

# Organização de Computadores



## Memória Externa I

Prof. José Paulo G. de Oliveira  
Eng. da Computação, UPE

[jpgo@ecomp.poli.br](mailto:jpgo@ecomp.poli.br)

# Memória Externa

- **I - Discos magnéticos**
  - Características físicas
  - Organização de dados
  - Mecanismos de leitura/escrita
  - Parâmetros de desempenho
  - RAID
- **II - Disco ópticos**
  - CD-ROM
  - CD-Writable
  - CD-R/W
  - DVD
  - ...
- **III - Fitas magnéticas**



# Memória Externa

- **IV – Dispositivos SSD**
  - Características físicas
  - Arquitetura
  - Vantagens



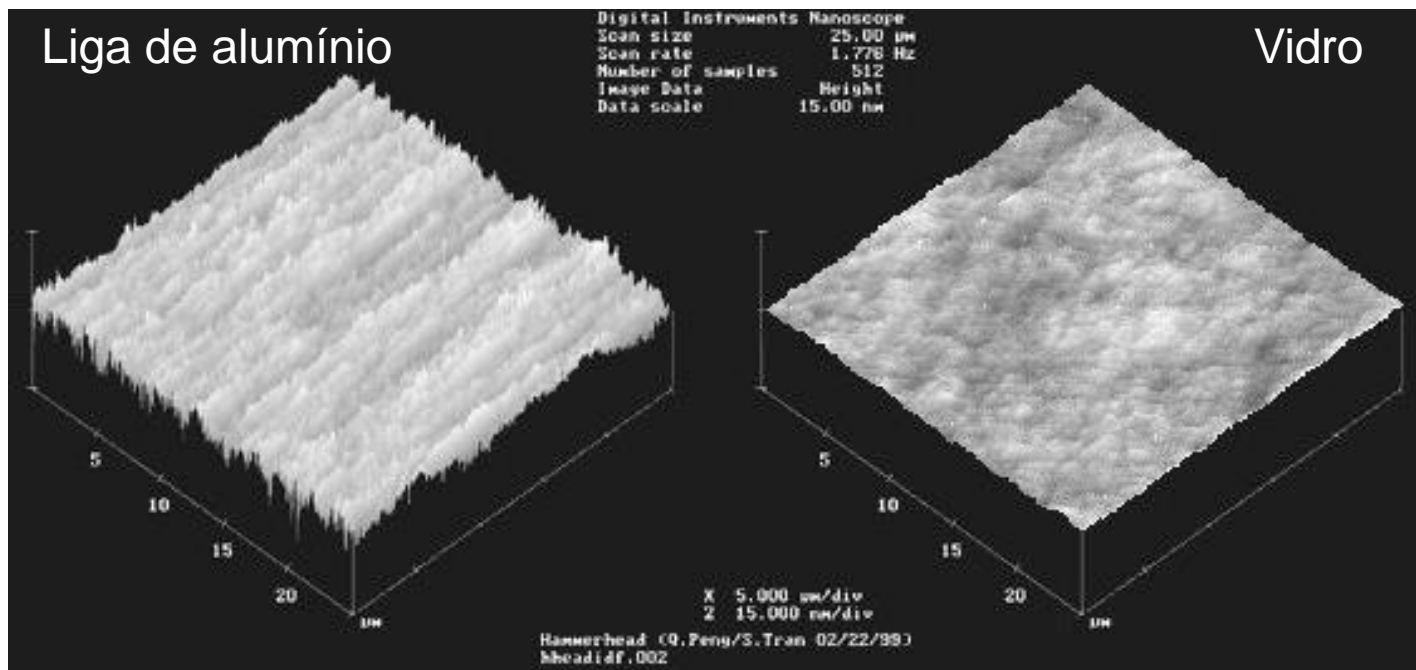
# Discos Magnéticos



# Discos Magnéticos - Material

- de plástico (polímeros)
- de metal
- de vidro

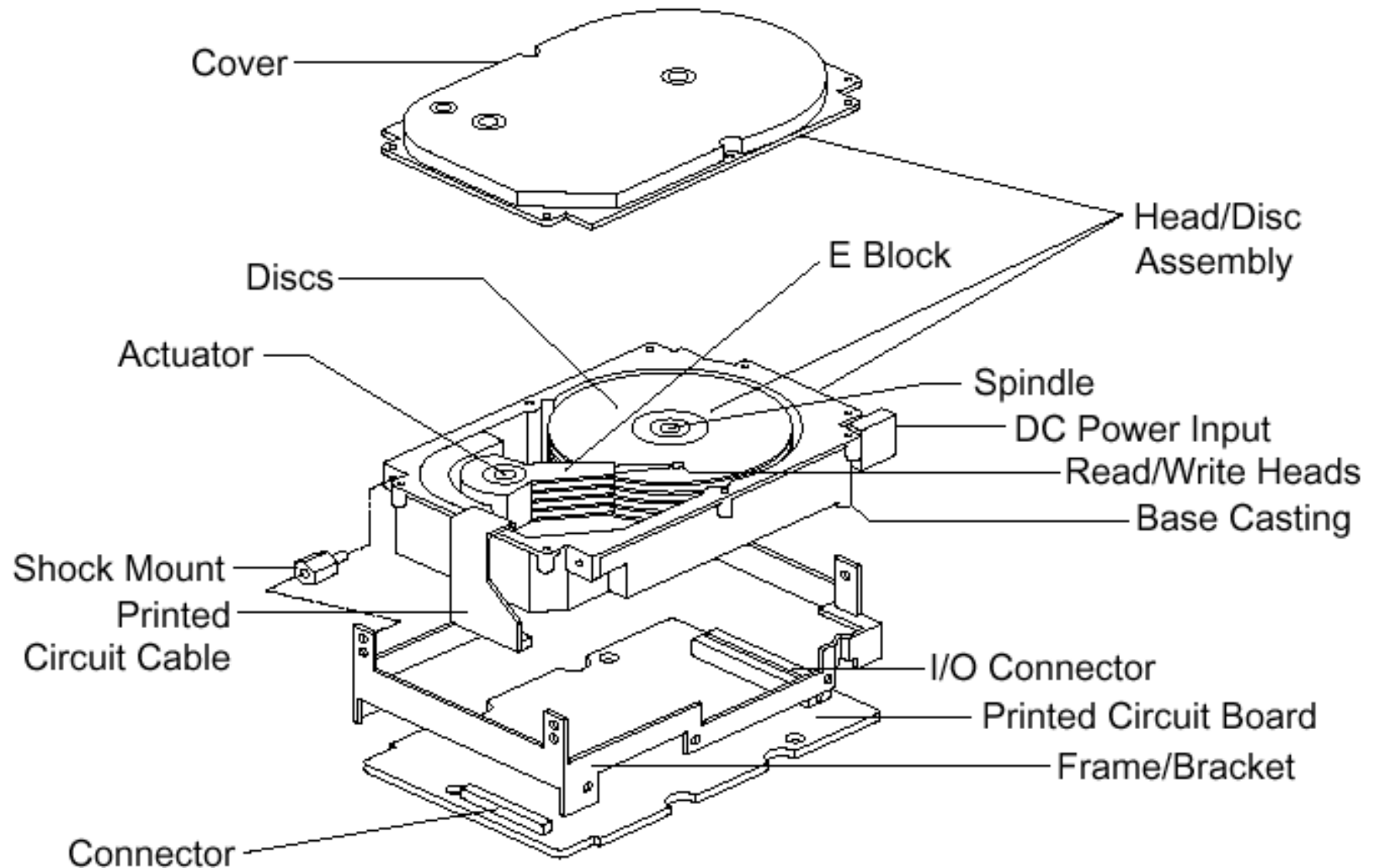
Recoberto de material magnetizável (e. g., óxido de ferro)



# Discos Magnéticos

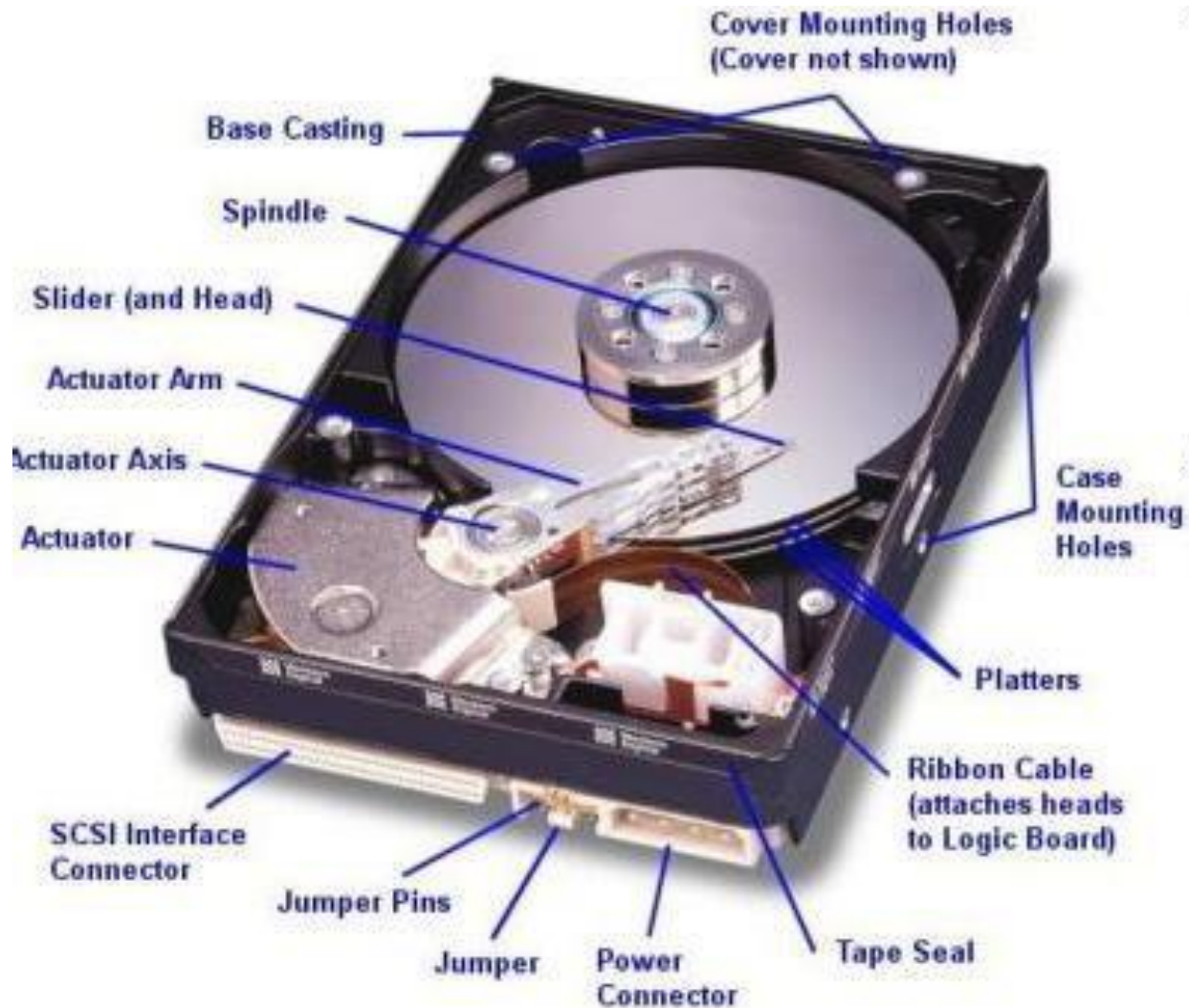
- Encapsulamento
  - Floppy - flexível
  - Hard disk - *Winchester*
  - Removable hard disk

# Discos Magnéticos – Ex. HD



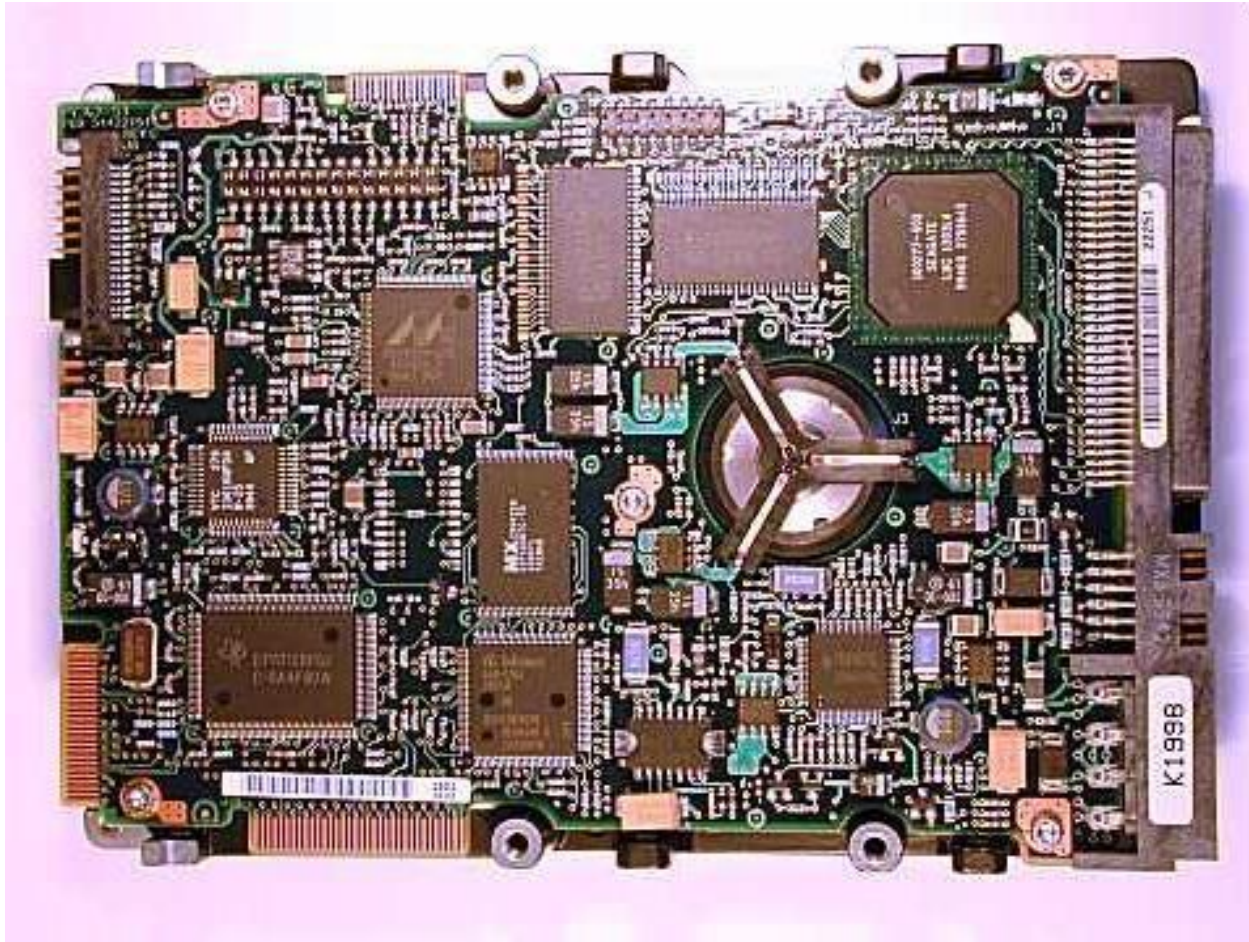


# Discos Magnéticos – Ex. HD





# Discos Magnéticos – Placa lógica



Cheetah 10,000 RPM 36 GB hard disk drive

# Características

- Organização dos dados
- Cabeçote fixo (raro) ou móvel
- Disco fixo ou removível
- Um único lado ou dois lados (dupla face)
- Um único prato ou vários pratos
- Mecanismo de cabeçote
  - Contato (disco floppy)
  - Espaço fixo
  - Flutuante (Winchester)

# Características

- Organização dos dados
- Cabeçote fixo (raro) ou móvel
- Disco fixo ou removível
- Um único lado ou dois lados (dupla face)
- Um único prato ou vários pratos
- Mecanismo de cabeçote
  - Contato (disco floppy)
  - Espaço fixo
  - Flutuante (Winchester)

# Organização de Dados e Formatação

- Anéis concêntricos ou trilhas
  - Espaços (gaps) entre trilhas (tracks)
    - Redução do gap  $\Rightarrow$  aumento da capacidade
  - 1. Mesmo número de bits por trilha
    - Densidade de empacotamento variável
    - Velocidade angular constante

# Organização de Dados e Formatação

- Anéis concêntricos ou trilhas
  - Espaços (gaps) entre trilhas (tracks)
    - Redução do gap  $\Rightarrow$  aumento da capacidade
  - 1. Mesmo número de bits por trilha
    - Densidade de empacotamento variável
    - Velocidade angular constante
  - 2. ou Múltiplas Zonas

# Organização de Dados e Formatação

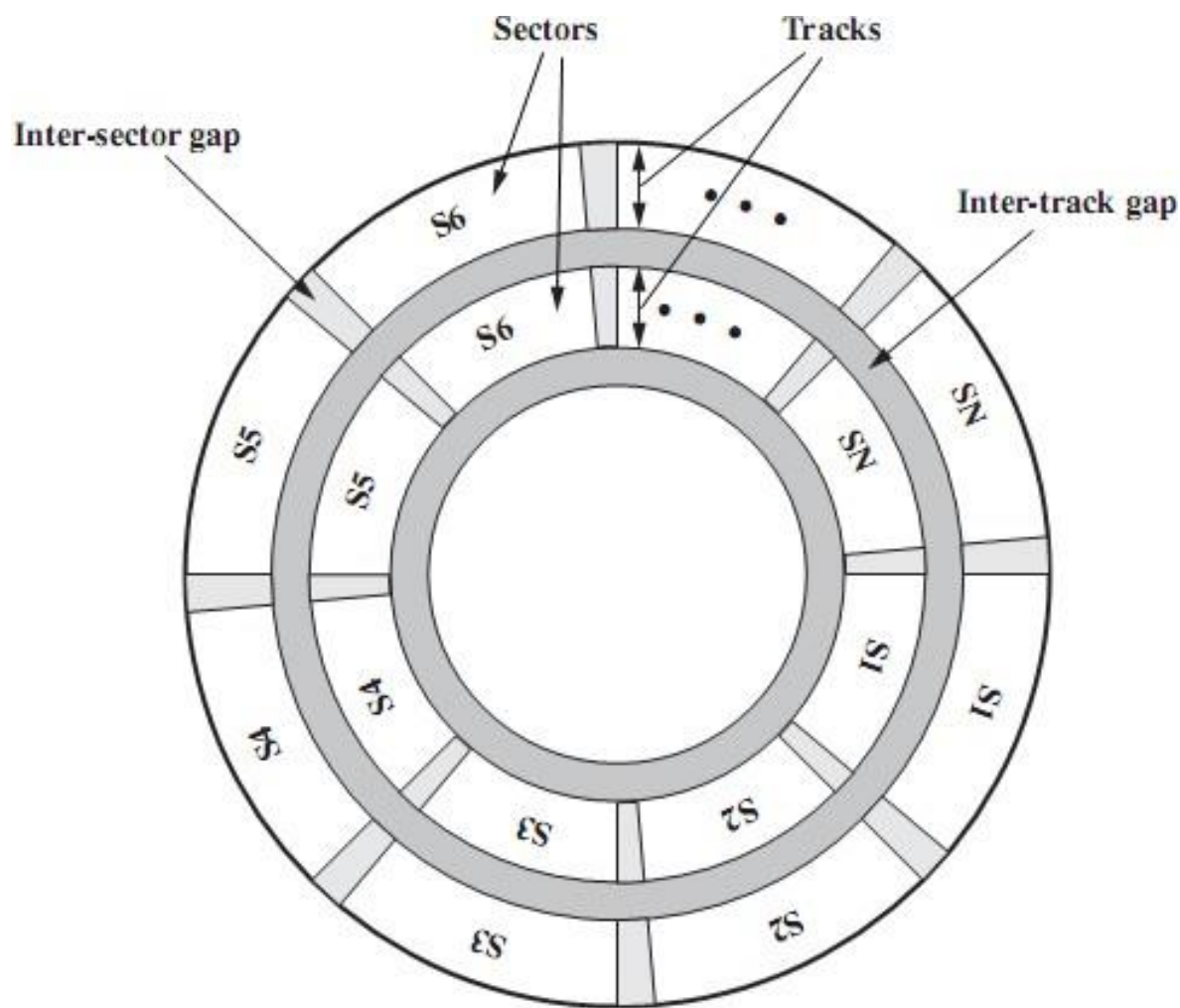
- Anéis concêntricos ou trilhas
  - Espaços (gaps) entre trilhas (tracks)
    - Redução do gap  $\Rightarrow$  aumento da capacidade
  - 1. Mesmo número de bits por trilha
    - Densidade de empacotamento variável
    - Velocidade angular constante
  - 2. ou Múltiplas Zonas
- Trilhas divididas em setores
- O menor tamanho de bloco é um setor
  - Dados transferidos sempre em Blocos

# Organização de Dados e Formatação

- Anéis concêntricos ou trilhas
  - Espaços (gaps) entre trilhas (tracks)
    - Redução do gap  $\Rightarrow$  aumento da capacidade
  - 1. Mesmo número de bits por trilha
    - Densidade de empacotamento variável
    - Velocidade angular constante
  - 2. ou Múltiplas Zonas
- Trilhas divididas em setores
- O menor tamanho de bloco é um setor
  - Dados transferidos sempre em Blocos
- Pode ter mais de um setor por bloco



# Organização dos Dados no Disco



# Organização dos Dados no Disco

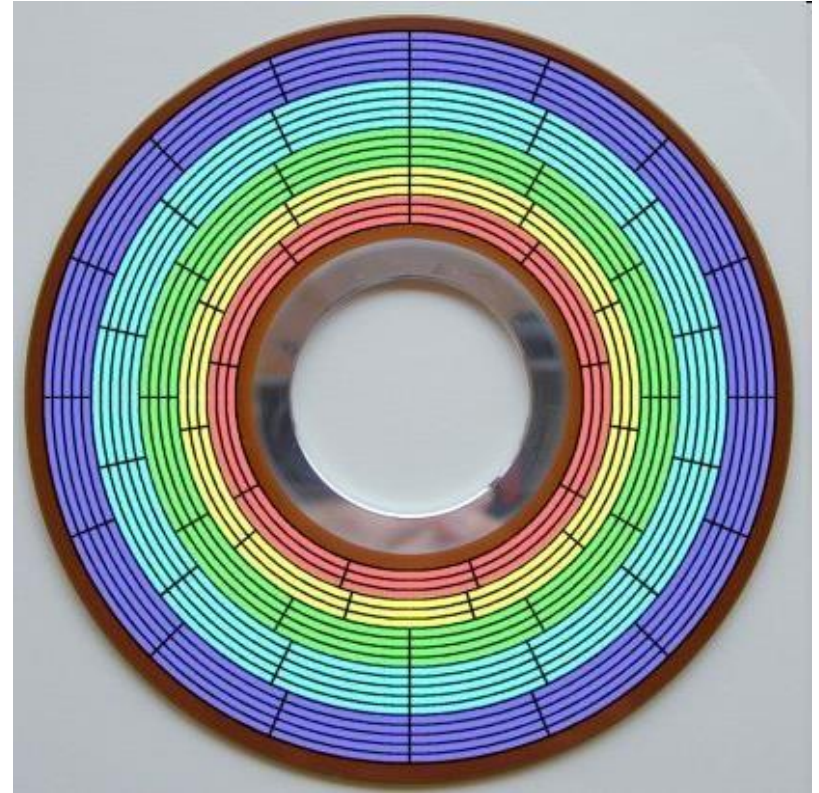


- HD de 5.25" com 20 trilhas concêntricas
- 16 setores

# Gravação dos Dados no Disco

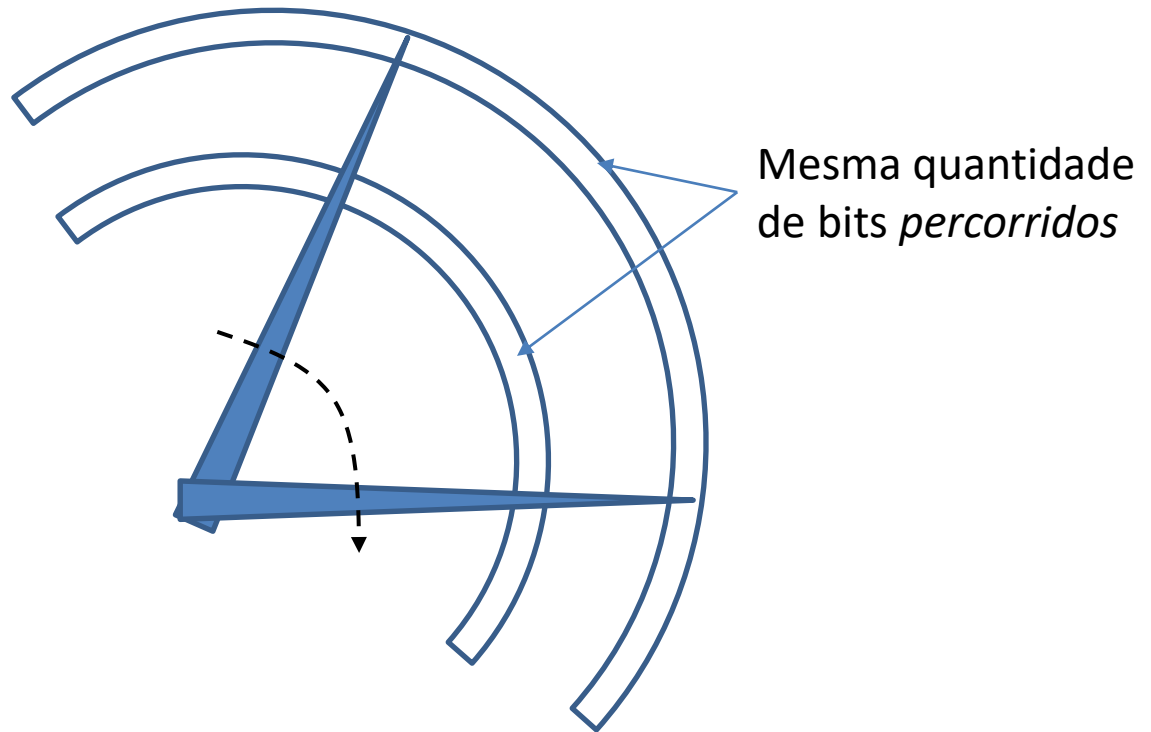


Velocidade angular constante



Gravação em múltiplas zonas

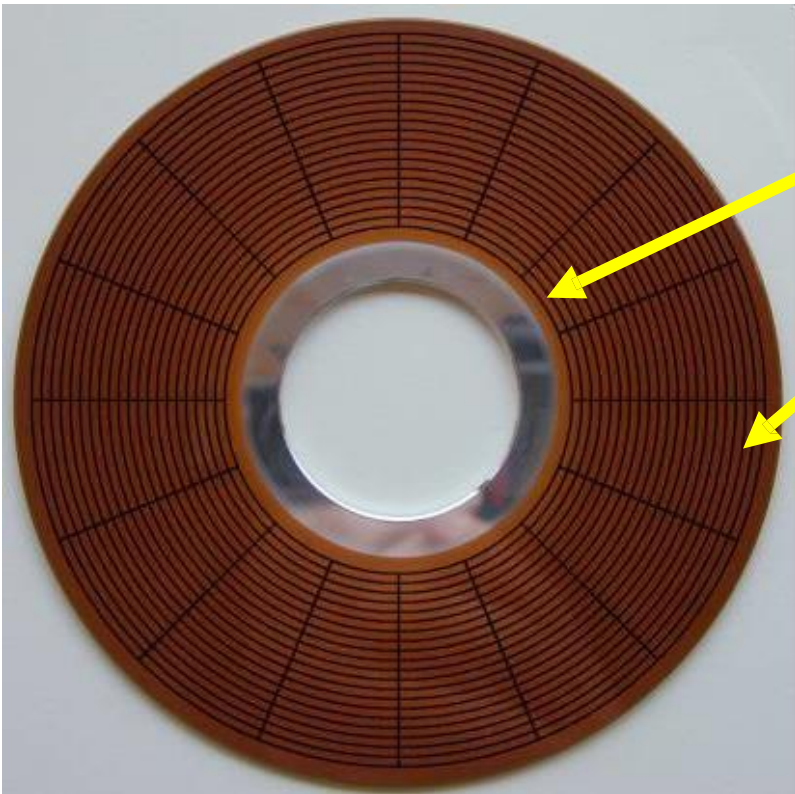
# Gravação com velocidade angular constante





# Gravação com velocidade angular constante

Mesma quantidade de bits por trilha

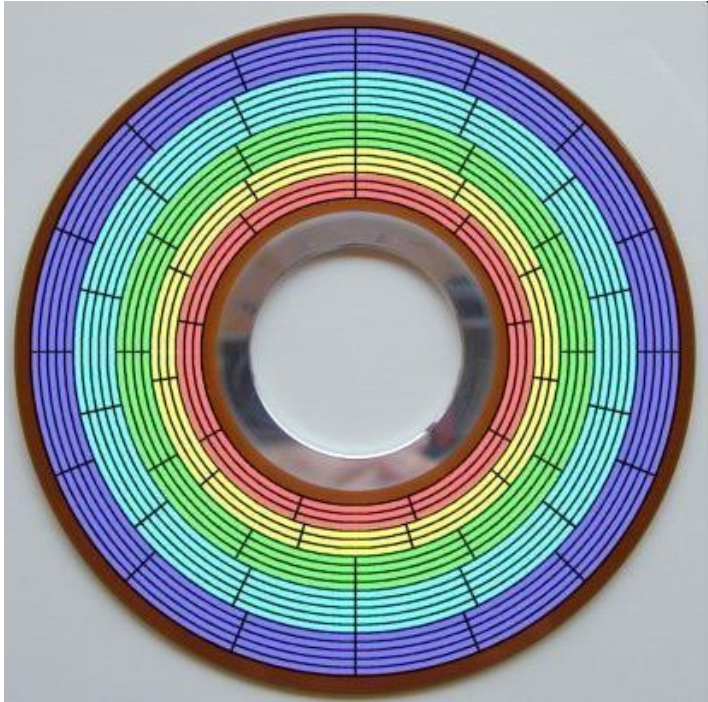


A densidade das trilhas mais internas é a maior possível

Portanto, maior que a densidade da trilha mais externa

⇒ **Perda de espaço**

# Gravação em múltiplas zonas



- Zona azul - 5 trilhas com 16 setores cada;
- Zona cian - 5 trilhas com 14 setores cada;
- Zona verde - 4 trilhas com 12 setores;
- Zona amarela - 3 trilhas com 11 setores;
- Zona vermelha - 3 trilhas com 9 setores.

O tamanho de cada setor se mantém **quase o mesmo!**

**Velocidade angular variável:** necessidade de circuitos de controle complexos

# Encontrando os dados

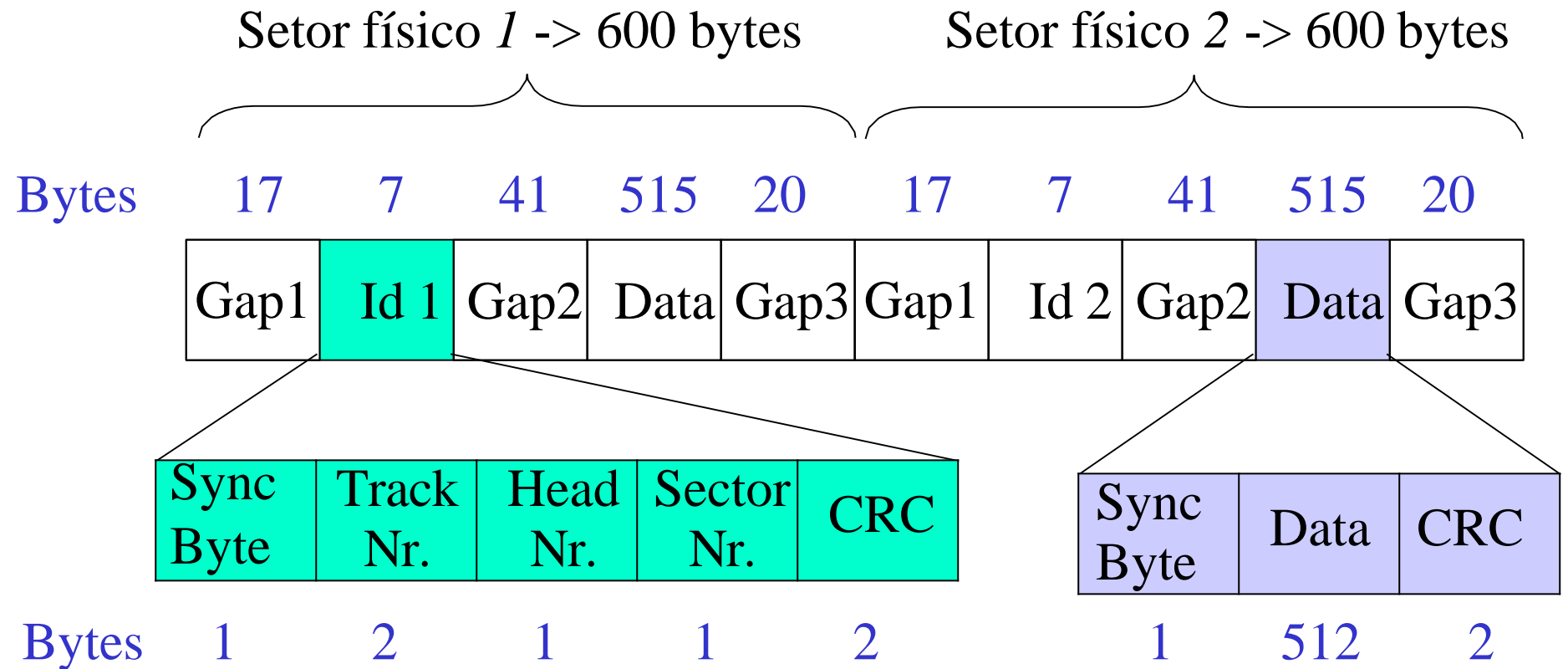
- Como identificar com precisão o início e o fim de uma trilha e de um setor?
- Formatação do disco
  - Informação adicional indisponível para o usuário
  - (De)marca trilhas e setores



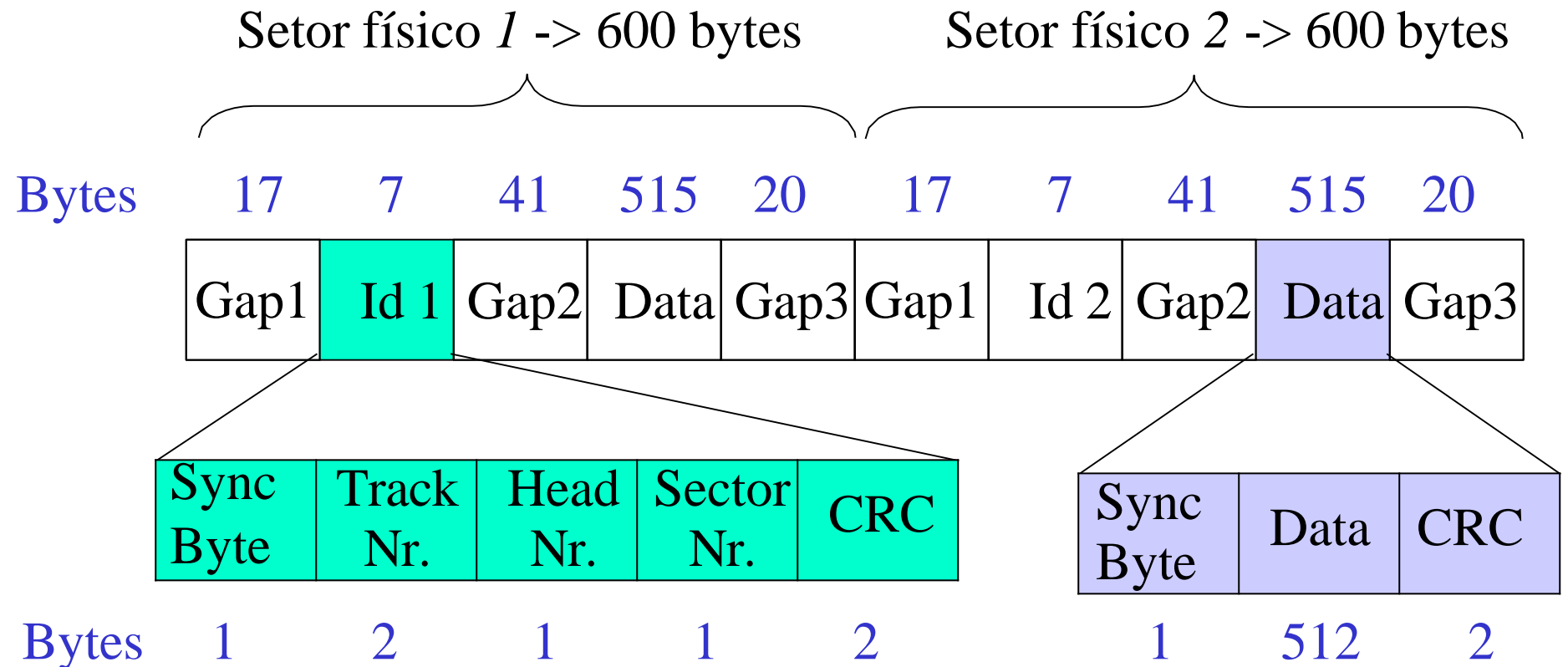
# Encontrando os dados

- Como identificar com precisão o início e o fim de uma trilha e de um setor?
- Formatação do disco
  - Informação adicional indisponível para o usuário
  - (De)marca trilhas e setores
  - **ATENÇÃO: Esta é a formatação do dispositivo e não do sistema de arquivos!!!**

# Exemplo: Formato de trilha do Seagate ST506



# Exemplo: Formato de trilha do Seagate ST506



$$\rightarrow \text{Eficiência} = \frac{512}{600} = 0.853333$$

# Características

- Organização dos dados
- Cabeçote fixo (raro) ou móvel
- Disco fixo ou removível
- Um único lado ou dois lados (dupla face)
- Um único prato ou vários pratos
- Mecanismo de cabeçote
  - Contato (disco floppy)
  - Espaço fixo
  - Flutuante (Winchester)

# Cabeçotes Fixos e Móveis

- Cabeçote fixo (raro)
  - Um único cabeçote de escrita e leitura por trilha
  - Cabeçotes montados sobre braços fixos e rígidos

# Cabeçotes Fixos e Móveis

- Cabeçote fixo (raro)
  - Um único cabeçote de escrita e leitura por trilha
  - Cabeçotes montados sobre braços fixos e rígidos
- Cabeçote móvel
  - Um cabeçote de escrita e leitura por lado (face)
  - Montado sobre um braço móvel
  - O movimento do cabeçote é responsável pela maior parte do tempo de acesso

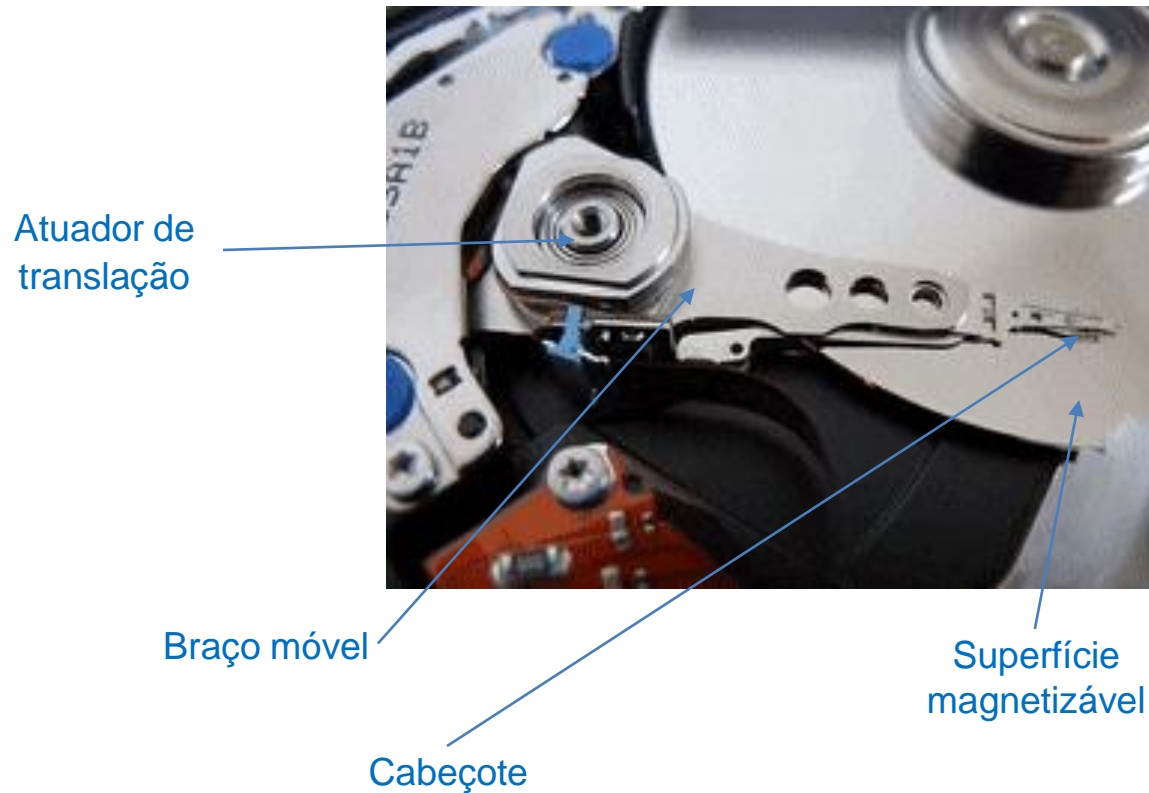
# Cabeçotes Fixos e Móveis

- Cabeçote fixo (raro)
  - Um único cabeçote de escrita e leitura por trilha
  - Cabeçotes montados sobre braços fixos e rígidos
- Cabeçote móvel
  - Um cabeçote de escrita e leitura por lado (face)
  - Montado sobre um braço móvel
  - O movimento do cabeçote é responsável pela maior parte do tempo de acesso



# Estrutura de acesso aos dados

## Cabeçote móvel



# Cabeçote de Leitura e Escrita

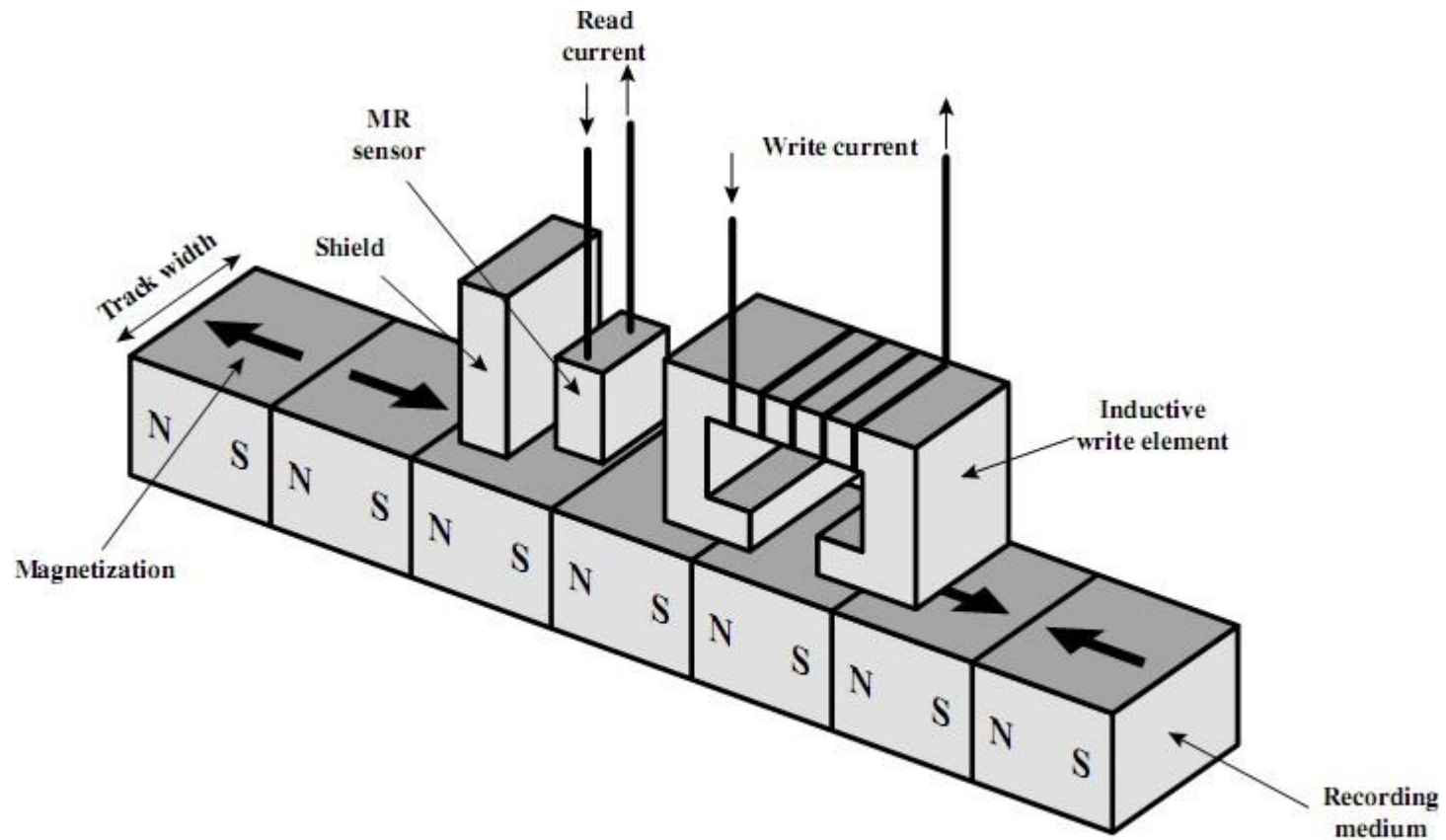
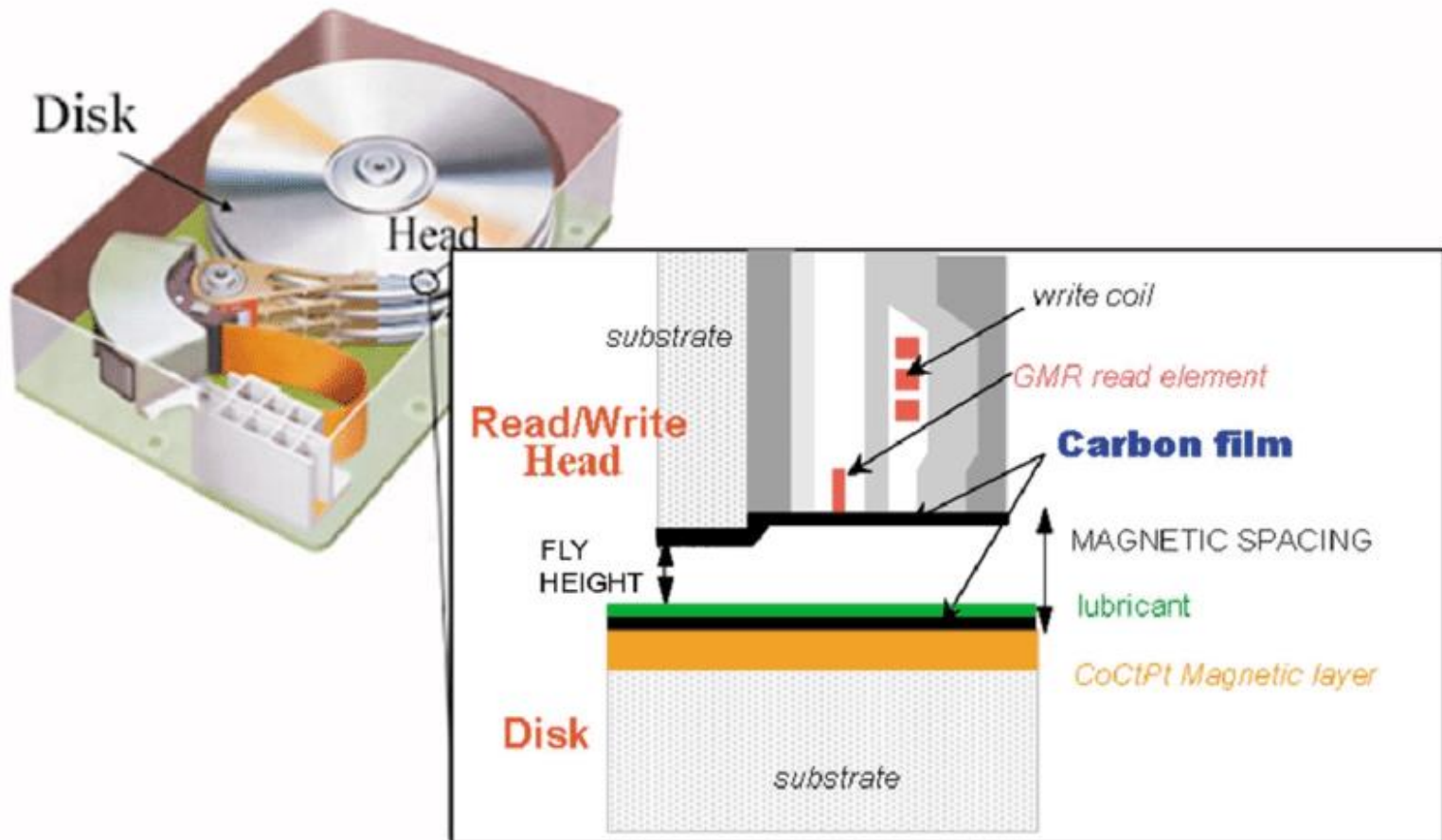
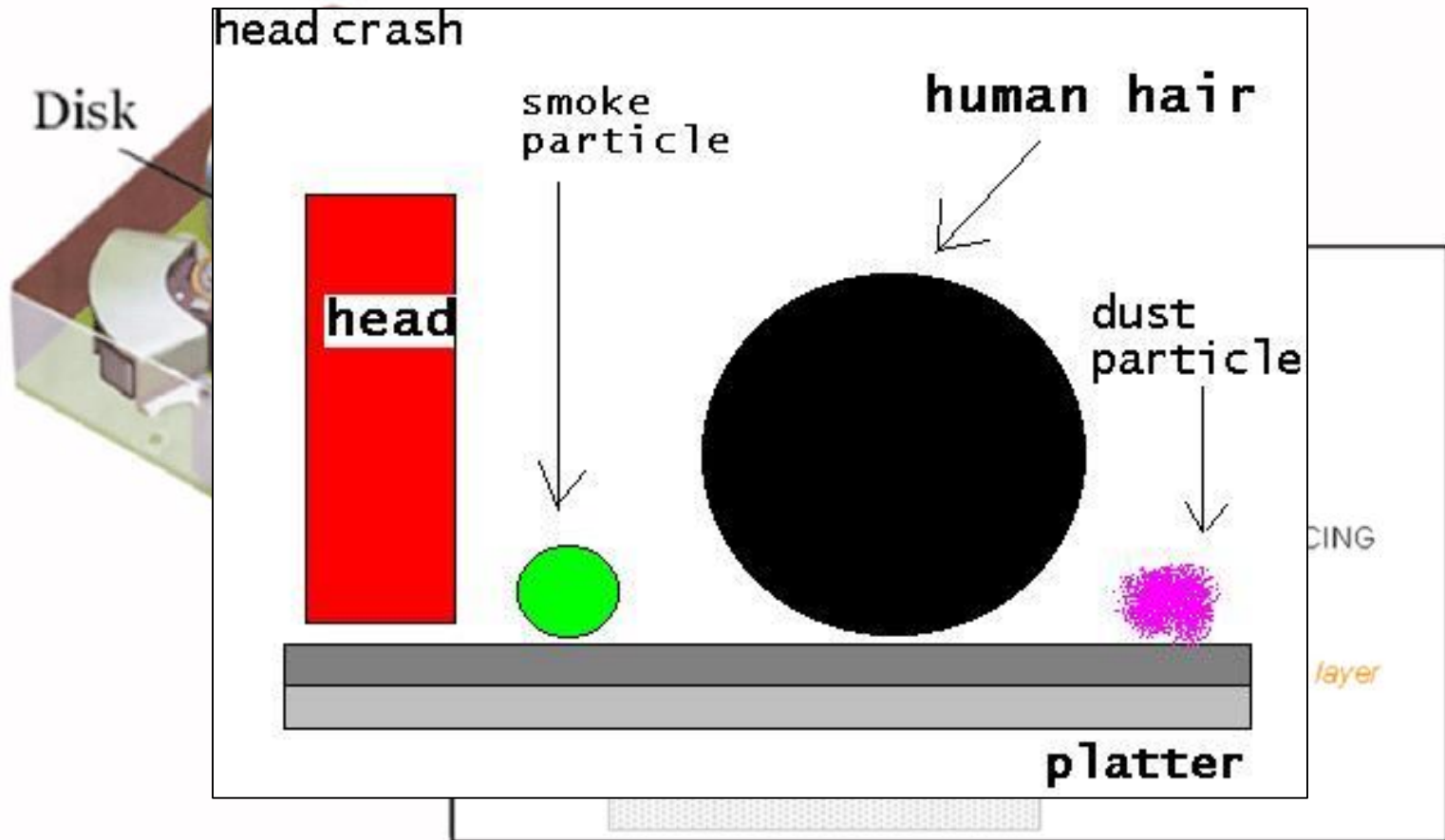


Figure 6.1 Inductive Write/Magnetoresistive Read Head

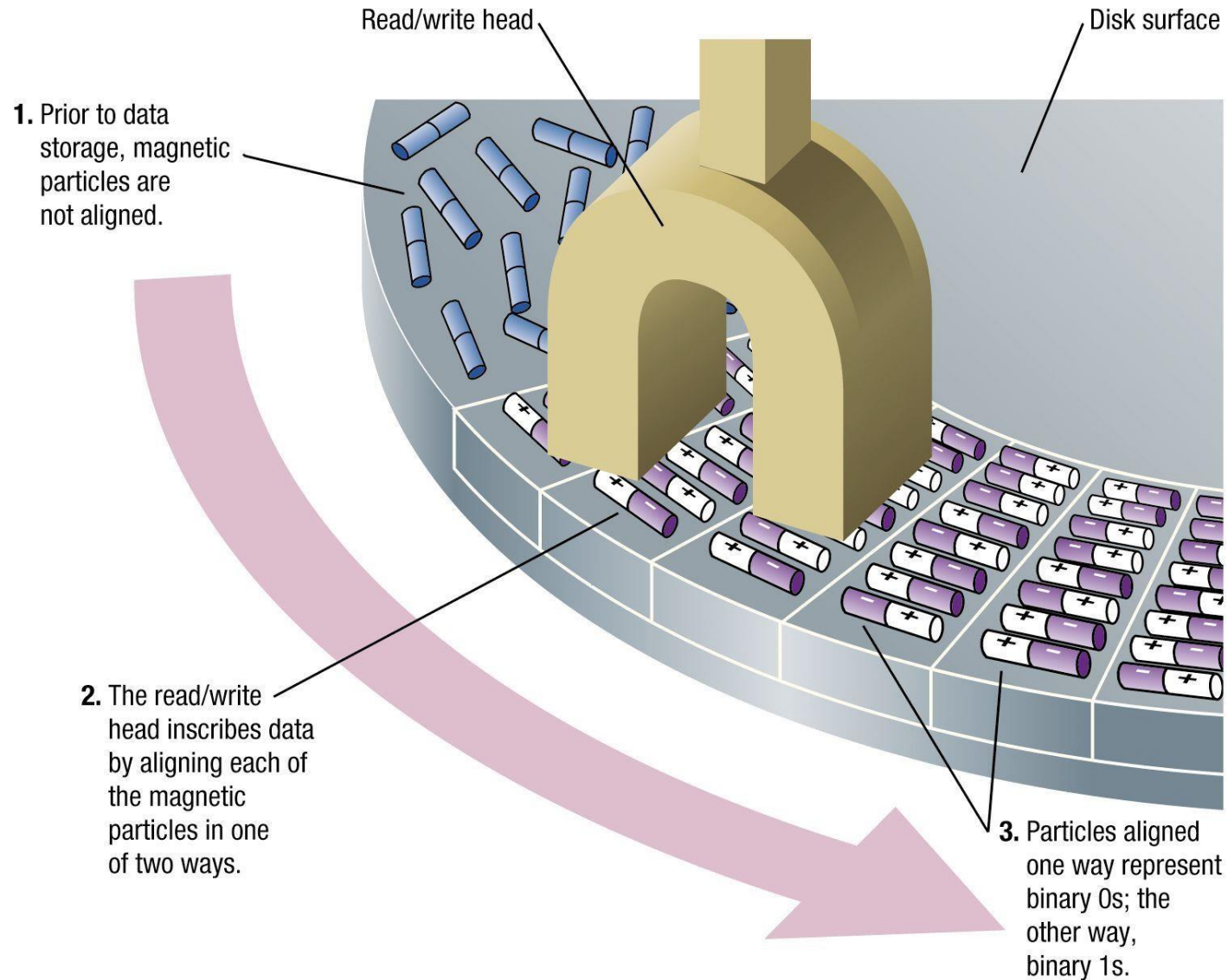
# Cabeçote de Leitura e Escrita



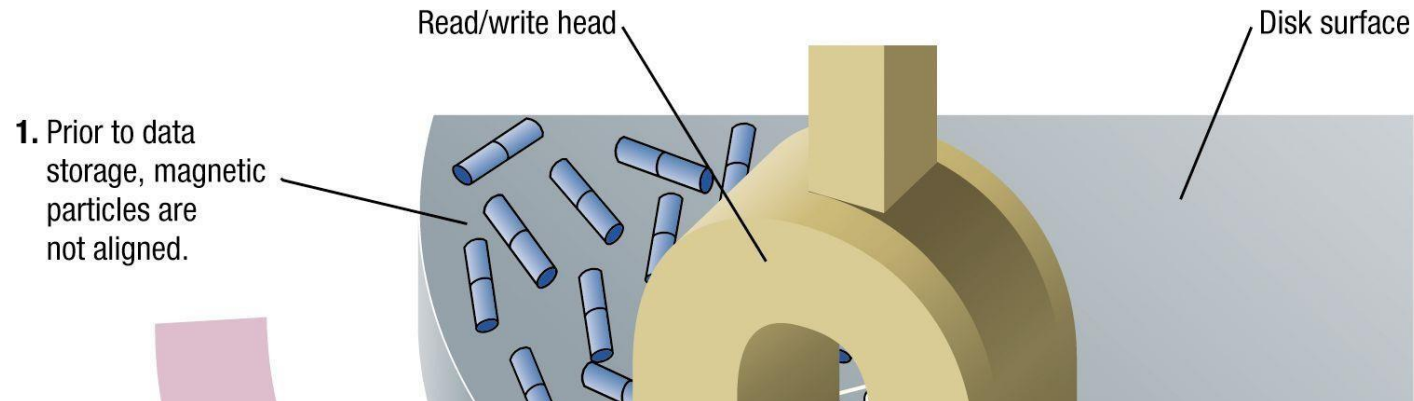
# Cabeçote de Leitura e Escrita



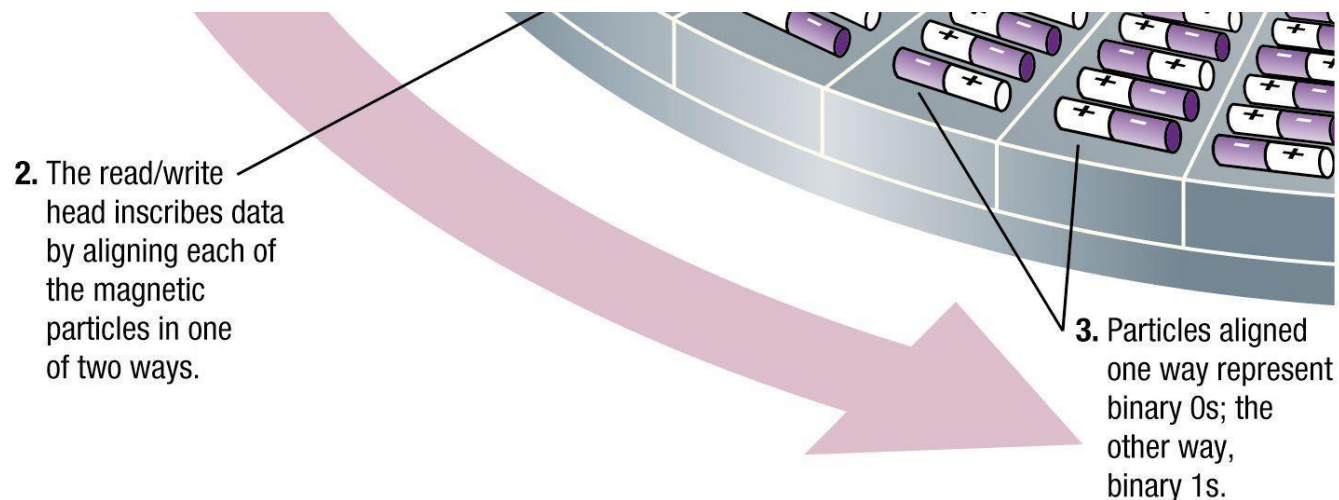
# Cabeçote de Leitura e Escrita



# Cabeçote de Leitura e Escrita

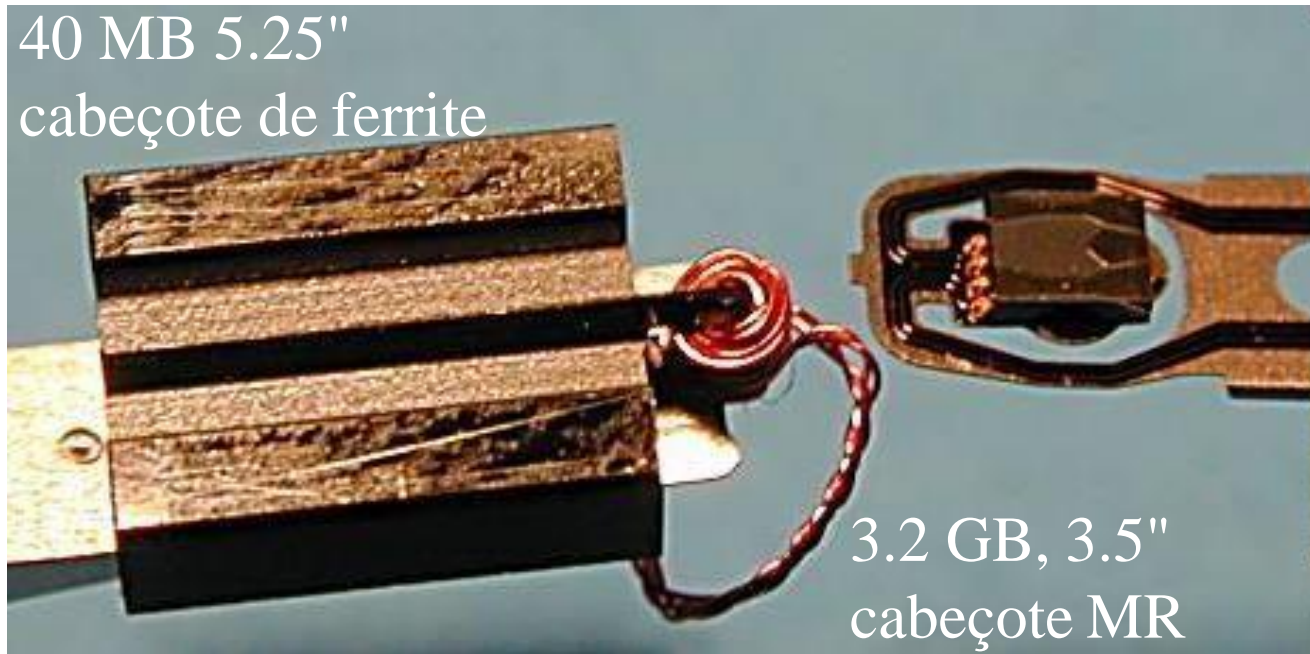


## Como se apagam os dados?



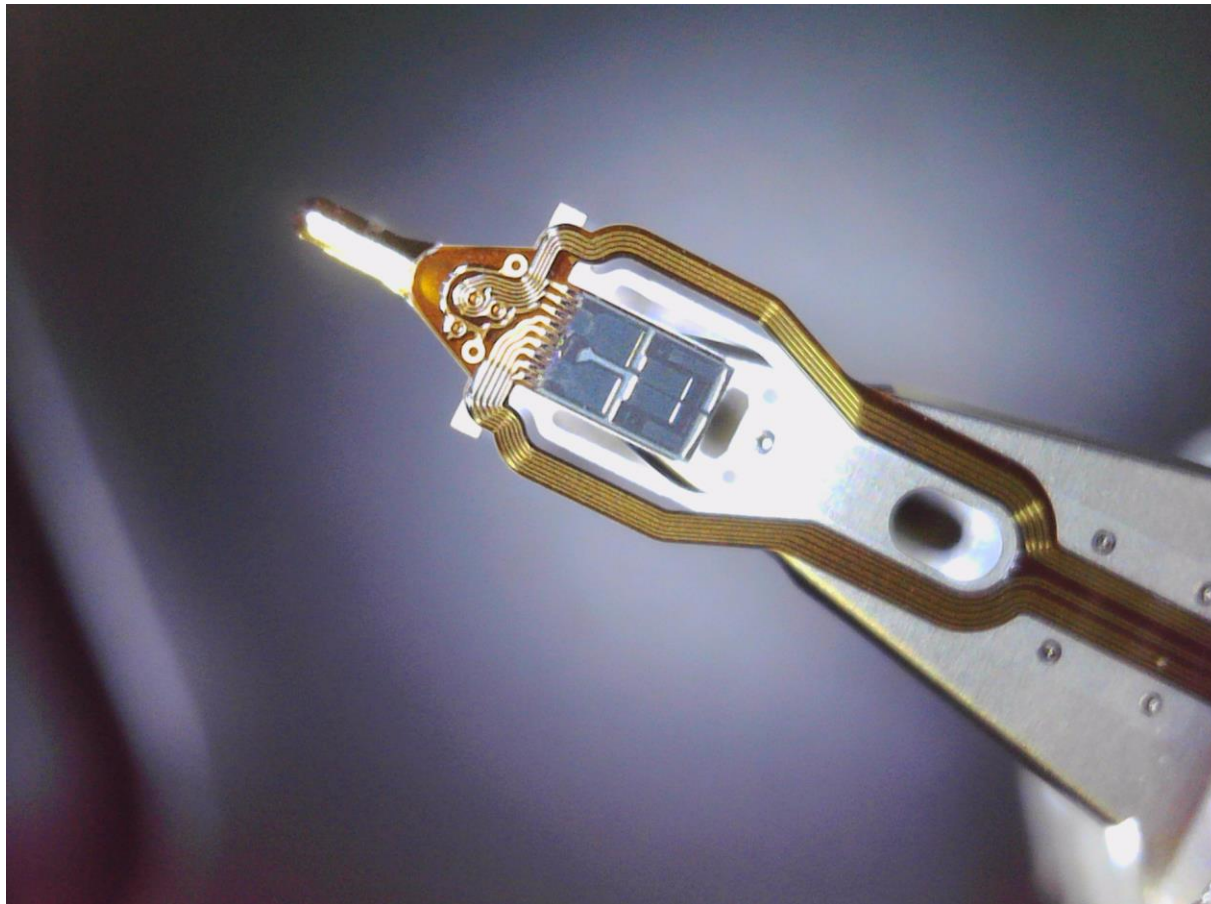


# Cabeçote de Leitura e Escrita





# Cabeçote de Leitura e Escrita



# Características

- Organização dos dados
- Cabeçote fixo (raro) ou móvel
- Disco fixo ou removível
- Um único lado ou dois lados (dupla face)
- Um único prato ou vários pratos
- Mecanismo de cabeçote
  - Contato (disco floppy)
  - Espaço fixo
  - Flutuante (Winchester)

# Discos Removíveis ou Não

- Disco removível

- Pode ser removido do drive e substituído por outro disco
- Permite capacidade de armazenamento ilimitada
- Facilita transferência de dados entre sistemas

# Discos Removíveis ou Não

- Disco removível

- Pode ser removido do drive e substituído por outro disco
- Permite capacidade de armazenamento ilimitada
- Facilita transferência de dados entre sistemas

- Disco não removível

- Montado permanentemente no drive
- Interface de mais alto desempenho

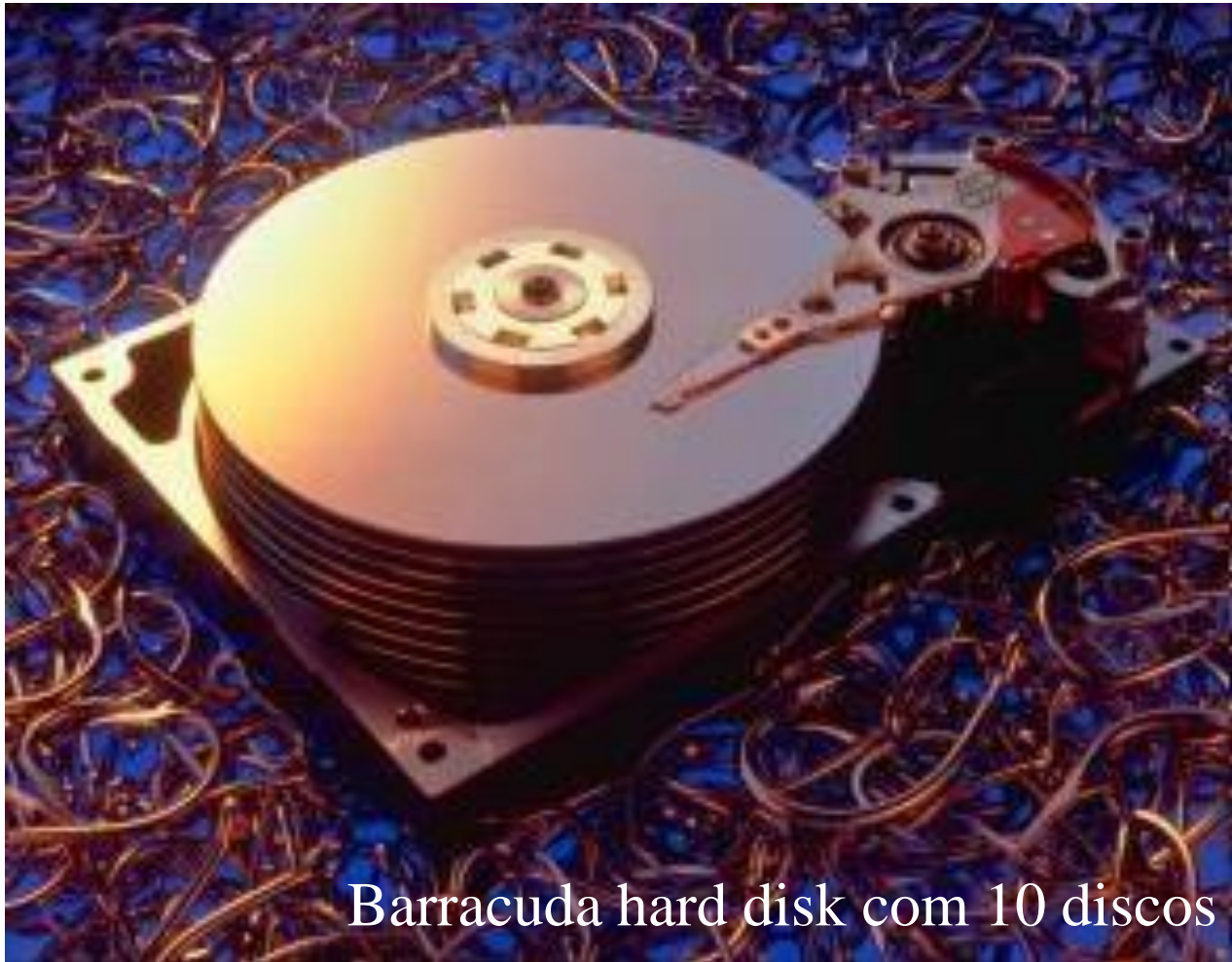
# Características

- Organização dos dados
- Cabeçote fixo (raro) ou móvel
- Disco fixo ou removível
- Um único lado ou dois lados (dupla face)
- Um único prato ou vários pratos
- Mecanismo de cabeçote
  - Contato (disco floppy)
  - Espaço fixo
  - Flutuante (Winchester)

# Características

- Organização dos dados
- Cabeçote fixo (raro) ou móvel
- Disco fixo ou removível
- Um único lado ou dois lados (dupla face)
- Um único prato ou vários pratos
- Mecanismo de cabeçote
  - Contato (disco floppy)
  - Espaço fixo
  - Flutuante (Winchester)

# Disco de Múltiplos Pratos



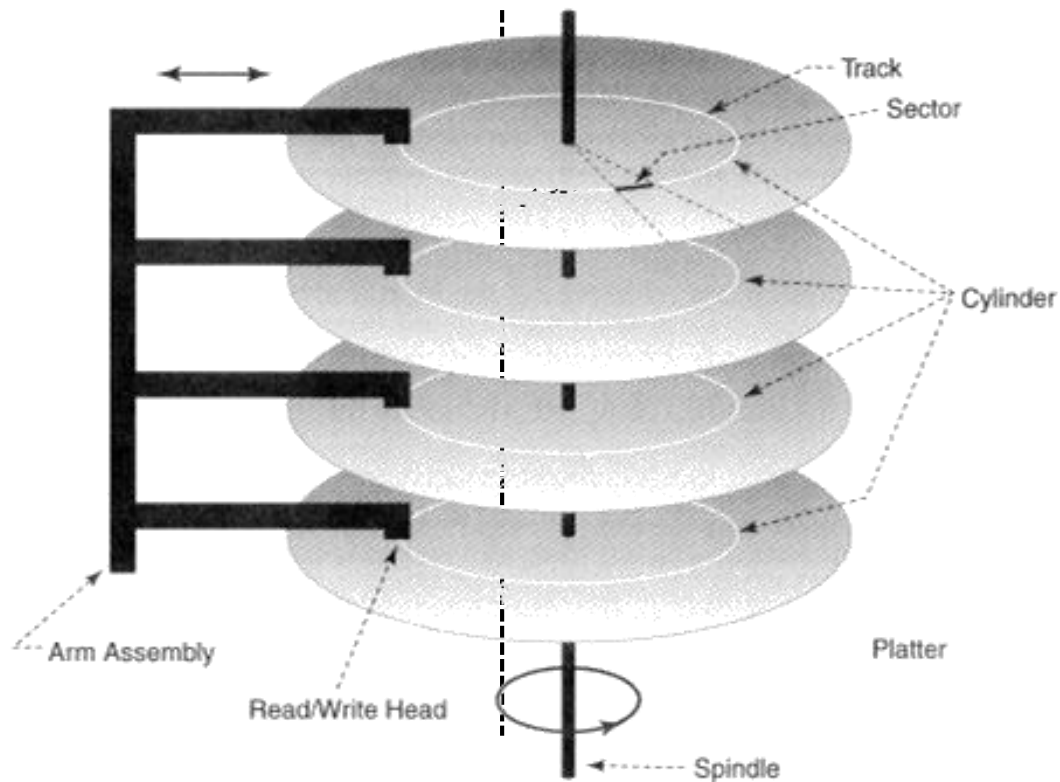
Barracuda hard disk com 10 discos

# Disco de Múltiplos Pratos

- Um cabeçote por face
- Os cabeçotes estão juntos e alinhados
- As trilhas alinhadas em cada prato formam cilindros
- Os dados são organizados ao longo do cilindro
  - Reduz o movimento do cabeçote
  - Aumenta a velocidade (aumenta a taxa de transferência de dados)



# Cilindros



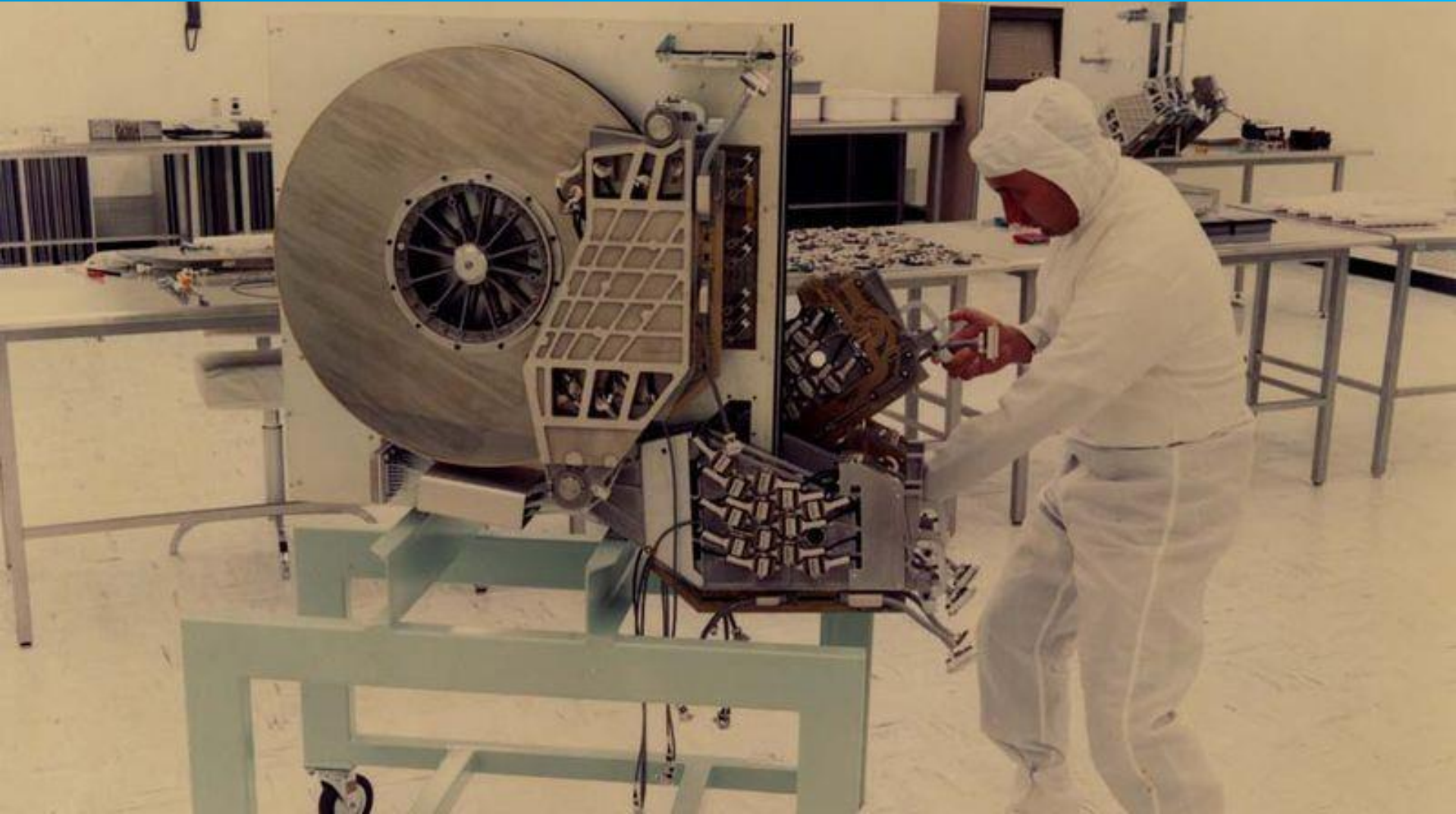
## Dados organizados nos cilindros

- Reduz o movimento do cabeçote
- Aumenta a velocidade
  - Aumenta a taxa de transferência de dados

# Características

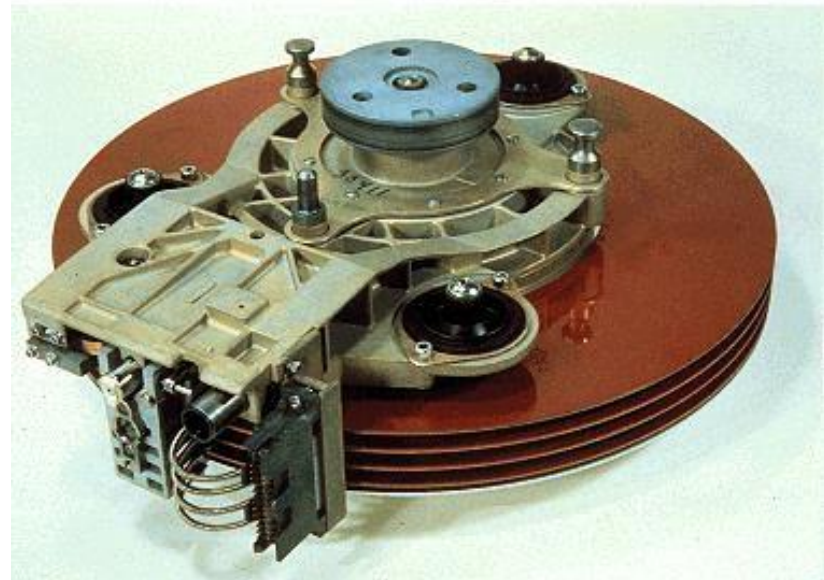
- Organização dos dados
- Cabeçote fixo (raro) ou móvel
- Disco fixo ou removível
- Um único lado ou dois lados (dupla face)
- Um único prato ou vários pratos
- Mecanismo de cabeçote
  - Contato (disco floppy)
  - Espaço fixo
  - Flutuante (Winchester)

# Tecnologias



# Winchester Hard Disk – IBM em 1973

- Unidade hermeticamente fechada
- Um ou mais pratos (discos)
- Os cabeçotes flutuam sobre as camadas de ar
- Permite grande proximidade entre o cabeçote e o disco, mas sem contato

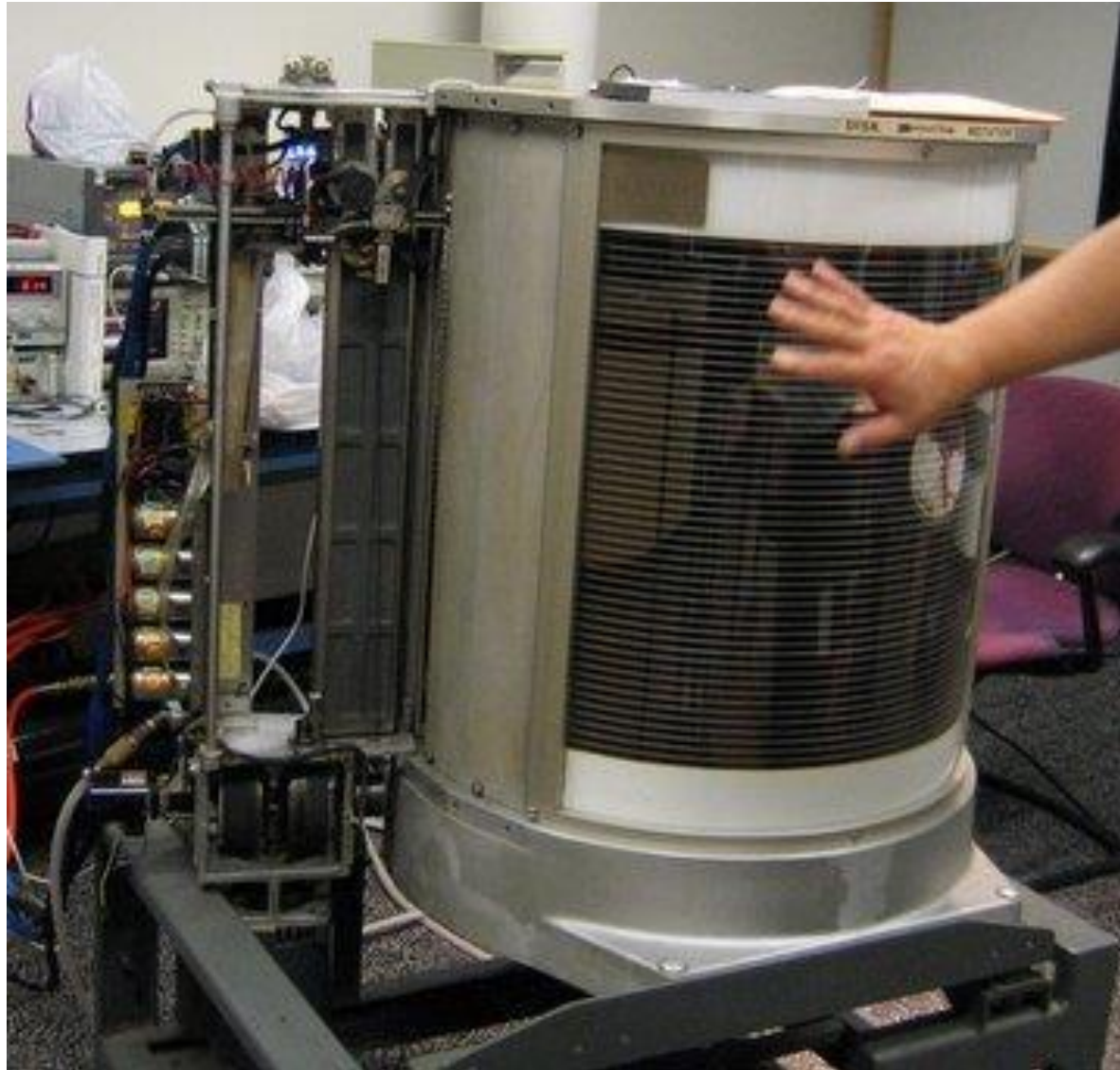


# Transporte de HD de 56 MB da IBM em 1956





# IBM 350 – 1956 RAMAC computer



# Western Digital 3 TB



# Hitachi 4 TB





# IBM Builds Biggest Data Drive Ever

The system could enable detailed simulations of real-world phenomena—or store 24 billion MP3s.

By Tom Simonite on August 25, 2011

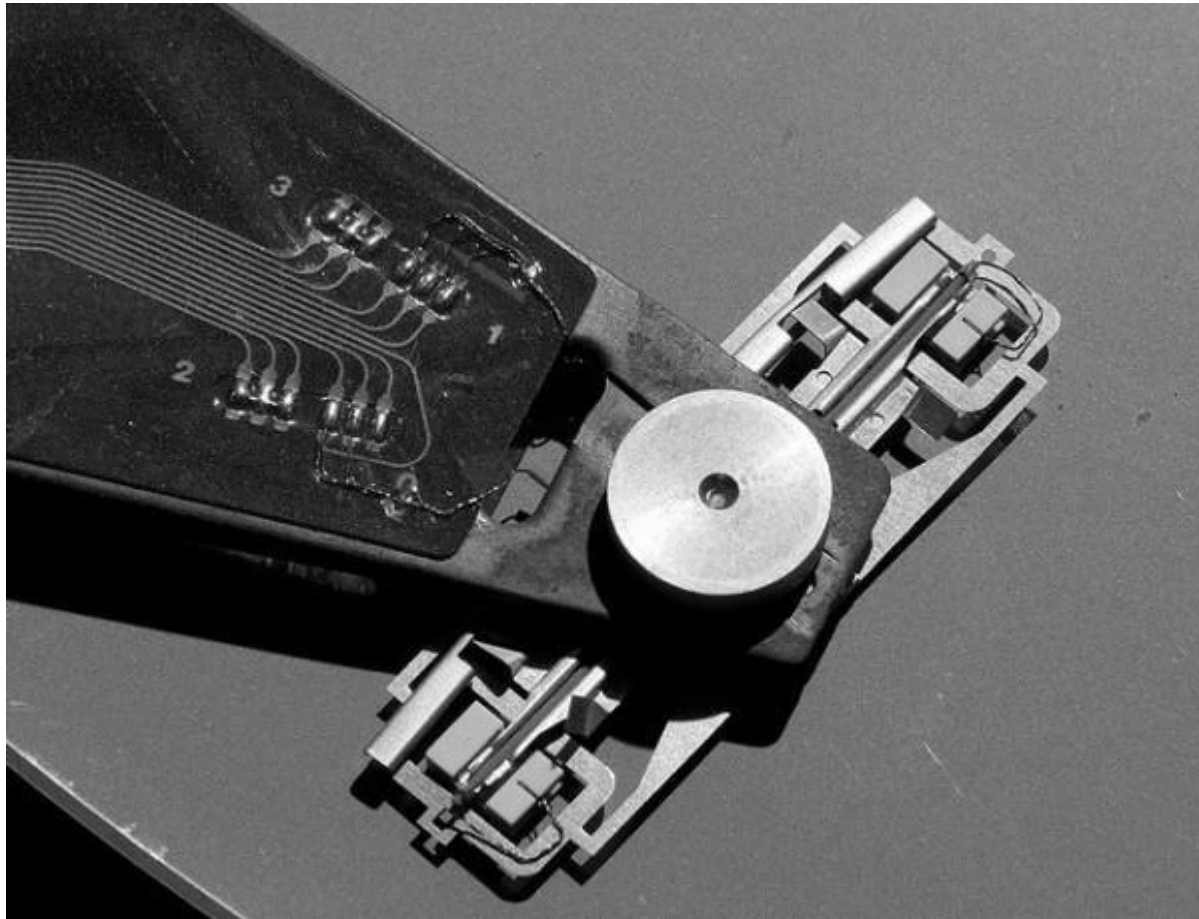
A data repository almost 10 times bigger than any made before is being built by researchers at IBM's Almaden, California, research lab. The 120 petabyte "drive" — that's 120 million gigabytes — is made up of 200,000 conventional hard disk drives working together. The giant data container is expected to store around one trillion files and should provide the space needed to allow more powerful simulations of complex systems, like those used to model weather and climate.

A 120 petabyte drive could hold 24 billion typical five-megabyte MP3 files or comfortably swallow 60 copies of the biggest backup of the Web, the 150 billion

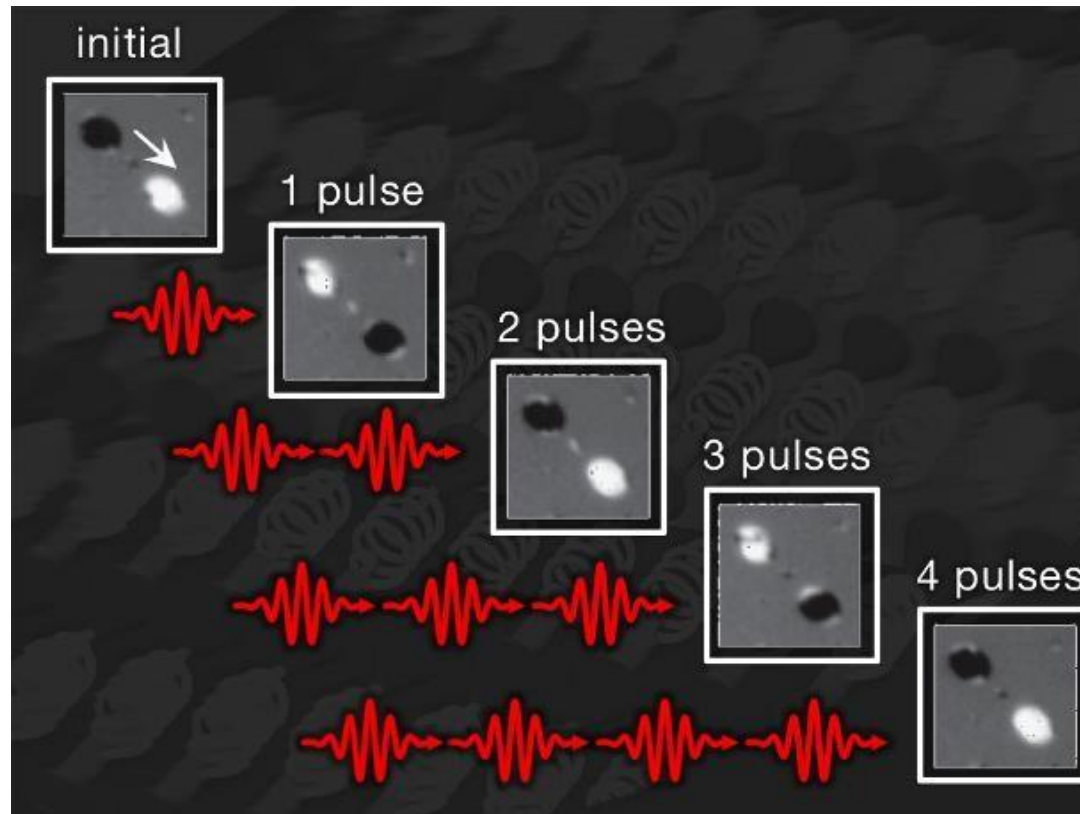
Understand  
and ideas  
manufactu

SEAGATE

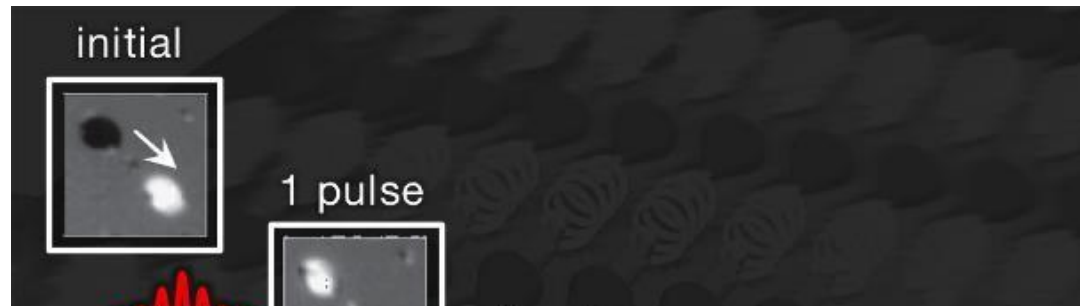
Gravação Magnética Assistida por Aquecimento  
(HAMR, na sigla em inglês)



# Sub-picosecond laser pulses



# Sub-picosecond laser pulses



“Seagate To Demo Its Revolutionary Heat Assisted Magnetic Recording Storage Technology At CEATEC 2013”



[Home](#) » [Últimas notícias](#) » Seagate lança 1º disco rígido de 8 TB

# Seagate lança 1º disco rígido de 8 TB

Por Redação Olhar Digital - em 26/08/2014 às 17h12

Avaliação: ★★★★★

Avaliar: ☆☆☆☆☆



HD Disco rígido



MAGNETISM SCHMAGNETISM —

# Seagate's new 60TB SSD is world's largest

Seagate's 60TB SSD comes a year after Samsung's 15TB SSD.

SEBASTIAN ANTHONY (UK) - 8/11/2016, 9:46 AM





# Seagate plans to release a 16TB hard drive next year

13

*That's a lot of terabytes*

by Chaim Gartenberg | @cgartenberg | Jan 27, 2017, 2:44pm EST



SHARE



TWEET



LINKEDIN



The arms race for the biggest hard drive is constantly escalating: last year saw Seagate

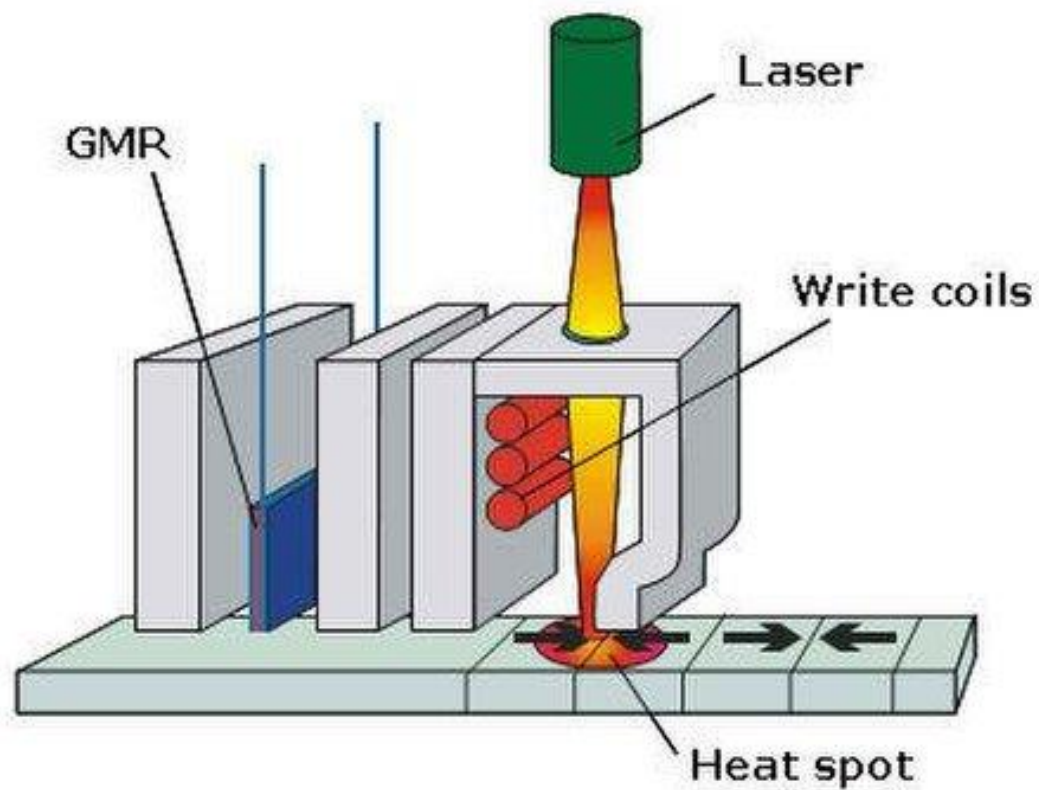
OITO PRINCIPAIS  
TENDÊNCIAS  
DE BIG DATA  
PARA 2017

BAIXAR O WHITEPAPER

tableau



**A Hitachi também tem sua versão**





# Removable Hard Disk

- ZIP
  - Barato
  - Chegou a ser muito comum
  - Apenas 100 MB



# Removable Hard Disk

- JAZ
  - Não tão barato
  - 1 GB



# Removable Hard Disk

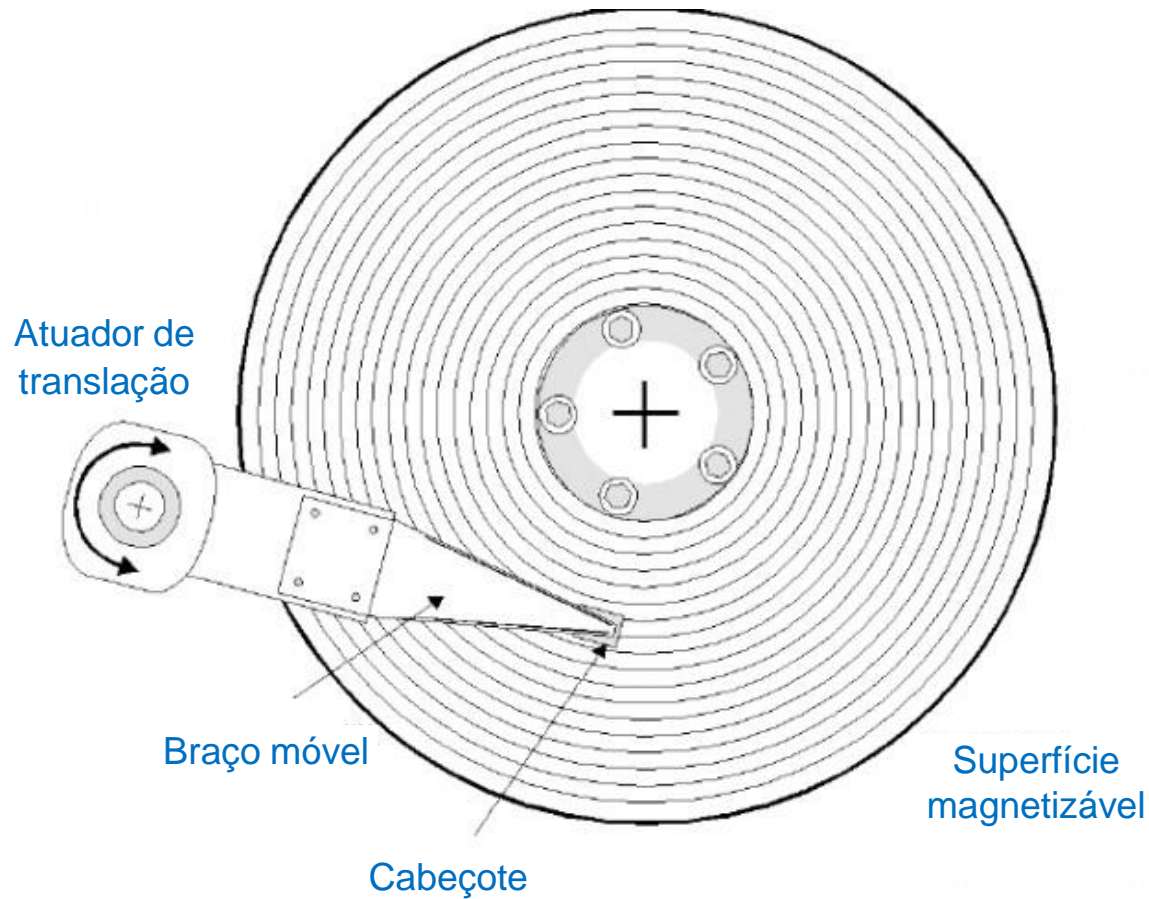
- L-120 (a: drive)
  - Também lia disquetes de 3.5"
  - Não se tornou muito popular



# Parâmetros de Desempenho

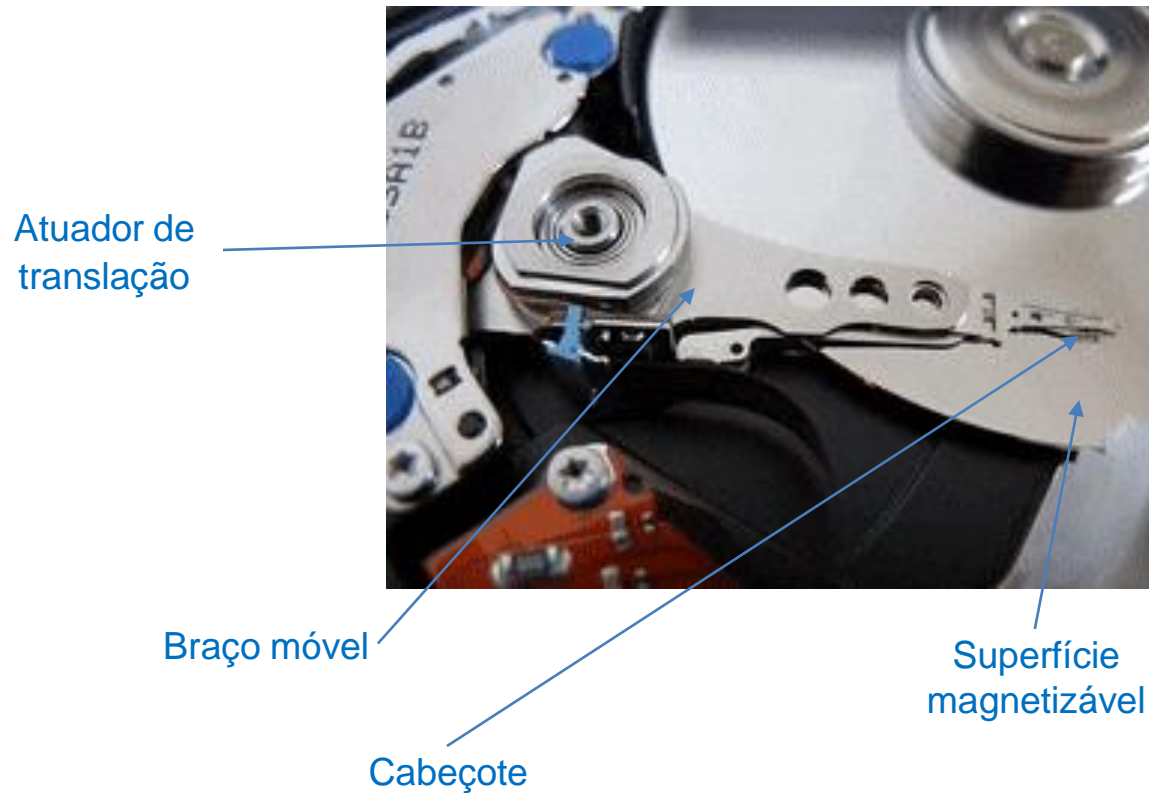


# Estrutura de acesso aos dados





# Estrutura de acesso aos dados



# Desempenho

- Tempo de busca
  - Movimento do cabeçote até a trilha correta

# Desempenho

- Tempo de busca
  - Movimento do cabeçote até a trilha correta
- Atraso rotacional
  - Tempo até que o setor desejado esteja alinhado com o cabeçote

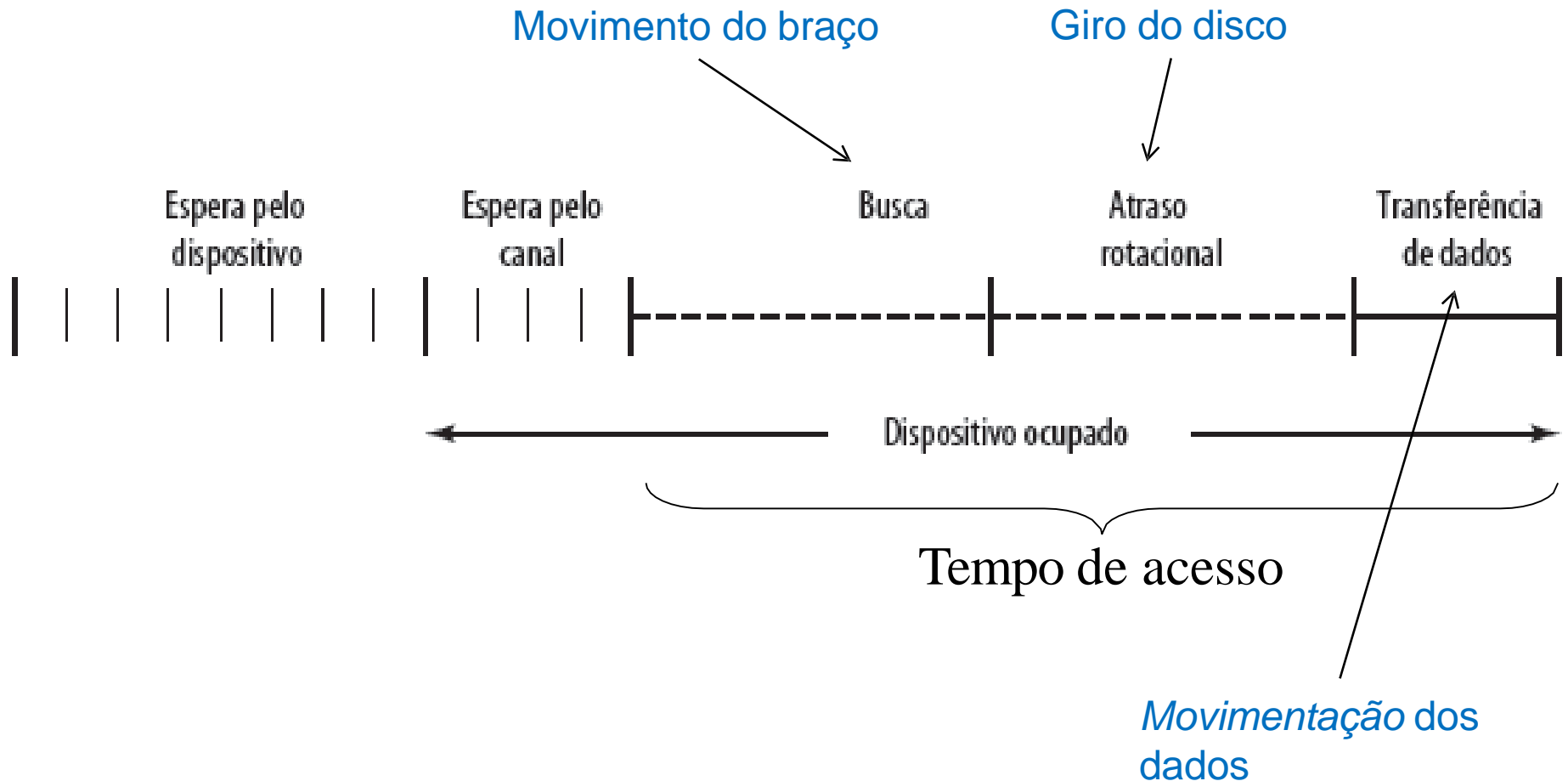
# Desempenho

- Tempo de busca
  - Movimento do cabeçote até a trilha correta
- Atraso rotacional
  - Tempo até que o setor desejado esteja alinhado com o cabeçote
- Taxa de transferência

# Desempenho

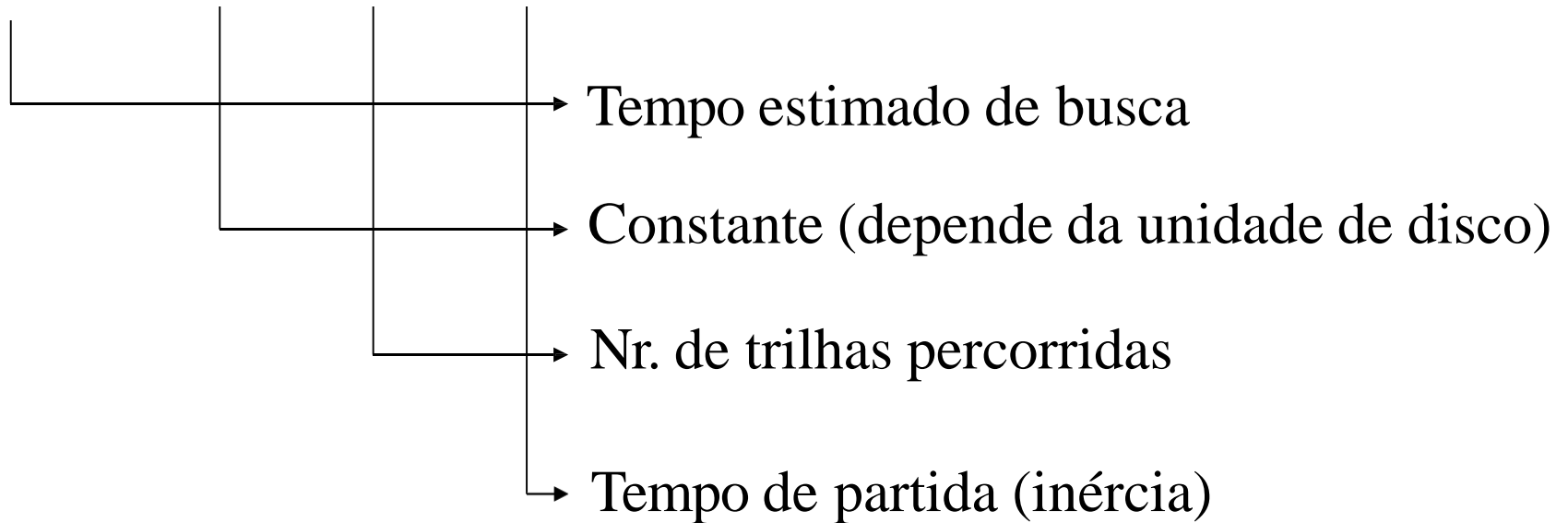
- Tempo de busca
  - Movimento do cabeçote até a trilha correta
- Atraso rotacional
  - Tempo até que o setor desejado esteja alinhado com o cabeçote
- Taxa de transferência
- Tempo de acesso = busca + atraso rotacional + tempo de transferência

# Desempenho – Temporização de uma transferência de E/S



# 1. Tempo de busca: $T_s$

$$T_s = m \times n + s$$



Ex.: HD de PC\*

$$m = 0.3ms$$

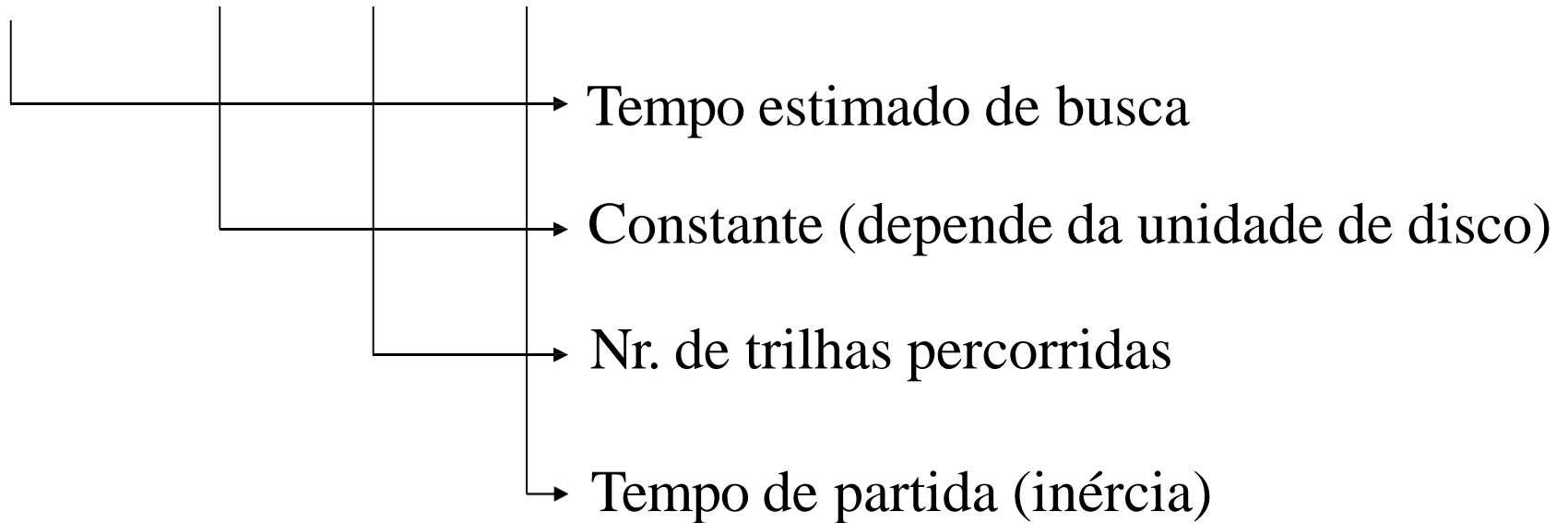
$$s = 20ms$$

\* Valores desatualizados



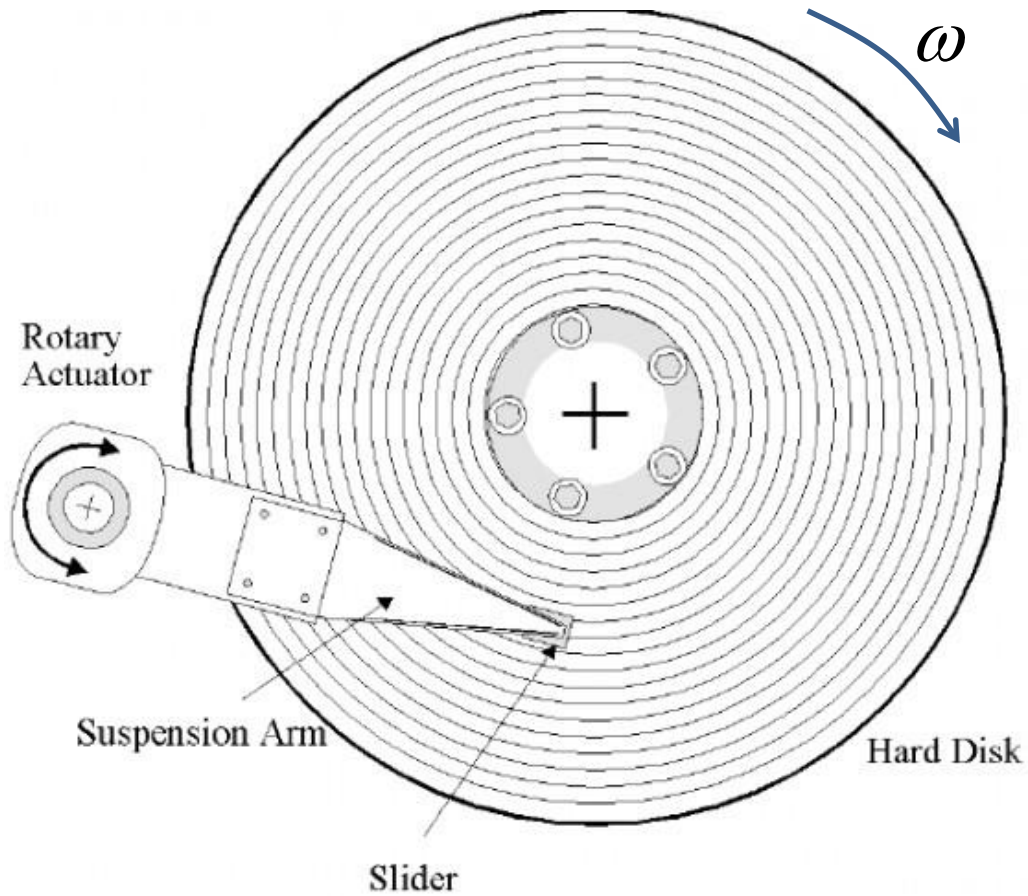
# 1. Tempo de busca: $T_s$

$$T_s = m \times n + s$$

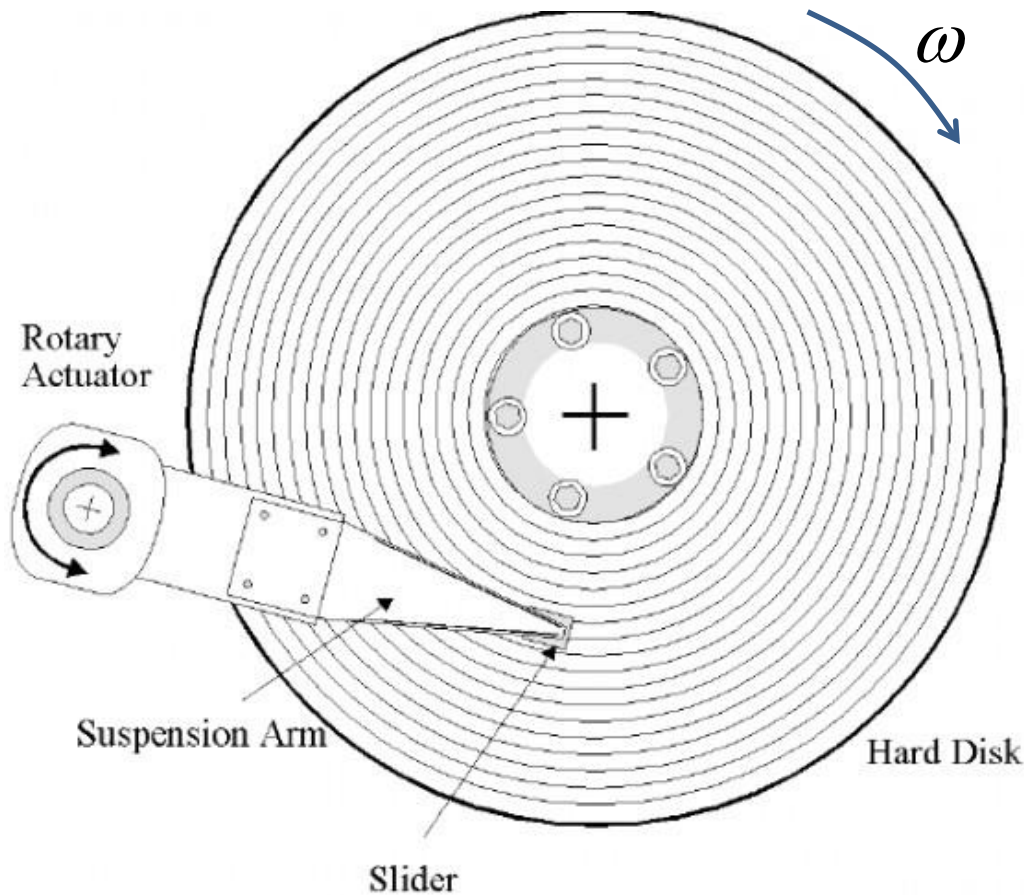


- Na prática, não se calcula o tempo de acesso para cada operação
- Um valor médio é fornecido

## 2. Atraso rotacional (médio): $L_r$



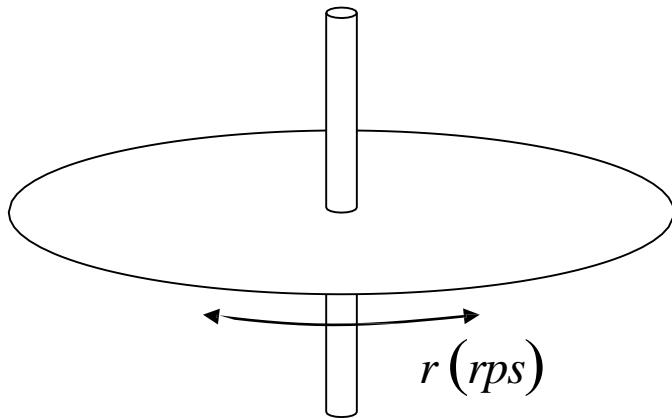
## 2. Atraso rotacional (médio): $L_r$



$$L_r = \frac{1}{2} (60 / \omega)$$

$$L_r = \frac{1}{2} (1 / r)$$

### 3. Taxa de transferência: $T$



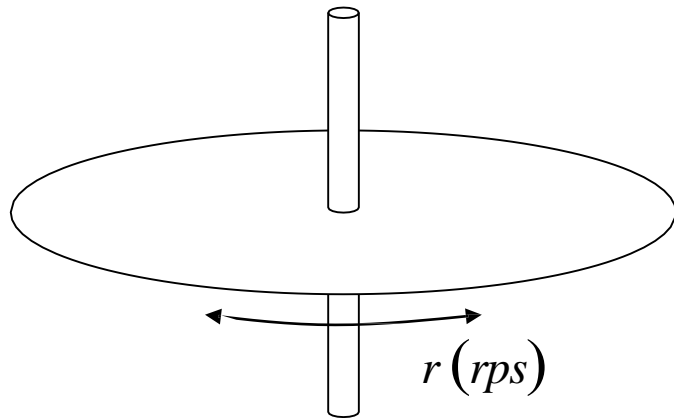
Nr de bytes transferidos

$$T = \frac{b}{B}$$

Tempo de transferência

Taxa de transferência  
(Bytes / segundo)

### 3. Taxa de transferência: $T$



Nr de bytes transferidos

$$T = \frac{b}{rN}$$

Taxa de transferência

Nr de bytes na trilha

Tempo de transferência

Velocidade de rotação

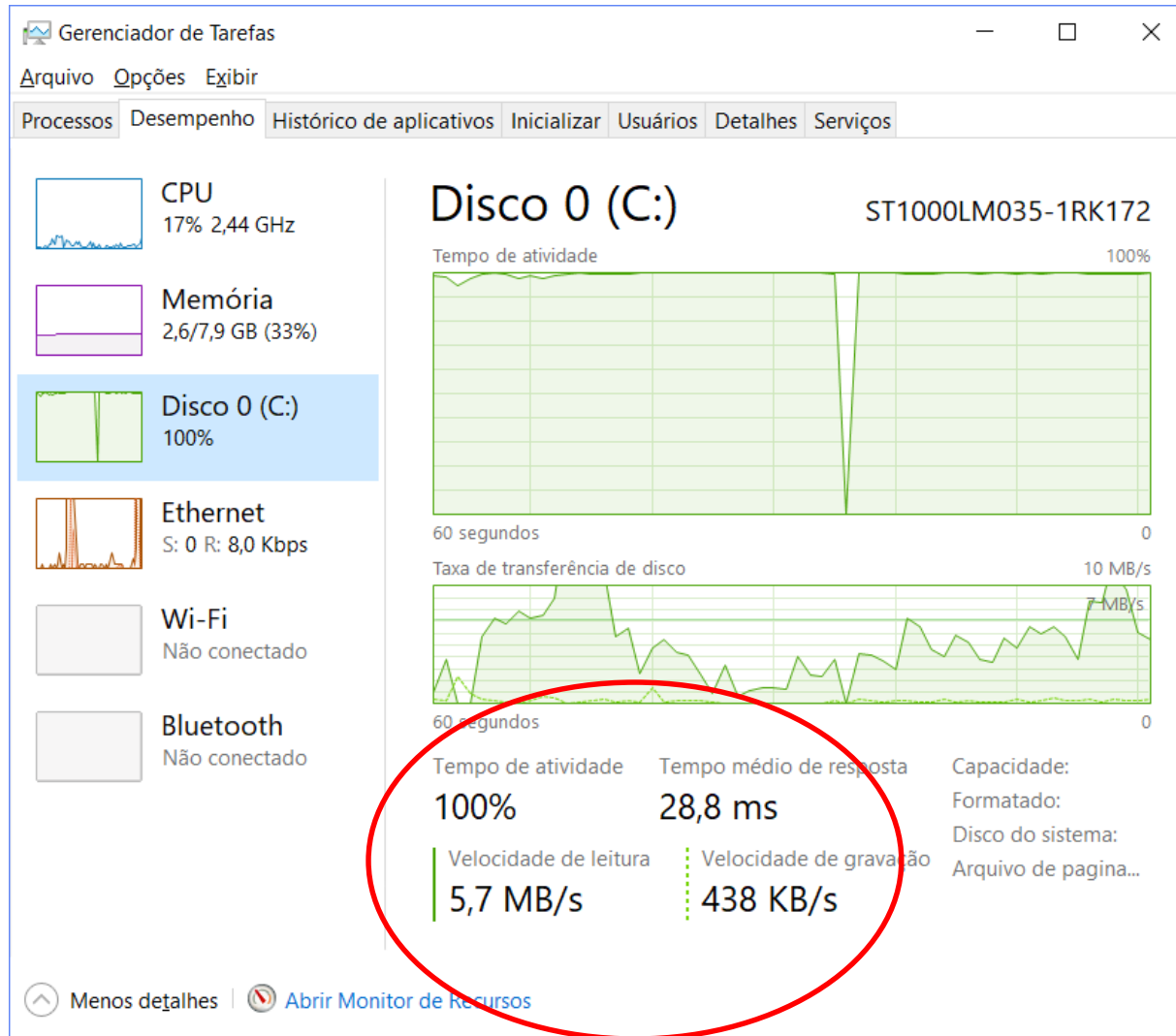
The diagram illustrates the formula for data transfer rate  $T$ . The numerator  $b$  is labeled 'Nr de bytes transferidos' (Number of bytes transferred). The denominator  $rN$  is circled in orange and labeled 'Taxa de transferência' (Transfer rate). The variable  $r$  is labeled 'Velocidade de rotação' (Rotation speed), and  $N$  is labeled 'Nr de bytes na trilha' (Number of bytes on the track). The entire expression  $T = \frac{b}{rN}$  is labeled 'Tempo de transferência' (Transfer time).

# Tempo médio de acesso

$$T_a = T_s + L_r + T$$

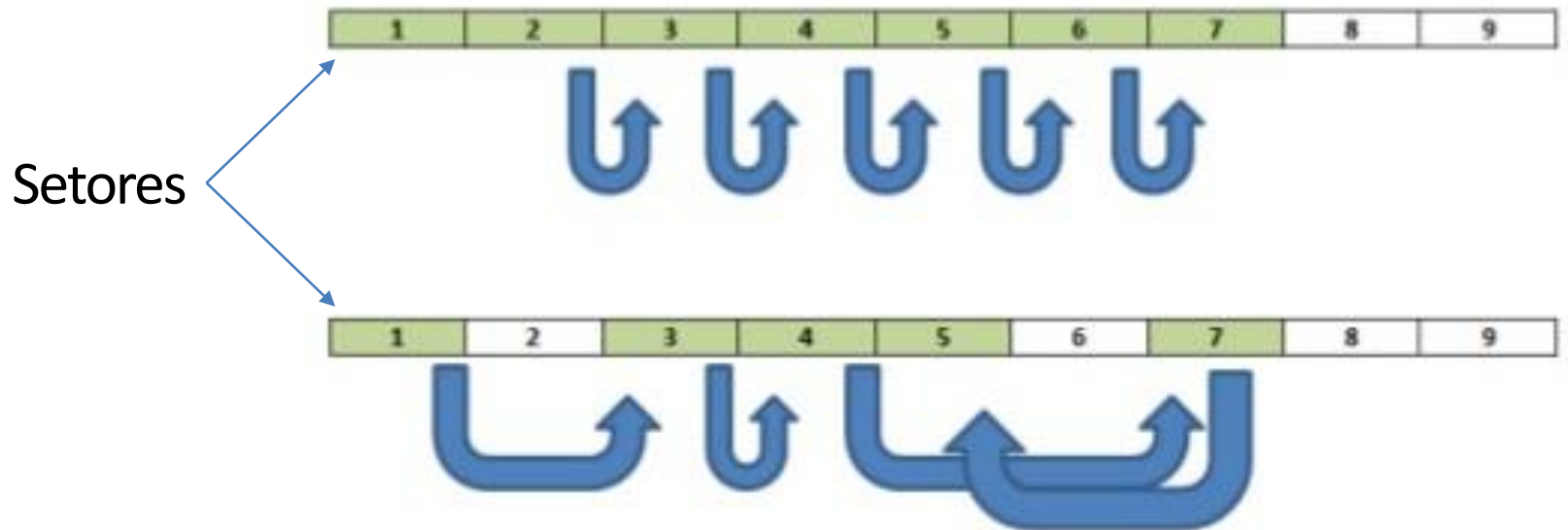
$$T_a = T_s + \frac{1}{2r} + \frac{b}{rN}$$

# Desempenho de um HD



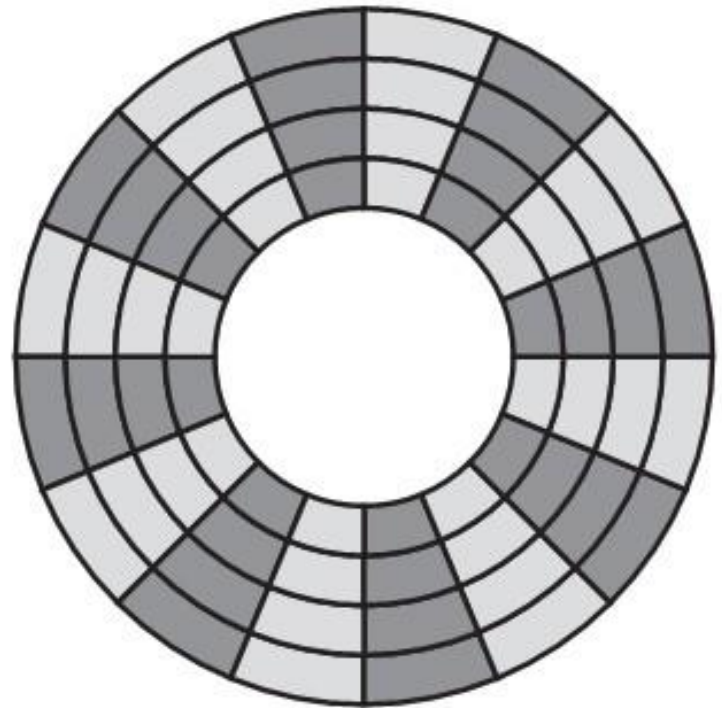


# Acessos sequencial e aleatório



# Acessos sequencial e aleatório

$$T_a = T_s + \frac{1}{2r} + \frac{b}{rN}$$



# Exemplo:

**Considere um disco com as seguintes características:**

- Tempo de busca médio:  $T_s = 4 \text{ ms}$
- Velocidade de rotacao:  $\omega = 15000 \text{ rpm}$
- 500 setores (por trilha) de 512 bytes

**Deseja-se ler um arquivo:**

- $1.28 \text{ Mbytes} = 1.28 \times 10^6 \text{ Bytes}$

# Exemplo:

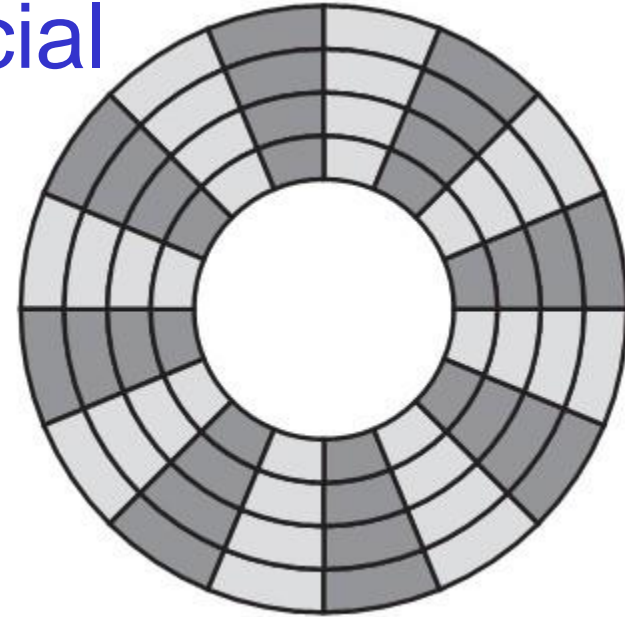
**Considere um disco com as seguintes características:**

- Tempo de busca médio:  $T_s = 4$  ms
- Velocidade de rotacao:  $\omega = 15000$  rpm
- 500 setores (por trilha) de 512 bytes

**Deseja-se ler um arquivo:**

- 1.28 Mbytes =  $1.28 \times 10^6$  Bytes
- Armazenado em 2500 setores ( $2500 \times 512 = 1.28$  MB)
- Ou seja, em 5 trilhas ( $5 \times 500 = 2500$ ) – simplificação!

# 1 – Armazenamento **sequencial**



## **Tempo total de leitura da primeira trilha:**

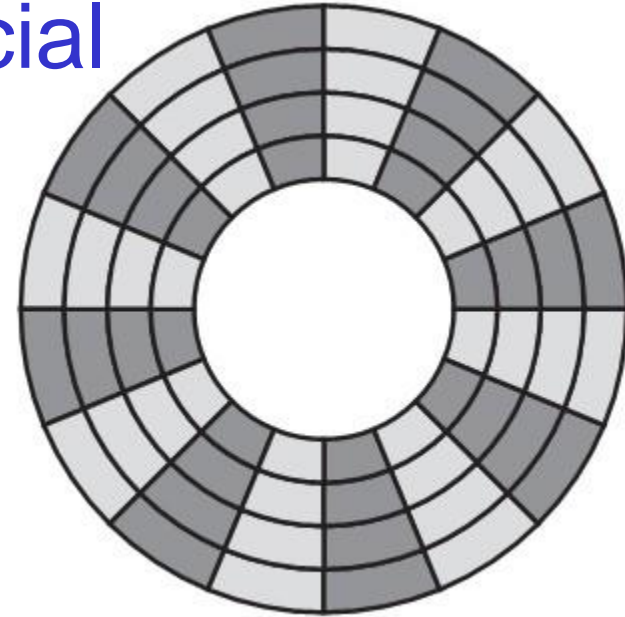
Tempo médio de busca = 4 ms

Atraso rotacional médio = 2 ms =  $[1/(2r)]$

Leitura de 500 setores = 4 ms =  $[512 \times 500 / ((15000/60) \times (512 \times 500))]$

Total = 10 ms

# 1 – Armazenamento **sequencial**



## **Tempo total de leitura da primeira trilha:**

Tempo médio de busca = 4 ms

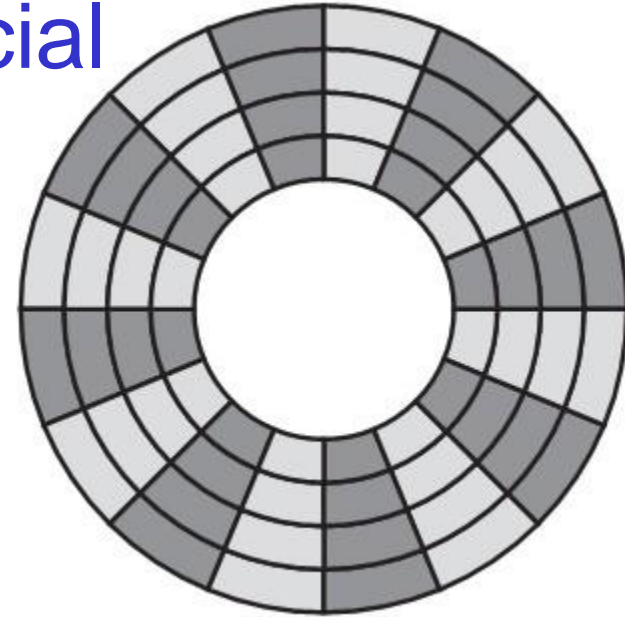
Atraso rotacional médio = 2 ms =  $[1/(2r)]$

Leitura de 500 setores = 4 ms =  $[512 \times 500 / ((15000/60) \times (512 \times 500))]$

Total = 10 ms

*O restante das trilhas pode ser lido sem tempo de busca  
(Por que?):*

# 1 – Armazenamento **sequencial**



**Tempo total de leitura da primeira trilha:**

Tempo médio de busca = 4 ms

Atraso rotacional médio = 2 ms =  $[1/(2r)]$

Leitura de 500 setores = 4 ms =  $[512 \times 500 / ((15000/60) \times (512 \times 500))]$

Total = 10 ms

*O restante das trilhas pode ser lido sem tempo de busca  
(Por que?):*

**Tempo total** = 10ms + [4 trilhas x (2ms + 4ms)] = 34 ms



## 2 – Armazenamento aleatório

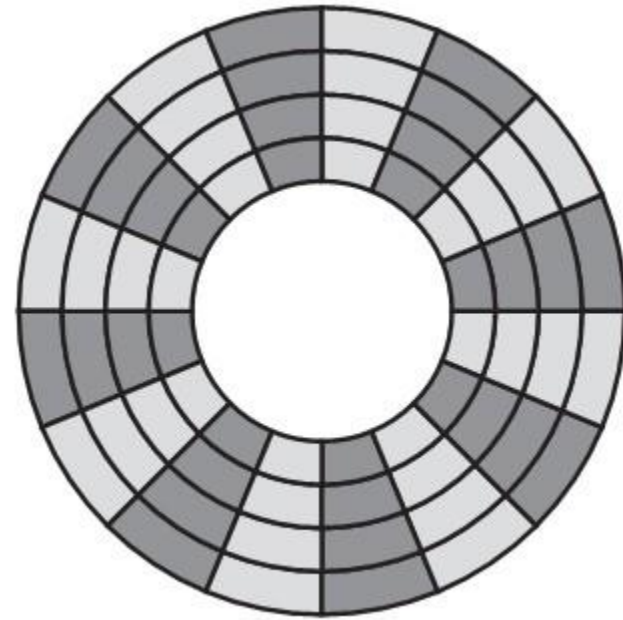
**Tempo total de leitura do primeiro setor:**

Tempo médio de busca = 4 ms

Atraso rotacional médio = 2 ms

Leitura de 1 setor = 0.008 ms

Total = 6.008 ms



## 2 – Armazenamento aleatório

**Tempo total de leitura do primeiro setor:**

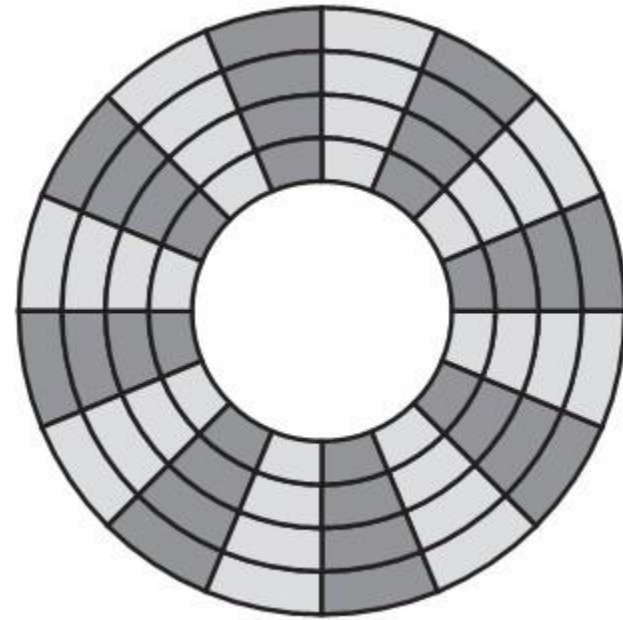
Tempo médio de busca = 4 ms

Atraso rotacional médio = 2 ms

Leitura de 1 setor = 0.008 ms

Total = 6.008 ms

*Cada setor será lido em 6.008 ms:*



## 2 – Armazenamento **aleatório**

**Tempo total de leitura do primeiro setor:**

Tempo médio de busca = 4 ms

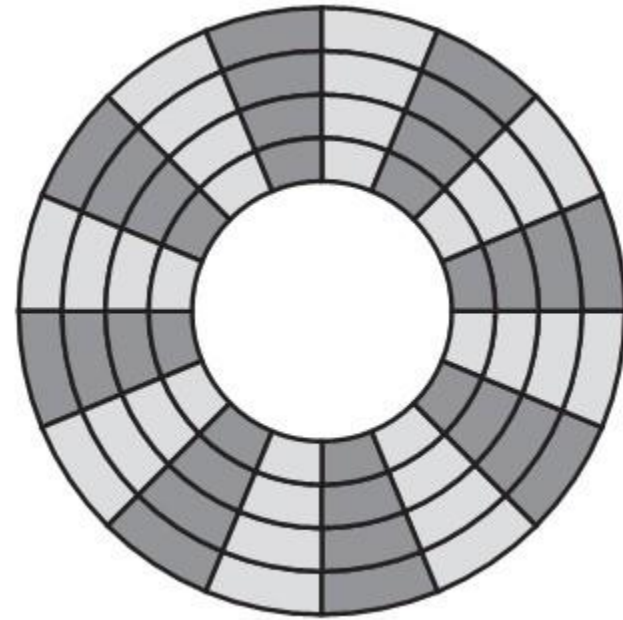
Atraso rotacional médio = 2 ms

Leitura de 1 setor = 0.008 ms

Total = 6.008 ms

*Cada setor será lido em 6.008 ms:*

**Tempo total** =  $2500 \times 6.008 = 15.02 \text{ s}$



## 2 – Armazenamento aleatório

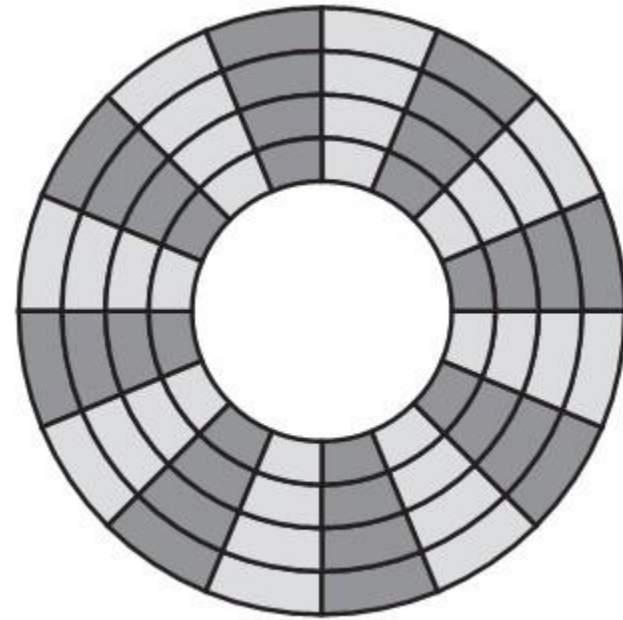
**Tempo total de leitura do primeiro setor:**

Tempo médio de busca = 4 ms

Atraso rotacional médio = 2 ms

Leitura de 1 setor = 0.008 ms

Total = 6.008 ms



*Cada setor será lido em 6.008 ms:*

**Tempo total** =  $2500 \times 6.008 = 15.02 \text{ s}$

Dessa forma, a leitura de um disco de tamanho 1 TB levaria  
3:15h!!!

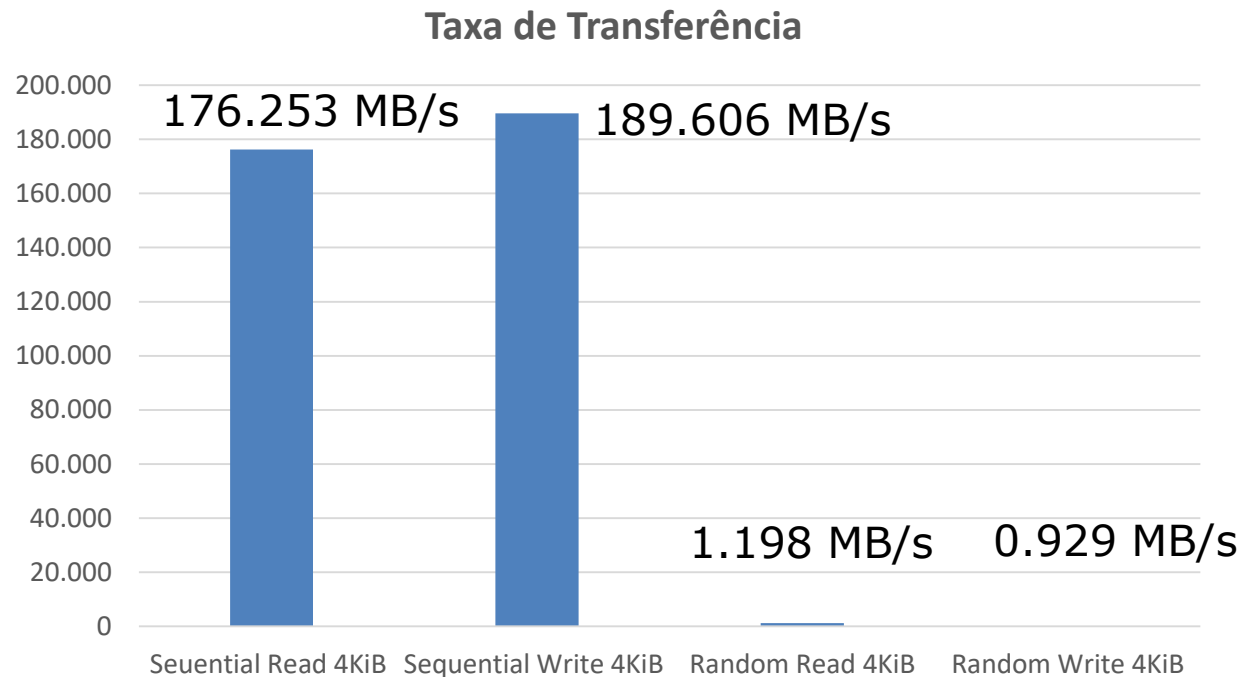
# Armazenamento aleatório x sequencial

**Teste de um HD** 7200RPM Seagate 1TB HDD

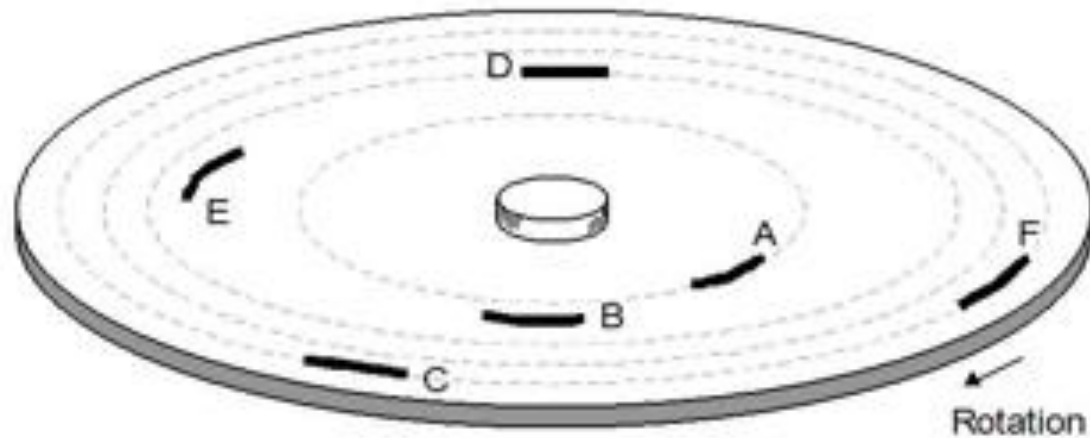
Modelo: STD1000DM003-1SB10C

Tamanho total transferido: 200GB

Resultados:



# Escalonamento de disco – Controladora + SO\*



# Motivação

- Múltiplas requisições podem chegar ao controlador de disco
- Porém, apenas uma pode ser servida por vez
- Portanto, existirá uma fila de espera



# Motivação

- Duas requisições podem se localizar em partes distantes do disco
- Isso requer movimentos do braço mais longos e mais demorados

# Motivação

- Discos são uma das partes mais lentas do computador
- Portanto, precisam ser acessados de forma eficiente

# Algoritmos de escalonamento de disco

- FCFS
- SSTF
- SCAN
- C-SCAN
- C - LOOK

Cada algoritmo tem suas particularidades. A escolha pelo melhor depende das características de cada requisição e da carga do sistema.

# FIFO – First In First Out

As requisições são tratadas na ordem em que chegam à fila.

Vantagens:

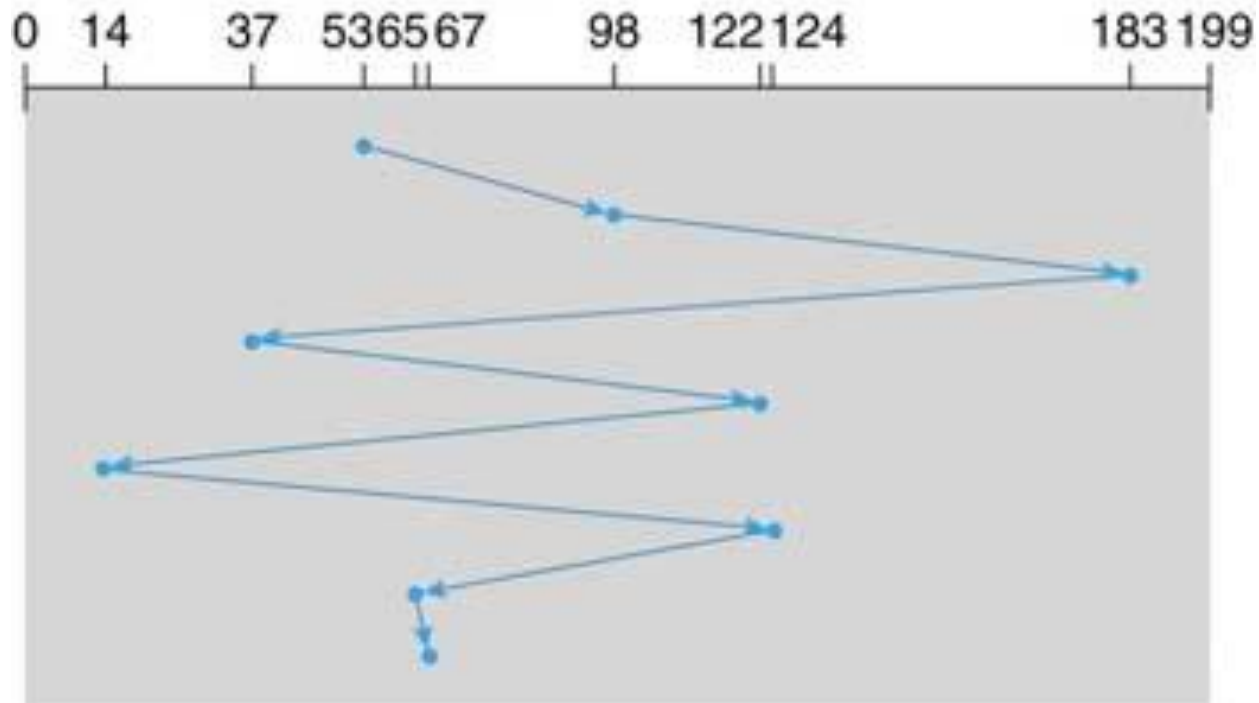
- Simples
- Sem *starvation*\*

Desvantagens:

- Não tenta minimizar o tempo de busca
- Pode não oferecer o melhor serviço

# FIFO – First In First Out

Fila = 98, 183, 37, 122, 14, 124, 65, 67  
Início no setor 53



# SSTF - Shortest Seek Time First

As requisições com o menor tempo de busca são executadas primeiro.

Vantagens:

- Tempo médio de resposta menor que FIFO
- Aumenta o *throuput*

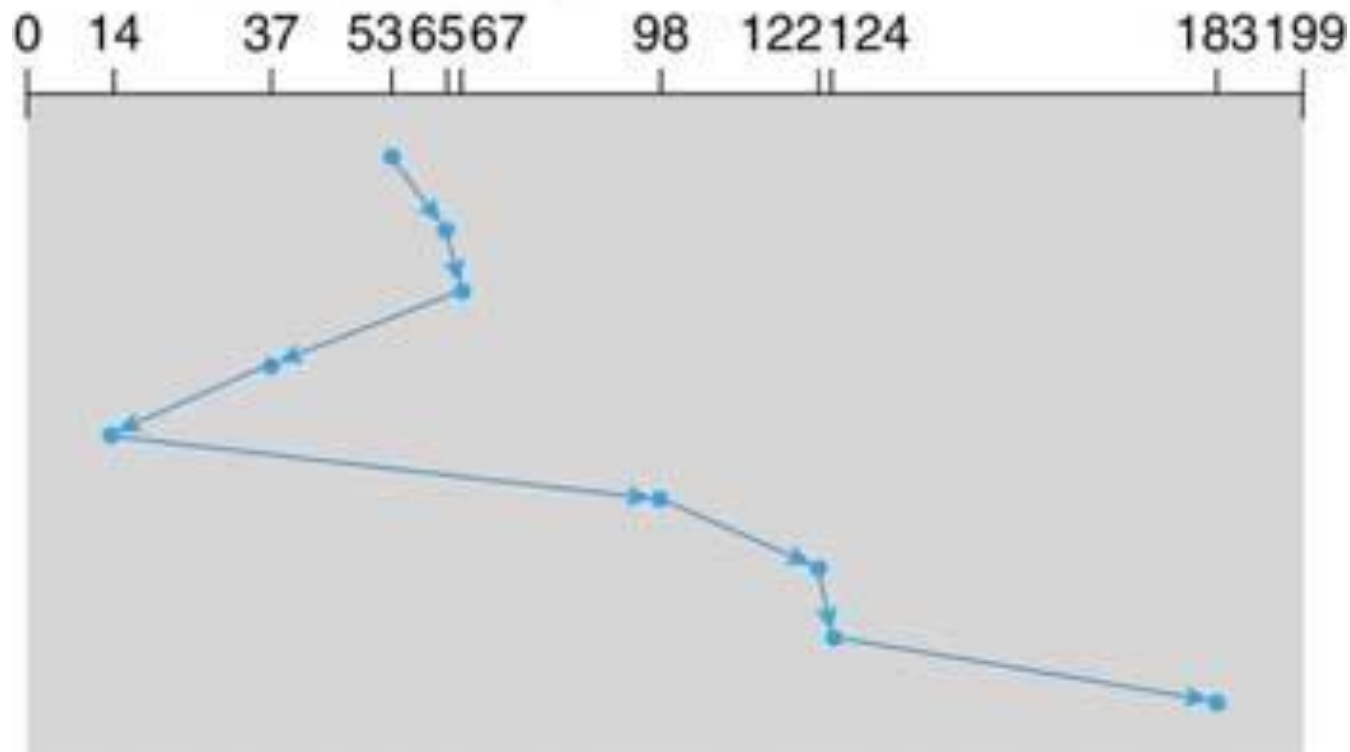
Desvantagens:

- Fardo de calcular previamente o tempo de busca
- Possibilidade de *starvation*
- Alta variância do tempo de resposta

# SSTF - Shortest Seek Time First

Fila = 98, 183, 37, 122, 14, 124, 65, 67

Início no setor 53





# SCAN

O braço se move sempre numa mesma direção até atingir o fim do disco. Então, o movimento é revertido. Também chamado de algoritmo do Elevador.

## Vantagens:

- *Alto throughput*
- Baixa variância do tempo de resposta

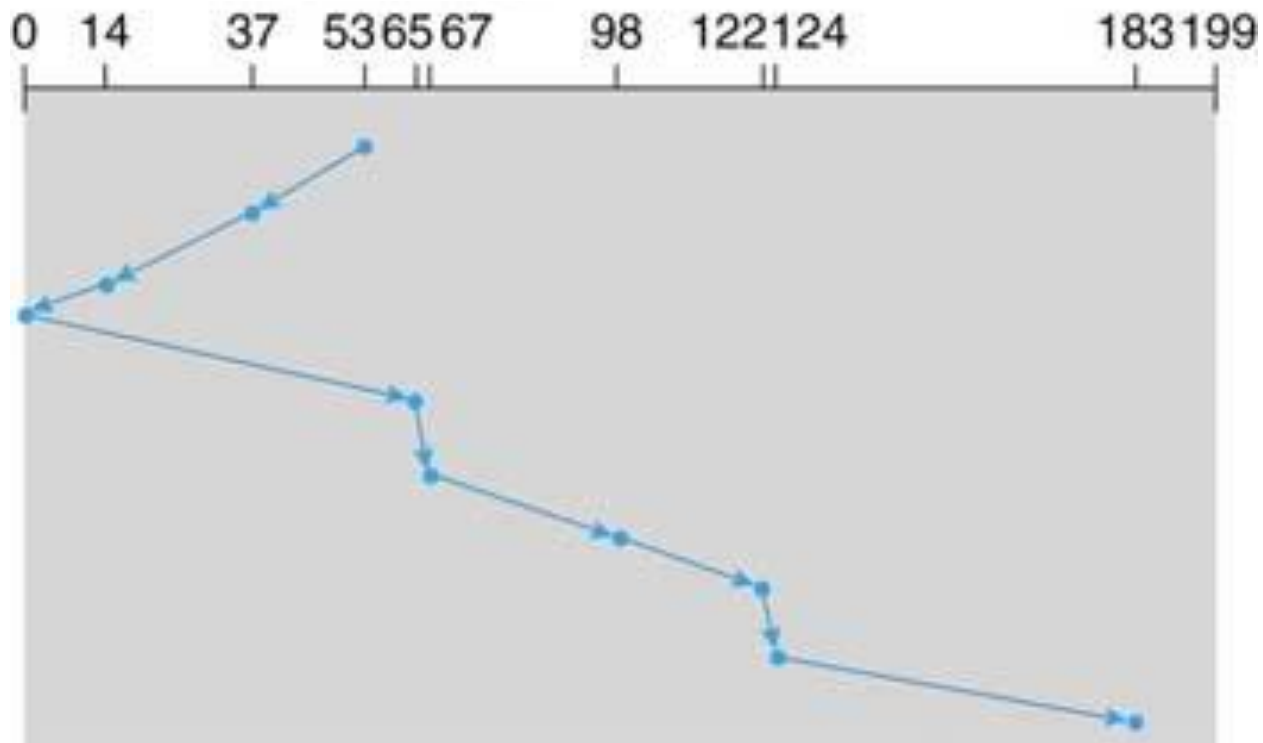
## Desvantagens:

- Tempo de resposta longo para locais que acabaram de ser atendidos e para as extremidades.

# SCAN

Fila = 98, 183, 37, 122, 14, 124, 65, 67

Início no setor 53



# C - SCAN – Circular SCAN

Ao contrário do SCAN, no C - SCAN, o braço se movimenta de maneira circular.

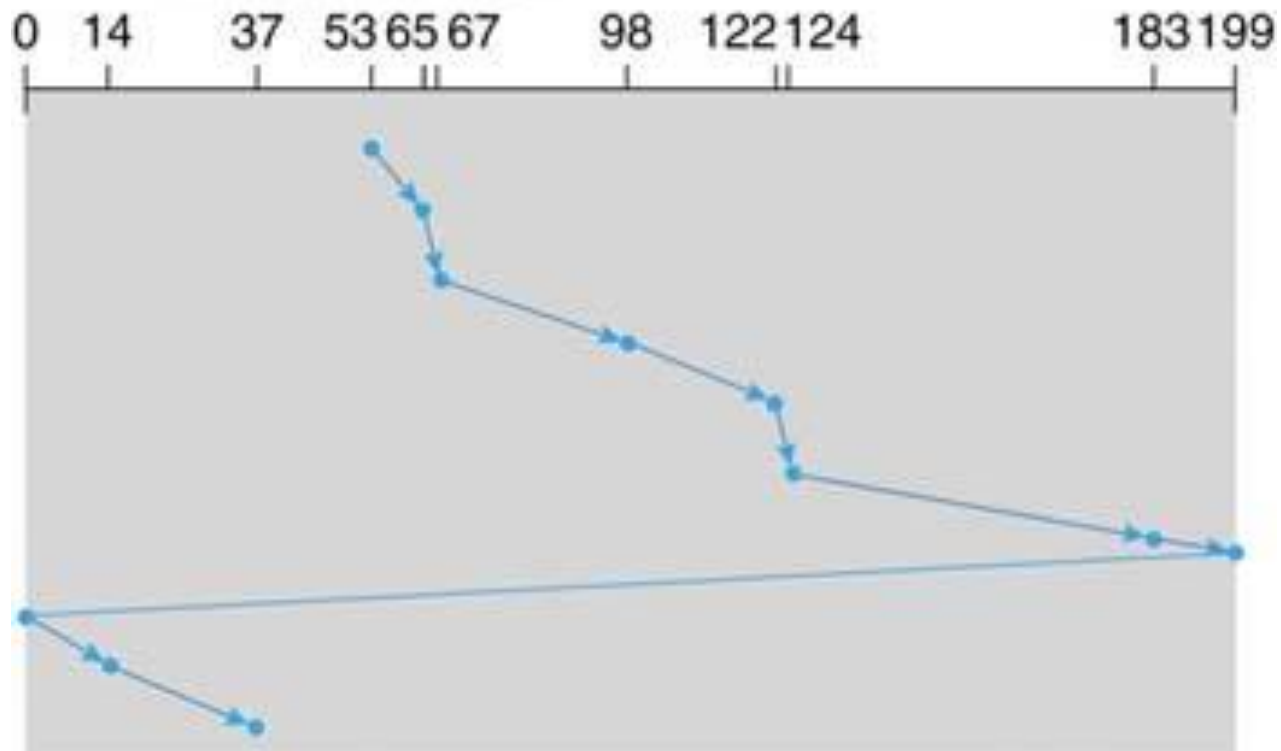
Vantagens:

- Apresenta um tempo médio de espera mais uniforme (que o SCAN)

# C - SCAN – Circular SCAN

Fila = 98, 183, 37, 122, 14, 124, 65, 67

Início no setor 53

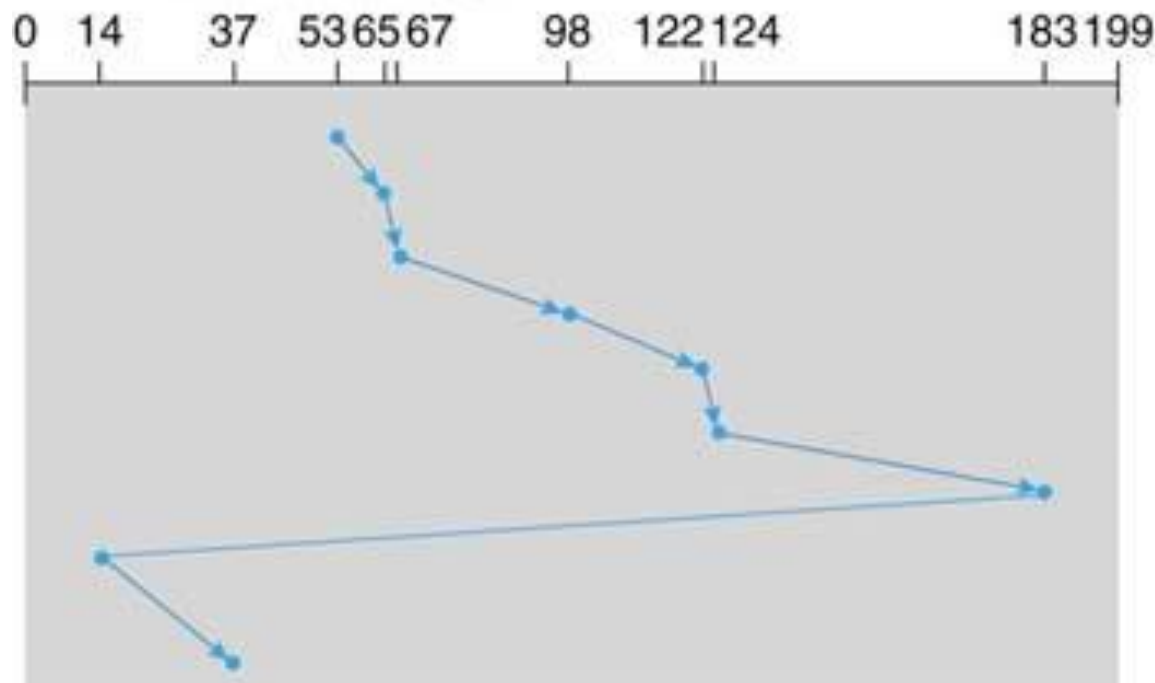


# C - LOOK

Similar ao C – SCAN. Porém, o braço não se move até o fim do disco e sim até o local da última solicitação, depois retorna.

**Fila = 98, 183, 37, 122, 14, 124, 65, 67**

**Início no setor 53**



# Exercício

Suponha a seguinte sequência de requisições de um disco (número da trilha): para um disco com 100 trilhas: 45, 20, 90, 10, 50, 60, 80, 25, 70.

Assuma que a posição inicial do braço/cabeçote é a trilha 50. Qual a diferença entre as distâncias totais (em número de trilhas percorridas) percorridas pelo braço quando os algoritmos SSTF e SCAN são utilizados para atender às demandas (assuma que para o algoritmo SCAN o braço se move em direção à trilha 100 quando inicia).

- (A) 8
- (B) 9
- (C) 10
- (D) 11

# Solução

45, 20, 90, 10, 50, 60, 80, 25, 70

## SSTF

Próxima requisição	Distância percorrida
50	0
45	5
60	15
70	10
80	10
90	10
25	65
20	5
10	10
<hr/>	
Total	= 130

# Solução

45, 20, 90, 10, 50, 60, 80, 25, 70
------------------------------------

## SCAN

Próxima requisição*	Distância percorrida
50	0
60	10
70	10
80	10
90	10
45	65 [braço vai até 100, depois volta para 45]
25	20
20	5
10	10
-----	
Total	= 140

Diferença entre SCAN e SSTF =  $140 - 130 = 10$

\*considerando que o braço inicialmente se move em direção ao setor 100



# RAID



# RAID

- Redundant Array of Independent Disks
- Redundant Array of Inexpensive Disks (orig.)
- Usualmente 6 níveis (ou 7 níveis)
- Não é uma hierarquia
  1. Conjunto de discos vistos como um único drive lógico de disco pelo SO
  2. Dados distribuídos por drives físicos
  3. Pode usar capacidade redundante para garantir segurança
  4. Definido por [D. A. Patterson](#)

# Controladores RAID





# RAID – Desempenho e Segurança



# Parâmetros

- Taxa de transferência

# Parâmetros

The slide features a decorative header with the word 'Parâmetros' in a large, black, sans-serif font. Above the text, there are two pairs of circles. Each pair consists of a solid light purple circle and an empty light purple circle with a thin outline. The first pair is positioned to the left of the title, and the second pair is to the right.

- Taxa de transferência
- Múltiplas requisições de E/S

# Parâmetros



- Taxa de transferência
- Múltiplas requisições de E/S
- Redundância

# Parâmetros

- Taxa de transferência
  - Múltiplas requisições de E/S
  - Redundância
- Desempenho
- Segurança

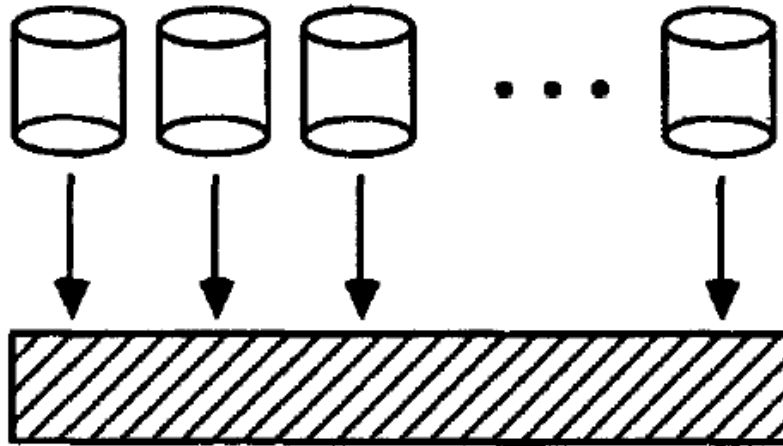


# Parâmetros

- Taxa de transferência
  - Múltiplas requisições de E/S
  - Redundância
  - Falhas (MTTF)
- Desempenho
- Segurança

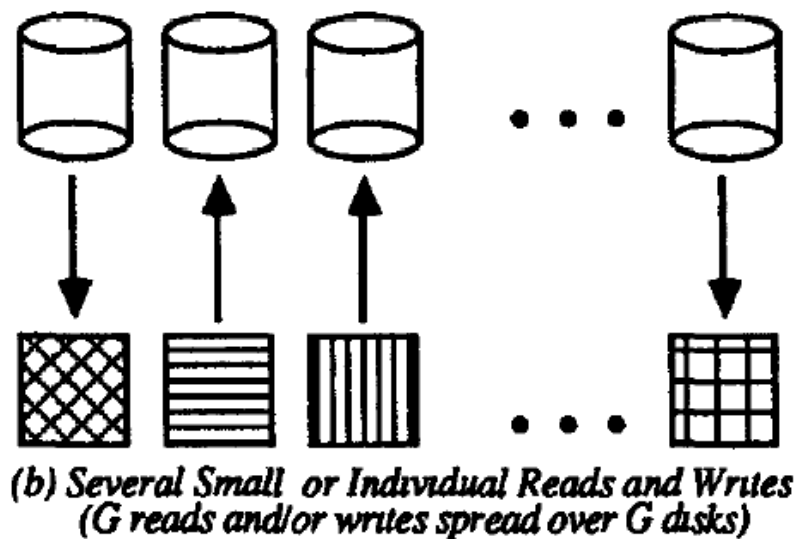
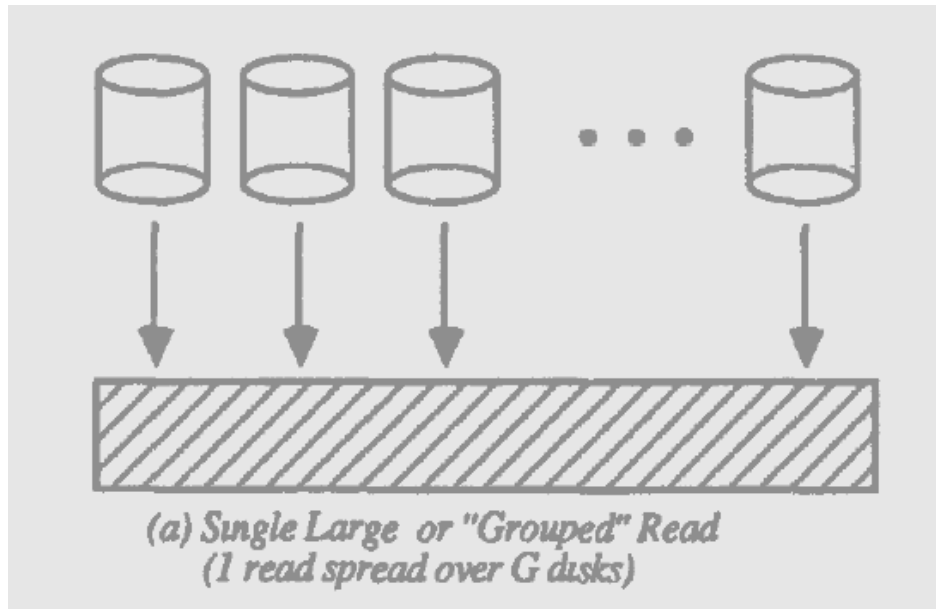
$$MTTF_{Total} = \frac{MTTF_{Um Disco}}{N}$$

# Taxa x Múltiplas E/S



*(a) Single Large or "Grouped" Read  
(1 read spread over  $G$  disks)*

# Taxa x Múltiplas E/S



# Exemplos



1 - Edição de filme digital  
(Alta taxa)

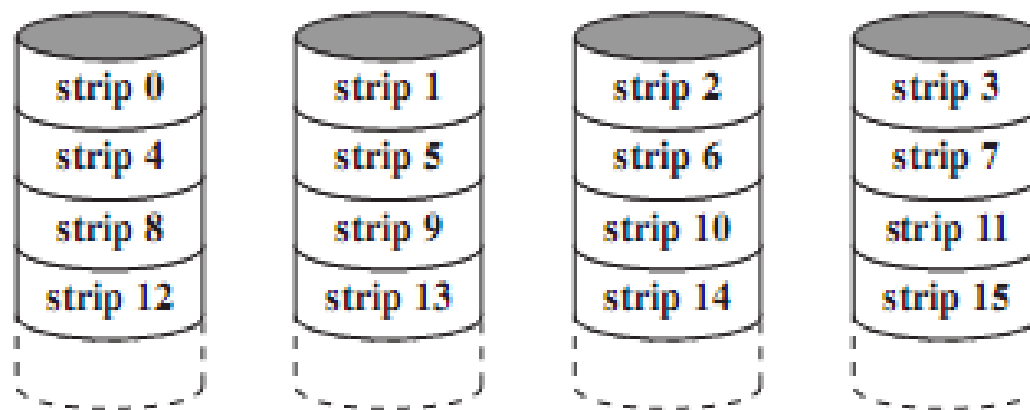
2 – Acesso a servidor de e-mail  
(Múltiplas E/S)



# RAID 0

- Sem redundância
- Dados distribuídos ao longo de todos os discos
- Aumenta velocidade
  - Múltiplas requisições de dados provavelmente não são feitas ao mesmo disco
  - Busca em discos em paralelo
  - Um conjunto de dados é mais provável estar distribuído ao longo de múltiplos discos

# RAID 0



(a) RAID 0 (non-redundant)

# Aplicações

O RAID 0 é ideal para as aplicações que necessitam do máximo de velocidade e capacidade.

Editores de vídeo que trabalham com arquivos de grande dimensão podem utilizar o RAID 0 durante a edição de sequências de vídeo para obter o melhor desempenho em termos de reprodução.

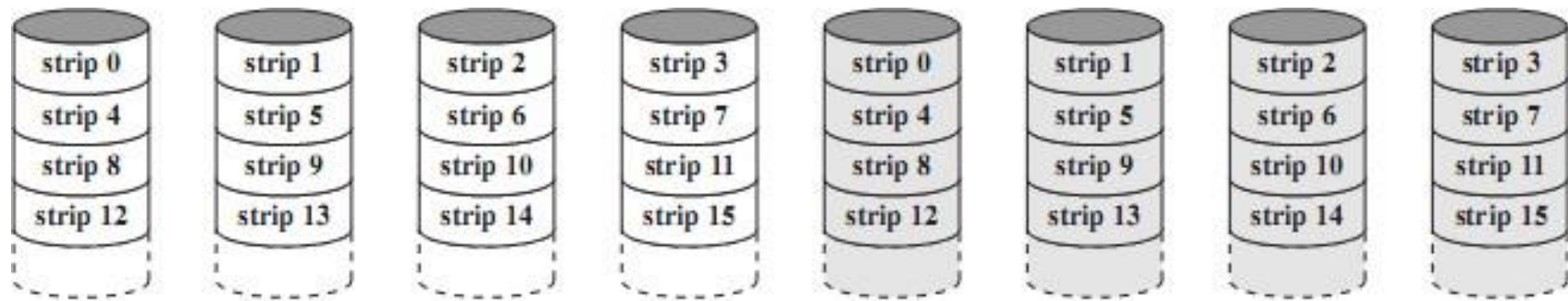
Não deve ser utilizado como uma solução de cópia de segurança de armazenamento única ou em sistemas críticos.

# RAID 1

- Discos espelhados
- Dados distribuídos ao longo dos discos
- 2 cópias de cada tira em discos separados
- Leitura feita de uma das cópias
- Escrita em ambas



# RAID 1



(b) RAID 1 (mirrored)

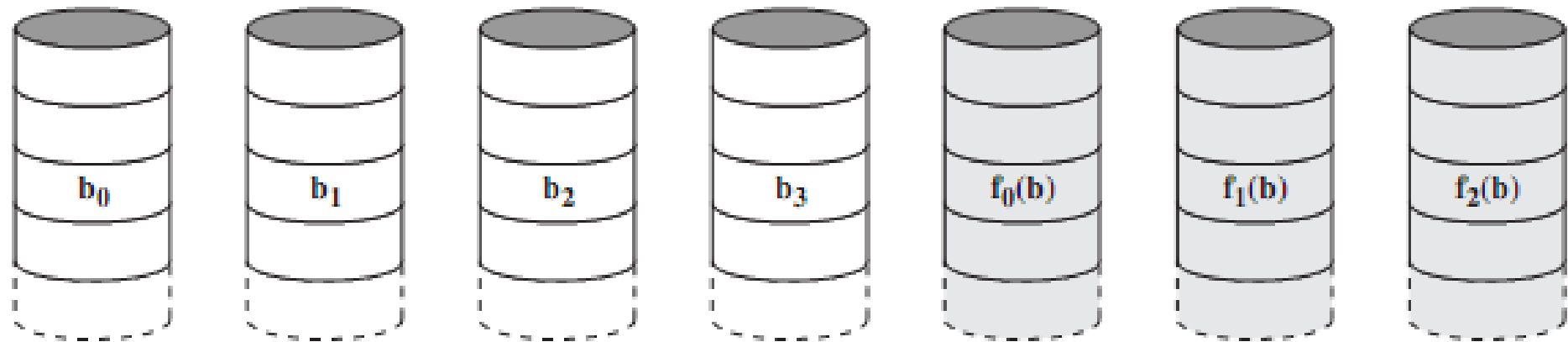
# RAID 1

- Discos espelhados
- Dados distribuídos ao longo dos discos
- 2 cópias de cada tira em discos separados
- Leitura feita de uma das cópias
- Escrita em ambas
- Fácil recuperação
- Caro

# RAID 2

- Discos **sincronizados**
- Camadas de disco (tiras) muito pequenas
  - Com frequência compostas de alguns bytes ou palavras
- Correção de erros calculada ao longo dos bits correspondentes nos discos
- Múltiplos discos de paridade armazenam os **códigos de Hamming** das posições correspondentes
- Redundância excessiva
  - Caro
  - Não utilizado (ver RAID 3)
- Taxas de transferência muito altas

# RAID 2

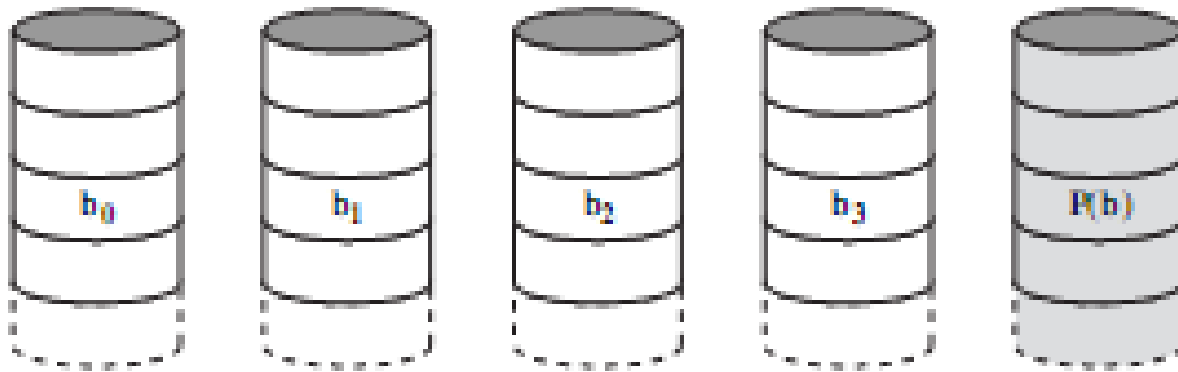


(c) RAID 2 (redundancy through Hamming code)

# RAID 3

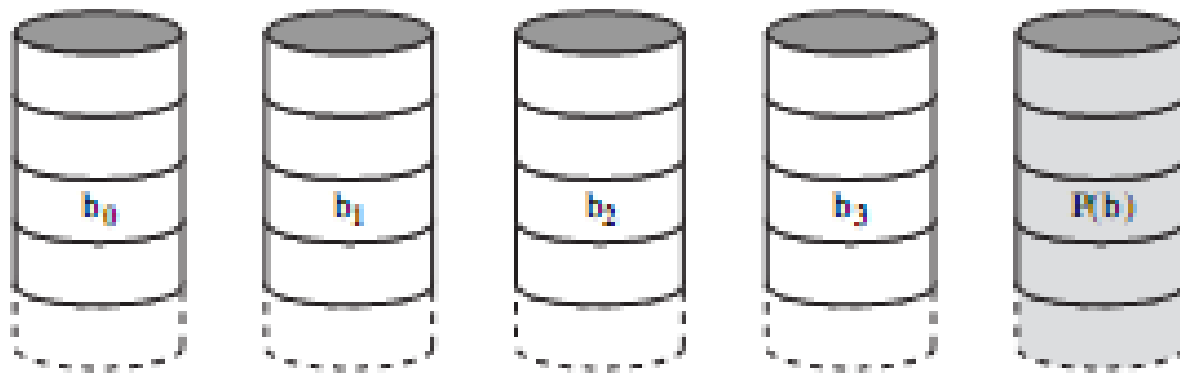
- Similar ao RAID 2
- Apenas um disco de redundância, independentemente do tamanho da sequência
- Um único **bit de paridade** para cada conjunto de bits correspondentes
- Dados em drives danificados podem ser recuperados usando os dados restantes e a informação de paridade
- Taxas de transferência muito altas

# RAID 3



(d) RAID 3 (bit-interleaved parity)

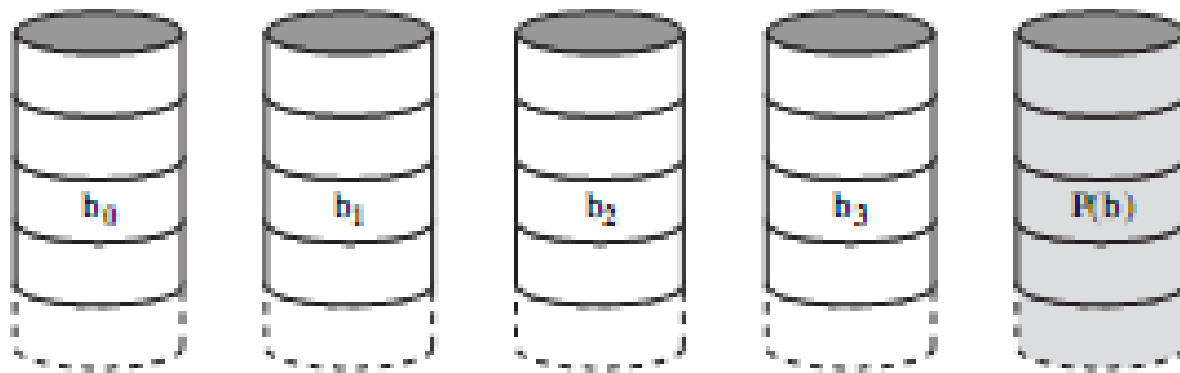
# RAID 3



(d) RAID 3 (bit-interleaved parity)

b0								b1								b2								b3								Paridade							
1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1				

# RAID 3

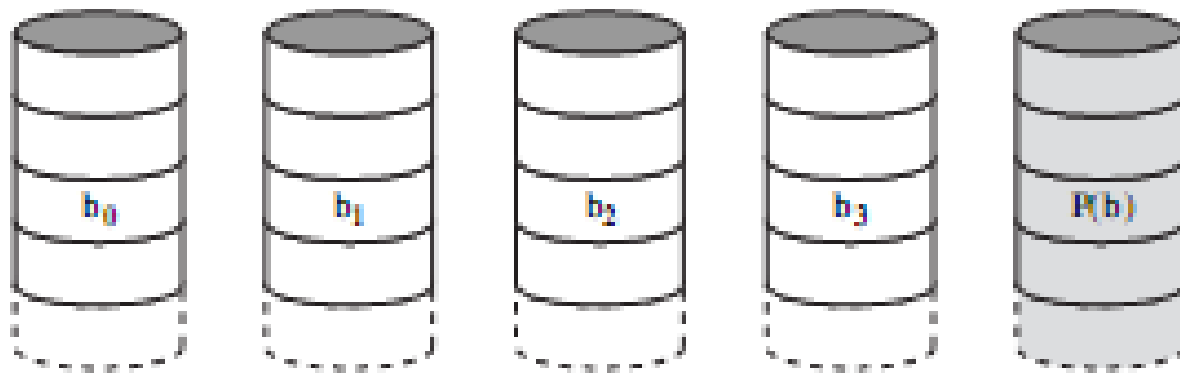


(d) RAID 3 (bit-interleaved parity)

b0								b1								b2								b3								Paridade									
1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1				



# RAID 3



(d) RAID 3 (bit-interleaved parity)

b0								b1								b2								b3								Paridade								
1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1				

# Aplicações

Mesmo que RAID 0, com redundância.

Editores de vídeo que trabalham com arquivos de grande dimensão podem utilizar o RAID 3 durante a edição de sequências de vídeo para obter o melhor desempenho em termos de reprodução.



Não é recomendado para uma utilização intensiva com arquivos não sequenciais, uma vez que o desempenho de leitura aleatório é prejudicado (discos sincronizados).

# RAID 4

- Cada disco opera independentemente
- Bom para altas taxas de requisição de E/S
  - E/S distintas podem ser satisfeitas em paralelo
- Camadas de disco (blocos) grandes
- **Paridade** bit a bit calculadas ao longo de cada disco

# RAID 4



(c) RAID 4 (block-level parity)

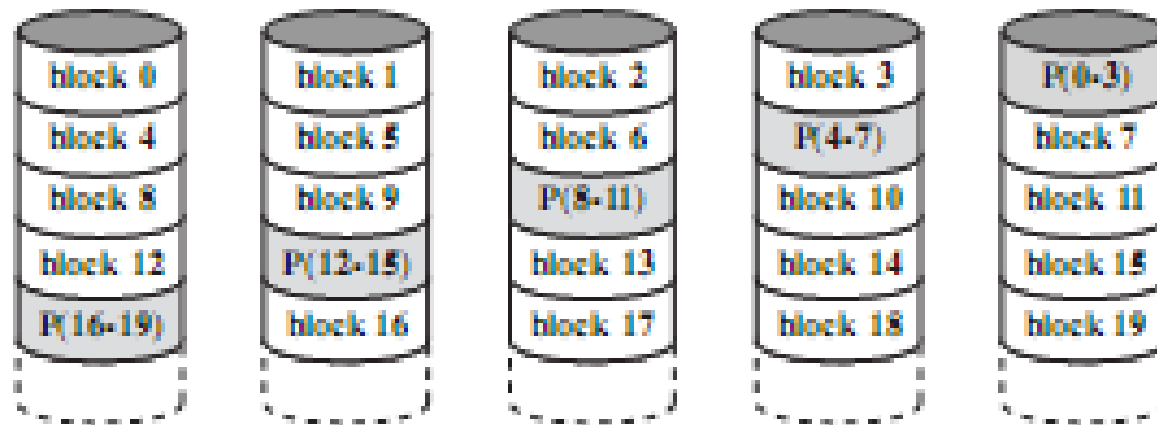
# RAID 4

- Cada disco opera independentemente
- Bom para altas taxas de requisição de E/S
  - E/S distintas podem ser satisfeitas em paralelo
- Camadas de disco (blocos) grandes
- **Paridade** bit a bit calculadas ao longo de cada disco
- Paridades guardadas no disco de paridade
  - Gargalo!!!

# RAID 5

- Similar ao RAID 4
- **Paridade** calculada ao longo de todos os discos
- Alocação alternada de camadas de paridade
  - Evita o gargalo do disco de paridade do RAID 4
- Muito usado em servidores de rede

# RAID 5



(f) RAID 5 (block-level distributed parity)

# Aplicações

O RAID 5 combina a segurança dos dados com a utilização eficaz do espaço em disco.

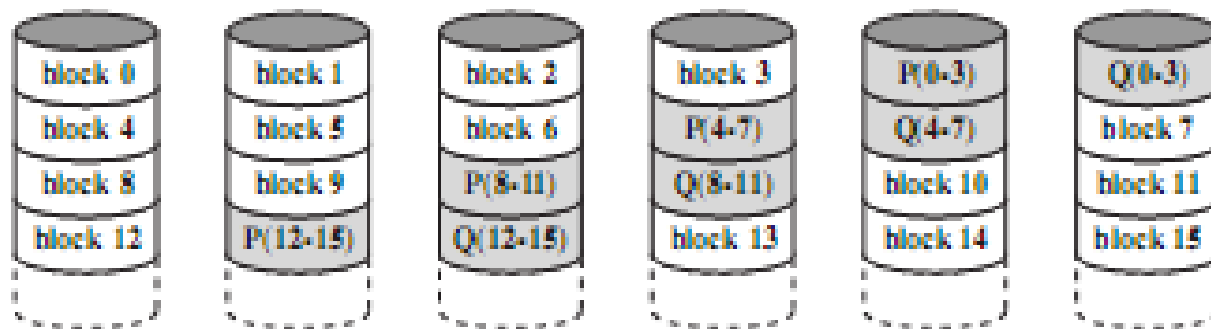
A avaria de um disco não provoca a interrupção do serviço, uma vez que a leitura dos dados passa a ser efetuada a partir de blocos de paridade.

O RAID 5 é útil as aplicações que necessitam de um bom desempenho e acesso constante aos respectivos dados.



# RAID 6

- Dois cálculos de paridades distintos
- Resultado armazenado em discos diferentes (similar ao RAID 5)



(g) RAID 6 (dual redundancy)

# Leitura Sugerida

## Capítulo 5 do Stallings