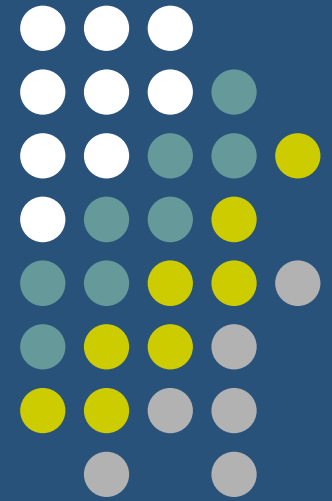


# Sistemas Distribuídos

---

## Módulo 6 – Ordenamento de Eventos



# Notações



- Um sistema distribuído é uma coleção de  $N$  processos  $p_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ .
- Cada processo se executa em um único processador.
- Os processadores não compartilham memória.
- Cada processo  $p_i$  possui um estado  $s_i$  que é modificado durante a execução.
- O estado do processo inclui os valores de todas as suas variáveis.



# Notações

- Os processos se comunicam unicamente através do envio e recepção de mensagens.
- Ao longo da execução, cada processo executa uma série de ações, que podem ser:
  - Envio de mensagens: send
  - Recepção de mensagens: receive
  - Operações que transformam o estado do processo
- Cada uma destas ações é definida como sendo um evento.

# Notações

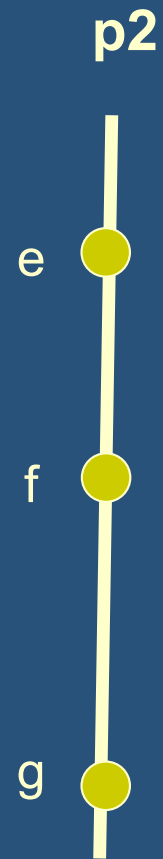


- A sequência de eventos de um processo  $p_i$  pode ser representada por uma única relação  $(\rightarrow_i)$  totalmente ordenada entre os eventos.
- Diz-se que  $e \rightarrow_i e'$  se e somente se o evento  $e$  ocorre antes do evento  $e'$  em  $p_i$ .
- Um histórico de  $p_i$  é a série de eventos que ocorrem em  $p_i$ , ordenados pela relação  $\rightarrow_i$ .

# Histórico de eventos de pi (Hpi)



Hp1: a->b->c->d



Hp2: e->f->g



Hp3: h->i->k->l->m->n



# Ordem “happens-before”

- Os históricos locais de cada processo  $p_i$  nos dão a ordem dos eventos de cada  $p_i$ .
- Em um sistema distribuído, no entanto, precisamos relacionar os eventos produzidos por processos diferentes.
- Dados os eventos “a” e “f”, como saber qual acontece antes?
- Para responder a esta questão, Lamport definiu a ordem “happens-before”.



# Ordem “happens-before”

- Um par de eventos obedece a relação happens-before se (  $a \rightarrow b$  ) se:
  - Se  $a$  e  $b$  são eventos do mesmo processo e  $a$  ocorre antes de  $b$  então  $a \rightarrow b$ .
  - Se  $a$  é o evento de envio de mensagem e  $b$  é o evento de recepção da mesma mensagem, então  $a \rightarrow b$ .
  - Se  $a \rightarrow c$  e  $c \rightarrow b$  então  $a \rightarrow b$

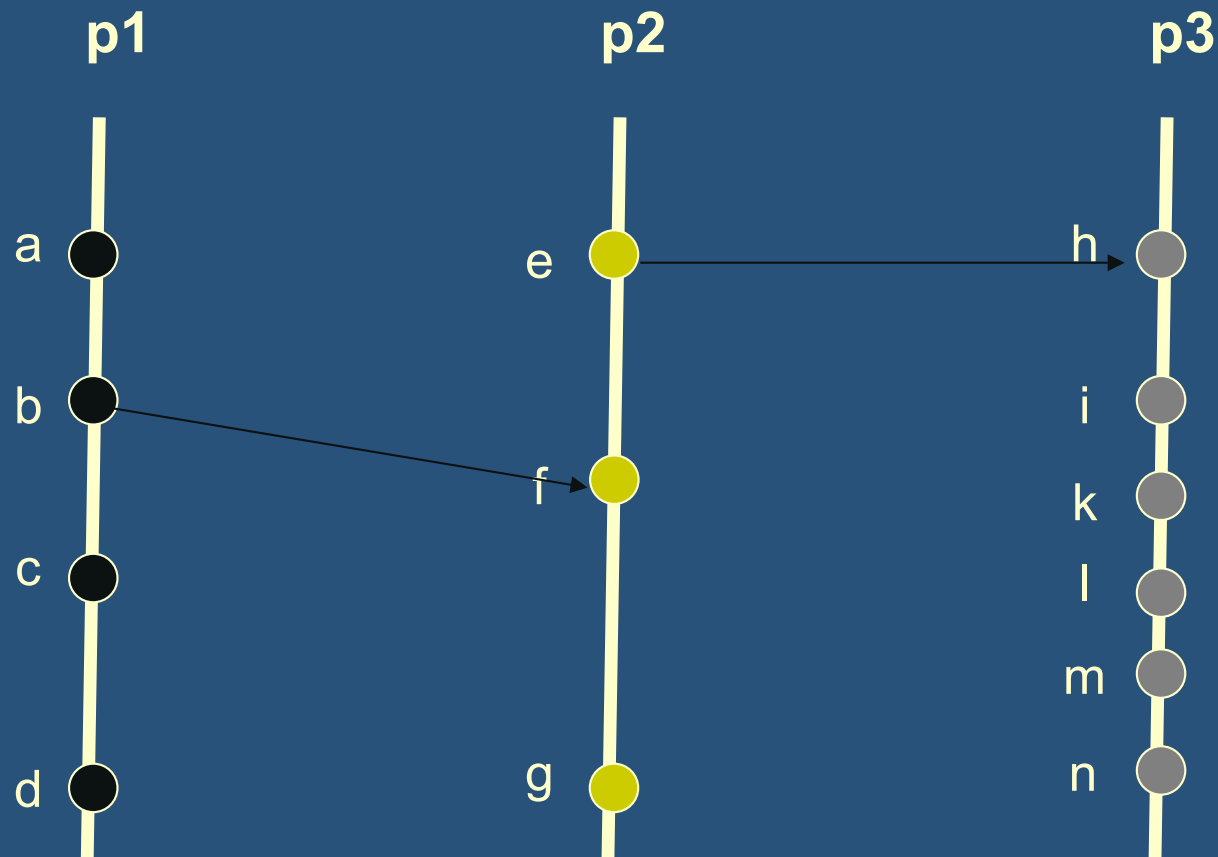


# Ordem “happens-before”

- Se dois eventos não estão relacionados pela relação happens-before eles são ditos eventos *concorrentes* ( $a \parallel b$ ).
- Sobre os eventos concorrentes, nada se pode afirmar sobre a ordem de acontecimento.
- A ordem happens-before também é conhecida como ordem causal.



# Histórico de eventos (H)



Escreva a ordem de todos os eventos (a, b, c, d, e, f, g, h, i, k, l, m, n) em relação aos eventos a,b,c,d,i