



Pontifícia  
Universidade  
Católica do  
Rio de Janeiro

## Trabalho 1

### Alunos:

2220372 Giovana Nogueira

2211667 Livian Essvein

### Professor:

Luiz Fernando Seibel

### Monitores:

Enzo Soares Abate

Rio de Janeiro,

Junho 2025

---

## SUMÁRIO

<b>1. Visão geral do projeto.....</b>	<b>2</b>
Arquivos principais.....	2
<b>2. Explicação detalhada por arquivo.....</b>	<b>3</b>
2.1) common.h.....	3
2.2) app.c.....	4
2.3) inter_controller.c.....	5
2.4) kernel_sim.c.....	5
2.5) makefile.....	7
<b>3. Linha do Tempo - Execuções Reais.....</b>	<b>8</b>
3.1) 3 processos (A1..A3).....	8
3.2) 4 processos (A1..A4).....	10
3.3) 5 processos (A1..A5).....	13
3.4) 6 processos (A1..A6).....	15
<b>4. Conclusões.....</b>	<b>17</b>

---

# 1. Visão geral do projeto

O projeto simula o funcionamento de um sistema operacional simplificado, com processos de usuário (apps), um núcleo (kernel) responsável pelo escalonamento e tratamento de interrupções, e um controlador de interrupções (InterController) que representa o hardware de temporização e I/O.

A comunicação é feita por pipes e sinais POSIX, e o comportamento segue o modelo Round-Robin com quantum de 1s e dispositivo de I/O único e serial (atende um processo por vez, com tempo fixo de 3s).

## Arquivos principais

- `common.h` - Define constantes, tipos e estruturas comuns (mensagens, PCB, estados, sinais).
- `app.c` - Simula os processos de usuário, enviando status periódicos e solicitações de I/O ao kernel.
- `inter_controller.c` - Representa o hardware, gerando interrupções (IRQ0 e IRQ1).
- `kernel_sim.c` - Implementa o kernel, com filas, escalonador, tratamento de sinais, e controle de execução dos processos.

---

## 2. Explicação detalhada por arquivo

### 2.1) common.h

Define o protocolo de comunicação entre os processos e as estruturas centrais do sistema:

- **Mensagens app → kernel (appmsg\_t):**
  - MSG\_APP\_STATUS → informa o PC atual do app.
  - MSG\_SYSCALL\_RW → solicita I/O (0=READ, 1=WRITE).
- **Mensagens kernel → IC (icmsg\_t):** apenas MSG\_IO\_START, sinalizando o início de uma operação de I/O.
- **PCB (pcb\_t):**
  - Campos: pid, name, st, last\_pc, last\_syscall.
  - last\_syscall registra o tipo da última operação de I/O, permitindo logs mais claros.
- **Estados possíveis (pstate\_t):**
  - ST\_READY, ST\_RUNNING, ST\_BLOCKED, ST\_FINISHED.
- **Sinais usados:**
  - SIGUSR1 → IRQ0 (timer a cada 1s)
  - SIGUSR2 → IRQ1 (fim de I/O após 3s)
  - SIGALRM → notifica o kernel que há mensagens no pipe (app → kernel)

Em resumo, o arquivo define a base de comunicação e controle de estado entre todos os módulos do sistema.

---

## 2.2) app.c

Cada processo de usuário ("app") simula a execução de um programa que:

- Envia periodicamente seu contador de programa (PC) ao kernel.
- Realiza operações de I/O em momentos específicos (READ/WRITE).
- "Dorme" 1s entre cada passo, simulando uso de CPU.

Funções principais:

- `send_status(int pc)` → envia `MSG_APP_STATUS` e faz `kill(kernel_pid, SIGALRM)` para acordar o kernel.
- `do_syscall_rw(int rw)` → envia `MSG_SYSCALL_RW`, depois executa `raise(SIGSTOP)` para se bloquear até o kernel liberá-lo.

Fluxo principal (main):

1. Lê argumentos: descritor de pipe, nome, índice e PID do kernel.
2. Define PCs de I/O conforme o índice:
  - `A1` → {3, 7, 12}
  - `A2` → {4, 9}
  - `A3` → {5, 10}
  - Outros → {6, 11}
3. Executa um loop de 15 passos (`pc=1..15`):
  - Envia status ao kernel.
  - Aguarda 1 segundo.
  - Se `pc` for ponto de I/O, solicita syscall e bloqueia até `SIGCONT`.

O app apenas envia mensagens e dorme. Toda decisão sobre execução vem do kernel.

---

## 2.3) inter\_controller.c

Simula o hardware do sistema, responsável por gerar interrupções e executar I/O:

- Processo filho (timer): envia SIGUSR1 para o kernel a cada 1 segundo (IRQ0).
- Processo pai: lê o pipe kernel → IC:
  - Ao receber MSG\_IO\_START, espera 3 segundos (tempo fixo de serviço do dispositivo) e envia SIGUSR2(IRQ1) para o kernel.

Ao receber SIGTERM, encerra o timer e termina o processo.

O InterController funciona como o “hardware físico” — gera clock (IRQ0) e I/O (IRQ1).

## 2.4) kernel\_sim.c

Implementa o núcleo da simulação do sistema operacional, responsável por todo o **gerenciamento do ciclo de vida dos processos** (criação, despacho, preempção, bloqueio, desbloqueio e término), além do controle de interrupções e da coordenação com o **InterController** e os **aplicativos (apps)**.

### Estruturas e variáveis principais

- **procs[MAX\_APPS]** — vetor de PCBs (Process Control Blocks) com o estado e contexto de cada aplicativo.
- **Filas de controle:**
  - **rq** → fila de **prontos** (Round-Robin FIFO).
  - **io\_q** → fila de **bloqueados por I/O** (FIFO).
- **Controle de I/O:**
  - **io\_busy** indica se o dispositivo está atualmente ocupado.

- 
- `io_serving` armazena o PID do processo que está em serviço no dispositivo.
  - **Flags de eventos:**
    - `got_irq0` → interrupção de tempo (clock tick).
    - `got_irq1` → interrupção de término de I/O.
    - `got_sysc` → chamada de sistema (solicitação de I/O pelo app).
  - **Variáveis auxiliares:**
    - `stall_ticks` e `last_progress_pc` implementam um *watchdog* de travamento (reinicia o processo se ele ficar parado sem progredir).
    - `t0` marca o tempo inicial para logs com timestamps precisos.

---

## Funções principais

- **`dispatch_next()`**
  - Escolhe o próximo processo da fila de prontos (`rq`).
  - Define seu estado como **RUNNING**, restaura o contexto e envia `SIGCONT`.
  - Atualiza o log com o evento **DISPATCH**.
- **`preempt_current()`**
  - Interrompe o processo atual com `SIGSTOP`, muda seu estado para **READY** e o reinsere na fila de prontos.
  - Usado em interrupções de tempo (**IRQ0**) quando há mais de um processo pronto.
- **`handle_app_pipe()`**
  - Lê mensagens `appmsg_t` enviadas pelos apps (de forma não bloqueante).

- 
- Trata:
    1. MSG\_APP\_STATUS: atualiza o contador de programa (`last_pc`) no PCB.
    2. MSG\_SYSCALL\_RW: bloqueia o processo, registra o tipo de I/O, move-o para a fila `io_q` e aciona o controlador se o dispositivo estiver livre.
  - **start\_io\_if\_idle()**
    - Se o dispositivo estiver livre (`!io_busy`), retira o primeiro processo da fila `io_q`, envia MSG\_IO\_START ao **InterController** e atualiza o estado para **BLOCKED\_IO**.
  - **on\_child\_exit()**
    - Captura o término de um processo (via SIGCHLD).
    - Atualiza seu estado para **FINISHED**, limpa referências de filas e imprime o log de término.
  - **schedule\_loop()**
    - É o **loop principal** do kernel.  
Executa continuamente as seguintes etapas:
      1. Lê mensagens dos apps (não bloqueante).
      2. Trata interrupções:
        - **IRQ1 (I/O done)**: desbloqueia processo, reinsere na fila de prontos e inicia o próximo I/O.
        - **IRQ0 (tempo)**: se há mais de um pronto, faz preempção; se só há um, mantém execução contínua com vigilância de *stall*.
      3. Em caso de CPU ociosa, executa `dispatch_next()` (timer SIGALRM).
      4. Finaliza quando todos os processos atingem o estado **FINISHED**, imprimindo ALL DONE e encerrando o InterController (**SIGTERM**) com o log de **SHUTDOWN**.



---

## Comportamento observado nas execuções

- **APP\_PROFILE=cpu**  
Round-Robin puro com alternância A1→A2→A3, sem chamadas de sistema. Cada processo executa 15 instruções e termina ordenadamente (A1, A2, A3).
- **APP\_PROFILE=io**  
Todos os processos fazem chamadas de I/O (READ/WRITE).  
O kernel bloqueia corretamente cada app e garante exclusão mútua do dispositivo (io\_busy).  
Quando todos estão bloqueados, o log mostra DISPATCH (fila vazia) até a chegada de **IRQ1**.  
Ordem de término: A1 @57s, A2 @60s, A3 @63s.
- **APP\_PROFILE=split (6 apps)**  
Metade CPU-bound, metade I/O-bound.  
O escalonador alterna entre processos ativos de CPU e aqueles que entram e saem da fila de I/O, demonstrando o funcionamento simultâneo dos dois mecanismos.

## 3. Linha do Tempo - Execuções Reais

A seguir, um resumo do que ocorre e os logs de saída para 3, 4, 5 e 6 processos.

Em todos os cenários observam-se:

- Escalonamento Round-Robin (RR)** com quantum de **1 segundo**;
- Bloqueio e fila de I/O** funcionando corretamente — o dispositivo D1 atende **um processo por vez**;
- Interrupções IRQ1** ocorrem a cada **ciclo completo de operação de I/O**, sinalizando o término e liberando o próximo processo da fila;
- Retorno à fila de prontos** imediato após o fim do I/O, com retomada da execução normal;
- Finalização ordenada e sincronizada**, sem travamentos, com todos os processos encerrando conforme o esperado.

---

### 3.1) 3 processos (A1..A3) sem i/o

livianessvein@Livians-MacBook-Air T1 % APP\_PROFILE=cpu ./kernel 3

```
[ 0s] BOOT    ~~ KernelSim iniciando (3 apps)

[ 0s] SPAWN   ++ A1 (pid=50000) adicionado à fila de prontos

[ 0s] SPAWN   ++ A2 (pid=50001) adicionado à fila de prontos

[ 0s] SPAWN   ++ A3 (pid=50002) adicionado à fila de prontos

[ 0s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=0, RW=-]

[ 0s] PC      :: A1 -> 1

[ 0s] IRQ0    ** time-slice encerrado

[ 0s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 0s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=0, RW=-]

[ 1s] PC      :: A2 -> 1

[ 1s] IRQ0    ** time-slice encerrado

[ 1s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 1s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=0, RW=-]

[ 2s] PC      :: A3 -> 1

[ 2s] IRQ0    ** time-slice encerrado

[ 2s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 2s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=1, RW=-]

[ 3s] PC      :: A1 -> 2
```

---

[ 3s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 3s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 3s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=1, RW=-]

[ 4s] PC        :: A2 -> 2

[ 4s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 4s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 4s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=1, RW=-]

[ 5s] PC        :: A3 -> 2

[ 5s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 5s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 5s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=2, RW=-]

[ 6s] PC        :: A1 -> 3

[ 6s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 6s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 6s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=2, RW=-]

[ 7s] PC        :: A2 -> 3

[ 7s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 7s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 7s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=2, RW=-]

[ 8s] PC        :: A3 -> 3

[ 8s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

---

[ 8s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 8s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=3, RW=-]

[ 9s] PC :: A1 -> 4

[ 9s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 9s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 9s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=3, RW=-]

[ 10s] PC :: A2 -> 4

[ 10s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 10s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 10s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=3, RW=-]

[ 11s] PC :: A3 -> 4

[ 11s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 11s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 11s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=4, RW=-]

[ 12s] PC :: A1 -> 5

[ 12s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 12s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 12s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=4, RW=-]

[ 13s] PC :: A2 -> 5

[ 13s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 13s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

---

[ 13s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=4, RW=-]

[ 14s] PC :: A3 -> 5

[ 14s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 14s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 14s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=5, RW=-]

[ 15s] PC :: A1 -> 6

[ 15s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 15s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 15s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=5, RW=-]

[ 16s] PC :: A2 -> 6

[ 16s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 16s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 16s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=5, RW=-]

[ 17s] PC :: A3 -> 6

[ 17s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 17s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 17s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=6, RW=-]

[ 18s] PC :: A1 -> 7

[ 18s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 18s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 18s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=6, RW=-]

---

[ 19s] PC :: A2 -> 7

[ 19s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 19s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 19s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=6, RW=-]

[ 20s] PC :: A3 -> 7

[ 20s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 20s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 20s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=7, RW=-]

[ 21s] PC :: A1 -> 8

[ 21s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 21s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 21s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=7, RW=-]

[ 22s] PC :: A2 -> 8

[ 22s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 22s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 22s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=7, RW=-]

[ 23s] PC :: A3 -> 8

[ 23s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 23s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 23s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=8, RW=-]

[ 24s] PC :: A1 -> 9

---

[ 24s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 24s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 24s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=8, RW=-]

[ 25s] PC        :: A2 -> 9

[ 25s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 25s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 25s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=8, RW=-]

[ 26s] PC        :: A3 -> 9

[ 26s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 26s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 26s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=9, RW=-]

[ 27s] PC        :: A1 -> 10

[ 27s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 27s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 27s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=9, RW=-]

[ 28s] PC        :: A2 -> 10

[ 28s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 28s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 28s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=9, RW=-]

[ 29s] PC        :: A3 -> 10

[ 29s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

---

[ 29s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 29s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=10, RW=-]

[ 30s] PC :: A1 -> 11

[ 30s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 30s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 30s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=10, RW=-]

[ 31s] PC :: A2 -> 11

[ 31s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 31s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 31s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=10, RW=-]

[ 32s] PC :: A3 -> 11

[ 32s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 32s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 32s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=11, RW=-]

[ 33s] PC :: A1 -> 12

[ 33s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 33s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 33s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=11, RW=-]

[ 34s] PC :: A2 -> 12

[ 34s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 34s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)



---

[ 34s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=11, RW=-]

[ 35s] PC :: A3 -> 12

[ 35s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 35s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 35s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=12, RW=-]

[ 36s] PC :: A1 -> 13

[ 36s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 36s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 36s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=12, RW=-]

[ 37s] PC :: A2 -> 13

[ 37s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 37s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 37s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=12, RW=-]

[ 38s] PC :: A3 -> 13

[ 38s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 38s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 38s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=13, RW=-]

[ 39s] PC :: A1 -> 14

[ 39s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 39s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 39s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=13, RW=-]

---

[ 40s] PC :: A2 -> 14

[ 40s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 40s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 40s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=13, RW=-]

[ 41s] PC :: A3 -> 14

[ 41s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 41s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 41s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=14, RW=-]

[ 42s] PC :: A1 -> 15

[ 42s] FINISHED xx A1 (pid=50000)

[ 42s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=14, RW=-]

[ 43s] PC :: A2 -> 15

[ 43s] FINISHED xx A2 (pid=50001)

[ 43s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=14, RW=-]

[ 44s] PC :: A3 -> 15

[ 44s] FINISHED xx A3 (pid=50002)

[ 44s] TERMINOU: todos os apps finalizaram; encerrando Kernel

[ 44s] SHUTDOWN ~~ Kernel encerrado

### 3.2) 3 processos (A1..A3) com i/o

livianessvein@Livians-MacBook-Air T1 % APP\_PROFILE=io ./kernel 3

---

```
[ 0s] BOOT    ~~ KernelSim iniciando (3 apps)

[ 0s] SPAWN   ++ A1 (pid=50000) adicionado à fila de prontos

[ 0s] SPAWN   ++ A2 (pid=50001) adicionado à fila de prontos

[ 0s] SPAWN   ++ A3 (pid=50002) adicionado à fila de prontos

[ 0s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=0, RW=-]

[ 0s] PC      :: A1 -> 1

[ 0s] IRQ0    ** time-slice encerrado

[ 0s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 0s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=0, RW=-]

[ 1s] PC      :: A2 -> 1

[ 1s] IRQ0    ** time-slice encerrado

[ 1s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 1s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=0, RW=-]

[ 2s] PC      :: A3 -> 1

[ 2s] IRQ0    ** time-slice encerrado

[ 2s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 2s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=1, RW=-]

[ 3s] PC      :: A1 -> 2

[ 3s] IRQ0    ** time-slice encerrado

[ 3s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 3s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=1, RW=-]

[ 4s] PC      :: A2 -> 2
```

---

[ 4s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 4s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 4s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=1, RW=-]

[ 5s] PC        :: A3 -> 2

[ 5s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 5s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 5s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=2, RW=-]

[ 6s] PC        :: A1 -> 3

[ 6s] SYSCALL  !! A1 pede I/O (READ)

[ 6s] BLOCK    .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=3, RW=R]

[ 6s] IO-START >> A1 (pid=50000) — D1 ocupado

[ 6s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=2, RW=-]

[ 7s] PC        :: A2 -> 3

[ 7s] SYSCALL  !! A2 pede I/O (WRITE)

[ 7s] BLOCK    .. A2 bloqueado por I/O [ctx: PC=3, RW=W]

[ 7s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=2, RW=-]

[ 8s] PC        :: A3 -> 3

[ 8s] SYSCALL  !! A3 pede I/O (READ)

[ 8s] BLOCK    .. A3 bloqueado por I/O [ctx: PC=3, RW=R]

[ 8s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 9s] IRQ1    \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 9s] IO-DONE  << A1 liberado; volta à fila de prontos

---

[ 9s] IO-START >> A2 (pid=50001) — D1 ocupado

[ 9s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=3, RW=R]

[ 10s] PC :: A1 -> 4

[ 10s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 11s] PC :: A1 -> 5

[ 11s] SYSCALL !! A1 pede I/O (READ)

[ 11s] BLOCK .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=5, RW=R]

[ 11s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 12s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 12s] IO-DONE << A2 liberado; volta à fila de prontos

[ 12s] IO-START >> A3 (pid=50002) — D1 ocupado

[ 12s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=3, RW=W]

[ 13s] PC :: A2 -> 4

[ 13s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 14s] PC :: A2 -> 5

[ 14s] SYSCALL !! A2 pede I/O (WRITE)

[ 14s] BLOCK .. A2 bloqueado por I/O [ctx: PC=5, RW=W]

[ 14s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 15s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 15s] IO-DONE << A3 liberado; volta à fila de prontos

[ 15s] IO-START >> A1 (pid=50000) — D1 ocupado

[ 15s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=3, RW=R]

---

[ 16s] PC        :: A3 -> 4

[ 16s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 17s] PC        :: A3 -> 5

[ 17s] SYSCALL !! A3 pede I/O (READ)

[ 17s] BLOCK     .. A3 bloqueado por I/O [ctx: PC=5, RW=R]

[ 17s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 18s] IRQ1     \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 18s] IO-DONE   << A1 liberado; volta à fila de prontos

[ 18s] IO-START >> A2 (pid=50001) — D1 ocupado

[ 18s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=5, RW=R]

[ 19s] PC        :: A1 -> 6

[ 19s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 20s] PC        :: A1 -> 7

[ 20s] SYSCALL !! A1 pede I/O (READ)

[ 20s] BLOCK     .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=7, RW=R]

[ 20s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 21s] IRQ1     \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 21s] IO-DONE   << A2 liberado; volta à fila de prontos

[ 21s] IO-START >> A3 (pid=50002) — D1 ocupado

[ 21s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=5, RW=W]

[ 22s] PC        :: A2 -> 6

[ 22s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

---

[ 23s] PC        :: A2 -> 7

[ 23s] SYSCALL  !! A2 pede I/O (WRITE)

[ 23s] BLOCK    .. A2 bloqueado por I/O [ctx: PC=7, RW=W]

[ 23s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 24s] IRQ1     \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 24s] IO-DONE  << A3 liberado; volta à fila de prontos

[ 24s] IO-START >> A1 (pid=50000) — D1 ocupado

[ 24s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=5, RW=R]

[ 25s] PC        :: A3 -> 6

[ 25s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 26s] PC        :: A3 -> 7

[ 26s] SYSCALL  !! A3 pede I/O (READ)

[ 26s] BLOCK    .. A3 bloqueado por I/O [ctx: PC=7, RW=R]

[ 26s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 27s] IRQ1     \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 27s] IO-DONE  << A1 liberado; volta à fila de prontos

[ 27s] IO-START >> A2 (pid=50001) — D1 ocupado

[ 27s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=7, RW=R]

[ 28s] PC        :: A1 -> 8

[ 28s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 29s] PC        :: A1 -> 9

[ 29s] SYSCALL  !! A1 pede I/O (READ)

---

[ 29s] BLOCK .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=9, RW=R]

[ 29s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 30s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 30s] IO-DONE << A2 liberado; volta à fila de prontos

[ 30s] IO-START >> A3 (pid=50002) — D1 ocupado

[ 30s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=7, RW=W]

[ 31s] PC :: A2 -> 8

[ 31s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 32s] PC :: A2 -> 9

[ 32s] SYSCALL !! A2 pede I/O (WRITE)

[ 32s] BLOCK .. A2 bloqueado por I/O [ctx: PC=9, RW=W]

[ 32s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 33s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 33s] IO-DONE << A3 liberado; volta à fila de prontos

[ 33s] IO-START >> A1 (pid=50000) — D1 ocupado

[ 33s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=7, RW=R]

[ 34s] PC :: A3 -> 8

[ 34s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 35s] PC :: A3 -> 9

[ 35s] SYSCALL !! A3 pede I/O (READ)

[ 35s] BLOCK .. A3 bloqueado por I/O [ctx: PC=9, RW=R]

[ 35s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento



---

[ 36s] IRQ1     \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 36s] IO-DONE   << A1 liberado; volta à fila de prontos

[ 36s] IO-START   >> A2 (pid=50001) — D1 ocupado

[ 36s] DISPATCH   -> A1 (pid=50000) [restore PC=9, RW=R]

[ 37s] PC        :: A1 -> 10

[ 37s] SYSCALL   !! A1 pede I/O (WRITE)

[ 37s] BLOCK     .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=10, RW=W]

[ 37s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 38s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 39s] IRQ1     \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 39s] IO-DONE   << A2 liberado; volta à fila de prontos

[ 39s] IO-START   >> A3 (pid=50002) — D1 ocupado

[ 39s] DISPATCH   -> A2 (pid=50001) [restore PC=9, RW=W]

[ 40s] PC        :: A2 -> 10

[ 40s] SYSCALL   !! A2 pede I/O (READ)

[ 40s] BLOCK     .. A2 bloqueado por I/O [ctx: PC=10, RW=R]

[ 40s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 41s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 42s] IRQ1     \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 42s] IO-DONE   << A3 liberado; volta à fila de prontos

[ 42s] IO-START   >> A1 (pid=50000) — D1 ocupado

[ 42s] DISPATCH   -> A3 (pid=50002) [restore PC=9, RW=R]

---

[ 43s] PC        :: A3 -> 10

[ 43s] SYSCALL  !! A3 pede I/O (WRITE)

[ 43s] BLOCK    .. A3 bloqueado por I/O [ctx: PC=10, RW=W]

[ 43s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 44s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 45s] IRQ1     \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 45s] IO-DONE  << A1 liberado; volta à fila de prontos

[ 45s] IO-START >> A2 (pid=50001) — D1 ocupado

[ 45s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=10, RW=W]

[ 46s] PC        :: A1 -> 11

[ 46s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 47s] PC        :: A1 -> 12

[ 47s] SYSCALL  !! A1 pede I/O (WRITE)

[ 47s] BLOCK    .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=12, RW=W]

[ 47s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 48s] IRQ1     \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 48s] IO-DONE  << A2 liberado; volta à fila de prontos

[ 48s] IO-START >> A3 (pid=50002) — D1 ocupado

[ 48s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=10, RW=R]

[ 49s] PC        :: A2 -> 11

[ 49s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 50s] PC        :: A2 -> 12

---

[ 50s] SYSCALL !! A2 pede I/O (READ)

[ 50s] BLOCK .. A2 bloqueado por I/O [ctx: PC=12, RW=R]

[ 50s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 51s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 51s] IO-DONE << A3 liberado; volta à fila de prontos

[ 51s] IO-START >> A1 (pid=50000) — D1 ocupado

[ 51s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=10, RW=W]

[ 52s] PC :: A3 -> 11

[ 52s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 53s] PC :: A3 -> 12

[ 53s] SYSCALL !! A3 pede I/O (WRITE)

[ 53s] BLOCK .. A3 bloqueado por I/O [ctx: PC=12, RW=W]

[ 53s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

[ 54s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 54s] IO-DONE << A1 liberado; volta à fila de prontos

[ 54s] IO-START >> A2 (pid=50001) — D1 ocupado

[ 54s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=12, RW=W]

[ 55s] PC :: A1 -> 13

[ 55s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 56s] PC :: A1 -> 14

[ 56s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 57s] PC :: A1 -> 15

---

[ 57s] FINISHED xx A1 (pid=50000)

[ 57s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 57s] IO-DONE << A2 liberado; volta à fila de prontos

[ 57s] IO-START >> A3 (pid=50002) — D1 ocupado

[ 57s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=12, RW=R]

[ 58s] PC :: A2 -> 13

[ 58s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 59s] PC :: A2 -> 14

[ 59s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 60s] PC :: A2 -> 15

[ 60s] FINISHED xx A2 (pid=50001)

[ 60s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 60s] IO-DONE << A3 liberado; volta à fila de prontos

[ 60s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=12, RW=W]

[ 61s] PC :: A3 -> 13

[ 61s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 62s] PC :: A3 -> 14

[ 62s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 63s] PC :: A3 -> 15

[ 63s] FINISHED xx A3 (pid=50002)

[ 63s] TERMINOU: todos os apps finalizaram; encerrando Kernel

[ 63s] SHUTDOWN ~~ Kernel encerrado

---

### 3.3) 5 processos (A1..A5)

- 0–5s: RR A1..A5.
- 10–15s: A1 READ (IRQ1 em 13s); A2 WRITE (IRQ1 em 18s).
- 23–28s: A3 READ (IRQ1 em 26s); A4 WRITE (IRQ1 em 30s); A5 WRITE (IRQ1 em 33s) — D1 segue serial.
- 30–37s: novo READ de A1 em 30s (IRQ1 em 36s); A2 READ em 34s (IRQ1 em 39s); A3 WRITE em 37s (IRQ1 em 42s).
- 49–55s: A4 READ e A5 READ ambos em 49s (IRQ1 em 52s e 55s, nesta ordem); A1 WRITE em 55s (IRQ1 em 58s).
- 60–68s: finalizações em ondas — A3 aos 60s; A2 aos 64s; A5/A4/A1 aos 68s.

livianessvein@Livians-MacBook-Air T1 % ./kernel 5

```
[ 0s] BOOT    ~~ KernelSim iniciando (5 apps)
[ 0s] SPAWN   ++ A1  (pid=74836) adicionado à fila de prontos
[ 0s] SPAWN   ++ A2  (pid=74837) adicionado à fila de prontos
[ 0s] SPAWN   ++ A3  (pid=74838) adicionado à fila de prontos
[ 0s] SPAWN   ++ A4  (pid=74839) adicionado à fila de prontos
[ 0s] SPAWN   ++ A5  (pid=74840) adicionado à fila de prontos
[ 0s] DISPATCH -> A1  (pid=74836) [restore PC=0, RW=-]
[ 0s] PC      :: A1  -> 1
[ 1s] PC      :: A1  -> 2
[ 1s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 1s] PREEMPT <- A1  (volta à fila de prontos)
[ 1s] DISPATCH -> A2  (pid=74837) [restore PC=0, RW=-]
[ 1s] PC      :: A2  -> 1
[ 2s] IRQ0    ** time-slice encerrado
```

---

[ 2s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 2s] DISPATCH -> A3 (pid=74838) [restore PC=0, RW=-]

[ 2s] PC :: A3 -> 1

[ 3s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 3s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 3s] DISPATCH -> A4 (pid=74839) [restore PC=0, RW=-]

[ 3s] PC :: A4 -> 1

[ 4s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 4s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 4s] DISPATCH -> A5 (pid=74840) [restore PC=0, RW=-]

[ 4s] PC :: A5 -> 1

[ 5s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 5s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 5s] DISPATCH -> A1 (pid=74836) [restore PC=2, RW=-]

[ 5s] PC :: A1 -> 3

[ 6s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 6s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 6s] DISPATCH -> A2 (pid=74837) [restore PC=1, RW=-]

[ 6s] PC :: A2 -> 2

[ 7s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 7s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 7s] DISPATCH -> A3 (pid=74838) [restore PC=1, RW=-]

[ 7s] PC :: A3 -> 2

[ 8s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 8s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 8s] DISPATCH -> A4 (pid=74839) [restore PC=1, RW=-]

[ 8s] PC :: A4 -> 2

[ 9s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

---

[ 9s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 9s] DISPATCH -> A5 (pid=74840) [restore PC=1, RW=-]

[ 9s] PC :: A5 -> 2

[ 10s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 10s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 10s] DISPATCH -> A1 (pid=74836) [restore PC=3, RW=-]

[ 10s] SYSCALL !! A1 pede I/O (READ)

[ 10s] BLOCK .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=3, RW=R]

[ 10s] IO-START >> A1 (pid=74836) — D1 ocupado

[ 10s] DISPATCH -> A2 (pid=74837) [restore PC=2, RW=-]

[ 10s] PC :: A2 -> 3

[ 11s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 11s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 11s] DISPATCH -> A3 (pid=74838) [restore PC=2, RW=-]

[ 11s] PC :: A3 -> 3

[ 12s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 12s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 12s] DISPATCH -> A4 (pid=74839) [restore PC=2, RW=-]

[ 12s] PC :: A4 -> 3

[ 13s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 13s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 13s] DISPATCH -> A5 (pid=74840) [restore PC=2, RW=-]

[ 13s] PC :: A5 -> 3

[ 13s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 13s] IO-DONE << A1 liberado; volta à fila de prontos

[ 14s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 14s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 14s] DISPATCH -> A2 (pid=74837) [restore PC=3, RW=-]

---

[ 14s] PC :: A2 -> 4

[ 15s] SYSCALL !! A2 pede I/O (WRITE)

[ 15s] BLOCK .. A2 bloqueado por I/O [ctx: PC=4, RW=W]

[ 15s] IO-START >> A2 (pid=74837) — D1 ocupado

[ 15s] DISPATCH -> A3 (pid=74838) [restore PC=3, RW=-]

[ 15s] PC :: A3 -> 4

[ 15s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 15s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 15s] DISPATCH -> A4 (pid=74839) [restore PC=3, RW=-]

[ 15s] PC :: A4 -> 4

[ 16s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 16s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 16s] DISPATCH -> A1 (pid=74836) [restore PC=3, RW=R]

[ 16s] PC :: A1 -> 4

[ 17s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 17s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 17s] DISPATCH -> A5 (pid=74840) [restore PC=3, RW=-]

[ 17s] PC :: A5 -> 4

[ 18s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 18s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 18s] DISPATCH -> A3 (pid=74838) [restore PC=4, RW=-]

[ 18s] PC :: A3 -> 5

[ 18s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 18s] IO-DONE << A2 liberado; volta à fila de prontos

[ 19s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 19s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 19s] DISPATCH -> A4 (pid=74839) [restore PC=4, RW=-]

[ 19s] PC :: A4 -> 5



---

[ 20s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 20s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 20s] DISPATCH -> A1 (pid=74836) [restore PC=4, RW=R]

[ 20s] PC        :: A1 -> 5

[ 21s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 21s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 21s] DISPATCH -> A5 (pid=74840) [restore PC=4, RW=-]

[ 21s] PC        :: A5 -> 5

[ 22s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 22s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 22s] DISPATCH -> A2 (pid=74837) [restore PC=4, RW=W]

[ 22s] PC        :: A2 -> 5

[ 23s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 23s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 23s] DISPATCH -> A3 (pid=74838) [restore PC=5, RW=-]

[ 23s] SYSCALL  !! A3 pede I/O (READ)

[ 23s] BLOCK    .. A3 bloqueado por I/O [ctx: PC=5, RW=R]

[ 23s] IO-START >> A3 (pid=74838) — D1 ocupado

[ 23s] DISPATCH -> A4 (pid=74839) [restore PC=5, RW=-]

[ 23s] PC        :: A4 -> 6

[ 24s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 24s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 24s] DISPATCH -> A1 (pid=74836) [restore PC=5, RW=R]

[ 24s] PC        :: A1 -> 6

[ 25s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 25s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 25s] DISPATCH -> A5 (pid=74840) [restore PC=5, RW=-]

[ 25s] PC        :: A5 -> 6

---

[ 26s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 26s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 26s] DISPATCH -> A2 (pid=74837) [restore PC=5, RW=W]

[ 26s] PC        :: A2 -> 6

[ 26s] IRQ1    \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 26s] IO-DONE << A3 liberado; volta à fila de prontos

[ 27s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 27s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 27s] DISPATCH -> A4 (pid=74839) [restore PC=6, RW=-]

[ 27s] SYSCALL !! A4 pede I/O (WRITE)

[ 27s] BLOCK    .. A4 bloqueado por I/O [ctx: PC=6, RW=W]

[ 27s] IO-START >> A4 (pid=74839) — D1 ocupado

[ 27s] DISPATCH -> A1 (pid=74836) [restore PC=6, RW=R]

[ 27s] PC        :: A1 -> 7

[ 28s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 28s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 28s] DISPATCH -> A5 (pid=74840) [restore PC=6, RW=-]

[ 28s] SYSCALL !! A5 pede I/O (WRITE)

[ 28s] BLOCK    .. A5 bloqueado por I/O [ctx: PC=6, RW=W]

[ 28s] DISPATCH -> A3 (pid=74838) [restore PC=5, RW=R]

[ 28s] PC        :: A3 -> 6

[ 29s] PC        :: A3 -> 7

[ 29s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 29s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 29s] DISPATCH -> A2 (pid=74837) [restore PC=6, RW=W]

[ 29s] PC        :: A2 -> 7

[ 30s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 30s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

---

[ 30s] DISPATCH -> A1 (pid=74836) [restore PC=7, RW=R]  
[ 30s] SYSCALL !! A1 pede I/O (READ)  
[ 30s] BLOCK .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=7, RW=R]  
[ 30s] DISPATCH -> A3 (pid=74838) [restore PC=7, RW=R]  
[ 30s] PC :: A3 -> 8  
[ 30s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 30s] IO-DONE << A4 liberado; volta à fila de prontos  
[ 30s] IO-START >> A5 (pid=74840) — D1 ocupado  
[ 31s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 31s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 31s] DISPATCH -> A2 (pid=74837) [restore PC=7, RW=W]  
[ 31s] PC :: A2 -> 8  
[ 32s] PC :: A2 -> 9  
[ 32s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 32s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 32s] DISPATCH -> A4 (pid=74839) [restore PC=6, RW=W]  
[ 32s] PC :: A4 -> 7  
[ 33s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 33s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)  
[ 33s] DISPATCH -> A3 (pid=74838) [restore PC=8, RW=R]  
[ 33s] PC :: A3 -> 9  
[ 33s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 33s] IO-DONE << A5 liberado; volta à fila de prontos  
[ 33s] IO-START >> A1 (pid=74836) — D1 ocupado  
[ 34s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 34s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 34s] DISPATCH -> A2 (pid=74837) [restore PC=9, RW=W]  
[ 34s] SYSCALL !! A2 pede I/O (READ)

---

[ 34s] BLOCK .. A2 bloqueado por I/O [ctx: PC=9, RW=R]  
[ 34s] DISPATCH -> A4 (pid=74839) [restore PC=7, RW=W]  
[ 34s] PC :: A4 -> 8  
[ 35s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 35s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)  
[ 35s] DISPATCH -> A5 (pid=74840) [restore PC=6, RW=W]  
[ 35s] PC :: A5 -> 7  
[ 36s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 36s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)  
[ 36s] DISPATCH -> A3 (pid=74838) [restore PC=9, RW=R]  
[ 36s] PC :: A3 -> 10  
[ 36s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 36s] IO-DONE << A1 liberado; volta à fila de prontos  
[ 36s] IO-START >> A2 (pid=74837) — D1 ocupado  
[ 37s] SYSCALL !! A3 pede I/O (WRITE)  
[ 37s] BLOCK .. A3 bloqueado por I/O [ctx: PC=10, RW=W]  
[ 37s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 37s] DISPATCH -> A4 (pid=74839) [restore PC=8, RW=W]  
[ 37s] PC :: A4 -> 9  
[ 38s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 38s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)  
[ 38s] DISPATCH -> A5 (pid=74840) [restore PC=7, RW=W]  
[ 38s] PC :: A5 -> 8  
[ 39s] PC :: A5 -> 9  
[ 39s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 39s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)  
[ 39s] DISPATCH -> A1 (pid=74836) [restore PC=7, RW=R]  
[ 39s] PC :: A1 -> 8

---

[ 39s] IRQ1     \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 39s] IO-DONE   << A2 liberado; volta à fila de prontos

[ 39s] IO-START   >> A3 (pid=74838) — D1 ocupado

[ 40s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 40s] PREEMPT   <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 40s] DISPATCH   -> A4 (pid=74839) [restore PC=9, RW=W]

[ 40s] PC        :: A4 -> 10

[ 41s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 41s] PREEMPT   <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 41s] DISPATCH   -> A5 (pid=74840) [restore PC=9, RW=W]

[ 41s] PC        :: A5 -> 10

[ 42s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 42s] PREEMPT   <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 42s] DISPATCH   -> A2 (pid=74837) [restore PC=9, RW=R]

[ 42s] PC        :: A2 -> 10

[ 42s] IRQ1     \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 42s] IO-DONE   << A3 liberado; volta à fila de prontos

[ 43s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 43s] PREEMPT   <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 43s] DISPATCH   -> A1 (pid=74836) [restore PC=8, RW=R]

[ 43s] PC        :: A1 -> 9

[ 44s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 44s] PREEMPT   <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 44s] DISPATCH   -> A4 (pid=74839) [restore PC=10, RW=W]

[ 44s] PC        :: A4 -> 11

[ 45s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 45s] PREEMPT   <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 45s] DISPATCH   -> A5 (pid=74840) [restore PC=10, RW=W]

---

[ 45s] PC       :: A5 -> 11

[ 46s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 46s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 46s] DISPATCH -> A3 (pid=74838) [restore PC=10, RW=W]

[ 46s] PC       :: A3 -> 11

[ 47s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 47s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 47s] DISPATCH -> A2 (pid=74837) [restore PC=10, RW=R]

[ 47s] PC       :: A2 -> 11

[ 48s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 48s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 48s] DISPATCH -> A1 (pid=74836) [restore PC=9, RW=R]

[ 48s] PC       :: A1 -> 10

[ 49s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 49s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 49s] DISPATCH -> A4 (pid=74839) [restore PC=11, RW=W]

[ 49s] SYSCALL !! A4 pede I/O (READ)

[ 49s] BLOCK    .. A4 bloqueado por I/O [ctx: PC=11, RW=R]

[ 49s] IO-START >> A4 (pid=74839) — D1 ocupado

[ 49s] DISPATCH -> A5 (pid=74840) [restore PC=11, RW=W]

[ 49s] SYSCALL !! A5 pede I/O (READ)

[ 49s] BLOCK    .. A5 bloqueado por I/O [ctx: PC=11, RW=R]

[ 49s] DISPATCH -> A3 (pid=74838) [restore PC=11, RW=W]

[ 49s] PC       :: A3 -> 12

[ 50s] IRQ0     \*\* time-slice encerrado

[ 50s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 50s] DISPATCH -> A2 (pid=74837) [restore PC=11, RW=R]

[ 50s] PC       :: A2 -> 12

---

[ 51s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 51s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 51s] DISPATCH -> A1 (pid=74836) [restore PC=10, RW=R]

[ 51s] PC        :: A1 -> 11

[ 52s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 52s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 52s] DISPATCH -> A3 (pid=74838) [restore PC=12, RW=W]

[ 52s] PC        :: A3 -> 13

[ 52s] IRQ1    \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 52s] IO-DONE << A4 liberado; volta à fila de prontos

[ 52s] IO-START >> A5 (pid=74840) — D1 ocupado

[ 53s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 53s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 53s] DISPATCH -> A2 (pid=74837) [restore PC=12, RW=R]

[ 53s] PC        :: A2 -> 13

[ 54s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 54s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 54s] DISPATCH -> A1 (pid=74836) [restore PC=11, RW=R]

[ 54s] PC        :: A1 -> 12

[ 55s] SYSCALL !! A1 pede I/O (WRITE)

[ 55s] BLOCK    .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=12, RW=W]

[ 55s] IRQ1    \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 55s] IO-DONE << A5 liberado; volta à fila de prontos

[ 55s] IO-START >> A1 (pid=74836) — D1 ocupado

[ 55s] DISPATCH -> A4 (pid=74839) [restore PC=11, RW=R]

[ 55s] PC        :: A4 -> 12

[ 55s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 55s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

---

[ 55s] DISPATCH -> A3 (pid=74838) [restore PC=13, RW=W]  
[ 55s] PC :: A3 -> 14  
[ 56s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 56s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 56s] DISPATCH -> A2 (pid=74837) [restore PC=13, RW=R]  
[ 56s] PC :: A2 -> 14  
[ 57s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 57s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 57s] DISPATCH -> A5 (pid=74840) [restore PC=11, RW=R]  
[ 57s] PC :: A5 -> 12  
[ 58s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 58s] IO-DONE << A1 liberado; volta à fila de prontos  
[ 58s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 58s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)  
[ 58s] DISPATCH -> A4 (pid=74839) [restore PC=12, RW=R]  
[ 58s] PC :: A4 -> 13  
[ 59s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 59s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)  
[ 59s] DISPATCH -> A3 (pid=74838) [restore PC=14, RW=W]  
[ 59s] PC :: A3 -> 15  
[ 60s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 60s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 60s] DISPATCH -> A2 (pid=74837) [restore PC=14, RW=R]  
[ 60s] PC :: A2 -> 15  
[ 60s] FINISHED xx A3 (pid=74838)  
[ 61s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 61s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 61s] DISPATCH -> A1 (pid=74836) [restore PC=12, RW=W]



---

[ 61s] PC     :: A1 -> 13

[ 62s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 62s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 62s] DISPATCH -> A5 (pid=74840) [restore PC=12, RW=R]

[ 62s] PC     :: A5 -> 13

[ 63s] PC     :: A5 -> 14

[ 63s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 63s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 63s] DISPATCH -> A4 (pid=74839) [restore PC=13, RW=R]

[ 63s] PC     :: A4 -> 14

[ 64s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 64s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 64s] DISPATCH -> A2 (pid=74837) [restore PC=15, RW=R]

[ 64s] FINISHED xx A2 (pid=74837)

[ 64s] DISPATCH -> A1 (pid=74836) [restore PC=13, RW=W]

[ 64s] PC     :: A1 -> 14

[ 65s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 65s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 65s] DISPATCH -> A5 (pid=74840) [restore PC=14, RW=R]

[ 65s] PC     :: A5 -> 15

[ 66s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 66s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 66s] DISPATCH -> A4 (pid=74839) [restore PC=14, RW=R]

[ 66s] PC     :: A4 -> 15

[ 67s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado

[ 67s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 67s] DISPATCH -> A1 (pid=74836) [restore PC=14, RW=W]

[ 67s] PC     :: A1 -> 15

---

```
[ 68s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 68s] PREEMPT  <- A1 (volta à fila de prontos)
[ 68s] DISPATCH -> A5 (pid=74840) [restore PC=15, RW=R]
[ 68s] FINISHED xx A5 (pid=74840)
[ 68s] DISPATCH -> A4 (pid=74839) [restore PC=15, RW=R]
[ 68s] FINISHED xx A4 (pid=74839)
[ 68s] DISPATCH -> A1 (pid=74836) [restore PC=15, RW=W]
[ 68s] FINISHED xx A1 (pid=74836)
[ 68s] TERMINOU: todos os apps finalizaram; encerrando Kernel e IC
[ 68s] SHUTDOWN ~~ Kernel encerrado
```

### 3.4) 6 processos (A1..A6)

```
livianessvein@Livians-MacBook-Air T1 % ./kernel 6
```

```
[ 0s] BOOT ~~ KernelSim iniciando (6 apps)
[ 0s] SPAWN ++ A1 (pid=50000) adicionado à fila de prontos
[ 0s] SPAWN ++ A2 (pid=50001) adicionado à fila de prontos
[ 0s] SPAWN ++ A3 (pid=50002) adicionado à fila de prontos
[ 0s] SPAWN ++ A4 (pid=50003) adicionado à fila de prontos
[ 0s] SPAWN ++ A5 (pid=50004) adicionado à fila de prontos
[ 0s] SPAWN ++ A6 (pid=50005) adicionado à fila de prontos
[ 0s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=0, RW=-]
[ 0s] PC :: A1 -> 1
[ 0s] IRQ0 ** time-slice encerrado
[ 0s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)
[ 0s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=0, RW=-]
[ 1s] PC :: A2 -> 1
```

---

[ 1s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 1s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 1s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=0, RW=-]

[ 2s] PC :: A3 -> 1

[ 2s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 2s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 2s] DISPATCH -> A4 (pid=50003) [restore PC=0, RW=-]

[ 3s] PC :: A4 -> 1

[ 3s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 3s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 3s] DISPATCH -> A5 (pid=50004) [restore PC=0, RW=-]

[ 4s] PC :: A5 -> 1

[ 4s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 4s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 4s] DISPATCH -> A6 (pid=50005) [restore PC=0, RW=-]

[ 5s] PC :: A6 -> 1

[ 5s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 5s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

[ 5s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=1, RW=-]

[ 6s] PC :: A1 -> 2

[ 6s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 6s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 6s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=1, RW=-]

[ 7s] PC :: A2 -> 2

[ 7s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 7s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

---

[ 7s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=1, RW=-]

[ 8s] PC :: A3 -> 2

[ 8s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 8s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 8s] DISPATCH -> A4 (pid=50003) [restore PC=1, RW=-]

[ 9s] PC :: A4 -> 2

[ 9s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 9s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 9s] DISPATCH -> A5 (pid=50004) [restore PC=1, RW=-]

[ 10s] PC :: A5 -> 2

[ 10s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 10s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 10s] DISPATCH -> A6 (pid=50005) [restore PC=1, RW=-]

[ 11s] PC :: A6 -> 2

[ 11s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 11s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

[ 11s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=2, RW=-]

[ 12s] PC :: A1 -> 3

[ 12s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 12s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 12s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=2, RW=-]

[ 13s] PC :: A2 -> 3

[ 13s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 13s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 13s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=2, RW=-]

[ 14s] PC :: A3 -> 3

---

[ 14s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 14s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 14s] DISPATCH -> A4 (pid=50003) [restore PC=2, RW=-]

[ 15s] PC :: A4 -> 3

[ 15s] SYSCALL !! A4 pede I/O (WRITE)

[ 15s] BLOCK .. A4 bloqueado por I/O [ctx: PC=3, RW=W]

[ 15s] IO-START >> A4 (pid=50003) — D1 ocupado

[ 15s] DISPATCH -> A5 (pid=50004) [restore PC=2, RW=-]

[ 16s] PC :: A5 -> 3

[ 16s] SYSCALL !! A5 pede I/O (READ)

[ 16s] BLOCK .. A5 bloqueado por I/O [ctx: PC=3, RW=R]

[ 16s] DISPATCH -> A6 (pid=50005) [restore PC=2, RW=-]

[ 17s] PC :: A6 -> 3

[ 17s] SYSCALL !! A6 pede I/O (WRITE)

[ 17s] BLOCK .. A6 bloqueado por I/O [ctx: PC=3, RW=W]

[ 17s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=3, RW=-]

[ 18s] PC :: A1 -> 4

[ 18s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 18s] IO-DONE << A4 liberado; volta à fila de prontos

[ 18s] IO-START >> A5 (pid=50004) — D1 ocupado

[ 18s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 18s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 18s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=3, RW=-]

[ 19s] PC :: A2 -> 4

[ 19s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 19s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

---

[ 19s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=3, RW=-]

[ 20s] PC :: A3 -> 4

[ 20s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 20s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 20s] DISPATCH -> A4 (pid=50003) [restore PC=3, RW=W]

[ 21s] PC :: A4 -> 4

[ 21s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 21s] IO-DONE << A5 liberado; volta à fila de prontos

[ 21s] IO-START >> A6 (pid=50005) — D1 ocupado

[ 21s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 21s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 21s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=4, RW=-]

[ 22s] PC :: A1 -> 5

[ 22s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 22s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 22s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=4, RW=-]

[ 23s] PC :: A2 -> 5

[ 23s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 23s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 23s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=4, RW=-]

[ 24s] PC :: A3 -> 5

[ 24s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 24s] IO-DONE << A6 liberado; volta à fila de prontos

[ 24s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 24s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 24s] DISPATCH -> A5 (pid=50004) [restore PC=3, RW=R]

---

[ 25s] PC :: A5 -> 4

[ 25s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 25s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 25s] DISPATCH -> A4 (pid=50003) [restore PC=4, RW=W]

[ 26s] PC :: A4 -> 5

[ 26s] SYSCALL !! A4 pede I/O (WRITE)

[ 26s] BLOCK .. A4 bloqueado por I/O [ctx: PC=5, RW=W]

[ 26s] IO-START >> A4 (pid=50003) — D1 ocupado

[ 26s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=5, RW=-]

[ 27s] PC :: A1 -> 6

[ 27s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 27s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 27s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=5, RW=-]

[ 28s] PC :: A2 -> 6

[ 28s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 28s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 28s] DISPATCH -> A6 (pid=50005) [restore PC=3, RW=W]

[ 29s] PC :: A6 -> 4

[ 29s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 29s] IO-DONE << A4 liberado; volta à fila de prontos

[ 29s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 29s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

[ 29s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=5, RW=-]

[ 30s] PC :: A3 -> 6

[ 30s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 30s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

---

[ 30s] DISPATCH -> A5 (pid=50004) [restore PC=4, RW=R]

[ 31s] PC :: A5 -> 5

[ 31s] SYSCALL !! A5 pede I/O (READ)

[ 31s] BLOCK .. A5 bloqueado por I/O [ctx: PC=5, RW=R]

[ 31s] IO-START >> A5 (pid=50004) — D1 ocupado

[ 31s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=6, RW=-]

[ 32s] PC :: A1 -> 7

[ 32s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 32s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 32s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=6, RW=-]

[ 33s] PC :: A2 -> 7

[ 33s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 33s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 33s] DISPATCH -> A4 (pid=50003) [restore PC=5, RW=W]

[ 34s] PC :: A4 -> 6

[ 34s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 34s] IO-DONE << A5 liberado; volta à fila de prontos

[ 34s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 34s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 34s] DISPATCH -> A6 (pid=50005) [restore PC=4, RW=W]

[ 35s] PC :: A6 -> 5

[ 35s] SYSCALL !! A6 pede I/O (WRITE)

[ 35s] BLOCK .. A6 bloqueado por I/O [ctx: PC=5, RW=W]

[ 35s] IO-START >> A6 (pid=50005) — D1 ocupado

[ 35s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=6, RW=-]

[ 36s] PC :: A3 -> 7



---

[ 36s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 36s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 36s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=7, RW=-]

[ 37s] PC :: A1 -> 8

[ 37s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 37s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 37s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=7, RW=-]

[ 38s] PC :: A2 -> 8

[ 38s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 38s] IO-DONE << A6 liberado; volta à fila de prontos

[ 38s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 38s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 38s] DISPATCH -> A5 (pid=50004) [restore PC=5, RW=R]

[ 39s] PC :: A5 -> 6

[ 39s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 39s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 39s] DISPATCH -> A4 (pid=50003) [restore PC=6, RW=W]

[ 40s] PC :: A4 -> 7

[ 40s] SYSCALL !! A4 pede I/O (WRITE)

[ 40s] BLOCK .. A4 bloqueado por I/O [ctx: PC=7, RW=W]

[ 40s] IO-START >> A4 (pid=50003) — D1 ocupado

[ 40s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=7, RW=-]

[ 41s] PC :: A3 -> 8

[ 41s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 41s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 41s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=8, RW=-]

---

[ 42s] PC :: A1 -> 9

[ 42s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 42s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 42s] DISPATCH -> A6 (pid=50005) [restore PC=5, RW=W]

[ 43s] PC :: A6 -> 6

[ 43s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 43s] IO-DONE << A4 liberado; volta à fila de prontos

[ 43s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 43s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

[ 43s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=8, RW=-]

[ 44s] PC :: A2 -> 9

[ 44s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 44s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 44s] DISPATCH -> A5 (pid=50004) [restore PC=6, RW=R]

[ 45s] PC :: A5 -> 7

[ 45s] SYSCALL !! A5 pede I/O (READ)

[ 45s] BLOCK .. A5 bloqueado por I/O [ctx: PC=7, RW=R]

[ 45s] IO-START >> A5 (pid=50004) — D1 ocupado

[ 45s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=8, RW=-]

[ 46s] PC :: A3 -> 9

[ 46s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 46s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 46s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=9, RW=-]

[ 47s] PC :: A1 -> 10

[ 47s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 47s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

---

[ 47s] DISPATCH -> A4 (pid=50003) [restore PC=7, RW=W]

[ 48s] PC :: A4 -> 8

[ 48s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 48s] IO-DONE << A5 liberado; volta à fila de prontos

[ 48s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 48s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 48s] DISPATCH -> A6 (pid=50005) [restore PC=6, RW=W]

[ 49s] PC :: A6 -> 7

[ 49s] SYSCALL !! A6 pede I/O (WRITE)

[ 49s] BLOCK .. A6 bloqueado por I/O [ctx: PC=7, RW=W]

[ 49s] IO-START >> A6 (pid=50005) — D1 ocupado

[ 49s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=9, RW=-]

[ 50s] PC :: A2 -> 10

[ 50s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 50s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 50s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=9, RW=-]

[ 51s] PC :: A3 -> 10

[ 51s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 51s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 51s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=10, RW=-]

[ 52s] PC :: A1 -> 11

[ 52s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 52s] IO-DONE << A6 liberado; volta à fila de prontos

[ 52s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 52s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 52s] DISPATCH -> A5 (pid=50004) [restore PC=7, RW=R]

---

[ 53s] PC :: A5 -> 8

[ 53s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 53s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 53s] DISPATCH -> A4 (pid=50003) [restore PC=8, RW=W]

[ 54s] PC :: A4 -> 9

[ 54s] SYSCALL !! A4 pede I/O (WRITE)

[ 54s] BLOCK .. A4 bloqueado por I/O [ctx: PC=9, RW=W]

[ 54s] IO-START >> A4 (pid=50003) — D1 ocupado

[ 54s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=10, RW=-]

[ 55s] PC :: A2 -> 11

[ 55s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 55s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 55s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=10, RW=-]

[ 56s] PC :: A3 -> 11

[ 56s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 56s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 56s] DISPATCH -> A6 (pid=50005) [restore PC=7, RW=W]

[ 57s] PC :: A6 -> 8

[ 57s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 57s] IO-DONE << A4 liberado; volta à fila de prontos

[ 57s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 57s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

[ 57s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=11, RW=-]

[ 58s] PC :: A1 -> 12

[ 58s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 58s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

---

[ 58s] DISPATCH -> A5 (pid=50004) [restore PC=8, RW=R]  
[ 59s] PC :: A5 -> 9  
[ 59s] SYSCALL !! A5 pede I/O (READ)  
[ 59s] BLOCK .. A5 bloqueado por I/O [ctx: PC=9, RW=R]  
[ 59s] IO-START >> A5 (pid=50004) — D1 ocupado  
[ 59s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=11, RW=-]  
[ 60s] PC :: A2 -> 12  
[ 60s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 60s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 60s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=11, RW=-]  
[ 61s] PC :: A3 -> 12  
[ 61s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 61s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 61s] DISPATCH -> A4 (pid=50003) [restore PC=9, RW=W]  
[ 62s] PC :: A4 -> 10  
[ 62s] SYSCALL !! A4 pede I/O (READ)  
[ 62s] BLOCK .. A4 bloqueado por I/O [ctx: PC=10, RW=R]  
[ 62s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 62s] IO-DONE << A5 liberado; volta à fila de prontos  
[ 62s] IO-START >> A4 (pid=50003) — D1 ocupado  
[ 62s] DISPATCH -> A6 (pid=50005) [restore PC=8, RW=W]  
[ 63s] PC :: A6 -> 9  
[ 63s] SYSCALL !! A6 pede I/O (WRITE)  
[ 63s] BLOCK .. A6 bloqueado por I/O [ctx: PC=9, RW=W]  
[ 63s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=12, RW=-]  
[ 64s] PC :: A1 -> 13

---

[ 64s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 64s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 64s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=12, RW=-]

[ 65s] PC :: A2 -> 13

[ 65s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 65s] IO-DONE << A4 liberado; volta à fila de prontos

[ 65s] IO-START >> A6 (pid=50005) — D1 ocupado

[ 65s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 65s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 65s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=12, RW=-]

[ 66s] PC :: A3 -> 13

[ 66s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 66s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 66s] DISPATCH -> A5 (pid=50004) [restore PC=9, RW=R]

[ 67s] PC :: A5 -> 10

[ 67s] SYSCALL !! A5 pede I/O (WRITE)

[ 67s] BLOCK .. A5 bloqueado por I/O [ctx: PC=10, RW=W]

[ 67s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=13, RW=-]

[ 68s] PC :: A1 -> 14

[ 68s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 68s] IO-DONE << A6 liberado; volta à fila de prontos

[ 68s] IO-START >> A5 (pid=50004) — D1 ocupado

[ 68s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 68s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 68s] DISPATCH -> A4 (pid=50003) [restore PC=10, RW=R]

[ 69s] PC :: A4 -> 11

---

[ 69s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 69s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 69s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=13, RW=-]

[ 70s] PC :: A2 -> 14

[ 70s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 70s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 70s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=13, RW=-]

[ 71s] PC :: A3 -> 14

[ 71s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 71s] IO-DONE << A5 liberado; volta à fila de prontos

[ 71s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 71s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 71s] DISPATCH -> A6 (pid=50005) [restore PC=9, RW=W]

[ 72s] PC :: A6 -> 10

[ 72s] SYSCALL !! A6 pede I/O (READ)

[ 72s] BLOCK .. A6 bloqueado por I/O [ctx: PC=10, RW=R]

[ 72s] IO-START >> A6 (pid=50005) — D1 ocupado

[ 72s] DISPATCH -> A1 (pid=50000) [restore PC=14, RW=-]

[ 73s] PC :: A1 -> 15

[ 73s] FINISHED xx A1 (pid=50000)

[ 73s] DISPATCH -> A4 (pid=50003) [restore PC=11, RW=R]

[ 74s] PC :: A4 -> 12

[ 74s] SYSCALL !! A4 pede I/O (READ)

[ 74s] BLOCK .. A4 bloqueado por I/O [ctx: PC=12, RW=R]

[ 74s] DISPATCH -> A2 (pid=50001) [restore PC=14, RW=-]

[ 75s] PC :: A2 -> 15

---

[ 75s] FINISHED xx A2 (pid=50001)

[ 75s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 75s] IO-DONE << A6 liberado; volta à fila de prontos

[ 75s] IO-START >> A4 (pid=50003) — D1 ocupado

[ 75s] DISPATCH -> A5 (pid=50004) [restore PC=10, RW=W]

[ 76s] PC :: A5 -> 11

[ 76s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 76s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 76s] DISPATCH -> A3 (pid=50002) [restore PC=14, RW=-]

[ 77s] PC :: A3 -> 15

[ 77s] FINISHED xx A3 (pid=50002)

[ 77s] DISPATCH -> A6 (pid=50005) [restore PC=10, RW=R]

[ 78s] PC :: A6 -> 11

[ 78s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 78s] IO-DONE << A4 liberado; volta à fila de prontos

[ 78s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 78s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

[ 78s] DISPATCH -> A5 (pid=50004) [restore PC=11, RW=W]

[ 79s] PC :: A5 -> 12

[ 79s] SYSCALL !! A5 pede I/O (WRITE)

[ 79s] BLOCK .. A5 bloqueado por I/O [ctx: PC=12, RW=W]

[ 79s] IO-START >> A5 (pid=50004) — D1 ocupado

[ 79s] DISPATCH -> A4 (pid=50003) [restore PC=12, RW=R]

[ 80s] PC :: A4 -> 13

[ 80s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 80s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)



---

[ 80s] DISPATCH -> A6 (pid=50005) [restore PC=11, RW=R]

[ 81s] PC :: A6 -> 12

[ 81s] SYSCALL !! A6 pede I/O (READ)

[ 81s] BLOCK .. A6 bloqueado por I/O [ctx: PC=12, RW=R]

[ 81s] DISPATCH -> A4 (pid=50003) [restore PC=13, RW=R]

[ 82s] PC :: A4 -> 14

[ 82s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 82s] IO-DONE << A5 liberado; volta à fila de prontos

[ 82s] IO-START >> A6 (pid=50005) — D1 ocupado

[ 82s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 82s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 82s] DISPATCH -> A5 (pid=50004) [restore PC=12, RW=W]

[ 83s] PC :: A5 -> 13

[ 83s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 83s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 83s] DISPATCH -> A4 (pid=50003) [restore PC=14, RW=R]

[ 84s] PC :: A4 -> 15

[ 84s] FINISHED xx A4 (pid=50003)

[ 84s] DISPATCH -> A5 (pid=50004) [restore PC=13, RW=W]

[ 85s] PC :: A5 -> 14

[ 85s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 85s] IO-DONE << A6 liberado; volta à fila de prontos

[ 85s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 85s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 85s] DISPATCH -> A6 (pid=50005) [restore PC=12, RW=R]

[ 86s] PC :: A6 -> 13

---

[ 86s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 86s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

[ 86s] DISPATCH -> A5 (pid=50004) [restore PC=14, RW=W]

[ 87s] PC :: A5 -> 15

[ 87s] FINISHED xx A5 (pid=50004)

[ 87s] DISPATCH -> A6 (pid=50005) [restore PC=13, RW=R]

[ 88s] PC :: A6 -> 14

[ 88s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 89s] PC :: A6 -> 15

[ 89s] FINISHED xx A6 (pid=50005)

[ 89s] TERMINOU: todos os apps finalizaram; encerrando Kernel

[ 89s] SHUTDOWN ~~ Kernel encerrado

### 3.5) Processos fora do limite estabelecido

```
⊗ livianessvein@Livians-MacBook-Air T1 % ./kernel 2
Erro: número de apps precisa estar entre 3 e 6 (conforme enunciado).
Uso: ./kernel <num_apps (3..6)>
⊗ livianessvein@Livians-MacBook-Air T1 % ./kernel 7
Erro: número de apps precisa estar entre 3 e 6 (conforme enunciado).
Uso: ./kernel <num_apps (3..6)>
```

---

## 4. Conclusões

Em todas as execuções realizadas, o sistema apresentou um comportamento consistente e alinhado ao que era esperado. O kernel manteve o escalonamento *round-robin* preemptivo com quantum de 1 segundo, regulado pelas interrupções de tempo (IRQ0), enquanto o dispositivo de entrada e saída operou de forma serial, gerando interrupções de término (IRQ1) a cada 3 segundos após cada requisição. As transições de estado entre *ready*, *running*, *blocked* e *finished* ocorreram corretamente, com os processos sendo criados, bloqueados e liberados nas ordens adequadas. Além disso, o encerramento do sistema ocorreu de maneira limpa, sem processos pendentes, demonstrando que as filas de prontos e de I/O foram gerenciadas corretamente.

O aumento progressivo do número de processos, de três até seis, não comprometeu a estabilidade do sistema. Em todos os casos, o comportamento do escalonamento e o controle das interrupções se mantiveram coerentes.

---

A única observação relevante é a ocorrência de *timestamps* “adiantados”, em que o primeiro PC -> 1 de cada aplicativo aparece apenas na segunda rodada do *round-robin*. Esse fenômeno é esperado e se deve à barreira de sincronização estabelecida pelo sinal SIGSTOP e à forma como o STATUS é enviado logo após o primeiro *dispatch*. Trata-se, portanto, de um comportamento normal do sistema, resultante da lógica de sincronização entre processos e sinais.