

Photo by [iggii](#) on [Unsplash](#)

Programação concorrente e distribuída

Aula 1 - Conceitos básicos

Prof. João Robson

Plano de ensino

- Datas;
- Forma de avaliação;
- Bibliografia.

Ferramentas

- Estudo:
 - AVA (aulas/slides, links);
 - Biblioteca;
 - Google/IAs.
- Prática:
 - Inglês;
 - Java:
 - Curso da Universidade de Helsinki's
 - Curso da Baeldung
 - Git/GitHub;
 - IDE (Eclipse).

Motivação

- Como realizar uma tarefa mais rápido?
 - Realizar a tarefa numa velocidade maior;
 - Mudar a forma de realizar a tarefa (fazer de forma mais inteligente, mudar as ferramentas usadas, etc.);
 - Pedir ajuda para alguém.
- Exemplo: pintura de uma casa
 - Aumentar velocidade da passagem de tinta;
 - Utilizar um rolo ou spray no lugar de um pincel;
 - Chamar o cunhado para ajudar.

Motivação

- Como realizar uma tarefa **computacional** mais rápido?
 - Realizar a tarefa numa velocidade maior:
 - Utilizar uma CPU mais rápida (*clock* maior)
 - Mudar a forma de realizar a tarefa (fazer de forma mais inteligente, mudar as ferramentas usadas, etc.):
 - Mudar o algoritmo utilizado
 - Pedir ajuda para alguém:
 - **Processamento concorrente, paralelo ou distribuído**

Computação sequencial vs paralela



Programação sequencial

- Estratégia em que uma série de tarefas ou instruções são executadas de forma linear;
- **Cada instrução só é executada após o término da anterior.**



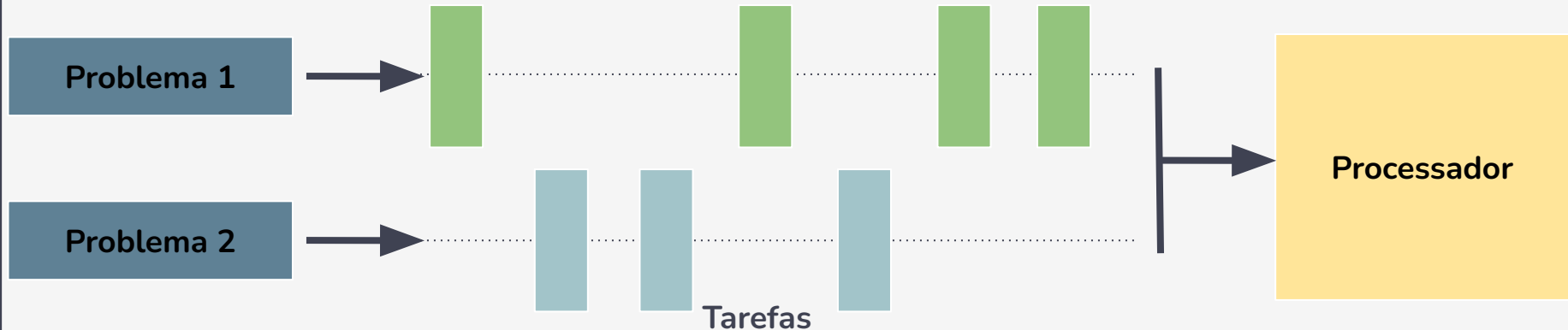
Programação sequencial

- Exemplo: cozinhar arroz
 - Tarefas:
 - Lavar o arroz (T1);
 - Picar cebola (T2);
 - Amassar o alho (T3);
 - Refogar alho e cebola no óleo (T4);
 - ...



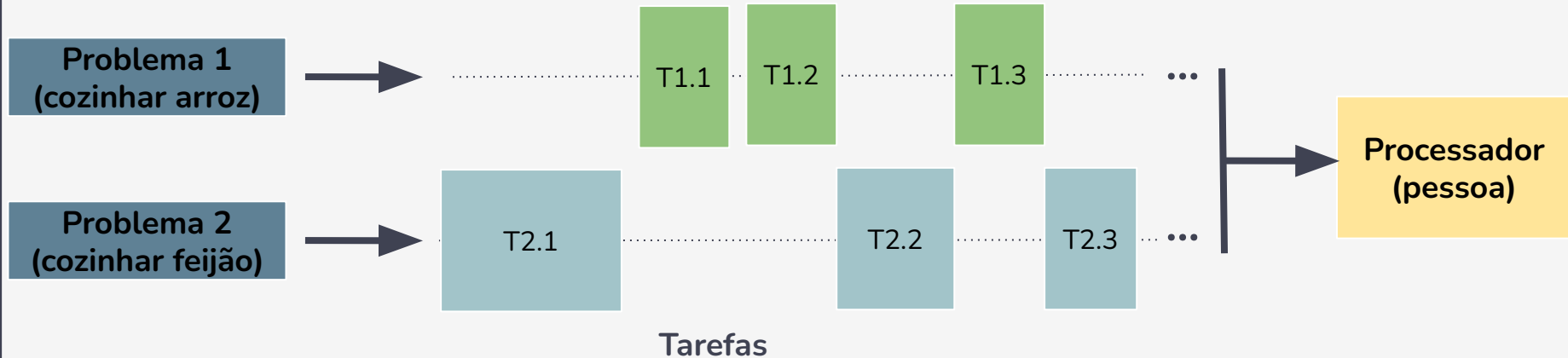
Programação concorrente

- Permite que dois ou mais problemas possam ser executados ou obtenham progresso **de forma aparentemente simultânea (“pseudoparalelismo”)**;
- Tarefas dentro de cada problema podem começar, serem executadas e concluídas em **períodos de tempo intercalados**;
- Tarefas não precisam ter uma ordem pré-definida, ou seja, **o resultado não é impactado pela ordem em que as instruções são executadas**.



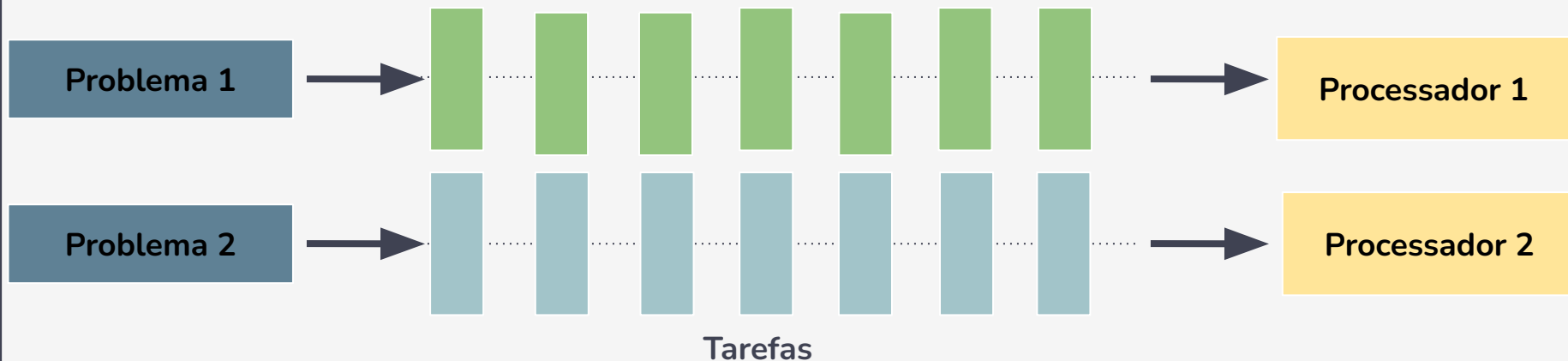
Programação concorrente

- Exemplo: cozinhar arroz (P1) + cozinhar feijão (P2)
 - P1 -> lavar o arroz (T1.1) + picar cebola (T1.2) + amassar o alho (T1.3) + refogar alho e cebola no óleo (T1.4) + ...
 - P2 -> deixar feijão de molho na água (T2.1) + cozinhar feijão na panela de pressão (T2.2) + refogar feijão (T2.3) + ...



Programação paralela

- Permite que dois ou mais problemas possam ser executados ou obtenham progresso **de forma simultânea**;
- Tarefas são executadas literalmente ao mesmo tempo;



Programação paralela

- Exemplo: cozinhar arroz (P1) + cozinhar feijão (P2)
 - P1 -> lavar o arroz (T1.1) + picar cebola (T1.2) + amassar o alho (T1.3) + refogar alho e cebola no óleo (T1.4) + ...
 - P2 -> deixar feijão de molho na água (T2.1) + cozinhar feijão na panela de pressão (T2.2) + refogar feijão (T2.3) + ...

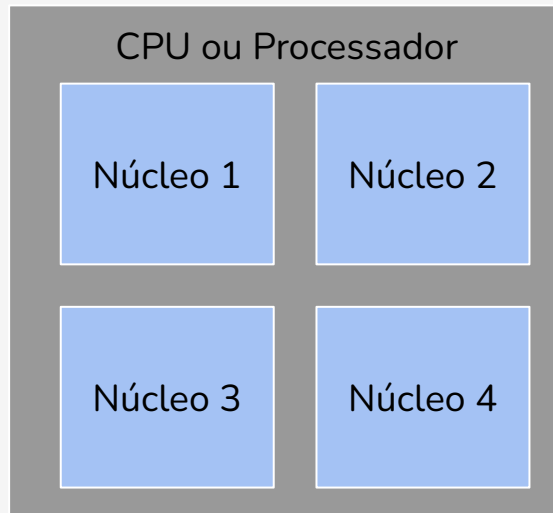


Noções de sistemas operacionais

- Para compreender paralelismo e concorrência é necessário entender como programas são executados pelo computador;
- A execução das tarefas e programas é controlada pelo sistema operacional e depende da arquitetura do computador também;
- Em geral, computadores executam processos (“programas”) em seus **processadores**.

CPU vs Processador vs Núcleos

- A **Unidade Central de Processamento (CPU, na sigla em inglês)** é o componente principal do computador, responsável por executar as instruções e processar dados;
- Muitas vezes, usa-se o termo **processador** para designar de forma genérica qualquer forma de CPU;
- Um **núcleo** é uma unidade de execução dentro de uma CPU capaz de executar **um único processo por vez**;



Processos

- Uma instância de um programa em execução por um computador é chamado de **processo**;
- Cada processo tem um número identificador (**PID**) e espaços de endereçamento independentes;
- O computador armazena uma tabela, acessada pelo PID, com informações sobre cada processo:
 - Contador de programa;
 - Ponteiro de pilha;
 - Alocação de memória;
 - Estado dos arquivos abertos;
 - Dados sobre **escalonamento**, permitindo reiniciar processo no futuro.

Processos - htop (Linux)

| 1 | [] | 19.7% | Tasks: 251, 957 thr, 121 kthr; 1 running | | | | | | | | |
|------|-----------|-------------|--|-------|------|------|---|------|------|----------|---|
| 2 | [] | 12.7% | Load average: 2.51 2.20 2.07 | | | | | | | | |
| 3 | [] | 17.4% | Uptime: 29 days, 12:23:02 | | | | | | | | |
| 4 | [] | 23.1% | | | | | | | | | |
| Mem | [] | 4.81G/7.68G | | | | | | | | | |
| Swp | [] | 3.88G/7.83G | | | | | | | | | |
| PID | USER | PRI | NI | VIRT | RES | SHR | S | CPU% | MEM% | TIME+ | Command |
| 2349 | www-data | 20 | 0 | 140M | 800 | 800 | S | 0.0 | 0.0 | 0:00.00 | nginx: worker process |
| 2350 | www-data | 20 | 0 | 140M | 800 | 800 | S | 0.0 | 0.0 | 0:00.00 | nginx: worker process |
| 2352 | www-data | 20 | 0 | 140M | 1284 | 1280 | S | 0.0 | 0.0 | 0:00.00 | nginx: worker process |
| 2403 | postgres | 20 | 0 | 314M | 2472 | 2208 | S | 0.0 | 0.0 | 0:52.91 | /usr/lib/postgresql/15/bin/postgres -D /var/lib/postgresql/15/main -c config_fi |
| 2404 | postgres | 20 | 0 | 313M | 2848 | 2616 | S | 0.0 | 0.0 | 0:51.56 | /usr/lib/postgresql/13/bin/postgres -D /var/lib/postgresql/13/main -c config_fi |
| 2405 | postgres | 20 | 0 | 314M | 2944 | 2684 | S | 0.0 | 0.0 | 0:52.93 | /usr/lib/postgresql/14/bin/postgres -D /var/lib/postgresql/14/main -c config_fi |
| 2441 | www-data | 20 | 0 | 19908 | 68 | 0 | S | 0.0 | 0.0 | 1:54.08 | /usr/bin/htcacheclean -d 120 -p /var/cache/apache2/mod_cache_disk -l 300M -n |
| 2479 | gdm | 20 | 0 | 77160 | 2880 | 2668 | S | 0.0 | 0.0 | 0:00.45 | /lib/systemd/systemd --user |
| 2497 | gdm | 20 | 0 | 253M | 96 | 0 | S | 0.0 | 0.0 | 0:00.00 | (sd-pam) |
| 2520 | mysql | 20 | 0 | 1386M | 856 | 244 | S | 0.7 | 0.0 | 47:12.59 | /usr/sbin/mysqld --daemonize --pid-file=/run/mysqld/mysqld.pid |
| 2525 | mysql | 20 | 0 | 1386M | 856 | 244 | S | 0.0 | 0.0 | 0:00.00 | /usr/sbin/mysqld --daemonize --pid-file=/run/mysqld/mysqld.pid |
| 2536 | joaorobso | 20 | 0 | 1.1T | 455M | 121M | S | 0.7 | 5.8 | 32:41.49 | /opt/brave.com/brave/brave --type=renderer --crashpad-handler-pid=4247 --enable |
| 2537 | joaorobso | 20 | 0 | 1.1T | 455M | 121M | S | 0.0 | 5.8 | 0:00.00 | /opt/brave.com/brave/brave --type=renderer --crashpad-handler-pid=4247 --enable |
| 2538 | joaorobso | 20 | 0 | 1.1T | 455M | 121M | S | 0.0 | 5.8 | 2:55.02 | /opt/brave.com/brave/brave --type=renderer --crashpad-handler-pid=4247 --enable |
| 2539 | joaorobso | 20 | 0 | 1.1T | 455M | 121M | S | 0.0 | 5.8 | 1:27.60 | /opt/brave.com/brave/brave --type=renderer --crashpad-handler-pid=4247 --enable |
| 2540 | root | 20 | 0 | 1179M | 4996 | 0 | S | 0.0 | 0.1 | 1:32.34 | /usr/bin/containerd |
| 2541 | root | 20 | 0 | 1179M | 4996 | 0 | S | 0.0 | 0.1 | 0:56.84 | /usr/bin/containerd |
| 2542 | root | 20 | 0 | 1179M | 4996 | 0 | S | 0.0 | 0.1 | 0:55.26 | /usr/bin/containerd |
| 2543 | root | 20 | 0 | 1179M | 4996 | 0 | S | 0.0 | 0.1 | 0:00.00 | /usr/bin/containerd |
| 2544 | root | 20 | 0 | 1179M | 4996 | 0 | S | 0.0 | 0.1 | 0:00.00 | /usr/bin/containerd |
| 2545 | joaorobso | 20 | 0 | 1.1T | 455M | 121M | S | 0.0 | 5.8 | 1:44.11 | /opt/brave.com/brave/brave --type=renderer --crashpad-handler-pid=4247 --enable |
| 2546 | joaorobso | 20 | 0 | 1.1T | 455M | 121M | S | 0.0 | 5.8 | 0:00.00 | /opt/brave.com/brave/brave --type=renderer --crashpad-handler-pid=4247 --enable |
| 2547 | joaorobso | 20 | 0 | 1.1T | 455M | 121M | S | 0.0 | 5.8 | 1:25.42 | /opt/brave.com/brave/brave --type=renderer --crashpad-handler-pid=4247 --enable |
| 2548 | joaorobso | 20 | 0 | 1.1T | 455M | 121M | S | 0.0 | 5.8 | 3:23.94 | /opt/brave.com/brave/brave --type=renderer --crashpad-handler-pid=4247 --enable |
| 2549 | joaorobso | 20 | 0 | 1.1T | 455M | 121M | S | 0.0 | 5.8 | 0:00.00 | /opt/brave.com/brave/brave --type=renderer --crashpad-handler-pid=4247 --enable |
| 2550 | joaorobso | 20 | 0 | 1.1T | 455M | 121M | S | 0.0 | 5.8 | 0:00.78 | /opt/brave.com/brave/brave --type=renderer --crashpad-handler-pid=4247 --enable |
| 2558 | postgres | 20 | 0 | 315M | 1320 | 1160 | S | 0.0 | 0.0 | 0:00.59 | postgres: 15/main: checkpointer |
| 2559 | postgres | 20 | 0 | 315M | 744 | 576 | S | 0.0 | 0.0 | 0:24.70 | postgres: 15/main: background writer |
| 2563 | mysql | 20 | 0 | 1386M | 856 | 244 | S | 0.0 | 0.0 | 3:30.86 | /usr/sbin/mysqld --daemonize --pid-file=/run/mysqld/mysqld.pid |
| 2564 | mysql | 20 | 0 | 1386M | 856 | 244 | S | 0.0 | 0.0 | 3:29.25 | /usr/sbin/mysqld --daemonize --pid-file=/run/mysqld/mysqld.pid |

Processos - Gerenciador de tarefas (Win.)

Gerenciador de Tarefas

🔍 Digite um nome, editor ou PID para pesquisar

Processos

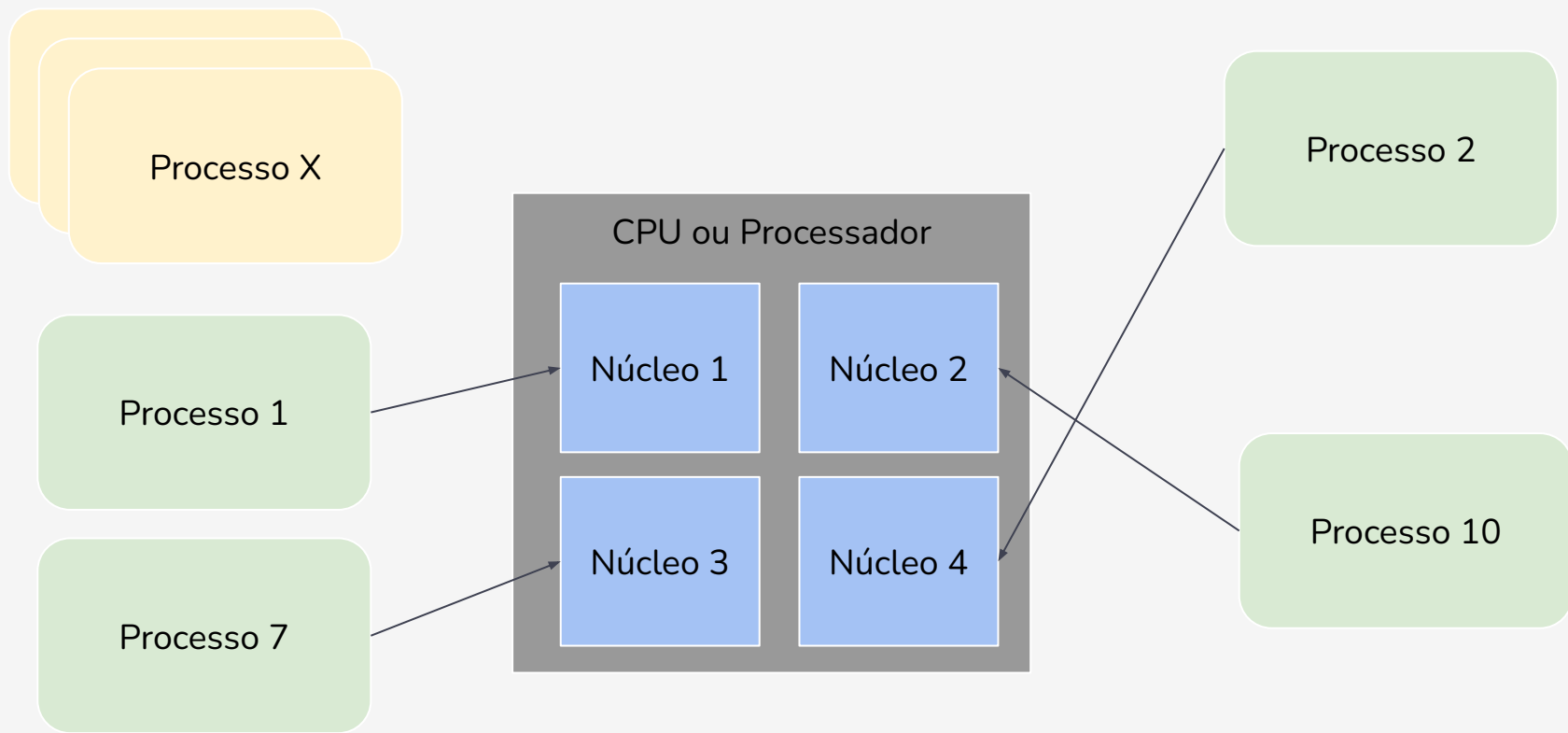
| Nome | Status | 71% CPU | 91% Memória | 14% Disco | 0% Rede |
|---|--------|------------|----------------|--------------|------------|
| > Google Chrome (17) | | 0,8% | 757,4 MB | 0,1 MB/s | 0,1 Mbps |
| > Antimalware Service Executable | | 12,6% | 141,5 MB | 15,2 MB/s | 0 Mbps |
| Windows Explorer | | 0,3% | 79,5 MB | 0,6 MB/s | 0 Mbps |
| > Gerenciador de Tarefas | | 8,1% | 57,2 MB | 0,1 MB/s | 0 Mbps |
| > Microsoft Office Click-to-Run (SxS) | | 0% | 32,0 MB | 0 MB/s | 0 Mbps |
| > Host de Serviço: Sistema Local | | 1,7% | 29,7 MB | 0 MB/s | 0 Mbps |
| > Microsoft Office Click-to-Run (SxS) | | 0% | 29,7 MB | 0 MB/s | 0 Mbps |
| Gerenciador de Janelas da Área de Trabalho | | 0,9% | 29,4 MB | 0,1 MB/s | 0 Mbps |
| > Captura de Tela | | 4,3% | 25,9 MB | 0,6 MB/s | 0 Mbps |
| Secure System | | 0% | 20,4 MB | 0 MB/s | 0 Mbps |
| > Intel(R) System Usage Report | | 0% | 17,8 MB | 0,1 MB/s | 0 Mbps |
| Registry | | 0% | 14,0 MB | 0 MB/s | 0 Mbps |
| > Intel(R) System Usage Report | | 0% | 13,3 MB | 0 MB/s | 0 Mbps |
| > Host de Serviço: Serviço Local (Restrito à Rede) | | 0,9% | 13,1 MB | 0,2 MB/s | 0 Mbps |
| > whatsapp | | 0% | 12,3 MB | 0 MB/s | 0 Mbps |
| > appmodel | | 1,2% | 11,1 MB | 0,1 MB/s | 0 Mbps |
| > Iniciar (2) | | 0% | 10,5 MB | 0 MB/s | 0 Mbps |
| > Host de Serviço: Inicializador de Processo de Servidor DCOM | | 0% | 9,2 MB | 0,1 MB/s | 0 Mbps |
| > Host de Serviço: Serviço Local | | 0% | 9,2 MB | 0 MB/s | 0 Mbps |

Processos

- Uma instância de um programa em execução é chamado de **processo**;
- Cada processo tem um identificador (**PID**) e espaços de endereçamento independentes;
- O computador armazena uma tabela, acessada pelo PID, com informações de cada processo:
 - Contador de programa;
 - Ponteiro de pilha;
 - Alocação de memória;
 - Estado dos arquivos abertos;
 - Dados sobre **escalonamento**, permitindo reiniciar processo no futuro.'



Processador - Múltiplos processos

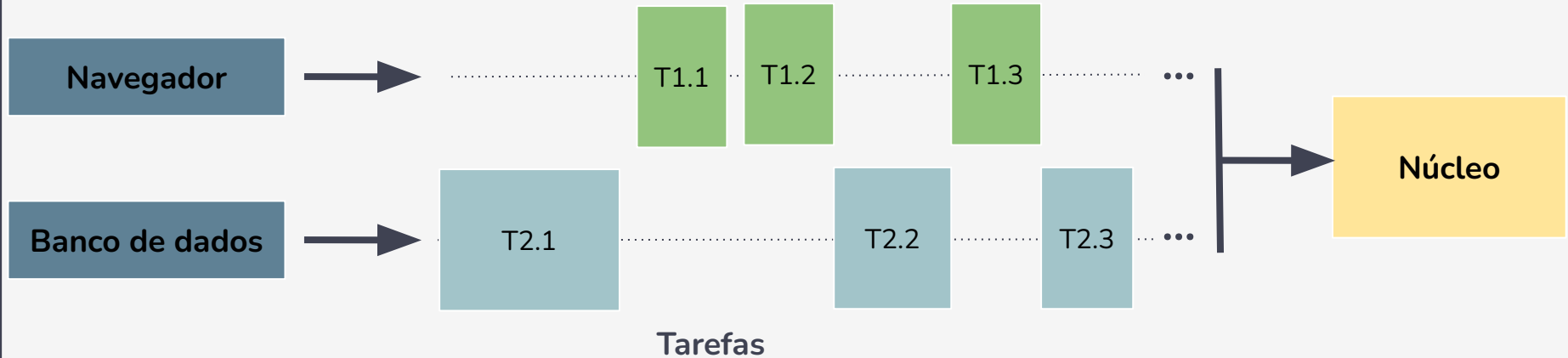


Processos - Escalonamento

- Cada núcleo do processador (“CPU”) só consegue executar um processo de cada vez;
- Um SO multitarefa permite que processos se alternem no uso do processador por meio de um **escalonamento**:
 - Qual processo deve ser executado agora?
 - **Algoritmo de escalonamento**: Estabelece sequência de execução de processos (fila, prioridades, prazos, entre outros critérios).
- Os SOs adotam políticas para garantir que todos os processos sejam atendidos de forma justa e equitativa.
- Processos do SO e aplicações críticas têm prioridade maior;
- Processos podem se comunicar por meio de mecanismos de comunicação.

Processos - Escalonamento

- Exemplo: abrir um navegador + executar um banco de dados

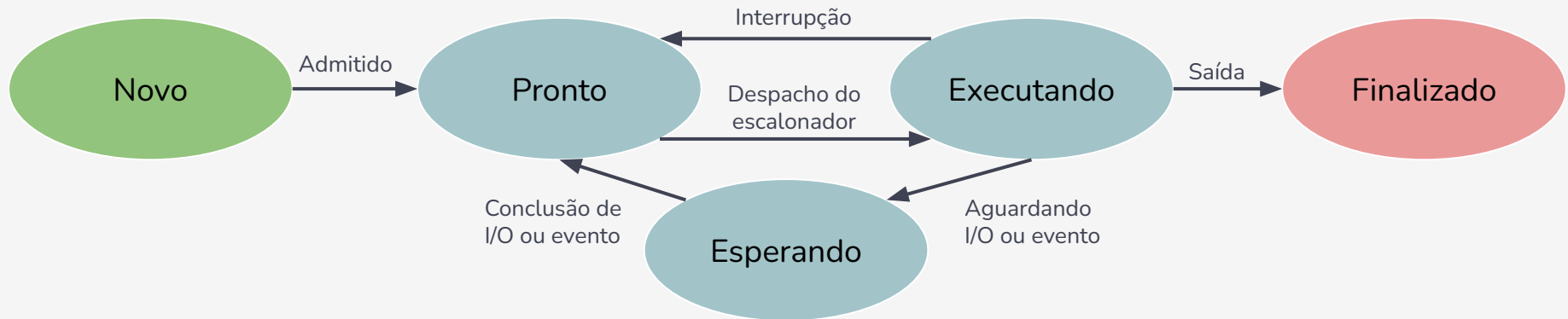


Processos - Estados

- Processos em geral são autossuficientes, mas podem necessitar acessar recursos externos às vezes (dados no disco, terminais, etc.) ou se comunicar com outros processos;
- Processo ocioso/aguardando evento -> processo esperando ou bloqueado;

Processos - Estados

- Novo: o processo está na fase de criação.
- Pronto: o processo possui os recursos disponíveis necessários para ser executado, mas a CPU não está atualmente processando suas instruções.
- Executando: a CPU está processando as instruções deste processo.
- Esperando: o processo não pode ser executado no momento, pois está aguardando que algum recurso esteja disponível ou que algum evento ocorra
- Finalizado: o processo foi concluído.



Threads

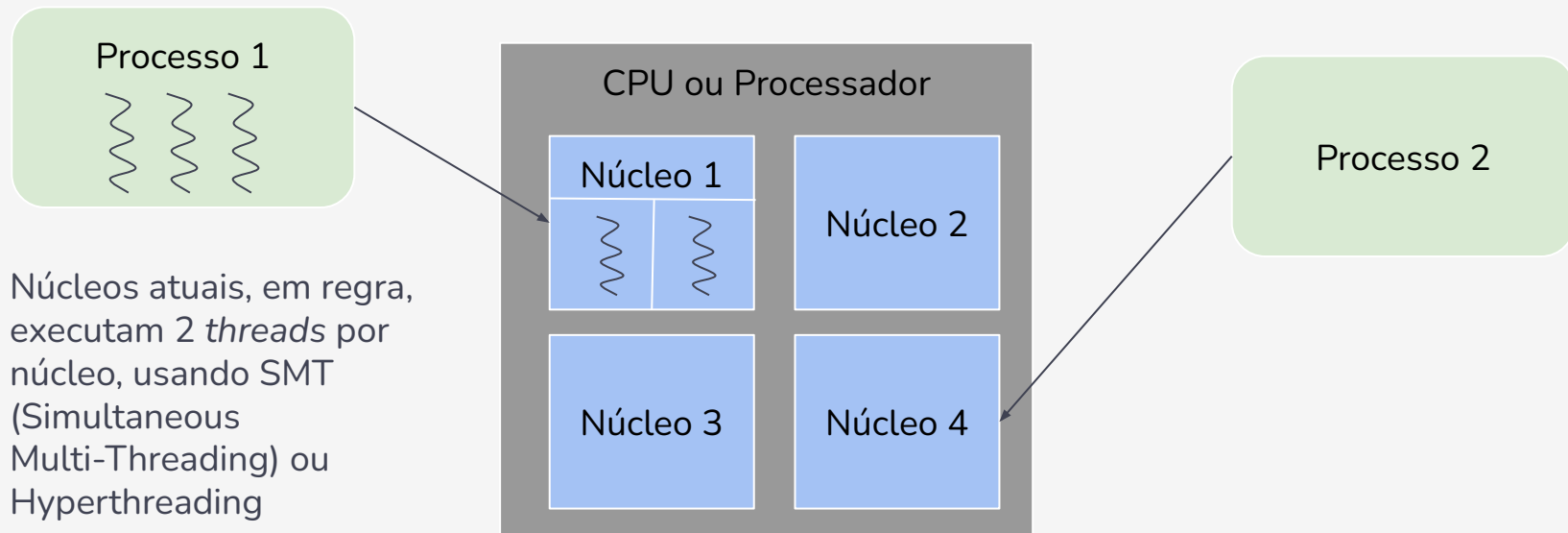
- “Fluxos” ou “fios”, em inglês;
 - Fluxos de execução dentro de um processo;
 - Processos “leves” dentro de processos “reais” ou “pesados”;
- Permite a execução de um mesmo trecho de código “simultaneamente”;
- Um processo pode conter 1 ou mais *threads*;
- *Threads* dentro de um processo compartilham recursos, memória e espaços de endereçamento;
 - Compartilham o código executável, as variáveis globais e estáticas, a pilha e o heap;
 - Possuem contador de programa, *stack*/pilha e conjunto de registradores próprios;
 - Podem trocar dados entre si e coordenar suas atividades.

Threads - Contextos

- Durante a alternância entre duas threads de um mesmo processo no uso do processador, ocorre uma **troca de contexto parcial**:
 - O contador de programa, os registradores e a pilha são salvos.
 - Mais rápida do que uma troca de contexto entre processos.
- Uma troca de contexto completa é necessária quando uma thread de um processo, que não estava em execução, assume o processador.



Processador - Múltiplas *threads*



Threads - Prática (Java)

- Boa parte das linguagens de programação dão suporte à criação e execução de *threads* explicitamente;
- Na disciplina, usaremos **Java**;
- Java é executado em um sistema operacional via uma “máquina virtual” (JVM):
 - JVM executada como processo pelo SO;
 - Permite implementar *threads* internamente;
 - Executa método main como *thread* principal, possibilitando criar e executar novas *threads* a partir dela;
 - Threads de uma mesma JVM compartilham memória, portas de comunicação, arquivos e outros recursos.

Threads - Prática (Java)

- Java oferece suporte a dois tipos de *threads*:
 - *Green threads*:
 - *Threads* gerenciadas pela JVM, sem envolver o SO;
 - Escalonamento feito pela JVM;
 - ***Native threads***:
 - *Threads* gerenciadas pelo SO;
 - Usadas em SOs com suporte a *threads* (Linux, Windows, etc.);
 - Possuem acesso aos recursos do sistema operacional e geralmente oferecem um melhor desempenho e escalabilidade em sistemas com múltiplos núcleos de processamento.

Threads - Prática (Java)

- Para declarar e utilizar *threads* em Java, usamos a classe Thread:
 - Podemos declarar uma classe representando uma *thread* herdando da classe nativa e implementando o método *run()*:

```
class Ola extends Thread {  
    public void run() {  
        System.out.println("Ola");  
    }  
}  
  
public class ExemploThread {  
    public static void main(String[] args) {  
        Ola thread = new Ola();  
        thread.start();  
    }  
}
```

Threads - Prática (Java)

- Para declarar e utilizar *threads* em Java, usamos a classe Thread:
 - Podemos declarar uma classe representando uma *thread* implementando a interface *Runnable* e sobrescrevendo o método *run()*:

```
class Ola implements Runnable {  
    public void run() {  
        System.out.println("Ola!");  
    }  
}  
  
public class ExemploRunnable {  
    public static void main(String[] args) {  
        Thread thread = new Thread(new Ola());  
        thread.start();  
    }  
}
```

Threads - Prática (Java)

- Classe *Thread*:
 - Construtores: `Thread(Runnable)`, `Thread(Runnable, String)`;
 - Inicializar *thread*: `start()`;
 - Obter nome da *thread*: `getName()`;
 - Determinar nome da *thread*: `setName()`;
 - Obter *thread* sendo executada: `Thread.currentThread()`;
 - Esperar pelo fim da execução da *thread*: `join()`;
 - Obter estados da *thread*: `isAlive()`, `isInterrupted()`
 - Liberar o processador: `yield()`
 - Destruir a *thread*: `destroy()`

Threads - Prática (Java)

- Prioridade da *thread*:
 - Valor de 1 a 10; 5 é o default padrão
 - A *thread* herda a prioridade da thread que a criou
 - Modificada com `setPriority(int);`
 - Obtida com `getPriority();`
 - Escalonamento: *Threads* com prioridades iguais são escalonadas em round-robin, com cada uma ativa durante um *quantum*.

Threads - Exercícios

- Usando *threads*:
 - Calcule as 4 operações aritméticas básicas com 2 números;
 - Identifique o maior valor de uma lista;
 - Calcule a soma dos números primos dentro de um intervalo determinado.

Referências

- Tanenbaum, Andrew S. Sistemas operacionais modernos / Andrew S. Tanenbaum, Herbert Bos; tradução Jorge Ritter; revisão técnica Raphael Y. de Camargo. – 4. ed. – São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.
- BELL, John T. Operating Systems - Course Notes. University of Illinois, Chicago. Disponível em:
<https://www.cs.uic.edu/~jbell/CourseNotes/OperatingSystems/>