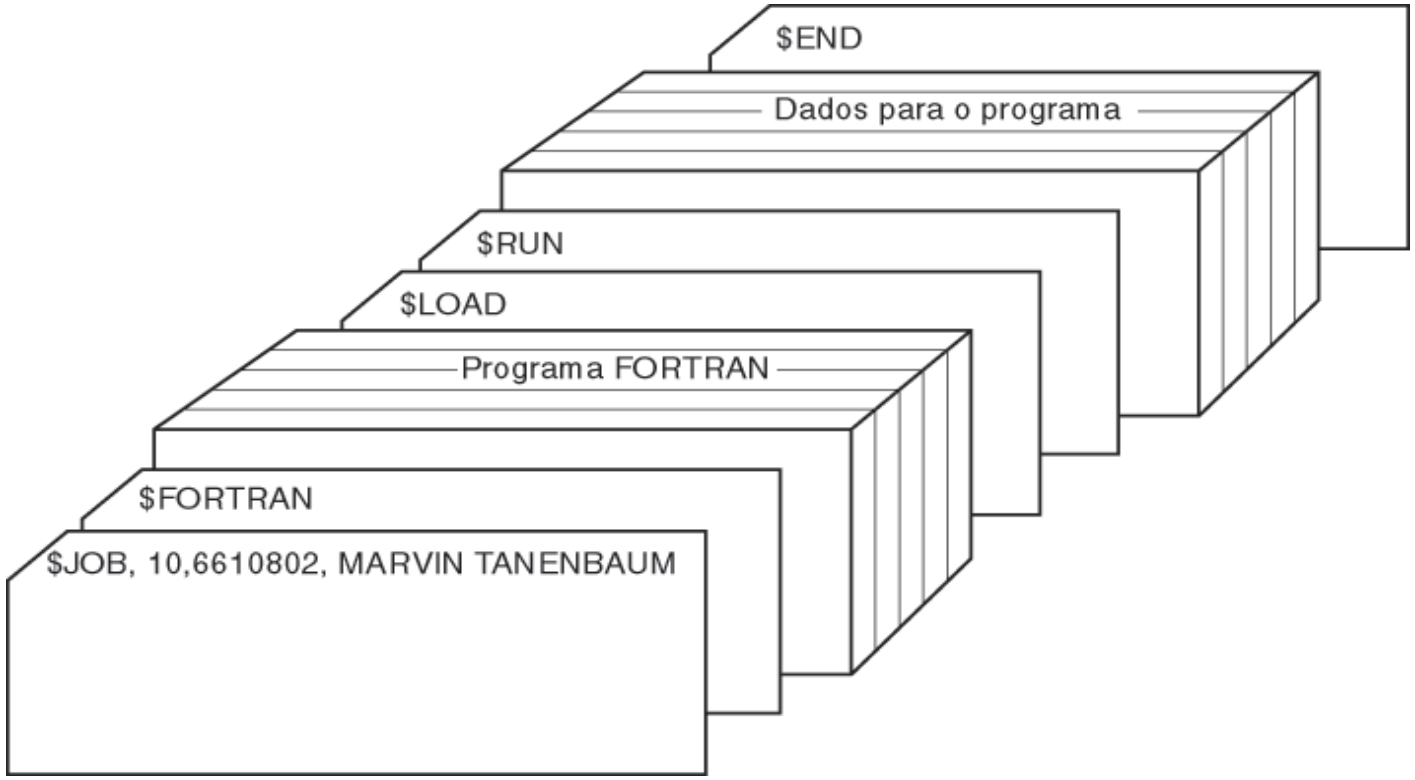
História dos Sistemas Operacionais

- Primeira geração: 1945 - 1955
  - Válvulas, painéis de programação
- Segunda geração: 1955 - 1965
  - transistores, sistemas em lote



Sistemas em lote

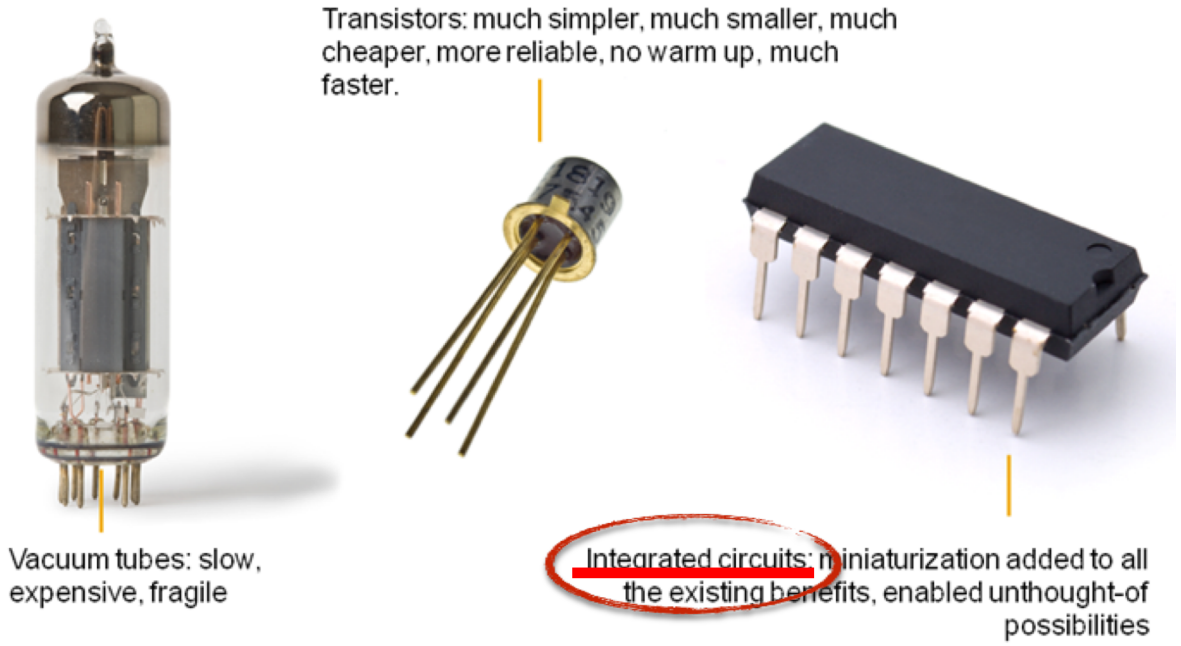
(não necessariamente executa no momento em que é submetido)



- Estrutura de um job típico (lote de cartões) – 2a. geração

História dos Sistemas Operacionais

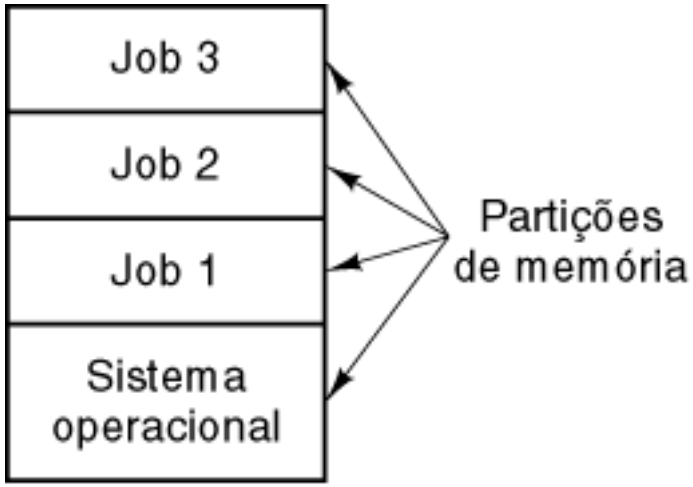
- Primeira geração: 1945 - 1955
  - Válvulas, painéis de programação
- Segunda geração: 1955 - 1965
  - transistores, sistemas em lote
- Terceira geração: 1965 – 1980
  - CIs (circuitos integrados) e multiprogramação



História dos Sistemas Operacionais

- Primeira geração: 1945 - 1955
  - Válvulas, painéis de programação
- Segunda geração: 1955 - 1965
  - transistores, sistemas em lote
- Terceira geração: 1965 – 1980
  - CIs (circuitos integrados) e multiprogramação

Multiprogramação



Três jobs na memória – 3a. geração

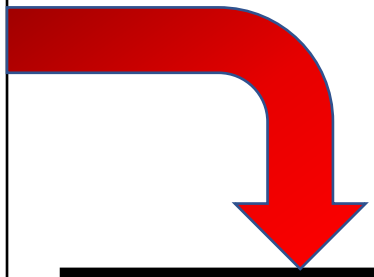
História dos Sistemas Operacionais

- Primeira geração: 1945 - 1955
  - Válvulas, painéis de programação
- Segunda geração: 1955 - 1965
  - transistores, sistemas em lote
- Terceira geração: 1965 – 1980
  - CIs (circuitos integrados) e multiprogramação
- Quarta geração: 1980 – presente
  - Computadores pessoais
- Hoje: onipresença – **computação ubíqua**

Introdução

Virtualizando a CPU

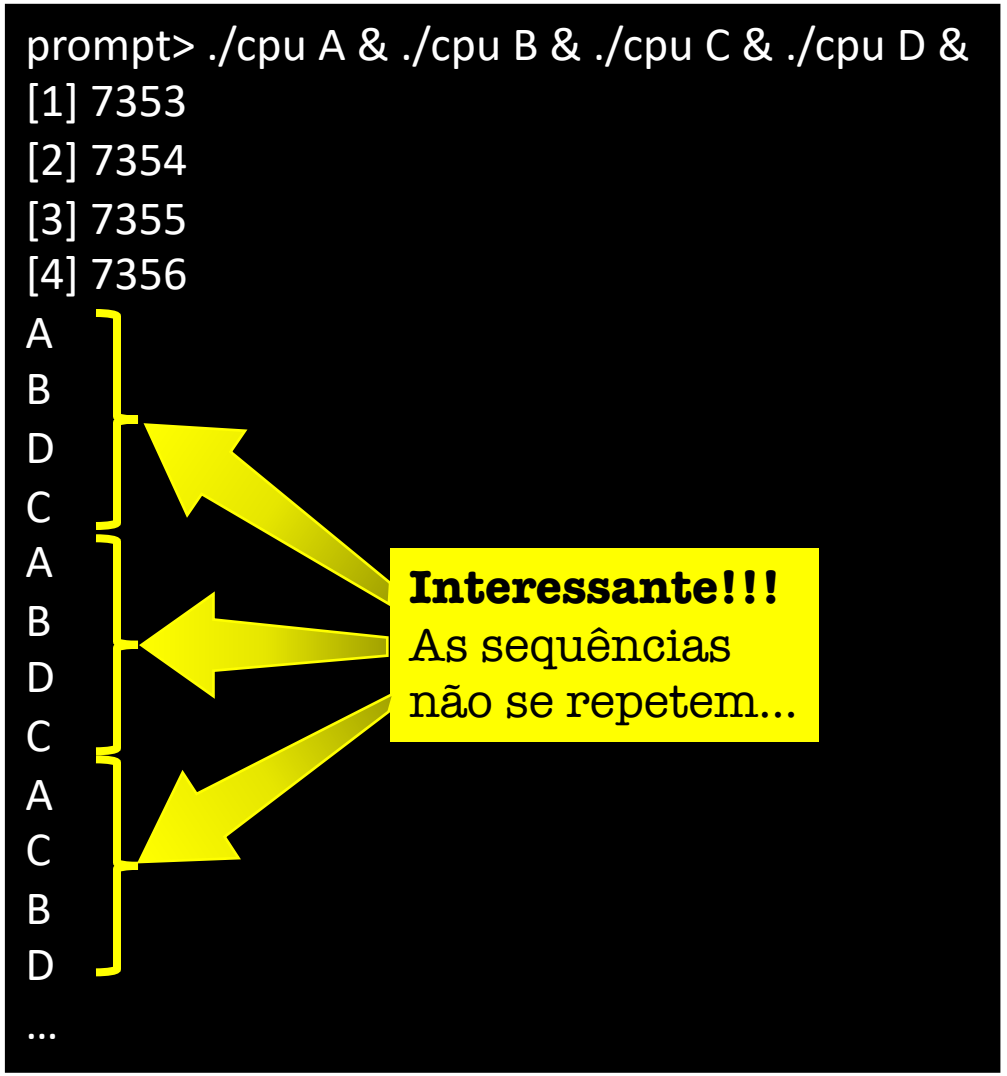
```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/time.h>
#include <assert.h>
#include "common.h"

int main(int argc, char *argv[])
{
    if (argc != 2) {
        fprintf(stderr, "usage: cpu <string>\n");
        exit(1);
    }
    char *str = argv[1];
    while (1) {
        Spin(1);
        // checa o tempo e retorna depois de rodar por 1 segundo
        printf("%s\n", str);
    }
    return 0;
}
```



```
prompt> gcc -o cpu cpu.c –Wall
prompt> ./cpu "A”
A
A
A
A
^C
prompt>
```

Compilando & Executando

Executando várias instâncias do mesmo programa



- Torna uma única CPU em um número "infinito" de **CPUs virtuais**
- O SO, com alguma ajuda do hardware (interrupções etc.), é o responsável por esta **ILUSÃO!!!**

Dois programas estão **prontos** para rodar; qual deve rodar primeiro?

SO: Gerenciador de Recursos

- **Políticas** (do SO) são usadas para responder perguntas como estas

  Definição [Wikipedia]:

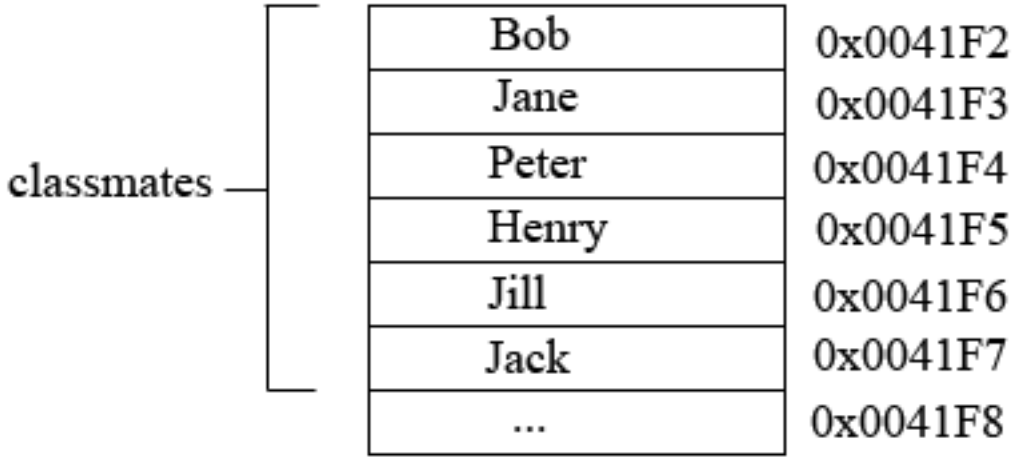
  - Uma política é um sistema de *princípios* para orientar decisões e alcançar resultados racionais
  - Uma política é implementada como um *procedimento* ou *protocolo*
- O SO implementa **mecanismos**, como a habilidade de executar múltiplos programas de uma vez
- Neste exemplo, quem decide é o **escalonador**

Introdução

Virtualizando Memória

Modelo Simples

- Um **vetor** (*array*) de bytes
- Para **ler** especifica um **endereço**
- Para **escrever** (ou atualizar) especifica um **endereço** e os **dados** a serem escritos no endereço dado

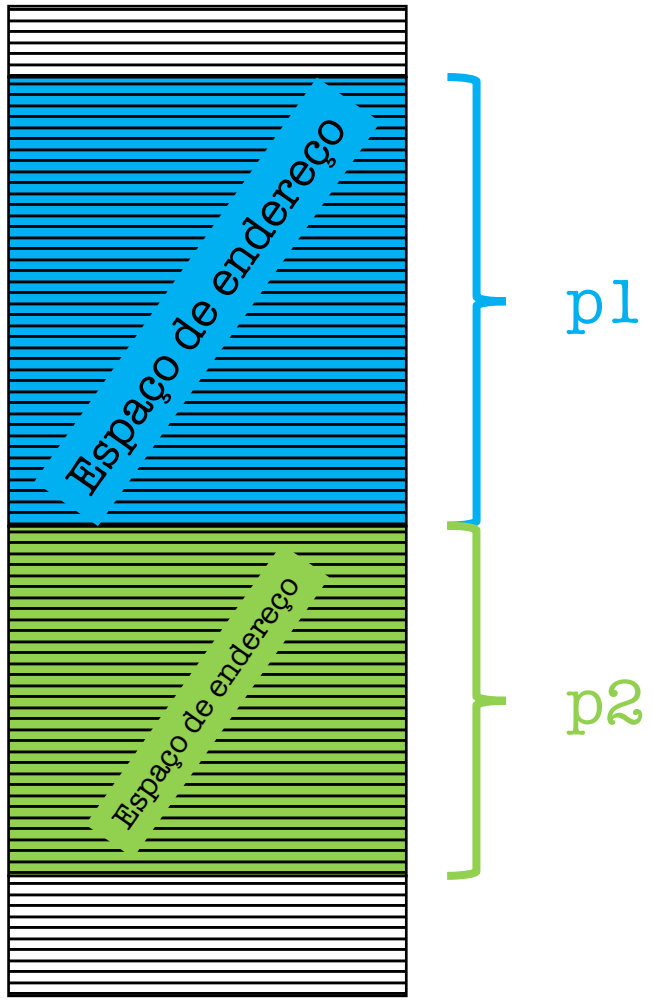


Dados e Instruções

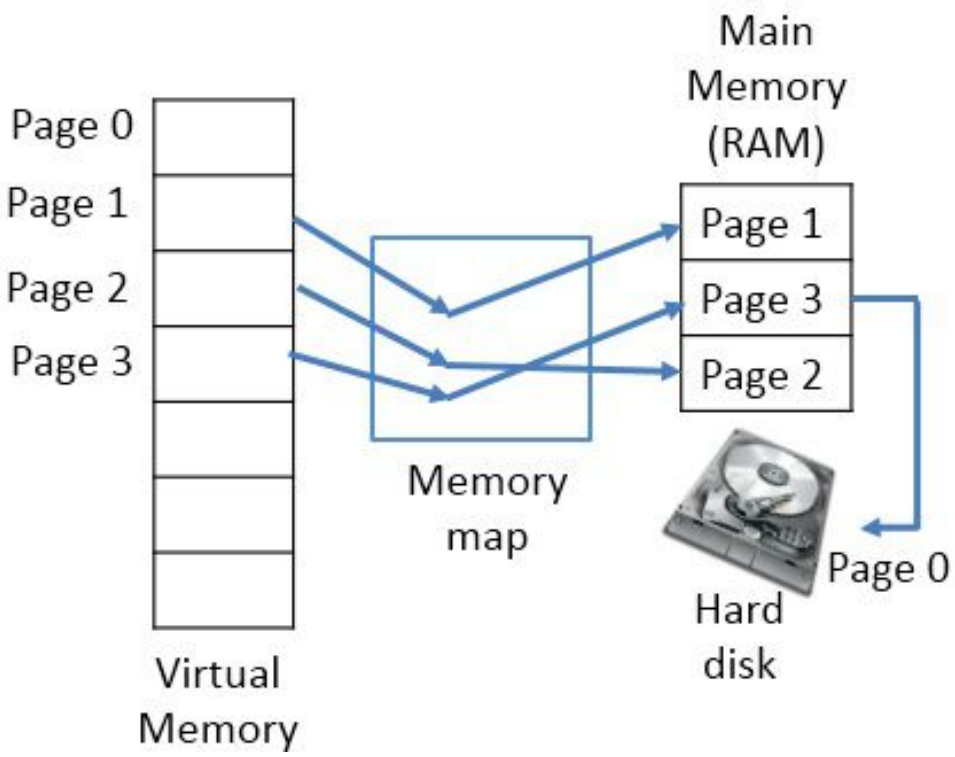
- Um programa mantém todas as suas **estruturas de dados** na memória
  - Acessa via **instruções**, como `load` e `store`
- As `instruções` do programa também são mantidas na memória

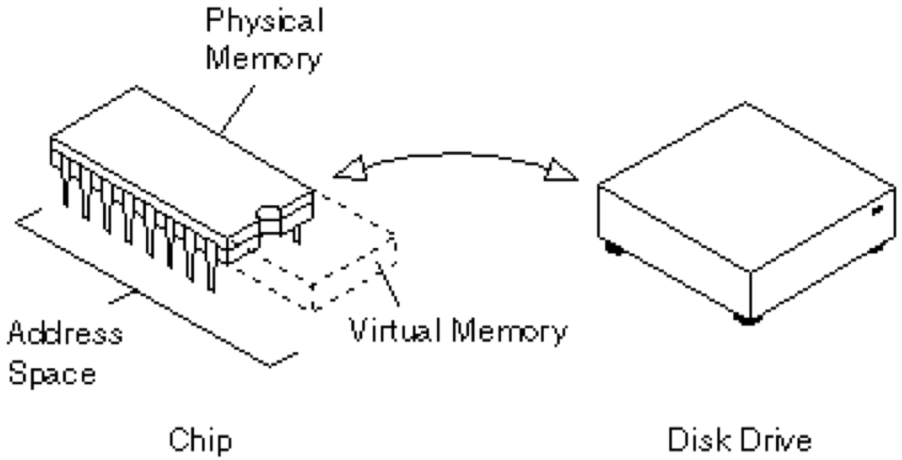
Virtualizando a memória

- Cada processo acessa seu próprio **espaço de endereço** [**virtual**], que
- O SO mapeia para a memória física da máquina e
- Gerencia este recurso compatilhado (memória física)



Não confundir com o conceito de Memória Virtual





ILUSÃO de que a memória é muito maior!

Memória virtual > Memória real (física)

Introdução

Concorrência

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "common.h"

volatile int counter = 0;
int loops;

void *worker(void *arg) {
    int i;
    for (i = 0; i < loops; i++) {
            counter = counter + 1;
    }
    return NULL;
}
```

(continua)

```c
int main(int argc, char *argv[]) {
    if (argc != 2) {
            fprintf(stderr, "usage: no_threads <loops>\n");
            exit(1);
    }
    loops = atoi(argv[1]);
    printf("Initial value : %d\n", counter);
    worker(NULL);
    worker(NULL);
    printf("Final value   : %d\n", counter);
    return 0;
}
```

Analise este programa: quais os valores **inicial** e **final?**

```
prompt> gcc -o no_threads no_threads.c -Wall
prompt> ./no_threads 1000
Initial value : 0
Final value : 2000
```

. . .

```
prompt> ./no_threads 100000
Initial value : 0
Final value : 200000
```

Initial = 0
Final = 2 x loops

(continua)

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "common.h"

volatile int counter = 0;
int loops;

void *worker(void *arg) {
    int i;
    for (i = 0; i < loops; i++) {
            counter = counter + 1;
    }
    pthread_exit(NULL);
}
```

```c
int main(int argc, char *argv[]) {
    if (argc != 2) {
            fprintf(stderr, "usage: threads <loops>\n");
            exit(1);
    }
    loops = atoi(argv[1]);
    pthread_t p1, p2;
    printf("Initial value : %d\n", counter);
    Pthread_create(&p1, NULL, worker, NULL);
    Pthread_create(&p2, NULL, worker, NULL);
    Pthread_join(p1, NULL);
    Pthread_join(p2, NULL);
    printf("Final value   : %d\n", counter);
    return 0;
}
```

Analise este programa: quais os valores **inicial** e **final?**

```
prompt> gcc -o threads threads.c –Wall -pthread
prompt> ./threads 1000
Initial value : 0
Final value : 2000
```

```
prompt> ./threads 100000
Initial value : 0
Final value : 113144
```

?

```
prompt> ./threads 100000
Initial value : 0
Final value : 109904
```

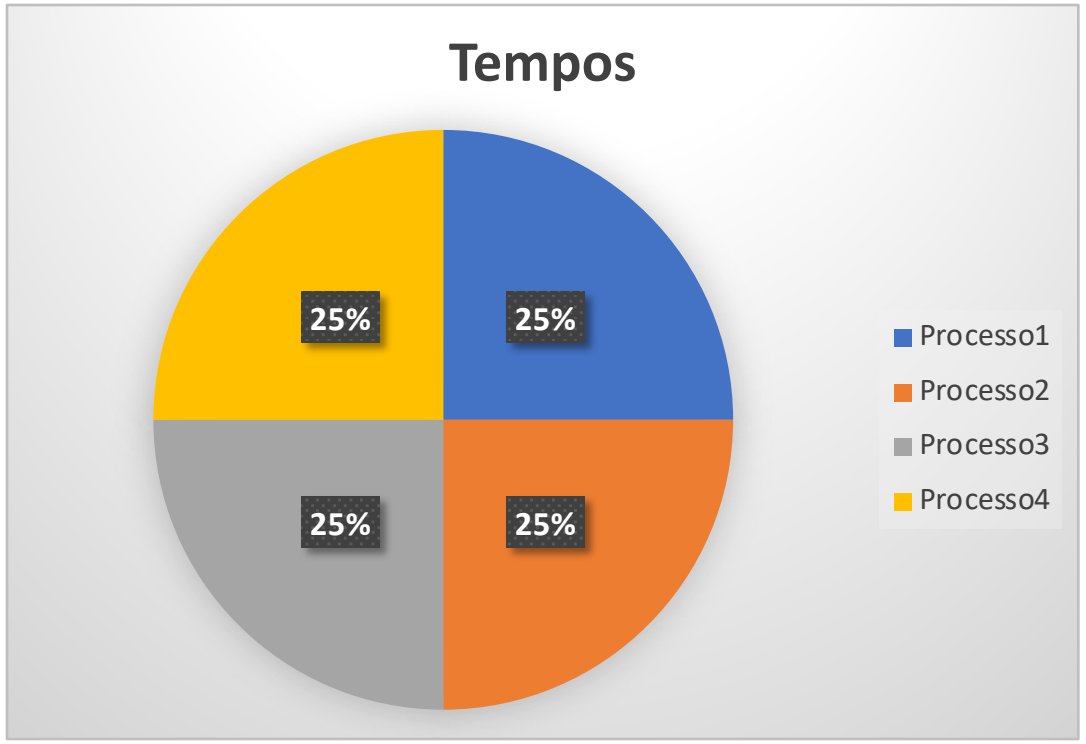
?

Explicação

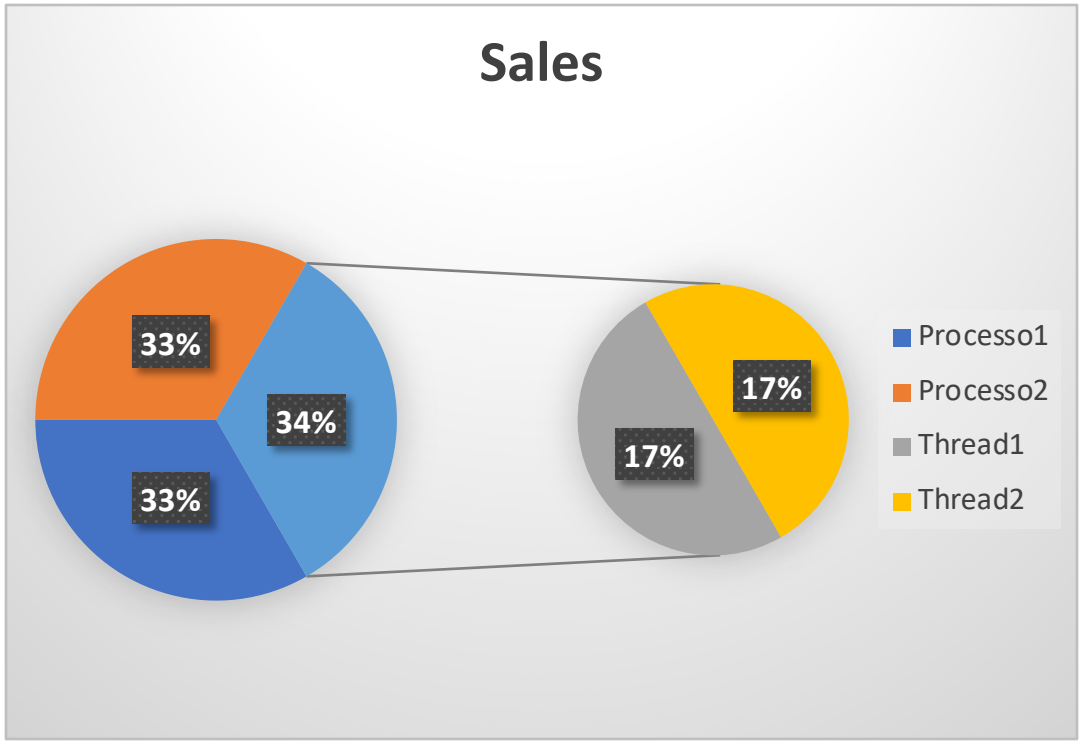
- `counter = counter + 1;`
- 3 **instruções** de máquina:
  - `LOAD …`
  - `ADD …`
  - `STORE …`
- que não executam **atomicamente**, ou seja, como se fossem indivisíveis (apenas uma instrução)
- A sequência pode ser **interrompida** a qualquer momento (em qualquer ponto)

Interrupções podem ocorrer

Entre processos



Entre *threads*



```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "common.h"

volatile int counter = 0;
int loops;

void *worker(void *arg) {
    int i;
    for (i = 0; i < loops; i++) {
        counter = counter + 1;
    }
    pthread_exit(NULL);
}
```

(continua)

```c
int main(int argc, char *argv[]) {
    if (argc != 2) {
        fprintf(stderr, "usage: threads <loops>\n");
        exit(1);
    }
    loops = atoi(argv[1]);
    pthread_t p1, p2;
    printf("Initial value : %d\n", counter);
    Pthread_create(&p1, NULL, worker, NULL);
    Pthread_create(&p2, NULL, worker, NULL);
    Pthread_join(p1, NULL);
    Pthread_join(p2, NULL);
    printf("Final value   : %d\n", counter);
    return 0;
}
```

Onde está o **problema?**

Por quê?

```
prompt> gcc -o threads threads.c –Wall -pthread
prompt> ./threads 1000
Initial value : 0
Final value : 2000
```

```
prompt> ./threads 100000
Initial value : 0
Final value : 113144
```

?

```
prompt> ./threads 100000
Initial value : 0
Final value : 109904
```

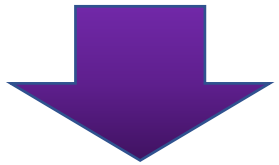
?

Paramos aqui...

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "common.h"

pthread_mutex_t m;
volatile int counter = 0;
int loops;

void *worker(void *arg) {
    int i;
    for (i = 0; i < loops; i++) {
        Pthread_mutex_lock(&m);
        counter = counter + 1;
        Pthread_mutex_unlock(&m);
    }
    pthread_exit(NULL);
}
```

(continua)

```c
int main(int argc, char *argv[]) {
    if (argc != 2) {
        fprintf(stderr, "usage: threads <loops>\n");
        exit(1);
    }
    loops = atoi(argv[1]);
    pthread_t p1, p2;
    printf("Initial value : %d\n", counter);
    Pthread_mutex_init(&m, NULL);
    Pthread_create(&p1, NULL, worker, NULL);
    Pthread_create(&p2, NULL, worker, NULL);
    Pthread_join(p1, NULL);
    Pthread_join(p2, NULL);
    printf("Final value   : %d\n", counter);
    return 0;
}
```



A Solução: Mutex

Introdução

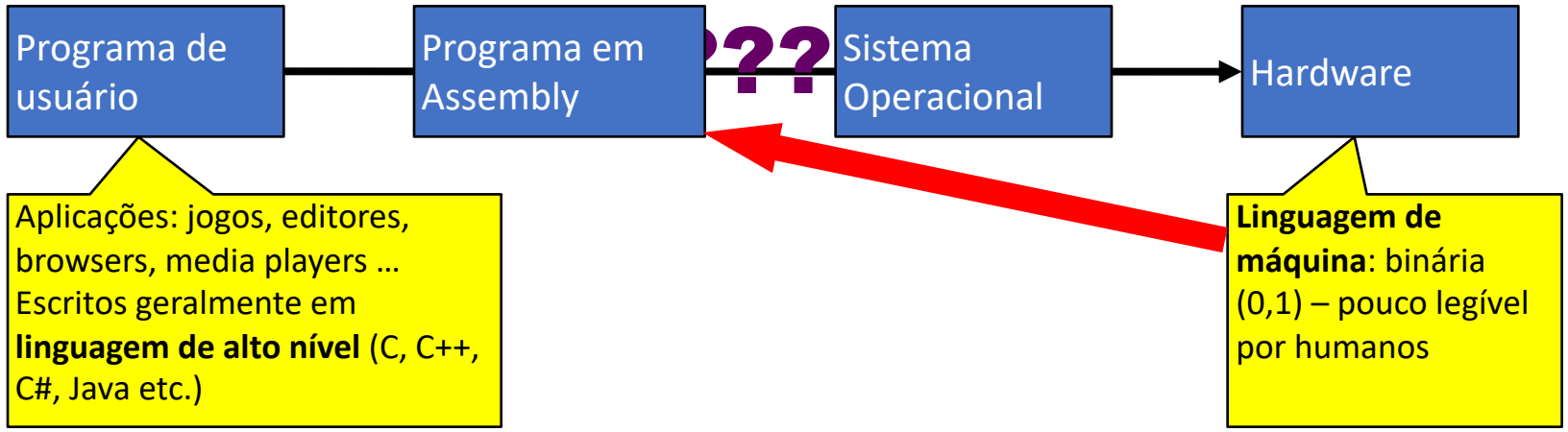
Persistência

Após CPU e Memória…

- É importante ter hardware e software que possam armazenar dados de forma **não-volátil**, **persistente**
- O hardware: **dispositivo de E/S**, como HD, SSD
- O software que gerencia o disco é o **Sistema de Arquivo**, uma forma confiável e eficiente de armazenar **arquivos – abstrações!!!**
  - Característica marcante: não apenas o recurso físico (disco) é **compartilhado**, mas também as informações armazenadas nos arquivos

Software Básico

[A. Raposo e M. Endler, PUC-Rio, 2008]

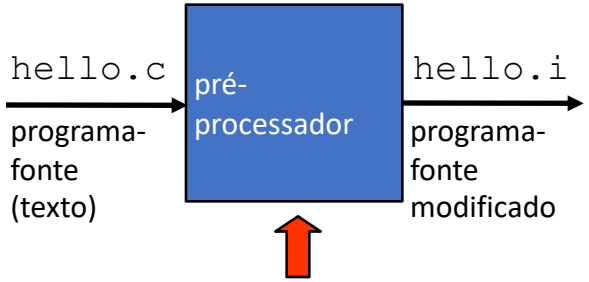


"Conhecendo mais sobre o que está 'por baixo' do programa, você pode escrever programas mais eficientes e confiáveis"

Gerando um arquivo executável

```
unix> gcc -o hello hello.c
```

```
1.  #include <stdio.h>
2.  int main()
3.  {
4.      printf("hello, world\n");
5.  }
```

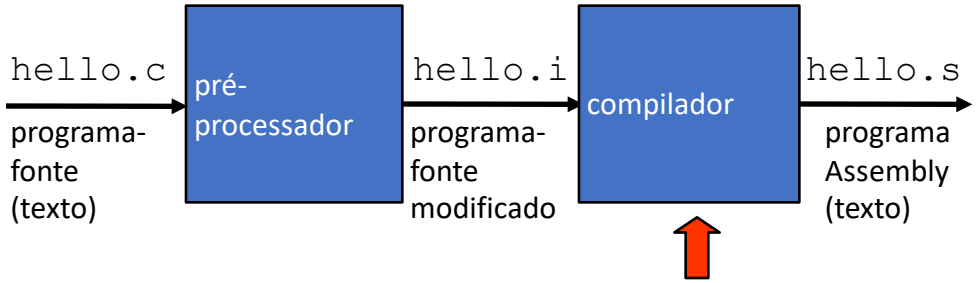


- Modifica o programa em C de acordo com diretivas começadas com #
  - Ex.: #include <stdio.h> diz ao pré-processador para ler o arquivo stdio.h e inseri-lo no programa fonte
- O resultado é um programa expandido em C, normalmente com extensão .i, em Unix

Gerando um arquivo executável

```
unix> gcc -o hello hello.c
```

```
1.  #include <stdio.h>
2.  int main()
3.  {
4.      printf("hello, world\n");
5.  }
```

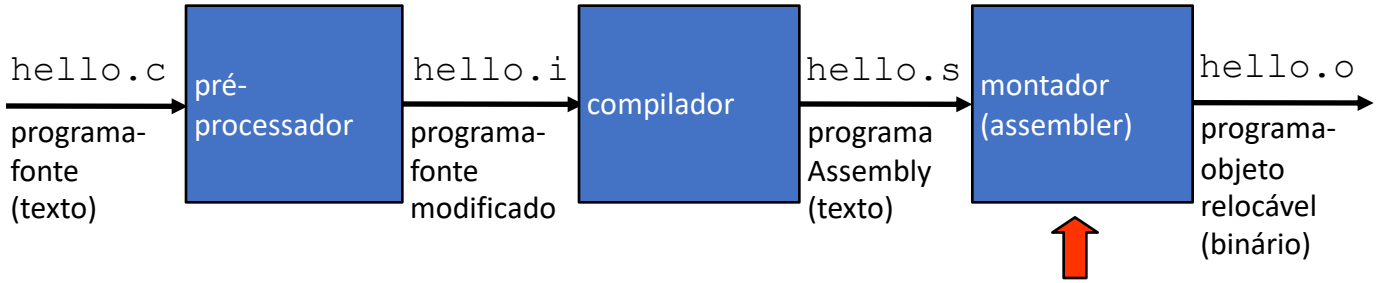


- Compilador traduz o programa .i em um programa em Assembly
  - É o formato de saída comum para os compiladores nas várias linguagens de programação de alto nível
    - i.e., programas em C, Java, Fortran, etc vão ser traduzidos para a mesma linguagem Assembly

Gerando um arquivo executável

```
unix> gcc -o hello hello.c
```

```
1.  #include <stdio.h>
2.  int main()
3.  {
4.      printf("hello, world\n");
5.  }
```

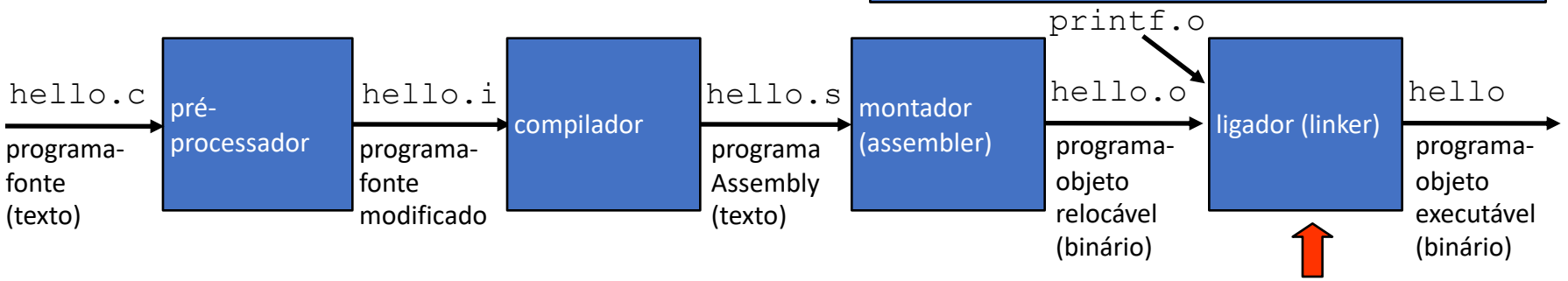


- Montador (Assembler) transforma o programa em Assembly em um programa binário em linguagem de máquina (chamado programa-objeto)
  - Os módulos de programas, compilados ou montados, são armazenados em um formato intermediário ("*Programa-Objeto Relocável*" – extensão .o)
- Endereços de acesso e a posição do programa na memória ficam indefinidos

Gerando um arquivo executável

```
unix> gcc -o hello hello.c
```

```
1.  #include <stdio.h>
2.  int main()
3.  {
4.      printf("hello, world\n");
5.  }
```



- O ligador (linker) gera o programa executável a partir do .o gerado pelo assembler
  - No entanto, pode haver funções-padrão da linguagem (ex., `printf`) que não estão definidas no programa, mas em outro arquivo .o pré-compilado (printf.o)
  - O ligador faz a junção dos programas-objeto (.o) necessários para gerar o executável

Analisando um programa que cria um arquivo (`/tmp/file`) que armazena a mensagem "hello world"

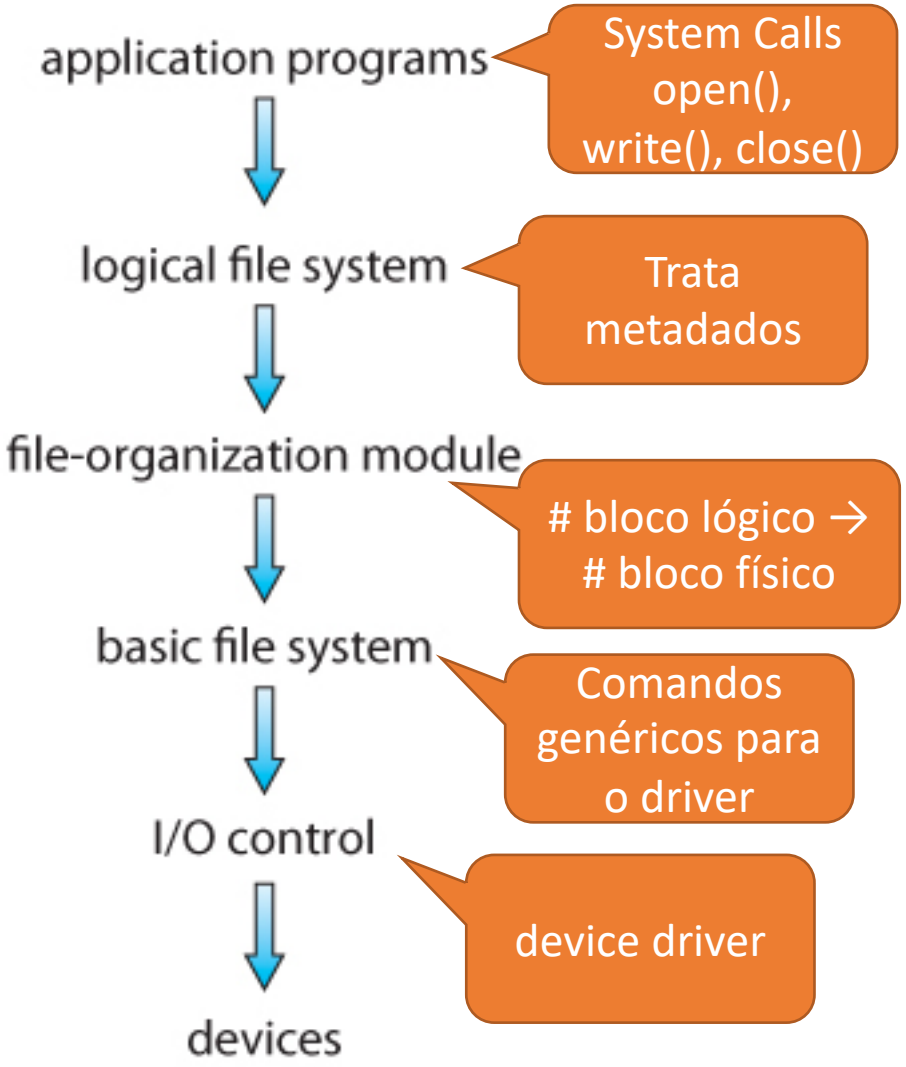
```
1  #include <stdio.h>
2  #include <unistd.h>
3  #include <assert.h>
4  #include <fcntl.h>
5  #include <sys/types.h>
6
7  int
8  main(int argc, char *argv[])
9{
10  int fd = open("/tmp/file", O_WRONLY | O_CREAT | O_TRUNC, S_IRWXU);
11  assert(fd > -1);
12  int rc = write(fd, "hello world\n", 13);
13  assert(rc == 13);
14  close(fd);
15  return 0;
16  }
```

Chamadas ao Sistema (*system calls*) são roteadas para o **sistema de arquivo**, que lida com os pedidos e retorna algum código (de erro) para o usuário

Por oferecer System Calls, o SO também é visto como uma **biblioteca padrão** (*standard library*)

O que o SO/Sistema de Arquivos faz para escrever o arquivo no disco?

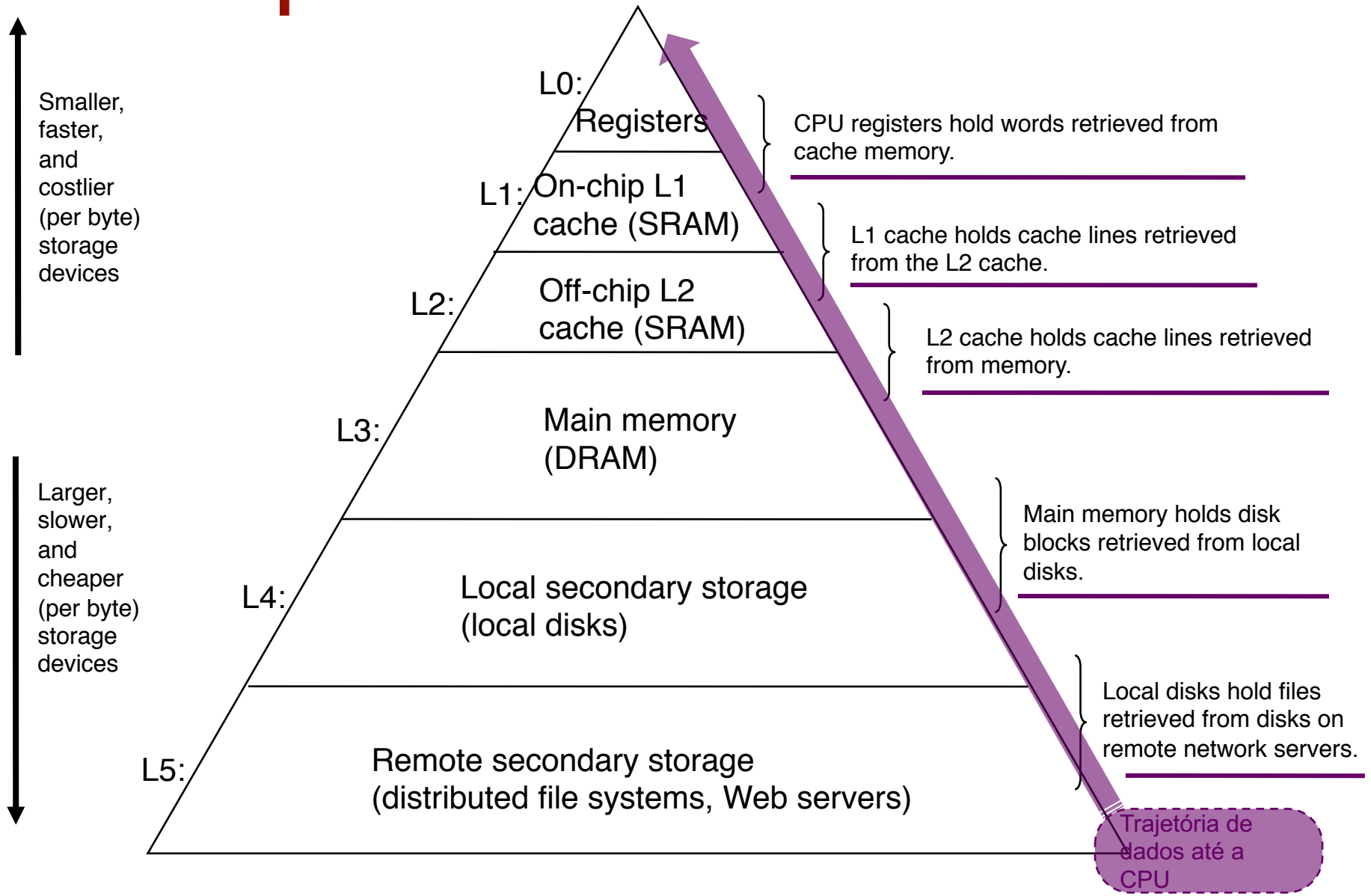
- Primeiro, é preciso descobrir onde no disco esses novos dados residirão – **alocação**
- Depois, emite solicitações de E/S para o dispositivo de armazenamento subjacente (disco), para ler estruturas existentes ou atualizá-las (gravar)



Algumas curiosidades

- Para melhor **desempenho**, a maioria dos sistemas de arquivos atrasam `writes`, deixando para fazê-los em lotes
- Para lidar com **falhas** (*crashes*) durante `writes`, os mesmos são ordenados para, se uma falha ocorrer durante a sequência de `writes`, o sistema pode se recuperar a partir de um estado anterior ordenado (o último estado correto)

Hierarquia de Memória

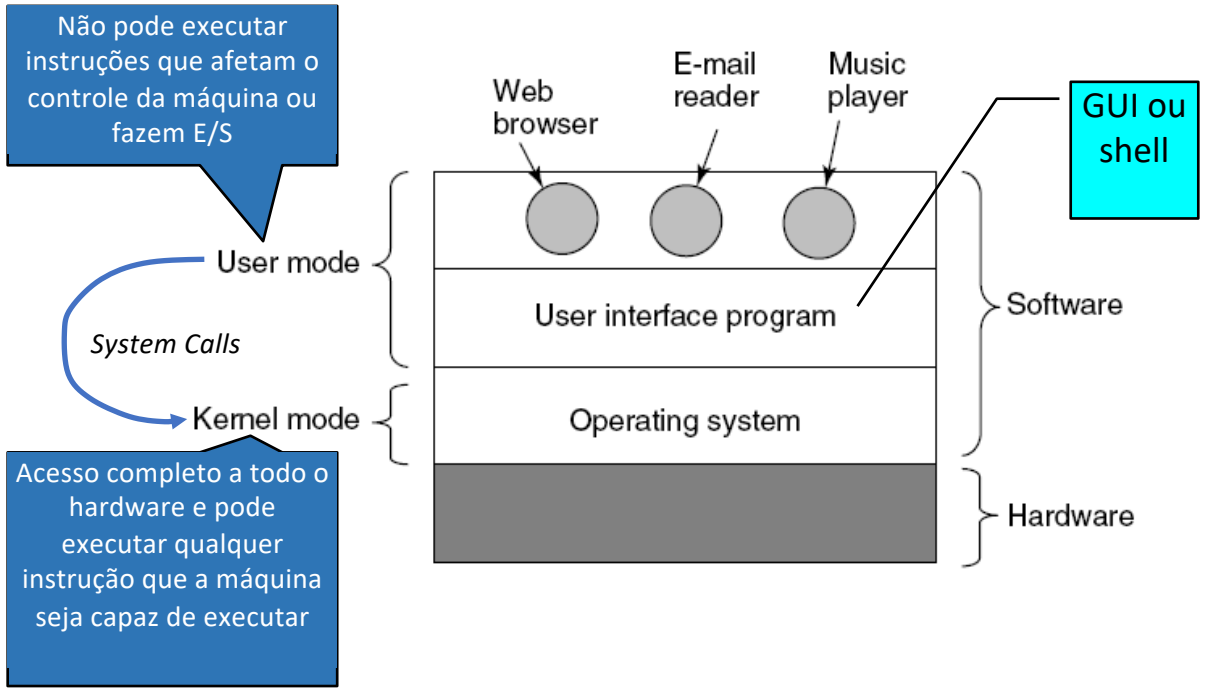


INTRODUÇÃO

Sistemas Operacionais

Modos de Operação

- Modo Usuário
- Modo Núcleo



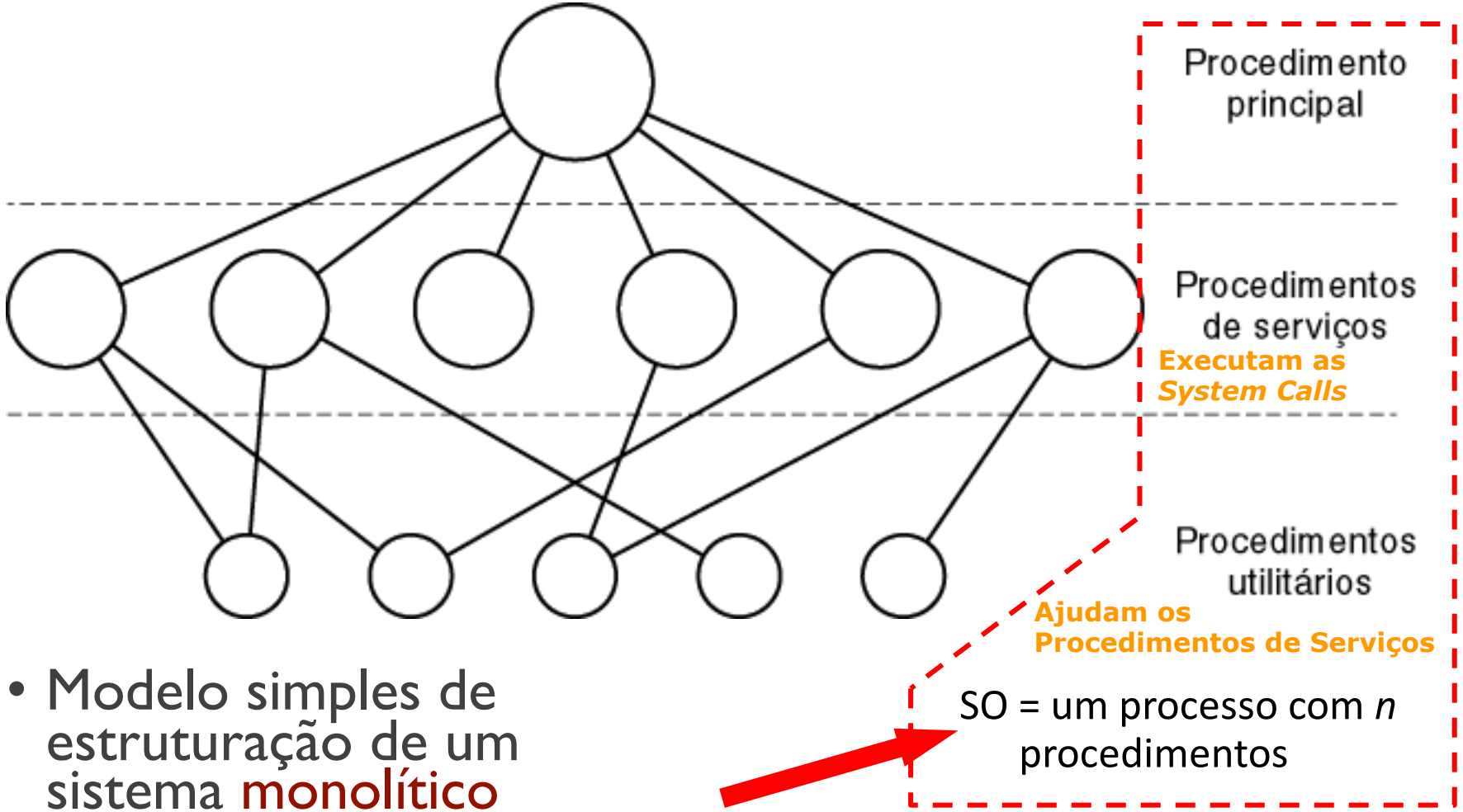
Diversidade

- Sistemas operacionais de computadores de grande porte (*mainframe*)
- Sistemas operacionais de servidores / redes
- Sistemas operacionais de multiprocessadores (paralelismo)
- Sistemas operacionais de computadores pessoais
- Sistemas operacionais de dispositivos portáteis/ móveis (ex. celulares)
- Sistemas operacionais de tempo-real
- Sistemas operacionais embarcados
- Sistemas operacionais de cartões inteligentes
- Sistemas operacionais de sensores

Estruturas

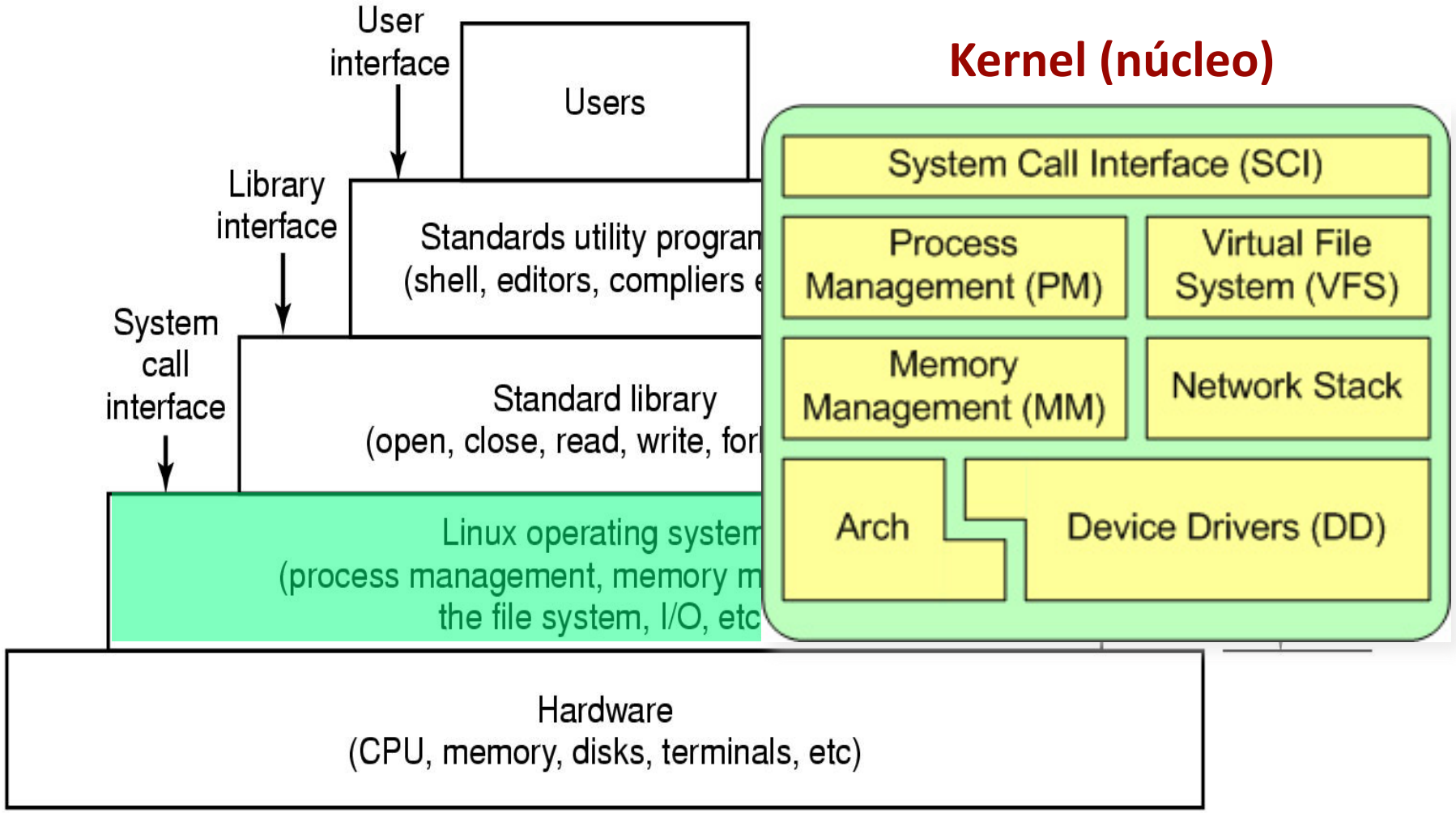
- Monolítica
- Em camadas
- Cliente-Servidor
- Virtualização

Estrutura: Sistema Monolítico

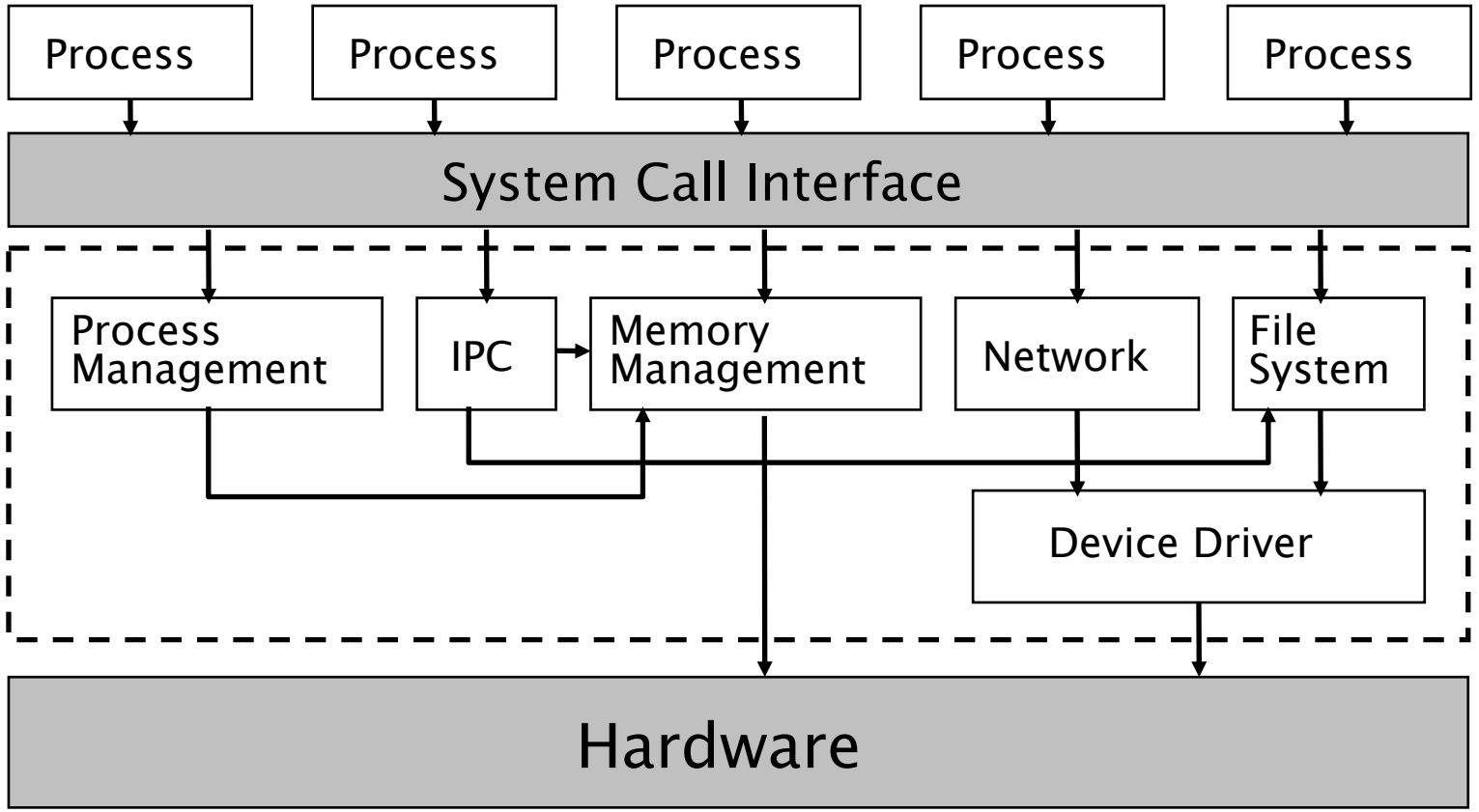


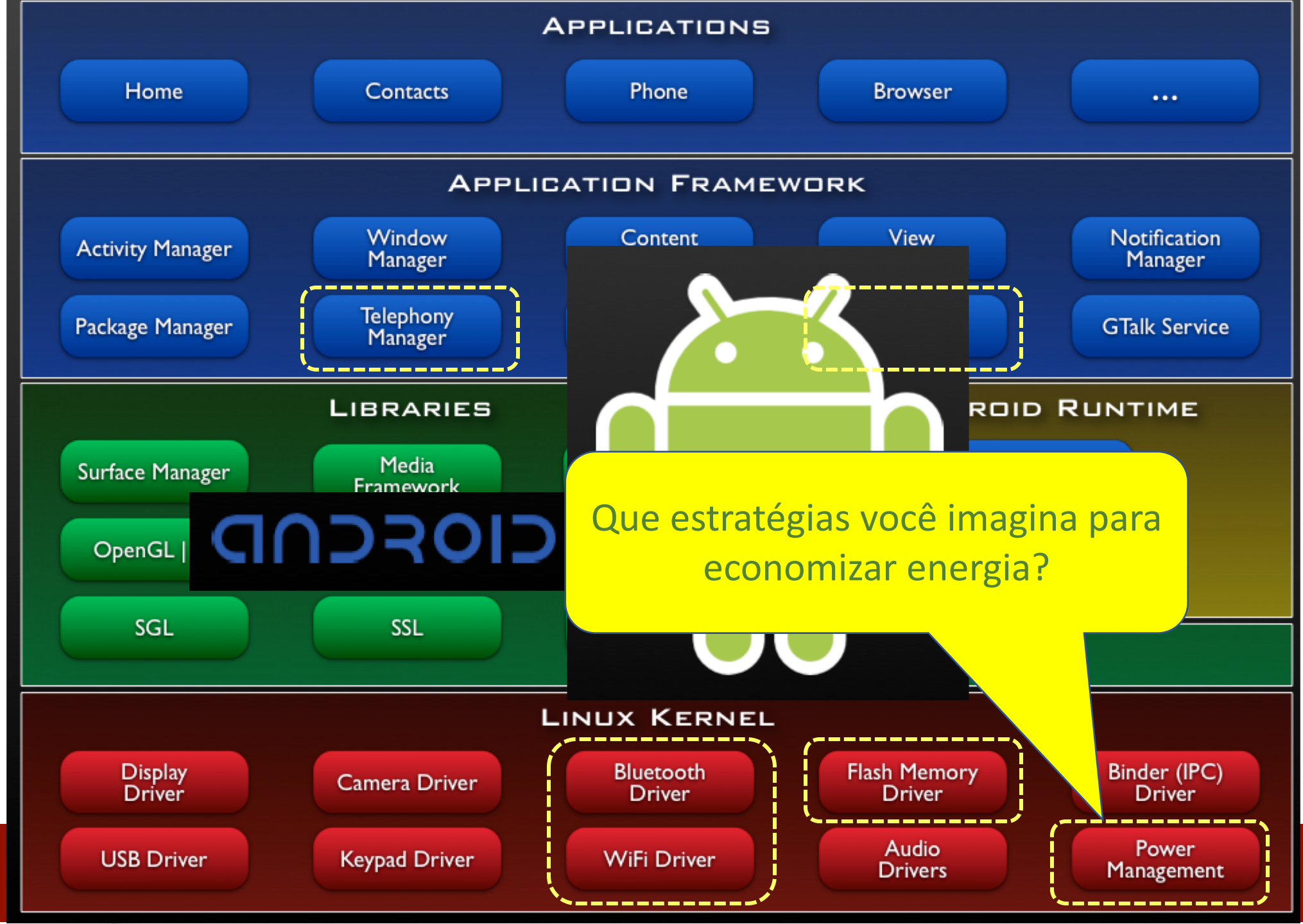
- Modelo simples de estruturação de um sistema monolítico

Camadas em Linux

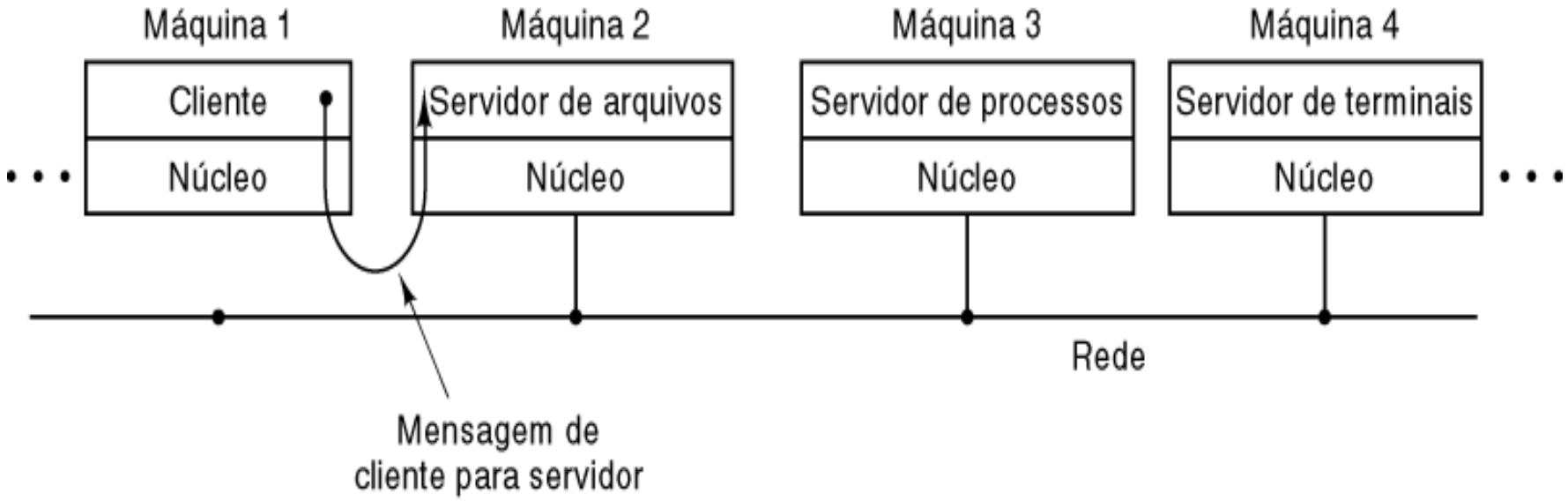


Linux Kernel: Relacionamentos



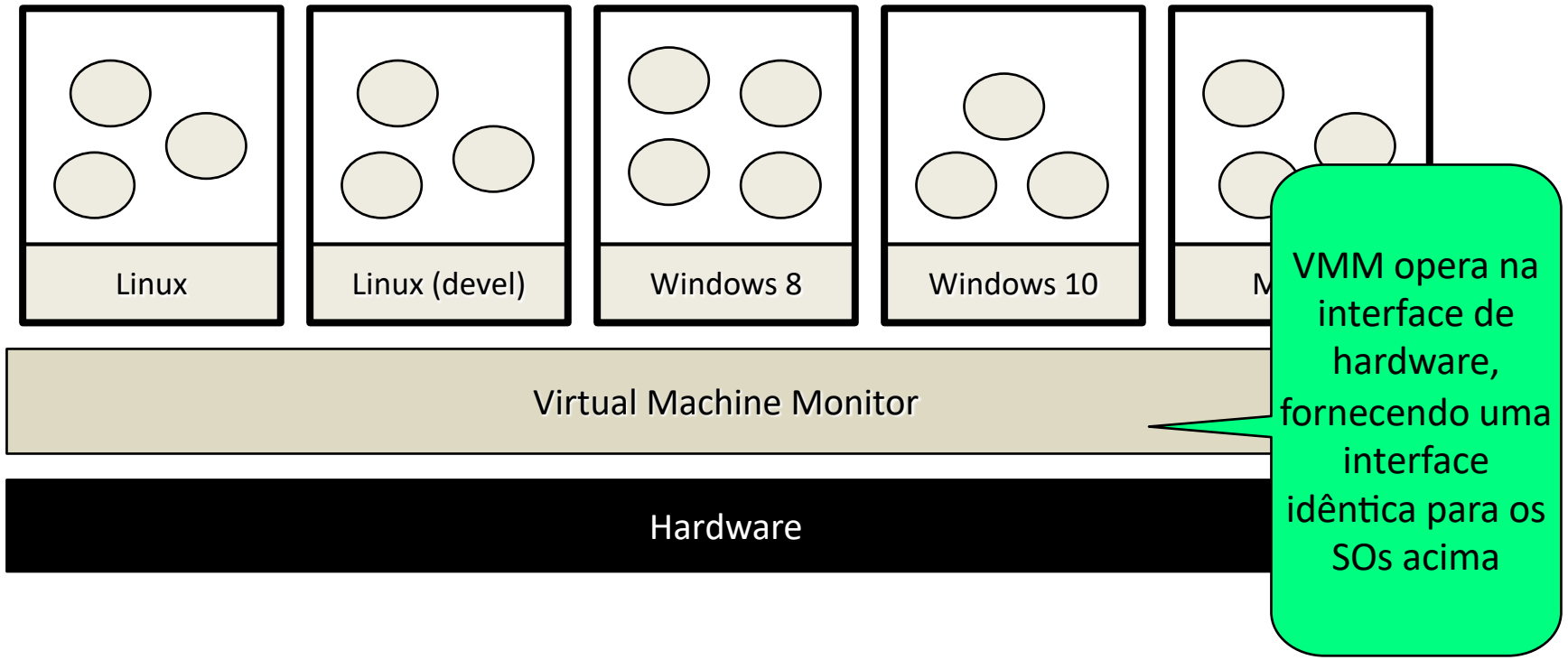

Applications
Home
Contacts
Phone
Browser
...
Application Framework
Activity Manager
Window Manager
Content
View
Notification Manager
Package Manager
Telephony Manager
GTalk Service
Libraries
roid Runtime
Surface Manager
Media Framework
OpenGL |
SGL
SSL
android
Que estratégias você imagina para economizar energia?
Linux Kernel
Display Driver
Camera Driver
Bluetooth Driver
Flash Memory Driver
Binder (IPC) Driver
USB Driver
Keypad Driver
WiFi Driver
Audio Drivers
Power Management

Estrutura de Sistemas Operacionais: Cliente-Servidor



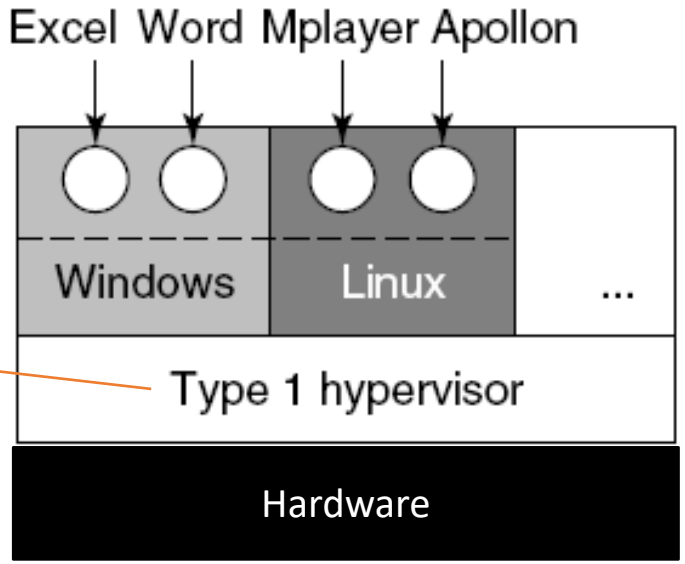
O modelo cliente-servidor em um sistema (**operacional**) distribuído

Estrutura de Sistemas Operacionais: Máquina Virtual (Virtualização)



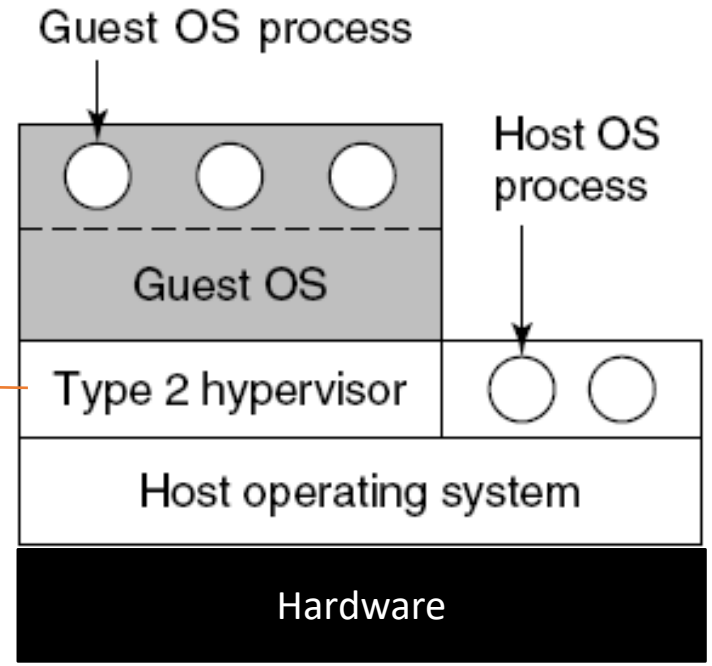
Virtual Machines: Tipos (Arquiteturas)

native, bare-metal hypervisor
Ex. Xen



Hipervisor Tipo 1

hosted hypervisor
Ex. VirtualBox



Hipervisor Tipo 2

SISTEMAS OPERACIONAIS

Objetivos de um projeto de SO

Alguns Objetivos

- Alto **desempenho**: minimização de sobrecargas (tempo e espaço)
  - Ex.: disco – leitura/escrita em bloco, mas qual o tamanho ideal do bloco?
- **Proteção** entre aplicações e entre o SO e aplicações: **isolamento** é um princípio chave
- **Segurança**
- **Confiabilidade**
- **Eficiência energética**
- **Mobilidade**

Características em destaque

- **Virtualização** de recursos físicos: "ilusões"
- **Concorrência**
- Armazenamento **persitente**
- **Gerência de recursos**: otimização de uso
- **Abstrações**: conveniência e facilidade de uso