Sistemas Operacionais

Gestão de entrada/saída - discos rígidos

Prof. Carlos Maziero

DInf UFPR, Curitiba PR

Agosto de 2020

Conteúdo

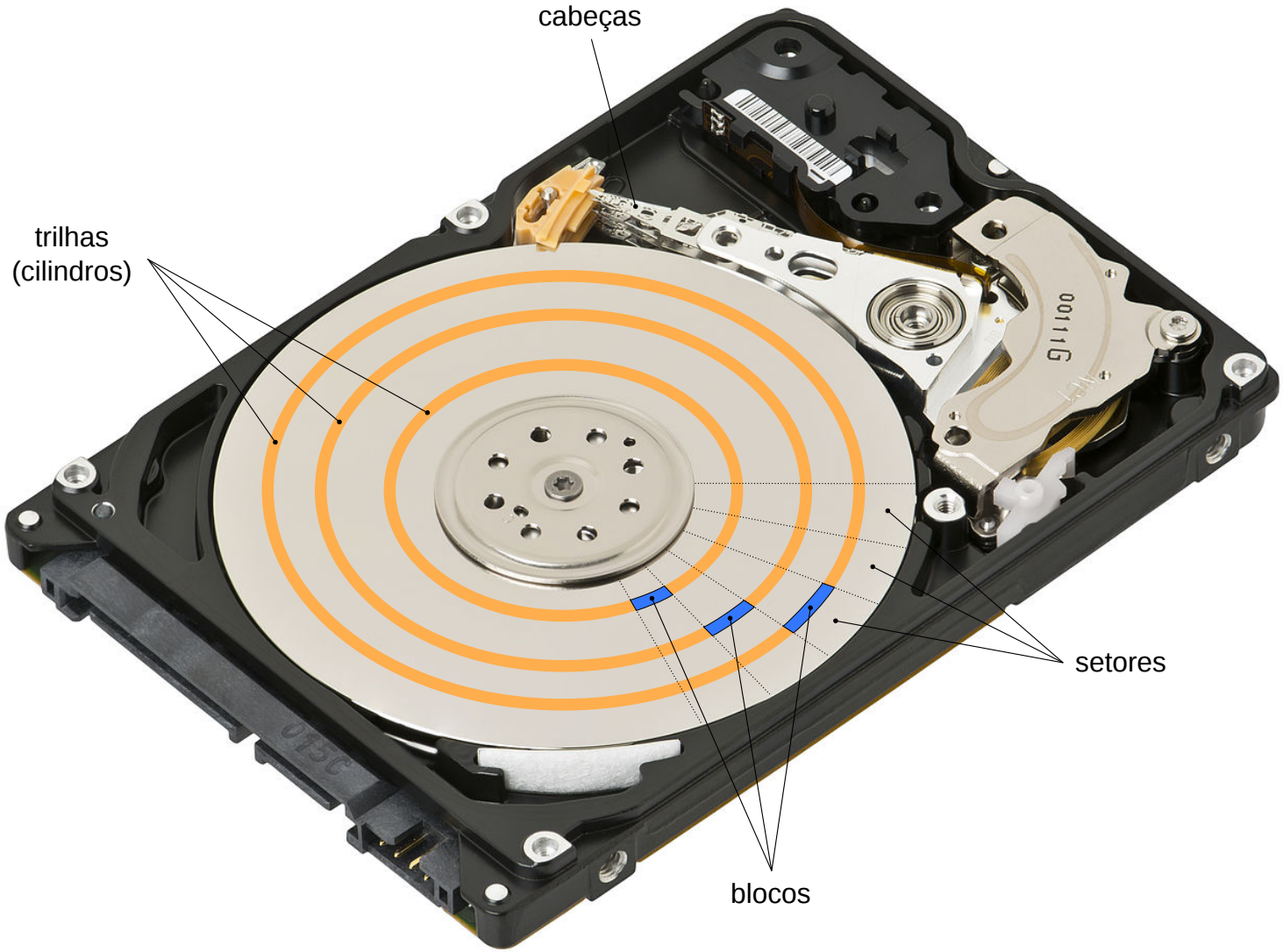
Discos rígidos

Dispositivo de armazenamento **magnético**

Características:

- Criado em 1954
- Um ou mais discos metálicos
- Velocidade de rotação entre 4.200 e 15.000 RPM
- Capacidade entre 100s GB e 10 TB
- Taxa de transferência entre 0.5 e 2 Gbps
- Latência entre 2 e 10 ms

Estrutura física



Estrutura lógica do disco rígido

Estrutura:

- Faces (ou cabeças): duas por disco metálico
- Trilhas (ou cilindros): faixas concêntricas
- Setores: “fatias” angulares

Blocos físicos:

- Interseção entre cabeça, trilha e setor
- Tamanho fixo de 512 ou 4.096 bytes

Endereçamento dos blocos:

- Esquema CHS: *Cylinder, Head, Sector* (interno)
- Esquema LBA: *Large Block Array* (*firmware* ou BIOS)

Interface de acesso

Padrões de interface do controlador:

Padrão	velocidade	protocolo	aplicação	status
IDE	1 Gbit/s	paralelo	desktops	obsoleto
SCSI	2,5 Gbit/s	paralelo	servidores	obsoleto
SATA	6 Gbit/s	serial	desktops	atual
SAS	12 Gbit/s	serial	servidores	atual

Estrutura do driver:

- Interação por eventos e DMA
- Transfere grupos de blocos físicos (*clusters*)
- Blocos lógicos ou *clusters*: 512 a 64 K Bytes

Escalonamento de acessos

O disco é um dispositivo lento!

- Latência rotacional $t_r \approx 5ms$
- Tempo de busca $t_s \approx 10ms$ (*seek time*)

O disco é um dispositivo sequencial: trata um pedido por vez!

Tratamento dos pedidos de acesso ao disco:

- Pedidos dos processos são mantidos em uma fila
- A fila é organizada de acordo com um algoritmo
- Busca-se **desempenho** e **justiça**

Algoritmos de escalonamento clássicos

- FCFS - *First Come, First Served*
- SSTF - *Shortest Seek-Time First*
- SCAN, C-SCAN, LOOK e C-LOOK ("elevador")

Exemplo: fila de pedidos de acesso aos blocos:

278, 914, 447, 71, 161, 659, 335

Cabeça do disco se encontra no bloco 500

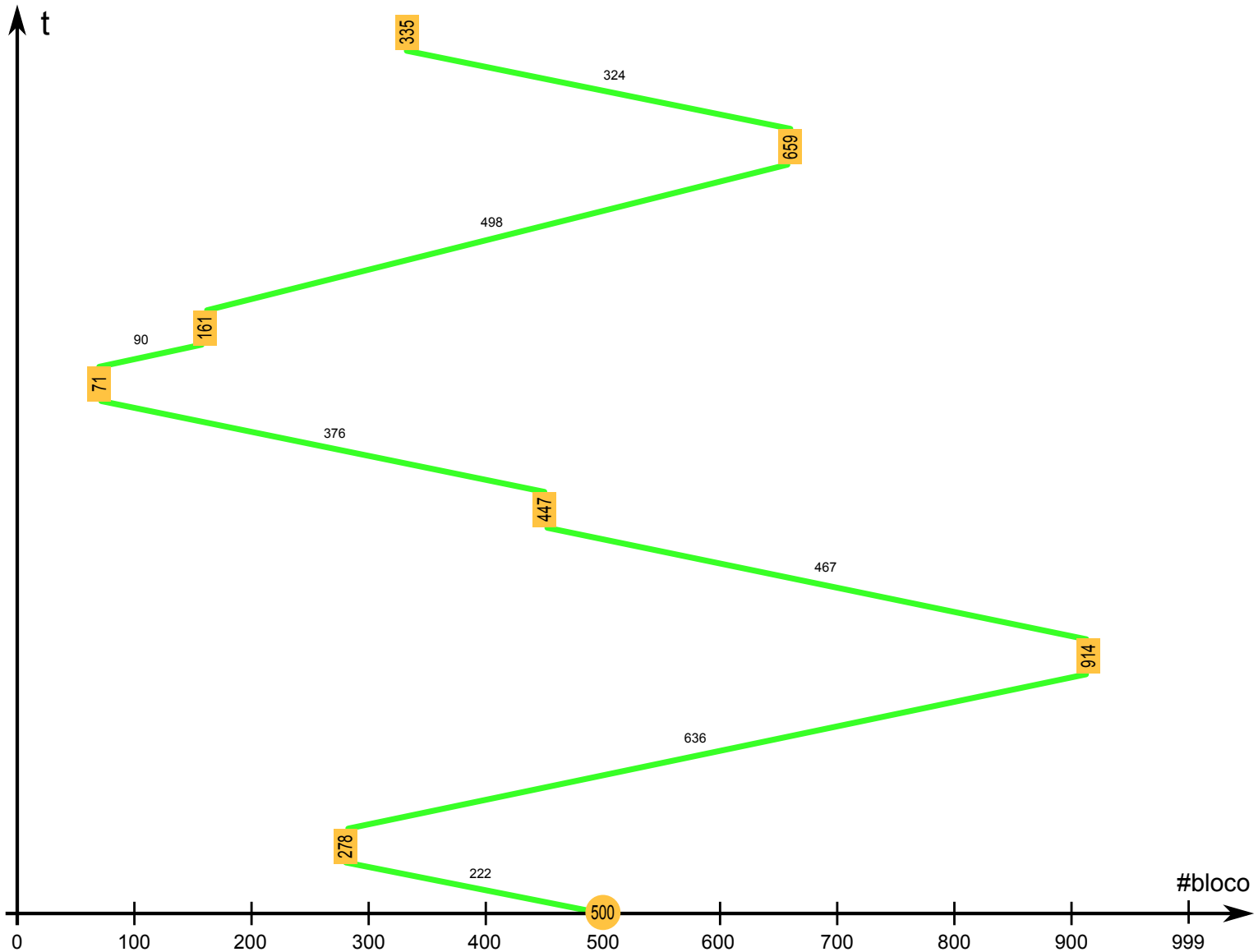
Escalonamento FCFS

Atender as requisições **na ordem** em que foram emitidas.

$$500 \xrightarrow{222} 278 \xrightarrow{636} 914 \xrightarrow{467} 447 \xrightarrow{376} 71 \xrightarrow{90} 161 \xrightarrow{498} 659 \xrightarrow{324} 335$$

Deslocamento da cabeça: 2.613 blocos

Escalonamento FCFS



Escalonamento SSTF

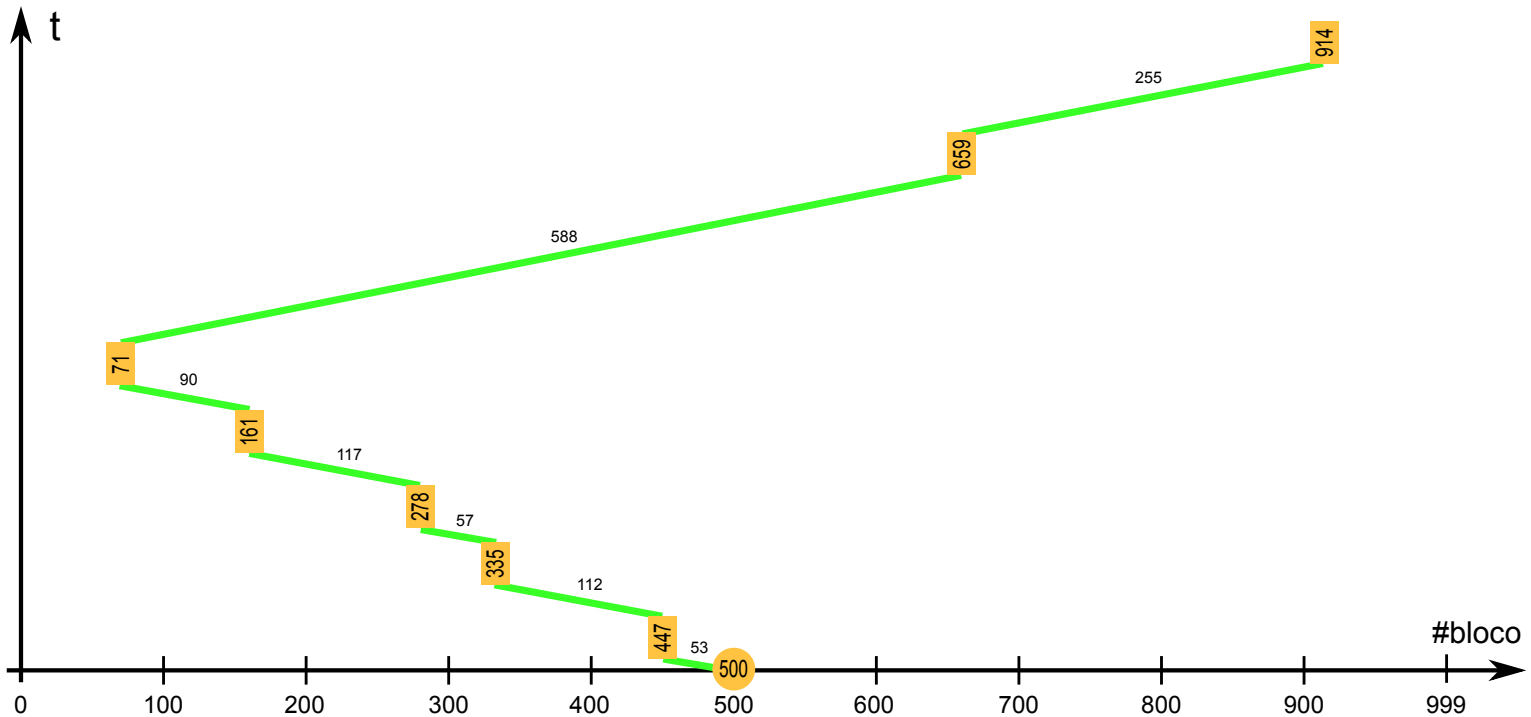
Shortest Seek Time First: menor tempo de busca primeiro.

Atender o pedido que está **mais próximo** da cabeça.

$$500 \xrightarrow{53} 447 \xrightarrow{112} 335 \xrightarrow{57} 278 \xrightarrow{117} 161 \xrightarrow{90} 71 \xrightarrow{588} 659 \xrightarrow{255} 914$$

Deslocamento da cabeça: 1.272 blocos

Escalonamento SSTF



Risco de inanição (*starvation*) para blocos distantes

Escalonamento SCAN

A cabeça “varre” (*scan*) o disco nos dois sentidos

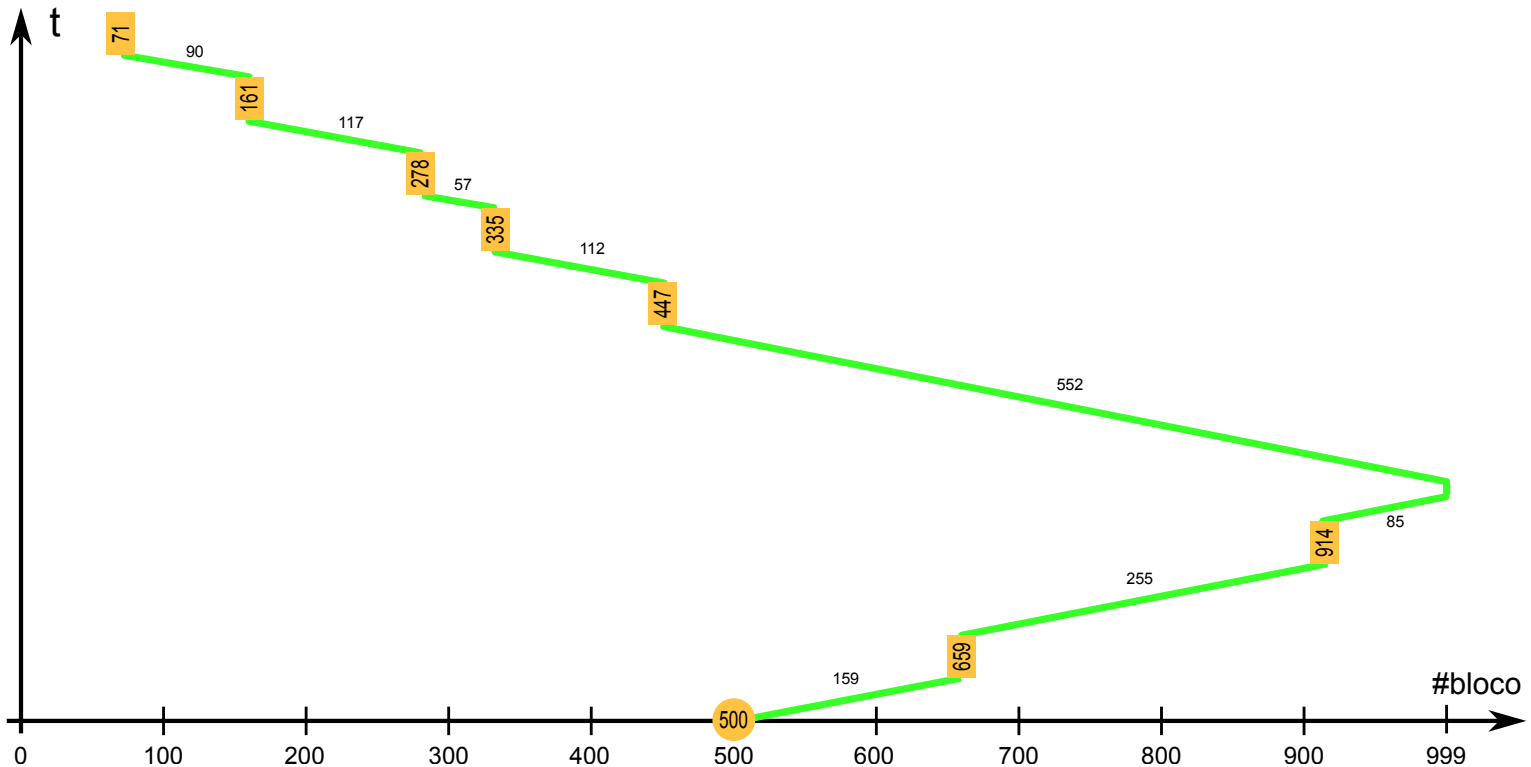
Também chamado de “algoritmo do elevador”

Bom desempenho e mais justiça no atendimento dos pedidos

$$500 \xrightarrow{159} 659 \xrightarrow{255} 914 \xrightarrow{85} 999 \xrightarrow{552} 447 \xrightarrow{112}$$
$$\longrightarrow 335 \xrightarrow{57} 278 \xrightarrow{117} 161 \xrightarrow{90} 71$$

Deslocamento da cabeça: 1.427 blocos

Escalonamento SCAN



Escalonamento C-SCAN

Variante “circular” do algoritmo SCAN.

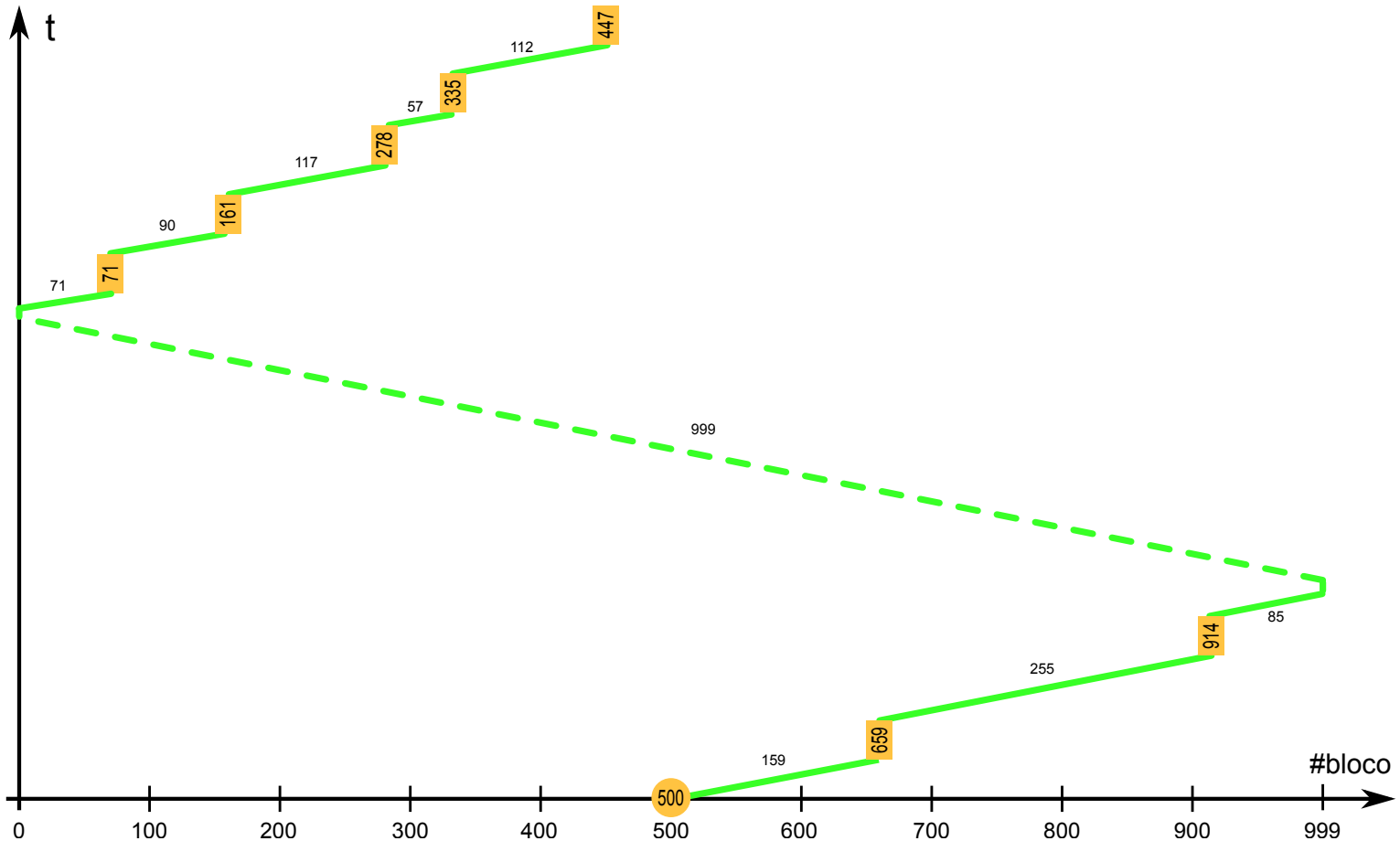
Varre o disco somente em um sentido.

Tempo de espera mais homogêneo aos pedidos pendentes.

$$500 \xrightarrow{159} 659 \xrightarrow{255} 914 \xrightarrow{85} 999 \xrightarrow{999} 0 \xrightarrow{71}$$
$$\longrightarrow 71 \xrightarrow{90} 161 \xrightarrow{117} 278 \xrightarrow{57} 335 \xrightarrow{112} 447$$

Deslocamento da cabeça: 1.945 blocos.

Escalonamento C-SCAN



Escalonador LOOK

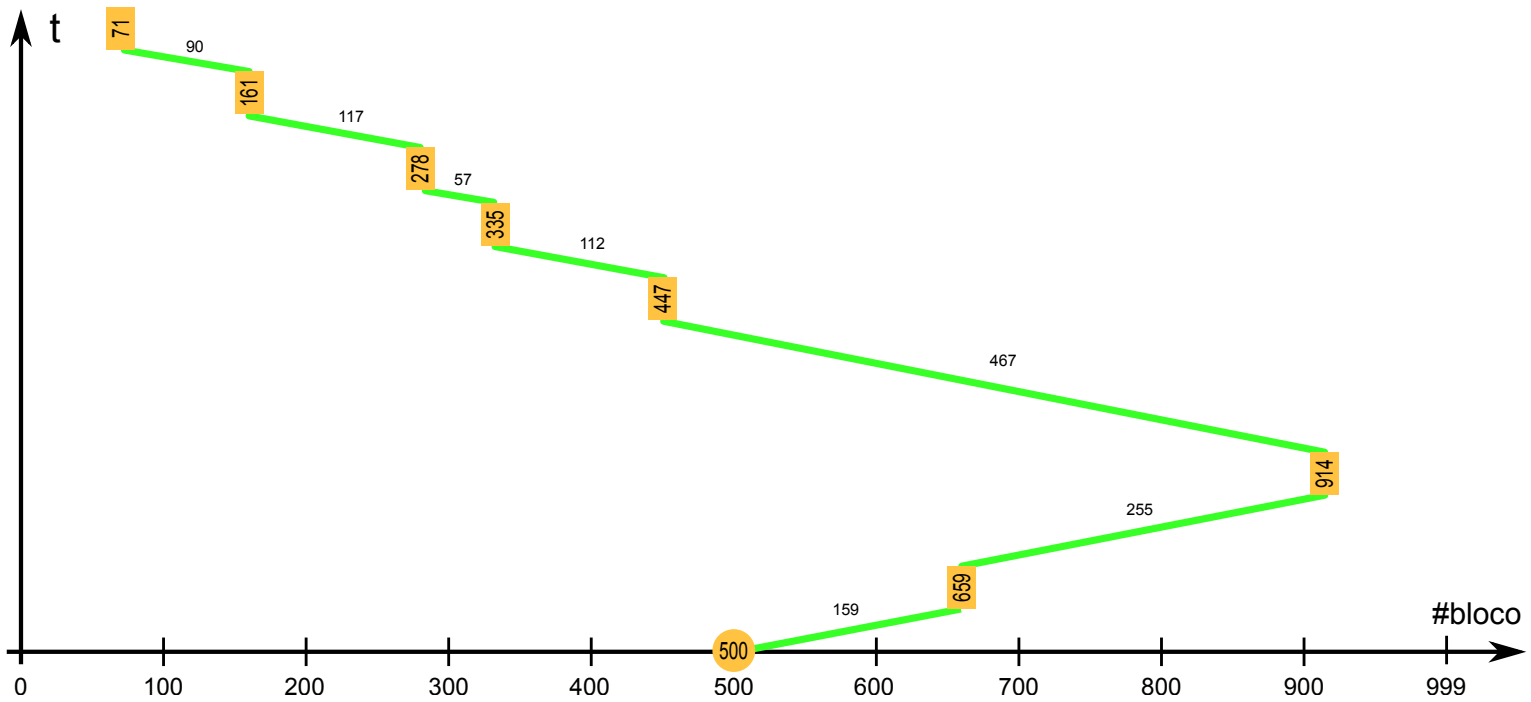
Otimização do algoritmo SCAN

A cabeça não avança até o final do disco

$$500 \xrightarrow{159} 659 \xrightarrow{255} 914 \xrightarrow{467} 447 \xrightarrow{112} 335 \xrightarrow{57} 278 \xrightarrow{117} 161 \xrightarrow{90} 71$$

Deslocamento da cabeça: 1.257 blocos

Escalonamento LOOK



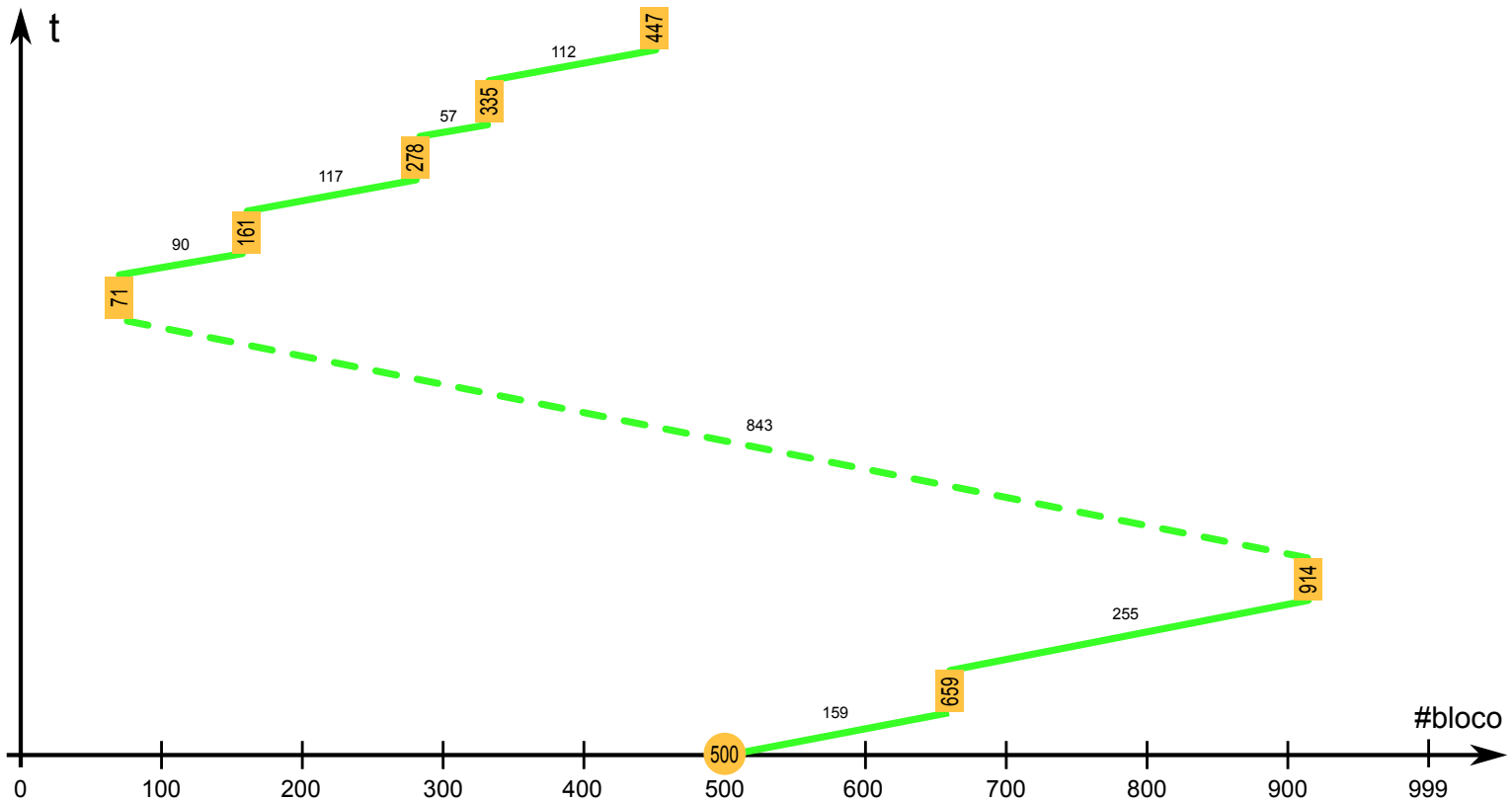
Escalonador C-LOOK

Otimização do algoritmo C-SCAN

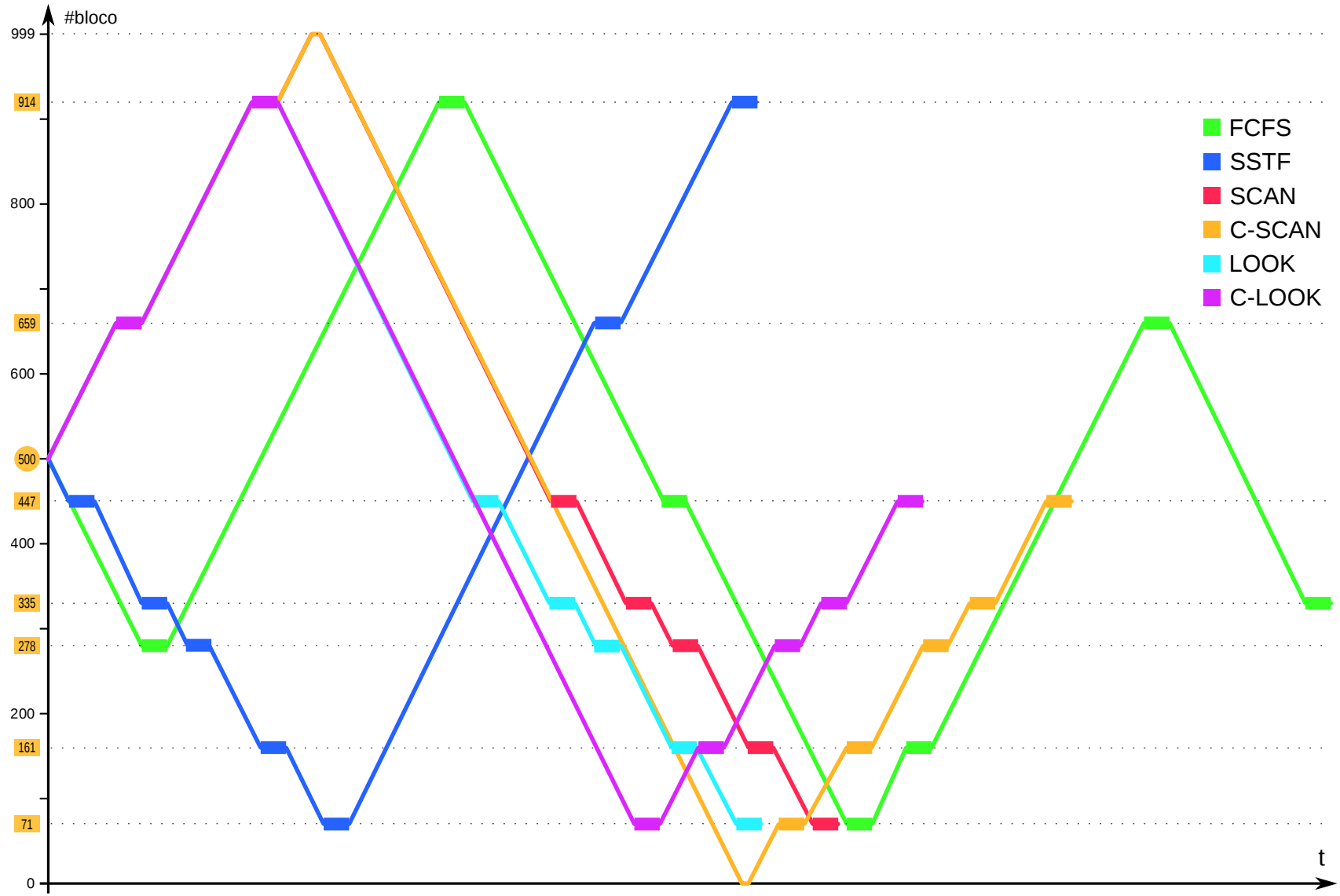
$$500 \xrightarrow{159} 659 \xrightarrow{255} 914 \xrightarrow{843} 71 \xrightarrow{90} 161 \xrightarrow{117} 278 \xrightarrow{57} 335 \xrightarrow{112} 447$$

Deslocamento da cabeça: 1.644 blocos

Escalonamento C-LOOK



Comparativo de escalonadores



Escalonadores de disco no Linux

- **Noop**
  - Baseado em FCFS
  - Agrupa pedidos ao mesmo bloco ou blocos adjacentes
  - Usado em SSD e sistemas RAID
- **Deadline** e **Anticipatory**
  - Associa prazos aos pedidos (500 ms leitura, 5s escrita)
  - Baseado no algoritmo C-SCAN, priorizando os prazos
  - *Anticipatory*: agrupa leituras do mesmo processo
- **CFQ - Completely fair queueing**
  - Pedidos são distribuídos em várias filas (64 por default)
  - Cada fila tem uma fatia de tempo para acessar o disco

Consultar `/sys/block/[device]/queue/scheduler`

Sistemas RAID

Problemas dos discos rígidos:

- Discos são lentos
- Discos podem falhar, levando à perda de dados

Estratégia RAID: *Redundant Array of Independent Disks*

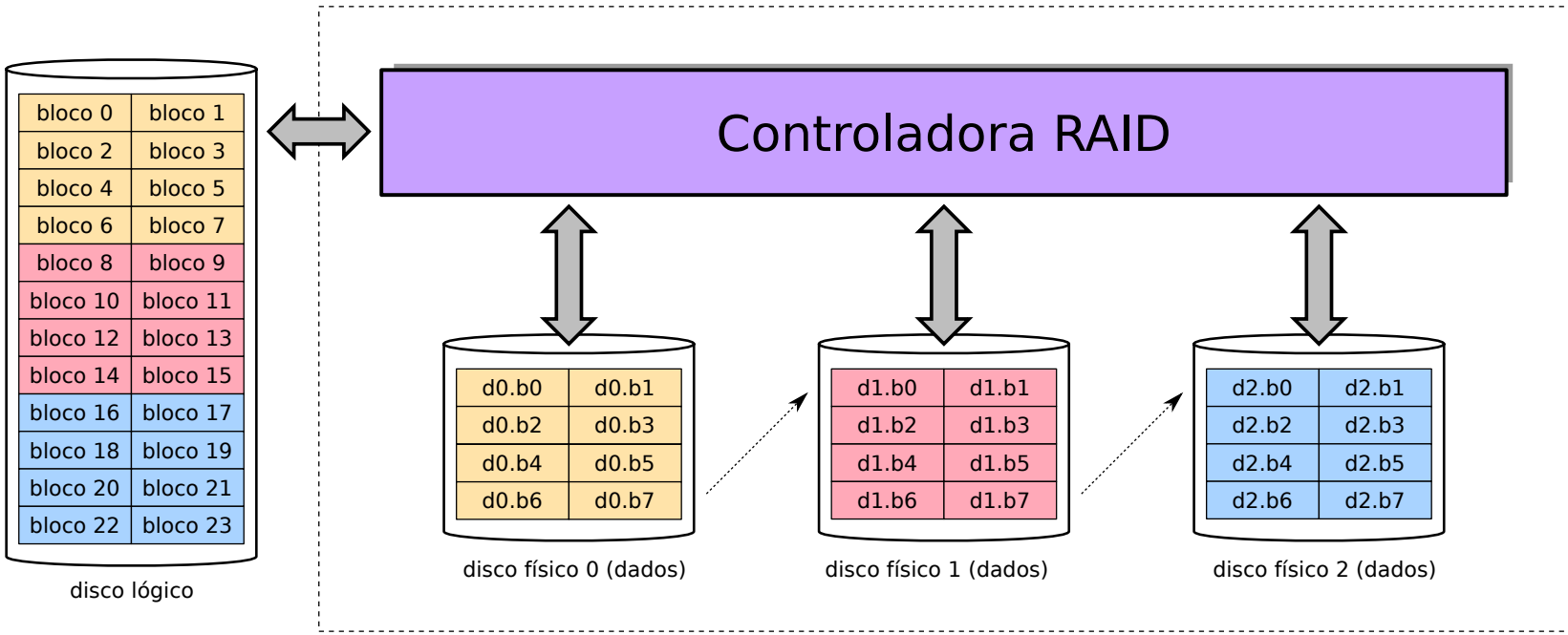
- Criar um **disco lógico** a partir de discos físicos
- **Operações em paralelo** permitem maior desempenho
- **Redundância** (cópias) permitem tolerar falhas
- Implementado em hardware dedicado ou software
- Opera com blocos (abaixo dos arquivos)

Níveis RAID

- **RAID 0** - soma de discos (linear ou *stripping*)
- **RAID 1** - espelhamento de discos
- RAID 2 - redundância de bits (não usado)
- RAID 3 - redundância de bytes (não usado)
- RAID 4 - redundância de blocos, disco de paridade
- **RAID 5** - redundância de blocos, blocos de paridade distribuídos
- RAID 6 - dois blocos de paridade, para tolerar mais erros
- **RAID 1+0 ou 0+1** - combinações de RAID 0 e 1
- ...

RAID 0 linear

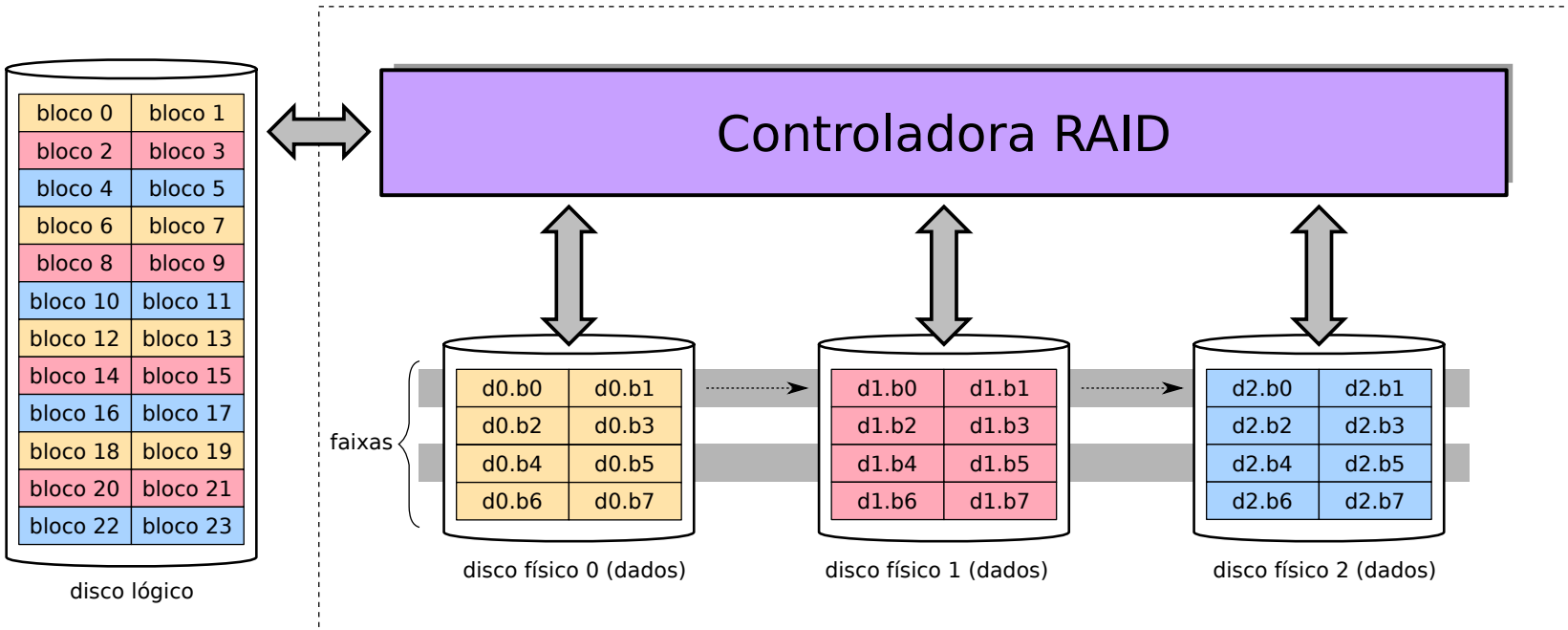
Estratégia: concatena discos em sequência



Mais espaço e velocidade, sem redundância.

RAID 0 *striping*

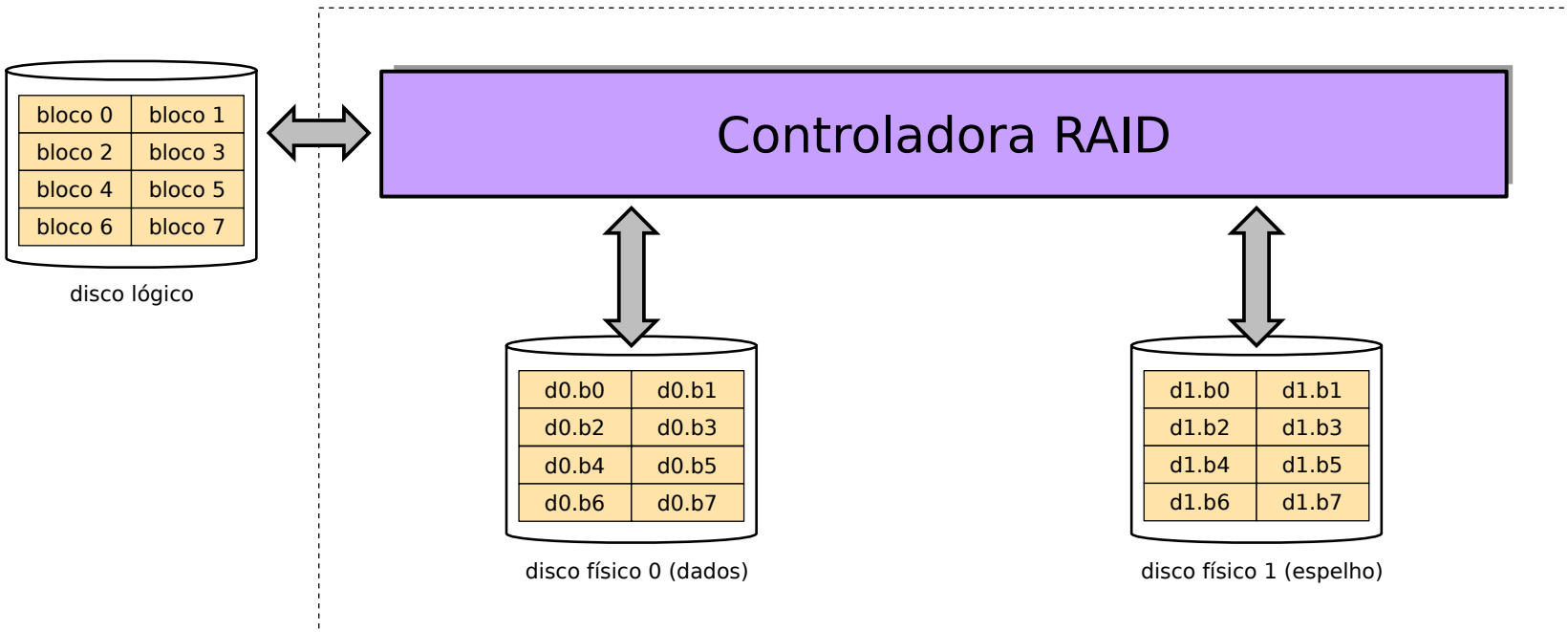
Estratégia: concatena discos em faixas de blocos



Desempenho mais equilibrado entre discos.

RAID 1

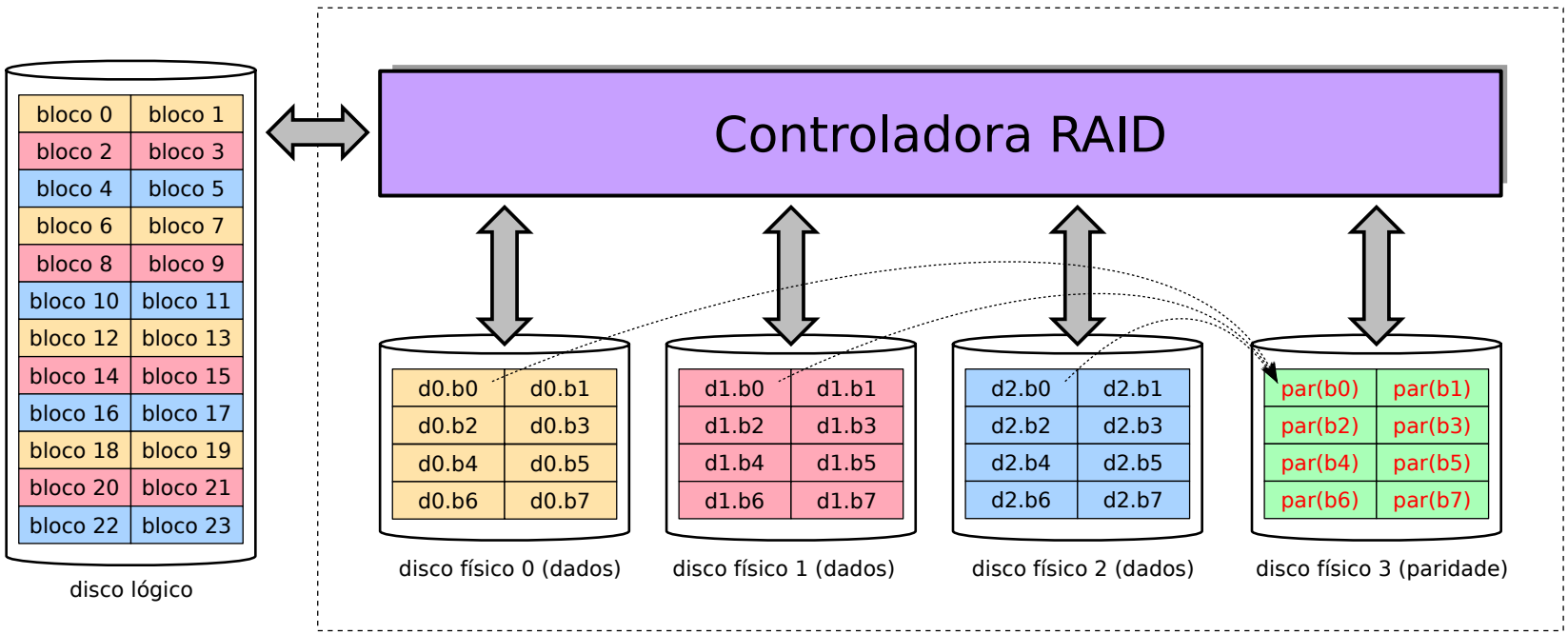
Estratégia: espelhamento (cópias do disco)



Boa velocidade, tolera falhas de disco, mas tem alto custo.

RAID 4

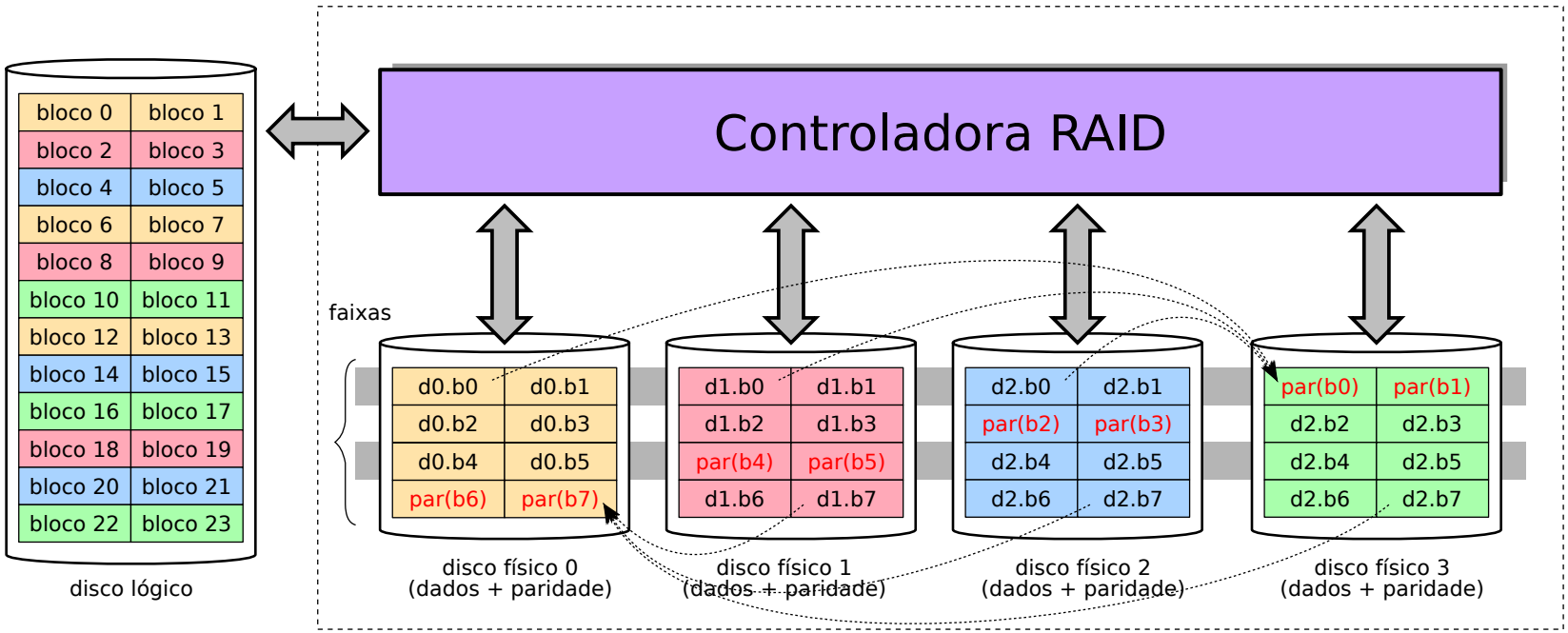
Estratégia: disco com blocos de paridade dos demais discos



Não é usado, base conceitual do RAID 5.

RAID 5

Estratégia: blocos de paridade espalhados nos discos



Mais velocidade com tolerância a falhas e baixo custo.

Comparação de níveis RAID

Considerando arranjos com N discos de tamanho T:

Estratégia	Leitura	Escrita	Espaço	Falhas	Discos
RAID 0 linear	até N	até N	$N \times T$	0	≥ 2
RAID 0 strip	até N	até N	$N \times T$	0	≥ 2
RAID 1	até N	1	T	$N-1$	≥ 2
RAID 4	até $N-1$	1	$(N-1) \times T$	1	≥ 3
RAID 5	até N	1	$(N-1) \times T$	1	≥ 3
RAID 6	até N	1	$(N-2) \times T$	2	≥ 4