



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 do sistema e é responsável pelo controle de execução dos processos, despacho, preempção, bloqueio, desbloqueio e término.

Estruturas e variáveis

- procs[MAX\_APPS]: vetor de PCBs.
- Filas:
  - 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 ocupado.
  - io\_serving guarda o PID atualmente em serviço.
- Flags de sinais:
  - got\_irq0, got\_irq1, got\_sysc.
- Variáveis auxiliares:
  - stall\_ticks e last\_progress\_pc implementam o watchdog anti-stall (caso um processo pare de progredir).

- 
- `t0`: marca o tempo inicial para logs com timestamps.

Funções principais:

- `dispatch_next()`  
Escolhe o próximo processo da fila de prontos, muda seu estado para `RUNNING`, restaura o contexto e envia `SIGCONT`.
- `preempt_current()`  
Envia `SIGSTOP` ao processo em execução, marca como `READY` e o re-enfila.
- `handle_app_pipe()`  
Lê mensagens `appmsg_t` (non-blocking):
  - `MSG_APP_STATUS` → atualiza `last_pc` no PCB.
  - `MSG_SYSCALL_RW` → bloqueia o processo, salva `last_syscall`, enfileira na I/O e inicia o serviço se o dispositivo estiver livre.
- `start_io_if_idle()`  
Retira um processo da fila de I/O e envia `MSG_IO_START` ao InterController.
- `on_child_exit()`  
Trata processos finalizados (`SIGCHLD`), marca `ST_FINISHED` e remove de todas as filas.
- `schedule_loop()`  
Loop principal que:
  - Drena o pipe de apps.
  - Reage a interrupções:
    - `IRQ1` (fim de I/O): desbloqueia processo e re-enfila.
    - `IRQ0` (tempo): faz preempção se houver disputa; se só há um pronto, reforça execução e vigia “stall”.
    - `SIGALRM`: executa `dispatch_next()` se CPU ociosa.
  - Encerra ao fim de todos os processos (`ALL DONE` → `SIGTERM` no IC → `SHUTDOWN`).

---

## Diferenciais do código

- “Barreira de boot”: após criar todos os apps, o kernel envia SIGSTOP neles antes do primeiro despacho, evitando PCs adiantados no log.
- “Anti-stall watchdog”: detecta quando o processo único não avança em 5 ticks e o reinicia.
- Logs legíveis e coloridos: categorizados por tipo (DISPATCH, IRQ, IO, APP).
- Leitura non-blocking do pipe e limpeza das filas após término.

O `kernel_sim.c` é o coração do projeto, simulando a lógica de um escalonador de tempo compartilhado com controle de I/O e gerenciamento completo do ciclo de vida dos processos.



---

### 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:

- i. RR com quantum de 1s;
- ii. bloqueio e fila de I/O corretos;
- iii. IRQ1 a cada 3s por I/O;
- iv. retorno à fila de prontos após I/O;
- v. finalização ordenada.

#### 3.1) 3 processos (A1..A3)

- 0–3s: RR inicial A1→A2→A3 com quantum de 1s; já em 0s o A1 reporta PC->1.
- 3–9s: RR segue (A1, A2, A3) elevando os PCs até que, aos 9s, o A1 em PC=3 faz READ e bloqueia (D1 ocupado 9–12).
- 9–12s: enquanto o A1 está em I/O, A2 avança e aos 11s pede WRITE (bloqueia). 12s: IRQ1 libera A1 e inicia o I/O do A2.
- 12–18s: 13s o A3 em PC=5 pede READ (bloqueia); 15s: IRQ1 libera A2 e inicia o I/O do A3; 18s: IRQ1 libera A3.
- 18–21s: A1 retorna, atinge PC=7 e aos 18s pede novo READ; 21s: IRQ1 libera A1.
- 21–30s: RR normal até 27s, quando o A2 em PC=9 pede READ; 30s: IRQ1 libera A2.
- 30–36s: 30s o A3 em PC=10 pede WRITE (liberado em 33s com IRQ1). Ainda 33s, o A1 em PC=12 pede WRITE; 36s: IRQ1 libera A1.
- 36–45s: sem novos I/Os; RR avança PCs até 15. 45s: finalizam em sequência A2, A1, A3 e o kernel encerra.

---

giovananogueira@MacBook-Pro T1SO % ./kernel\_sim 3

```
[ 0s] BOOT    ~~ KernelSim iniciando (3 apps)
[ 0s] SPAWN   ++ A1 (pid=15060) adicionado à fila de prontos
[ 0s] SPAWN   ++ A2 (pid=15061) adicionado à fila de prontos
[ 0s] SPAWN   ++ A3 (pid=15062) adicionado à fila de prontos
[ 0s] DISPATCH -> A1 (pid=15060) [restore PC=0, RW=-]
[ 1s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 1s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)
[ 1s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [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=15062) [restore PC=0, RW=-]
[ 2s] PC      :: A3 -> 1
[ 3s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 3s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)
[ 3s] DISPATCH -> A1 (pid=15060) [restore PC=0, RW=-]
[ 3s] PC      :: A1 -> 1
[ 4s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 4s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)
[ 4s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [restore PC=1, RW=-]
[ 4s] PC      :: A2 -> 2
[ 5s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 5s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)
[ 5s] DISPATCH -> A3 (pid=15062) [restore PC=1, RW=-]
[ 5s] PC      :: A3 -> 2
[ 6s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 6s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)
```

---

[ 6s] DISPATCH -> A1 (pid=15060) [restore PC=1, RW=-]  
[ 6s] PC :: A1 -> 2  
[ 7s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 7s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)  
[ 7s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [restore PC=2, RW=-]  
[ 7s] PC :: A2 -> 3  
[ 8s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 8s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 8s] DISPATCH -> A3 (pid=15062) [restore PC=2, RW=-]  
[ 8s] PC :: A3 -> 3  
[ 9s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 9s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 9s] DISPATCH -> A1 (pid=15060) [restore PC=2, RW=-]  
[ 9s] PC :: A1 -> 3  
[ 9s] SYSCALL !! A1 pede I/O (READ)  
[ 9s] BLOCK .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=3, RW=R]  
[ 9s] IO-START >> A1 (pid=15060) — D1 ocupado  
[ 9s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [restore PC=3, RW=-]  
[ 9s] PC :: A2 -> 4  
[ 9s] SYSCALL !! A2 pede I/O (WRITE)  
[ 9s] BLOCK .. A2 bloqueado por I/O [ctx: PC=4, RW=W]  
[ 9s] DISPATCH -> A3 (pid=15062) [restore PC=3, RW=-]  
[ 9s] PC :: A3 -> 4  
[ 10s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado — único pronto continua  
[ 10s] PC :: A3 -> 5  
[ 10s] SYSCALL !! A3 pede I/O (READ)  
[ 10s] BLOCK .. A3 bloqueado por I/O [ctx: PC=5, RW=R]  
[ 10s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

---

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

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

[ 12s] DISPATCH (fila vazia) — aguardando próximo evento

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

[ 12s] IO-DONE << A1 liberado; volta à fila de prontos

[ 12s] IO-START >> A2 (pid=15061) — D1 ocupado

[ 12s] DISPATCH -> A1 (pid=15060) [restore PC=3, RW=R]

[ 12s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

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

[ 13s] PC      :: A1 -> 4

[ 14s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 14s] PC      :: A1 -> 5

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

[ 15s] IO-DONE << A2 liberado; volta à fila de prontos

[ 15s] IO-START >> A3 (pid=15062) — D1 ocupado

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

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

[ 15s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [restore PC=4, RW=W]

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

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

[ 16s] DISPATCH -> A1 (pid=15060) [restore PC=5, RW=R]

[ 16s] PC      :: A1 -> 6

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

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

[ 17s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [restore PC=4, RW=W]

[ 17s] PC      :: A2 -> 5

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

[ 18s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

---

[ 18s] DISPATCH -> A1 (pid=15060) [restore PC=6, RW=R]  
[ 18s] PC :: A1 -> 7  
[ 18s] SYSCALL !! A1 pede I/O (READ)  
[ 18s] BLOCK .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=7, RW=R]  
[ 18s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [restore PC=5, RW=W]  
[ 18s] PC :: A2 -> 6  
[ 18s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 18s] IO-DONE << A3 liberado; volta à fila de prontos  
[ 18s] IO-START >> A1 (pid=15060) — D1 ocupado  
[ 19s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 19s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 19s] DISPATCH -> A3 (pid=15062) [restore PC=5, RW=R]  
[ 20s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 20s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 20s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [restore PC=6, RW=W]  
[ 20s] PC :: A3 -> 6  
[ 20s] PC :: A2 -> 7  
[ 21s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 21s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 21s] DISPATCH -> A3 (pid=15062) [restore PC=6, RW=R]  
[ 21s] PC :: A3 -> 7  
[ 21s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 21s] IO-DONE << A1 liberado; volta à fila de prontos  
[ 22s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 22s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 22s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [restore PC=7, RW=W]  
[ 22s] PC :: A2 -> 8  
[ 23s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

---

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

[ 23s] DISPATCH -> A1 (pid=15060) [restore PC=7, RW=R]

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

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

[ 24s] DISPATCH -> A3 (pid=15062) [restore PC=7, RW=R]

[ 24s] PC :: A3 -> 8

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

[ 25s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 25s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [restore PC=8, RW=W]

[ 25s] PC :: A2 -> 9

[ 25s] SYSCALL !! A2 pede I/O (READ)

[ 25s] BLOCK .. A2 bloqueado por I/O [ctx: PC=9, RW=R]

[ 25s] IO-START >> A2 (pid=15061) — D1 ocupado

[ 25s] DISPATCH -> A1 (pid=15060) [restore PC=7, RW=R]

[ 25s] PC :: A1 -> 8

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

[ 26s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 26s] DISPATCH -> A3 (pid=15062) [restore PC=8, RW=R]

[ 26s] PC :: A3 -> 9

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

[ 27s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 27s] DISPATCH -> A1 (pid=15060) [restore PC=8, RW=R]

[ 27s] PC :: A1 -> 9

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

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

[ 28s] DISPATCH -> A3 (pid=15062) [restore PC=9, RW=R]

[ 28s] PC :: A3 -> 10

[ 28s] SYSCALL !! A3 pede I/O (WRITE)

---

[ 28s] BLOCK .. A3 bloqueado por I/O [ctx: PC=10, RW=W]  
[ 28s] DISPATCH -> A1 (pid=15060) [restore PC=9, RW=R]  
[ 28s] PC :: A1 -> 10  
[ 28s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 28s] IO-DONE << A2 liberado; volta à fila de prontos  
[ 28s] IO-START >> A3 (pid=15062) — D1 ocupado  
[ 29s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 29s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)  
[ 29s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [restore PC=9, RW=R]  
[ 30s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 30s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 30s] DISPATCH -> A1 (pid=15060) [restore PC=10, RW=R]  
[ 30s] PC :: A1 -> 11  
[ 31s] PC :: A1 -> 12  
[ 31s] SYSCALL !! A1 pede I/O (WRITE)  
[ 31s] BLOCK .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=12, RW=W]  
[ 31s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [restore PC=9, RW=R]  
[ 31s] PC :: A2 -> 10  
[ 31s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado — único pronto continua  
[ 31s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 31s] IO-DONE << A3 liberado; volta à fila de prontos  
[ 31s] IO-START >> A1 (pid=15060) — D1 ocupado  
[ 32s] PC :: A2 -> 11  
[ 32s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 32s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 32s] DISPATCH -> A3 (pid=15062) [restore PC=10, RW=W]  
[ 33s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 33s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

---

[ 33s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [restore PC=11, RW=R]  
[ 33s] PC :: A2 -> 12  
[ 34s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 34s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 34s] DISPATCH -> A3 (pid=15062) [restore PC=10, RW=W]  
[ 34s] PC :: A3 -> 11  
[ 34s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 34s] IO-DONE << A1 liberado; volta à fila de prontos  
[ 35s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 35s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 35s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [restore PC=12, RW=R]  
[ 35s] PC :: A2 -> 13  
[ 36s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 36s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 36s] DISPATCH -> A1 (pid=15060) [restore PC=12, RW=W]  
[ 37s] PC :: A1 -> 13  
[ 37s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 37s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)  
[ 37s] DISPATCH -> A3 (pid=15062) [restore PC=11, RW=W]  
[ 37s] PC :: A3 -> 12  
[ 38s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 38s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 38s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [restore PC=13, RW=R]  
[ 38s] PC :: A2 -> 14  
[ 39s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 39s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 39s] DISPATCH -> A1 (pid=15060) [restore PC=13, RW=W]  
[ 39s] PC :: A1 -> 14



---

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

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

[ 40s] DISPATCH -> A3 (pid=15062) [restore PC=12, RW=W]

[ 40s] PC        :: A3 -> 13

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

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

[ 41s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [restore PC=14, RW=R]

[ 41s] PC        :: A2 -> 15

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

[ 42s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 42s] DISPATCH -> A1 (pid=15060) [restore PC=14, RW=W]

[ 42s] PC        :: A1 -> 15

[ 43s] FINISHED xx A1 (pid=15060)

[ 43s] DISPATCH -> A3 (pid=15062) [restore PC=13, RW=W]

[ 43s] PC        :: A3 -> 14

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

[ 43s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 43s] DISPATCH -> A2 (pid=15061) [restore PC=15, RW=R]

[ 43s] FINISHED xx A2 (pid=15061)

[ 43s] DISPATCH -> A3 (pid=15062) [restore PC=14, RW=W]

[ 44s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 44s] PC        :: A3 -> 15

[ 45s] IRQ0    \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 45s] FINISHED xx A3 (pid=15062)

[ 45s] ALL DONE todos os apps finalizaram; encerrando Kernel e IC

[ 45s] SHUTDOWN ~~ Kernel encerrado

---

### 3.2) 4 processos (A1..A4)

- 0–7s: duas rodadas de Round-Robin completas (A1→A2→A3→A4, 1s cada), com os PCs avançando até ~2. Entre 8–11s a terceira rodada leva os PCs para ~3–4 e, em 12s, A1 atinge ponto de I/O (READ), bloqueia e o D1 começa a atender.
- 12–18s: enquanto o RR continua, o D1 conclui o I/O do A1 em 15s (IRQ1) e imediatamente inicia o WRITE do A2 (15s→18s). Em 18s, A3 pede READ e ocupa o D1 até 21s (IRQ1).
- 21–24s: A4 solicita WRITE em 21s; o D1 finaliza em 24s (IRQ1).
- 28–36s: A1 solicita READ em 28s (IRQ1 em 31s). Em 33s, A2 solicita READ (IRQ1 em 36s). O RR segue sempre preemptando a cada IRQ0.
- 37–44s: A3 solicita WRITE em 37s (IRQ1 em 40s). Em 41s, A4 solicita READ (IRQ1 em 44s). O dispositivo D1 permanece serial, atendendo um pedido de cada vez, na ordem em que chegam.
- 45–48s: A1 solicita WRITE em 45s e recebe IRQ1 em 48s. A partir daí, todos voltam a progredir até o término.

livianessvein@Livians-MacBook-Air T1 % ./kernel 4

```
[ 0s] BOOT    ~~ KernelSim iniciando (4 apps)
[ 0s] SPAWN   ++ A1 (pid=74666) adicionado à fila de prontos
[ 0s] SPAWN   ++ A2 (pid=74667) adicionado à fila de prontos
[ 0s] SPAWN   ++ A3 (pid=74668) adicionado à fila de prontos
[ 0s] SPAWN   ++ A4 (pid=74669) adicionado à fila de prontos
[ 0s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=0, RW=-]
[ 0s] PC      :: A1 -> 1
[ 1s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 1s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)
[ 1s] DISPATCH -> A2 (pid=74667) [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=74668) [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=74669) [restore PC=0, RW=-]  
[ 3s] PC :: A4 -> 1  
[ 4s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 4s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)  
[ 4s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=1, RW=-]  
[ 4s] PC :: A1 -> 2  
[ 5s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 5s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)  
[ 5s] DISPATCH -> A2 (pid=74667) [restore PC=1, RW=-]  
[ 5s] PC :: A2 -> 2  
[ 6s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 6s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 6s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=1, RW=-]  
[ 6s] PC :: A3 -> 2  
[ 7s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 7s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 7s] DISPATCH -> A4 (pid=74669) [restore PC=1, RW=-]  
[ 7s] PC :: A4 -> 2  
[ 8s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 8s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)  
[ 8s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=2, RW=-]  
[ 8s] PC :: A1 -> 3  
[ 9s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 9s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)  
[ 9s] DISPATCH -> A2 (pid=74667) [restore PC=2, RW=-]  
[ 9s] PC :: A2 -> 3  
[ 10s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 10s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 10s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=2, RW=-]  
[ 10s] PC :: A3 -> 3  
[ 11s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 11s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

---

[ 11s] DISPATCH -> A4 (pid=74669) [restore PC=2, RW=-]  
[ 11s] PC :: A4 -> 3  
[ 12s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 12s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)  
[ 12s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=3, RW=-]  
[ 12s] SYSCALL !! A1 pede I/O (READ)  
[ 12s] BLOCK .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=3, RW=R]  
[ 12s] IO-START >> A1 (pid=74666) — D1 ocupado  
[ 12s] DISPATCH -> A2 (pid=74667) [restore PC=3, RW=-]  
[ 12s] PC :: A2 -> 4  
[ 13s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 13s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 13s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=3, RW=-]  
[ 13s] PC :: A3 -> 4  
[ 14s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 14s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 14s] DISPATCH -> A4 (pid=74669) [restore PC=3, RW=-]  
[ 14s] PC :: A4 -> 4  
[ 15s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 15s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)  
[ 15s] DISPATCH -> A2 (pid=74667) [restore PC=4, RW=-]  
[ 15s] SYSCALL !! A2 pede I/O (WRITE)  
[ 15s] BLOCK .. A2 bloqueado por I/O [ctx: PC=4, RW=W]  
[ 15s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=4, RW=-]  
[ 15s] PC :: A3 -> 5  
[ 15s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 15s] IO-DONE << A1 liberado; volta à fila de prontos  
[ 15s] IO-START >> A2 (pid=74667) — D1 ocupado  
[ 16s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 16s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 16s] DISPATCH -> A4 (pid=74669) [restore PC=4, RW=-]  
[ 16s] PC :: A4 -> 5  
[ 17s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 17s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)  
[ 17s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=3, RW=R]  
[ 17s] PC :: A1 -> 4

---

```
[ 18s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 18s] PREEMPT  <- A1 (volta à fila de prontos)
[ 18s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=5, RW=-]
[ 18s] SYSCALL  !! A3 pede I/O (READ)
[ 18s] BLOCK    .. A3 bloqueado por I/O [ctx: PC=5, RW=R]
[ 18s] DISPATCH -> A4 (pid=74669) [restore PC=5, RW=-]
[ 18s] PC       :: A4 -> 6
[ 18s] IRQ1    ** D1 sinaliza término de I/O
[ 18s] IO-DONE  << A2 liberado; volta à fila de prontos
[ 18s] IO-START >> A3 (pid=74668) — D1 ocupado
[ 19s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 19s] PREEMPT  <- A4 (volta à fila de prontos)
[ 19s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=4, RW=R]
[ 19s] PC       :: A1 -> 5
[ 20s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 20s] PREEMPT  <- A1 (volta à fila de prontos)
[ 20s] DISPATCH -> A2 (pid=74667) [restore PC=4, RW=W]
[ 20s] PC       :: A2 -> 5
[ 21s] IRQ1    ** D1 sinaliza término de I/O
[ 21s] IO-DONE  << A3 liberado; volta à fila de prontos
[ 21s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 21s] PREEMPT  <- A2 (volta à fila de prontos)
[ 21s] DISPATCH -> A4 (pid=74669) [restore PC=6, RW=-]
[ 21s] SYSCALL  !! A4 pede I/O (WRITE)
[ 21s] BLOCK    .. A4 bloqueado por I/O [ctx: PC=6, RW=W]
[ 21s] IO-START >> A4 (pid=74669) — D1 ocupado
[ 21s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=5, RW=R]
[ 21s] PC       :: A1 -> 6
[ 22s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 22s] PREEMPT  <- A1 (volta à fila de prontos)
[ 22s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=5, RW=R]
[ 22s] PC       :: A3 -> 6
[ 23s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 23s] PREEMPT  <- A3 (volta à fila de prontos)
[ 23s] DISPATCH -> A2 (pid=74667) [restore PC=5, RW=W]
[ 23s] PC       :: A2 -> 6
```

---

```

[ 24s] IRQ1    ** D1 sinaliza término de I/O
[ 24s] IO-DONE << A4 liberado; volta à fila de prontos
[ 24s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 24s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)
[ 24s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=6, RW=R]
[ 24s] PC      :: A1 -> 7
[ 25s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 25s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)
[ 25s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=6, RW=R]
[ 25s] PC      :: A3 -> 7
[ 26s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 26s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)
[ 26s] DISPATCH -> A4 (pid=74669) [restore PC=6, RW=W]
[ 26s] PC      :: A4 -> 7
[ 27s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 27s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)
[ 27s] DISPATCH -> A2 (pid=74667) [restore PC=6, RW=W]
[ 27s] PC      :: A2 -> 7
[ 28s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 28s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)
[ 28s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=7, RW=R]
[ 28s] SYSCALL !! A1 pede I/O (READ)
[ 28s] BLOCK   .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=7, RW=R]
[ 28s] IO-START >> A1 (pid=74666) — D1 ocupado
[ 28s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=7, RW=R]
[ 28s] PC      :: A3 -> 8
[ 29s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 29s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)
[ 29s] DISPATCH -> A4 (pid=74669) [restore PC=7, RW=W]
[ 29s] PC      :: A4 -> 8
[ 30s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 30s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)
[ 30s] DISPATCH -> A2 (pid=74667) [restore PC=7, RW=W]
[ 30s] PC      :: A2 -> 8
[ 31s] PC      :: A2 -> 9
[ 31s] IRQ0    ** time-slice encerrado

```

---

[ 31s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 31s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=8, RW=R]  
[ 31s] PC :: A3 -> 9  
[ 31s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 31s] IO-DONE << A1 liberado; volta à fila de prontos  
[ 32s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 32s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 32s] DISPATCH -> A4 (pid=74669) [restore PC=8, RW=W]  
[ 32s] PC :: A4 -> 9  
[ 33s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 33s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)  
[ 33s] DISPATCH -> A2 (pid=74667) [restore PC=9, RW=W]  
[ 33s] SYSCALL !! A2 pede I/O (READ)  
[ 33s] BLOCK .. A2 bloqueado por I/O [ctx: PC=9, RW=R]  
[ 33s] IO-START >> A2 (pid=74667) — D1 ocupado  
[ 33s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=7, RW=R]  
[ 33s] PC :: A1 -> 8  
[ 34s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 34s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)  
[ 34s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=9, RW=R]  
[ 34s] PC :: A3 -> 10  
[ 35s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 35s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 35s] DISPATCH -> A4 (pid=74669) [restore PC=9, RW=W]  
[ 35s] PC :: A4 -> 10  
[ 36s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 36s] IO-DONE << A2 liberado; volta à fila de prontos  
[ 36s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 36s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)  
[ 36s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=8, RW=R]  
[ 36s] PC :: A1 -> 9  
[ 37s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 37s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)  
[ 37s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=10, RW=R]  
[ 37s] SYSCALL !! A3 pede I/O (WRITE)  
[ 37s] BLOCK .. A3 bloqueado por I/O [ctx: PC=10, RW=W]

---

[ 37s] IO-START >> A3 (pid=74668) — D1 ocupado  
[ 37s] DISPATCH -> A2 (pid=74667) [restore PC=9, RW=R]  
[ 37s] PC :: A2 -> 10  
[ 38s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 38s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 38s] DISPATCH -> A4 (pid=74669) [restore PC=10, RW=W]  
[ 38s] PC :: A4 -> 11  
[ 39s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 39s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)  
[ 39s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=9, RW=R]  
[ 39s] PC :: A1 -> 10  
[ 40s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 40s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)  
[ 40s] DISPATCH -> A2 (pid=74667) [restore PC=10, RW=R]  
[ 40s] PC :: A2 -> 11  
[ 40s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 40s] IO-DONE << A3 liberado; volta à fila de prontos  
[ 41s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 41s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 41s] DISPATCH -> A4 (pid=74669) [restore PC=11, RW=W]  
[ 41s] SYSCALL !! A4 pede I/O (READ)  
[ 41s] BLOCK .. A4 bloqueado por I/O [ctx: PC=11, RW=R]  
[ 41s] IO-START >> A4 (pid=74669) — D1 ocupado  
[ 41s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=10, RW=R]  
[ 41s] PC :: A1 -> 11  
[ 42s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 42s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)  
[ 42s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=10, RW=W]  
[ 42s] PC :: A3 -> 11  
[ 43s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 43s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 43s] DISPATCH -> A2 (pid=74667) [restore PC=11, RW=R]  
[ 43s] PC :: A2 -> 12  
[ 44s] PC :: A2 -> 13  
[ 44s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 44s] IO-DONE << A4 liberado; volta à fila de prontos



---

```
[ 44s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 44s] PREEMPT  <- A2 (volta à fila de prontos)
[ 44s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=11, RW=R]
[ 44s] PC      :: A1 -> 12
[ 45s] SYSCALL  !! A1 pede I/O (WRITE)
[ 45s] BLOCK    .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=12, RW=W]
[ 45s] IO-START >> A1 (pid=74666) — D1 ocupado
[ 45s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 45s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=11, RW=W]
[ 45s] PC      :: A3 -> 12
[ 46s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 46s] PREEMPT  <- A3 (volta à fila de prontos)
[ 46s] DISPATCH -> A4 (pid=74669) [restore PC=11, RW=R]
[ 46s] PC      :: A4 -> 12
[ 47s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 47s] PREEMPT  <- A4 (volta à fila de prontos)
[ 47s] DISPATCH -> A2 (pid=74667) [restore PC=13, RW=R]
[ 47s] PC      :: A2 -> 14
[ 48s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 48s] PREEMPT  <- A2 (volta à fila de prontos)
[ 48s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=12, RW=W]
[ 48s] PC      :: A3 -> 13
[ 48s] IRQ1    ** D1 sinaliza término de I/O
[ 48s] IO-DONE  << A1 liberado; volta à fila de prontos
[ 49s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 49s] PREEMPT  <- A3 (volta à fila de prontos)
[ 49s] DISPATCH -> A4 (pid=74669) [restore PC=12, RW=R]
[ 49s] PC      :: A4 -> 13
[ 50s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 50s] PREEMPT  <- A4 (volta à fila de prontos)
[ 50s] DISPATCH -> A2 (pid=74667) [restore PC=14, RW=R]
[ 50s] PC      :: A2 -> 15
[ 51s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 51s] PREEMPT  <- A2 (volta à fila de prontos)
[ 51s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=12, RW=W]
[ 51s] PC      :: A1 -> 13
```

---

```
[ 52s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 52s] PREEMPT  <- A1 (volta à fila de prontos)
[ 52s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=13, RW=W]
[ 52s] PC      :: A3 -> 14
[ 53s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 53s] PREEMPT  <- A3 (volta à fila de prontos)
[ 53s] DISPATCH -> A4 (pid=74669) [restore PC=13, RW=R]
[ 53s] PC      :: A4 -> 14
[ 54s] PC      :: A4 -> 15
[ 54s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 54s] PREEMPT  <- A4 (volta à fila de prontos)
[ 54s] DISPATCH -> A2 (pid=74667) [restore PC=15, RW=R]
[ 54s] FINISHED xx A2 (pid=74667)
[ 54s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=13, RW=W]
[ 54s] PC      :: A1 -> 14
[ 55s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 55s] PREEMPT  <- A1 (volta à fila de prontos)
[ 55s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=14, RW=W]
[ 55s] PC      :: A3 -> 15
[ 56s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 56s] PREEMPT  <- A3 (volta à fila de prontos)
[ 56s] DISPATCH -> A4 (pid=74669) [restore PC=15, RW=R]
[ 56s] FINISHED xx A4 (pid=74669)
[ 56s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=14, RW=W]
[ 56s] PC      :: A1 -> 15
[ 57s] IRQ0    ** time-slice encerrado
[ 57s] PREEMPT  <- A1 (volta à fila de prontos)
[ 57s] DISPATCH -> A3 (pid=74668) [restore PC=15, RW=W]
[ 57s] FINISHED xx A3 (pid=74668)
[ 57s] DISPATCH -> A1 (pid=74666) [restore PC=15, RW=W]
[ 57s] FINISHED xx A1 (pid=74666)
[ 57s] TERMINOU: todos os apps finalizaram; encerrando Kernel e IC
[ 57s] 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)

- 0–6s: RR A1..A6.
- 18–21s: A1 READ (IO-START em 18s, IRQ1 em 21s).
- 23–29s: A2 WRITE (IO-START 23s, IRQ1 26s) e A3 READ logo em seguida (IO-START 26s, IRQ1 29s).
- 27–41s: pico de I/O em cadeia — A4 WRITE 27s (IO-START 29s → IRQ1 32s), A5 WRITE 28s (IO-START 32s → IRQ1 35s), A6 WRITE 29s (IO-START 35s → IRQ1 38s); novo READ de A1 em 33s (IO-START 38s → IRQ1 41s).
- 43–46s: A2 READ em 43s (IRQ1 46s).
- 50–56s: A3 WRITE em 50s (IRQ1 53s); A1 WRITE em 52s (IRQ1 56s).
- 59–68s: A4 READ 59s (IRQ1 62s), A6 READ 61s (IRQ1 65s), A5 READ 62s (IRQ1 68s) — D1 sempre serial.
- 67–78s: finalizações em ondas — A1 67s; A2 70s; A3 73s; A4 75s; A6 77s; A5 78s.

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

```
[ 0s] BOOT    ~~ KernelSim iniciando (6 apps)
[ 0s] SPAWN   ++ A1 (pid=75019) adicionado à fila de prontos
[ 0s] SPAWN   ++ A2 (pid=75020) adicionado à fila de prontos
```



---

[ 0s] SPAWN ++ A3 (pid=75021) adicionado à fila de prontos  
[ 0s] SPAWN ++ A4 (pid=75022) adicionado à fila de prontos  
[ 0s] SPAWN ++ A5 (pid=75023) adicionado à fila de prontos  
[ 0s] SPAWN ++ A6 (pid=75024) adicionado à fila de prontos  
[ 0s] DISPATCH -> A1 (pid=75019) [restore PC=0, RW=-]  
[ 0s] PC :: A1 -> 1  
[ 1s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 1s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)  
[ 1s] DISPATCH -> A2 (pid=75020) [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=75021) [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=75022) [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=75023) [restore PC=0, RW=-]  
[ 4s] PC :: A5 -> 1  
[ 5s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 5s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)  
[ 5s] DISPATCH -> A6 (pid=75024) [restore PC=0, RW=-]  
[ 5s] PC :: A6 -> 1

---

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

[ 6s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

[ 6s] DISPATCH -> A1 (pid=75019) [restore PC=1, RW=-]

[ 6s] PC        :: A1 -> 2

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

[ 7s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 7s] DISPATCH -> A2 (pid=75020) [restore PC=1, RW=-]

[ 7s] PC        :: A2 -> 2

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

[ 8s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 8s] DISPATCH -> A3 (pid=75021) [restore PC=1, RW=-]

[ 8s] PC        :: A3 -> 2

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

[ 9s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 9s] DISPATCH -> A4 (pid=75022) [restore PC=1, RW=-]

[ 9s] PC        :: A4 -> 2

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

[ 10s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 10s] DISPATCH -> A5 (pid=75023) [restore PC=1, RW=-]

[ 10s] PC        :: A5 -> 2

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

[ 11s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 11s] DISPATCH -> A6 (pid=75024) [restore PC=1, RW=-]

[ 11s] PC        :: A6 -> 2

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

[ 12s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

---

[ 12s] DISPATCH -> A1 (pid=75019) [restore PC=2, RW=-]  
[ 12s] PC :: A1 -> 3  
[ 13s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 13s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)  
[ 13s] DISPATCH -> A2 (pid=75020) [restore PC=2, RW=-]  
[ 13s] PC :: A2 -> 3  
[ 14s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 14s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 14s] DISPATCH -> A3 (pid=75021) [restore PC=2, RW=-]  
[ 14s] PC :: A3 -> 3  
[ 15s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 15s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 15s] DISPATCH -> A4 (pid=75022) [restore PC=2, RW=-]  
[ 15s] PC :: A4 -> 3  
[ 16s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 16s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)  
[ 16s] DISPATCH -> A5 (pid=75023) [restore PC=2, RW=-]  
[ 16s] PC :: A5 -> 3  
[ 17s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 17s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)  
[ 17s] DISPATCH -> A6 (pid=75024) [restore PC=2, RW=-]  
[ 17s] PC :: A6 -> 3  
[ 18s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 18s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)  
[ 18s] DISPATCH -> A1 (pid=75019) [restore PC=3, RW=-]  
[ 18s] SYSCALL !! A1 pede I/O (READ)

---

[ 18s] BLOCK .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=3, RW=R]  
[ 18s] IO-START >> A1 (pid=75019) — D1 ocupado  
[ 18s] DISPATCH -> A2 (pid=75020) [restore PC=3, RW=-]  
[ 18s] PC :: A2 -> 4  
[ 19s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 19s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)  
[ 19s] DISPATCH -> A3 (pid=75021) [restore PC=3, RW=-]  
[ 19s] PC :: A3 -> 4  
[ 20s] PC :: A3 -> 5  
[ 20s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 20s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 20s] DISPATCH -> A4 (pid=75022) [restore PC=3, RW=-]  
[ 20s] PC :: A4 -> 4  
[ 21s] PC :: A4 -> 5  
[ 21s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 21s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)  
[ 21s] DISPATCH -> A5 (pid=75023) [restore PC=3, RW=-]  
[ 21s] PC :: A5 -> 4  
[ 21s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 21s] IO-DONE << A1 liberado; volta à fila de prontos  
[ 22s] PC :: A5 -> 5  
[ 22s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 22s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)  
[ 22s] DISPATCH -> A6 (pid=75024) [restore PC=3, RW=-]  
[ 22s] PC :: A6 -> 4  
[ 23s] PC :: A6 -> 5

---

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

[ 23s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

[ 23s] DISPATCH -> A2 (pid=75020) [restore PC=4, RW=-]

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

[ 23s] BLOCK    .. A2 bloqueado por I/O [ctx: PC=4, RW=W]

[ 23s] IO-START >> A2 (pid=75020) — D1 ocupado

[ 23s] DISPATCH -> A3 (pid=75021) [restore PC=5, RW=-]

[ 23s] SYSCALL  !! A3 pede I/O (READ)

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

[ 23s] DISPATCH -> A4 (pid=75022) [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=75019) [restore PC=3, RW=R]

[ 24s] PC        :: A1 -> 4

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

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

[ 25s] DISPATCH -> A5 (pid=75023) [restore PC=5, RW=-]

[ 25s] PC        :: A5 -> 6

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

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

[ 26s] DISPATCH -> A6 (pid=75024) [restore PC=5, RW=-]

[ 26s] PC        :: A6 -> 6

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

[ 26s] IO-DONE  << A2 liberado; volta à fila de prontos

[ 26s] IO-START >> A3 (pid=75021) — D1 ocupado

---

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

[ 27s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

[ 27s] DISPATCH -> A4 (pid=75022) [restore PC=6, RW=-]

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

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

[ 27s] DISPATCH -> A1 (pid=75019) [restore PC=4, RW=R]

[ 27s] PC        :: A1 -> 5

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

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

[ 28s] DISPATCH -> A5 (pid=75023) [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 -> A2 (pid=75020) [restore PC=4, RW=W]

[ 28s] PC        :: A2 -> 5

[ 29s] PC        :: A2 -> 6

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

[ 29s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 29s] DISPATCH -> A6 (pid=75024) [restore PC=6, RW=-]

[ 29s] SYSCALL  !! A6 pede I/O (WRITE)

[ 29s] BLOCK    .. A6 bloqueado por I/O [ctx: PC=6, RW=W]

[ 29s] DISPATCH -> A1 (pid=75019) [restore PC=5, RW=R]

[ 29s] PC        :: A1 -> 6

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

[ 29s] IO-DONE << A3 liberado; volta à fila de prontos

[ 29s] IO-START >> A4 (pid=75022) — D1 ocupado

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

---

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

[ 30s] DISPATCH -> A2 (pid=75020) [restore PC=6, RW=W]

[ 30s] PC :: A2 -> 7

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

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

[ 31s] DISPATCH -> A3 (pid=75021) [restore PC=5, RW=R]

[ 31s] PC :: A3 -> 6

[ 32s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 32s] IO-DONE << A4 liberado; volta à fila de prontos

[ 32s] IO-START >> A5 (pid=75023) — D1 ocupado

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

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

[ 32s] DISPATCH -> A1 (pid=75019) [restore PC=6, RW=R]

[ 32s] PC :: A1 -> 7

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

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

[ 33s] DISPATCH -> A2 (pid=75020) [restore PC=7, RW=W]

[ 33s] SYSCALL !! A1 pede I/O (READ)

[ 33s] PC :: A2 -> 8

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

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

[ 34s] DISPATCH -> A4 (pid=75022) [restore PC=6, RW=W]

[ 34s] PC :: A4 -> 7

[ 35s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 35s] IO-DONE << A5 liberado; volta à fila de prontos

[ 35s] IO-START >> A6 (pid=75024) — D1 ocupado

---

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

[ 35s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 35s] DISPATCH -> A3 (pid=75021) [restore PC=6, RW=R]

[ 35s] PC        :: A3 -> 7

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

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

[ 36s] DISPATCH -> A1 (pid=75019) [restore PC=7, RW=R]

[ 36s] PC        :: A1 -> 8

[ 37s] PC        :: A1 -> 9

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

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

[ 37s] DISPATCH -> A2 (pid=75020) [restore PC=8, RW=W]

[ 37s] PC        :: A2 -> 9

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

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

[ 38s] IO-START >> A1 (pid=75019) — D1 ocupado

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

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

[ 38s] DISPATCH -> A5 (pid=75023) [restore PC=6, RW=W]

[ 38s] PC        :: A5 -> 7

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

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

[ 39s] DISPATCH -> A4 (pid=75022) [restore PC=7, RW=W]

[ 39s] PC        :: A4 -> 8

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

[ 40s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)



---

[ 40s] DISPATCH -> A3 (pid=75021) [restore PC=7, RW=R]  
[ 40s] PC :: A3 -> 8  
[ 41s] PC :: A3 -> 9  
[ 41s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O  
[ 41s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 41s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)  
[ 41s] DISPATCH -> A1 (pid=75019) [restore PC=9, RW=R]  
[ 41s] PC :: A1 -> 10  
[ 42s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 42s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)  
[ 42s] DISPATCH -> A6 (pid=75024) [restore PC=6, RW=W]  
[ 42s] PC :: A6 -> 7  
[ 43s] PC :: A6 -> 8  
[ 43s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 43s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)  
[ 43s] DISPATCH -> A2 (pid=75020) [restore PC=9, RW=W]  
[ 43s] SYSCALL !! A2 pede I/O (READ)  
[ 43s] BLOCK .. A2 bloqueado por I/O [ctx: PC=9, RW=R]  
[ 43s] IO-START >> A2 (pid=75020) — D1 ocupado  
[ 43s] DISPATCH -> A5 (pid=75023) [restore PC=7, RW=W]  
[ 43s] PC :: A5 -> 8  
[ 44s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado  
[ 44s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)  
[ 44s] DISPATCH -> A4 (pid=75022) [restore PC=8, RW=W]  
[ 44s] PC :: A4 -> 9  
[ 45s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

---

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

[ 45s] DISPATCH -> A3 (pid=75021) [restore PC=9, RW=R]

[ 45s] PC :: A3 -> 10

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

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

[ 46s] DISPATCH -> A1 (pid=75019) [restore PC=10, RW=R]

[ 46s] PC :: A1 -> 11

[ 46s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 46s] IO-DONE << A2 liberado; volta à fila de prontos

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

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

[ 47s] DISPATCH -> A6 (pid=75024) [restore PC=8, RW=W]

[ 47s] PC :: A6 -> 9

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

[ 48s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

[ 48s] DISPATCH -> A5 (pid=75023) [restore PC=8, RW=W]

[ 48s] PC :: A5 -> 9

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

[ 49s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 49s] DISPATCH -> A4 (pid=75022) [restore PC=9, RW=W]

[ 49s] PC :: A4 -> 10

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

[ 50s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 50s] DISPATCH -> A3 (pid=75021) [restore PC=10, RW=R]

[ 50s] SYSCALL !! A3 pede I/O (WRITE)

[ 50s] BLOCK .. A3 bloqueado por I/O [ctx: PC=10, RW=W]

---

[ 50s] IO-START >> A3 (pid=75021) — D1 ocupado

[ 50s] DISPATCH -> A2 (pid=75020) [restore PC=9, RW=R]

[ 50s] PC :: A2 -> 10

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

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

[ 51s] DISPATCH -> A1 (pid=75019) [restore PC=11, RW=R]

[ 51s] PC :: A1 -> 12

[ 52s] SYSCALL !! A1 pede I/O (WRITE)

[ 52s] BLOCK .. A1 bloqueado por I/O [ctx: PC=12, RW=W]

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

[ 52s] DISPATCH -> A6 (pid=75024) [restore PC=9, RW=W]

[ 52s] PC :: A6 -> 10

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

[ 53s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

[ 53s] DISPATCH -> A5 (pid=75023) [restore PC=9, RW=W]

[ 53s] PC :: A5 -> 10

[ 53s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 53s] IO-DONE << A3 liberado; volta à fila de prontos

[ 53s] IO-START >> A1 (pid=75019) — D1 ocupado

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

[ 54s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 54s] DISPATCH -> A4 (pid=75022) [restore PC=10, RW=W]

[ 54s] PC :: A4 -> 11

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

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

[ 55s] DISPATCH -> A2 (pid=75020) [restore PC=10, RW=R]

---

[ 55s] PC :: A2 -> 11

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

[ 56s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 56s] DISPATCH -> A6 (pid=75024) [restore PC=10, RW=W]

[ 56s] PC :: A6 -> 11

[ 56s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 56s] IO-DONE << A1 liberado; volta à fila de prontos

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

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

[ 57s] DISPATCH -> A3 (pid=75021) [restore PC=10, RW=W]

[ 57s] PC :: A3 -> 11

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

[ 58s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 58s] DISPATCH -> A5 (pid=75023) [restore PC=10, RW=W]

[ 58s] PC :: A5 -> 11

[ 59s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 59s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 59s] DISPATCH -> A4 (pid=75022) [restore PC=11, RW=W]

[ 59s] SYSCALL !! A4 pede I/O (READ)

[ 59s] BLOCK .. A4 bloqueado por I/O [ctx: PC=11, RW=R]

[ 59s] IO-START >> A4 (pid=75022) — D1 ocupado

[ 59s] DISPATCH -> A2 (pid=75020) [restore PC=11, RW=R]

[ 59s] PC :: A2 -> 12

[ 60s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 60s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 60s] DISPATCH -> A1 (pid=75019) [restore PC=12, RW=W]

---

[ 60s] PC :: A1 -> 13

[ 61s] PC :: A1 -> 14

[ 61s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 61s] PREEMPT <- A1 (volta à fila de prontos)

[ 61s] DISPATCH -> A6 (pid=75024) [restore PC=11, RW=W]

[ 61s] SYSCALL !! A6 pede I/O (READ)

[ 61s] BLOCK .. A6 bloqueado por I/O [ctx: PC=11, RW=R]

[ 61s] DISPATCH -> A3 (pid=75021) [restore PC=11, RW=W]

[ 61s] PC :: A3 -> 12

[ 62s] PC :: A3 -> 13

[ 62s] IRQ1 \*\* D1 sinaliza término de I/O

[ 62s] IO-DONE << A4 liberado; volta à fila de prontos

[ 62s] IO-START >> A6 (pid=75024) — D1 ocupado

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

[ 62s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 62s] DISPATCH -> A5 (pid=75023) [restore PC=11, RW=W]

[ 62s] SYSCALL !! A5 pede I/O (READ)

[ 62s] BLOCK .. A5 bloqueado por I/O [ctx: PC=11, RW=R]

[ 62s] DISPATCH -> A2 (pid=75020) [restore PC=12, RW=R]

[ 62s] PC :: A2 -> 13

[ 63s] PC :: A2 -> 14

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

[ 63s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 63s] DISPATCH -> A1 (pid=75019) [restore PC=14, RW=W]

[ 63s] PC :: A1 -> 15

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

---

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

[ 64s] DISPATCH -> A4 (pid=75022) [restore PC=11, RW=R]

[ 64s] PC :: A4 -> 12

[ 65s] PC :: A4 -> 13

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

[ 65s] IO-DONE << A6 liberado; volta à fila de prontos

[ 65s] IO-START >> A5 (pid=75023) — D1 ocupado

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

[ 65s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 65s] DISPATCH -> A3 (pid=75021) [restore PC=13, RW=W]

[ 65s] PC :: A3 -> 14

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

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

[ 66s] DISPATCH -> A2 (pid=75020) [restore PC=14, RW=R]

[ 66s] PC :: A2 -> 15

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

[ 67s] PREEMPT <- A2 (volta à fila de prontos)

[ 67s] DISPATCH -> A1 (pid=75019) [restore PC=15, RW=W]

[ 67s] FINISHED xx A1 (pid=75019)

[ 67s] DISPATCH -> A6 (pid=75024) [restore PC=11, RW=R]

[ 67s] PC :: A6 -> 12

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

[ 68s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

[ 68s] DISPATCH -> A4 (pid=75022) [restore PC=13, RW=R]

[ 68s] PC :: A4 -> 14

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

---

[ 68s] IO-DONE << A5 liberado; volta à fila de prontos

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

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

[ 69s] DISPATCH -> A3 (pid=75021) [restore PC=14, RW=W]

[ 69s] PC :: A3 -> 15

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

[ 70s] PREEMPT <- A3 (volta à fila de prontos)

[ 70s] DISPATCH -> A2 (pid=75020) [restore PC=15, RW=R]

[ 70s] FINISHED xx A2 (pid=75020)

[ 70s] DISPATCH -> A6 (pid=75024) [restore PC=12, RW=R]

[ 70s] PC :: A6 -> 13

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

[ 71s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

[ 71s] DISPATCH -> A5 (pid=75023) [restore PC=11, RW=R]

[ 71s] PC :: A5 -> 12

[ 72s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 72s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 72s] DISPATCH -> A4 (pid=75022) [restore PC=14, RW=R]

[ 72s] PC :: A4 -> 15

[ 73s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 73s] PREEMPT <- A4 (volta à fila de prontos)

[ 73s] DISPATCH -> A3 (pid=75021) [restore PC=15, RW=W]

[ 73s] FINISHED xx A3 (pid=75021)

[ 73s] DISPATCH -> A6 (pid=75024) [restore PC=13, RW=R]

[ 73s] PC :: A6 -> 14

[ 74s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

---

[ 74s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

[ 74s] DISPATCH -> A5 (pid=75023) [restore PC=12, RW=R]

[ 74s] PC :: A5 -> 13

[ 75s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 75s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 75s] DISPATCH -> A4 (pid=75022) [restore PC=15, RW=R]

[ 75s] FINISHED xx A4 (pid=75022)

[ 75s] DISPATCH -> A6 (pid=75024) [restore PC=14, RW=R]

[ 75s] PC :: A6 -> 15

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

[ 76s] PREEMPT <- A6 (volta à fila de prontos)

[ 76s] DISPATCH -> A5 (pid=75023) [restore PC=13, RW=R]

[ 76s] PC :: A5 -> 14

[ 77s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado

[ 77s] PREEMPT <- A5 (volta à fila de prontos)

[ 77s] DISPATCH -> A6 (pid=75024) [restore PC=15, RW=R]

[ 77s] FINISHED xx A6 (pid=75024)

[ 77s] DISPATCH -> A5 (pid=75023) [restore PC=14, RW=R]

[ 77s] PC :: A5 -> 15

[ 78s] IRQ0 \*\* time-slice encerrado — único pronto continua

[ 78s] FINISHED xx A5 (pid=75023)

[ 78s] TERMINOU: todos os apps finalizaram; encerrando Kernel e IC

[ 78s] 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.