

Memória externa



Objetivos de aprendizagem

WILLIAM STALLINGS

**Arquitetura e
Organização de
Computadores**

10ª edição

Após ler este capítulo, você será capaz de:

- Compreender as propriedades-chave dos discos magnéticos.
- Entender as questões envolvidas no acesso ao disco magnético.
- Explicar o conceito de RAID e descrever seus vários níveis.
- Comparar os drives de discos rígidos com os de disco sólido.
- Compreender as diferenças entre as mídias de armazenamento de disco óptico.
- Apresentar a tecnologia de armazenamento da fita magnética.

Disco magnético

- Um **disco** é um prato circular construído de material não magnético, chamado de substrato, coberto por um material magnetizável.
- Tradicionalmente, o substrato tem sido alumínio ou um material de liga de alumínio.
- Mais recentemente, foram introduzidos substratos de vidro.
- O substrato de vidro apresenta diversos benefícios, incluindo os seguintes:

Disco magnético

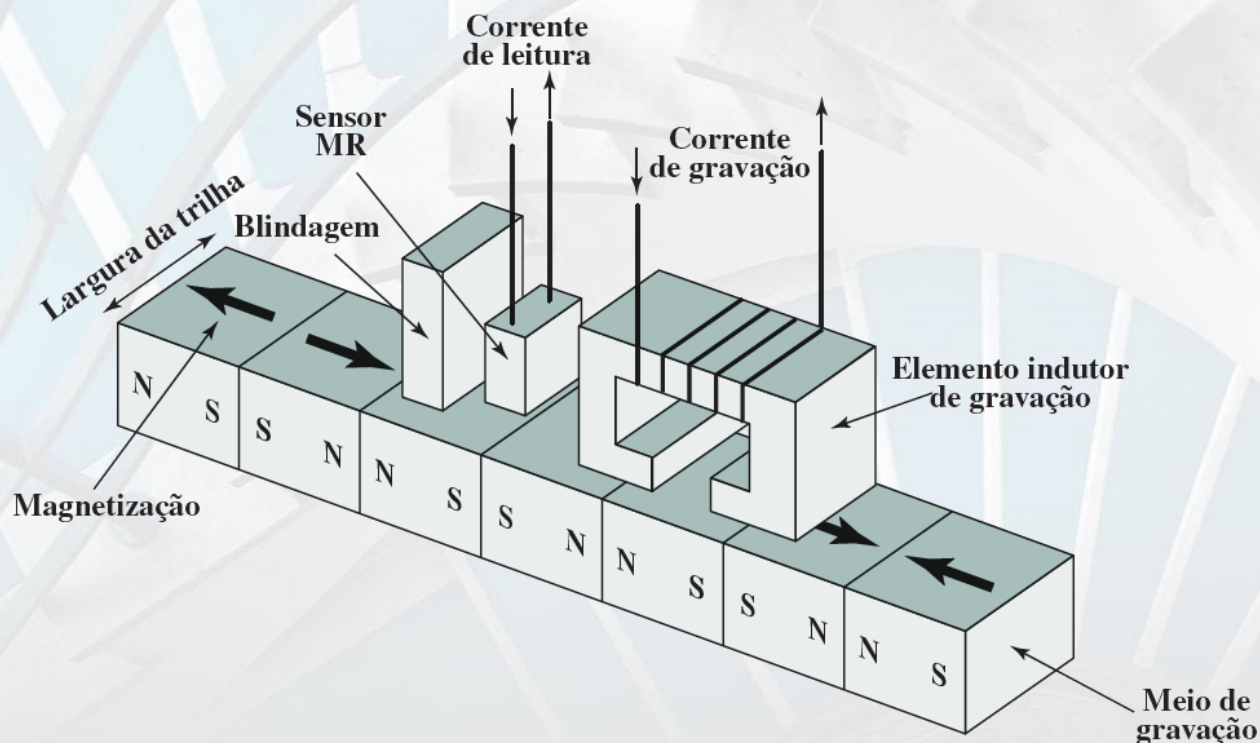
- Melhoria na uniformidade da superfície do filme magnético, aumentando a confiabilidade do disco.
- Redução significativa nos defeitos gerais da superfície, ajudando a diminuir os erros de leitura-gravação.
- Capacidade de aceitar alturas de voo mais baixas (descritas mais adiante).
- Melhor rigidez, para reduzir a dinâmica do disco.
- Maior capacidade de suportar choque e danos.

Leitura magnética e mecanismos de gravação

WILLIAM STALLINGS
**Arquitetura e
Organização de
Computadores**

10ª edição

- Os dados são gravados e, mais tarde, recuperados do disco por meio de uma bobina condutora, denominada de **cabeça**:



Leitura magnética e mecanismos de gravação

WILLIAM STALLINGS
**Arquitetura e
Organização de
Computadores**

10ª edição

- Os sistemas de disco rígido modernos exigem uma cabeça de leitura separada.
- A cabeça de leitura consiste em um **sensor magnetorresistivo (MR)** parcialmente blindado.
- O material MR tem uma resistência elétrica que depende da direção da magnetização do meio que se move por baixo dele.
- Passando uma corrente pelo sensor MR, as mudanças de resistência são detectadas como sinais de tensão.
- O projeto MR permite uma operação em frequência mais alta .

Organização e formatação de dados

WILLIAM STALLINGS
**Arquitetura e
Organização de
Computadores**

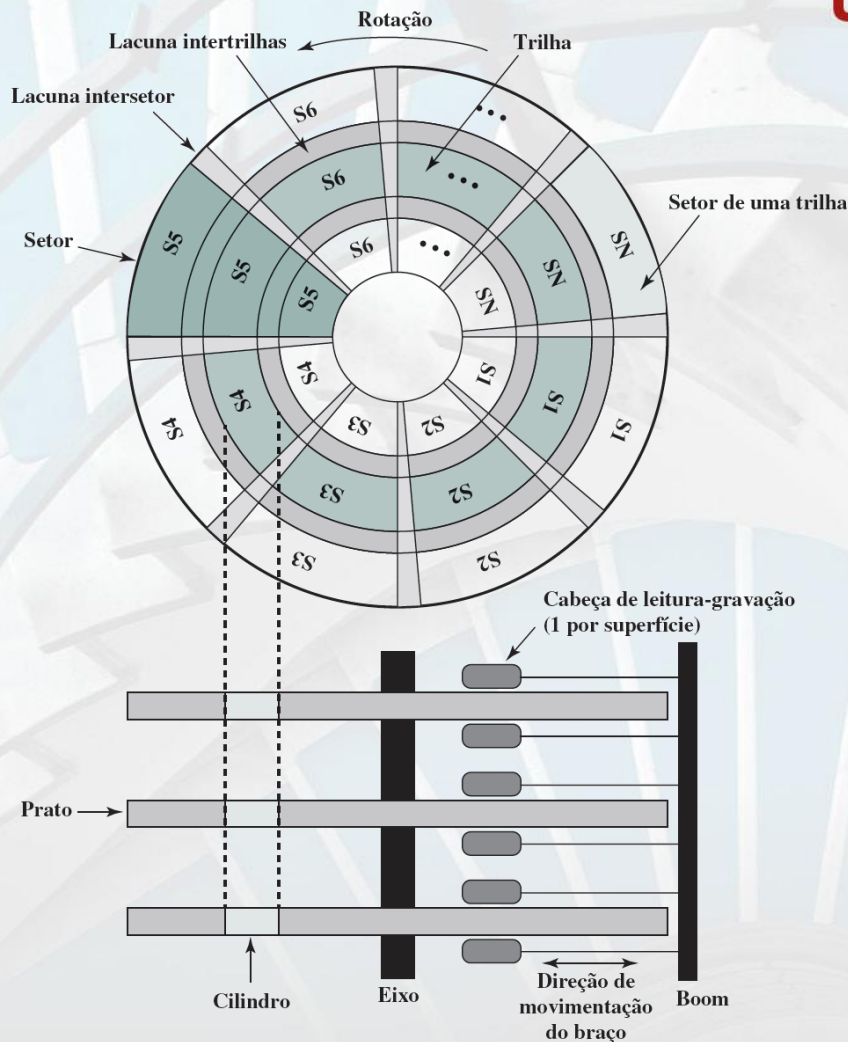
10ª edição

- A cabeça é um dispositivo relativamente pequeno, capaz de ler e gravar em uma parte do prato girando por baixo dela.
- Isso sugere a organização dos dados no prato em um conjunto concêntrico de anéis, chamados de **trilhas**.
- Cada trilha tem a mesma largura da cabeça.
- Existem milhares de trilhas por superfície.
- A figura a seguir representa esse layout de dados. As trilhas adjacentes são separadas por **lacunas (gaps) intertrilhas**.

Organização e formatação de dados

WILLIAM STALLINGS
Arquitetura e
Organização de
Computadores

10ª edição

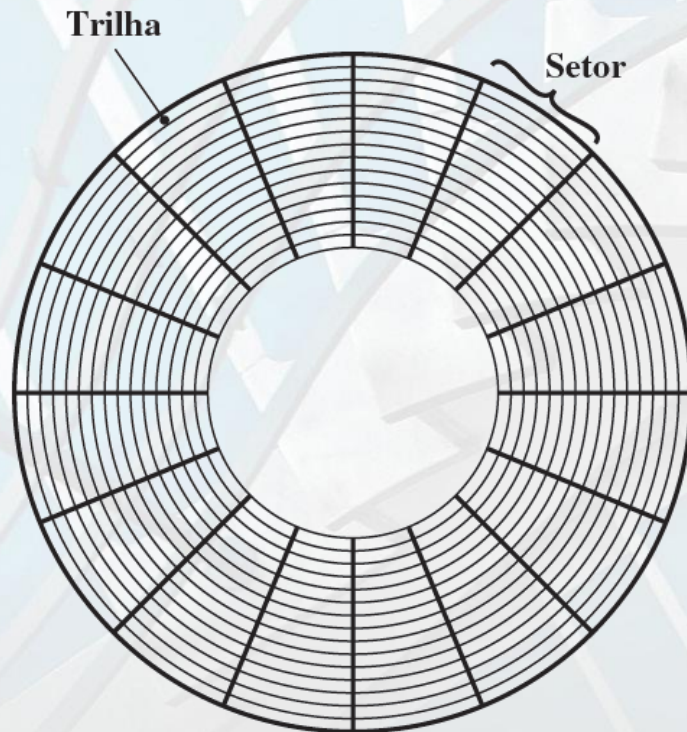


Organização e formatação de dados

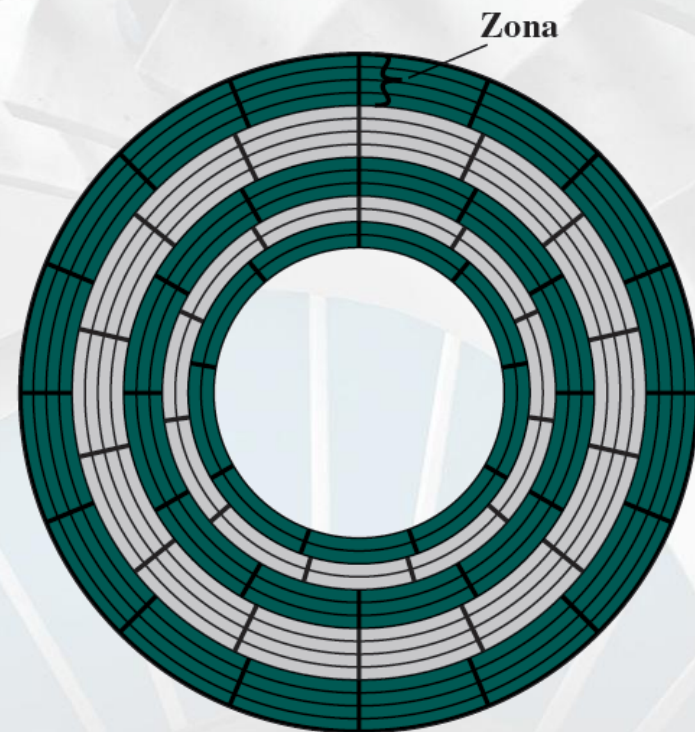
WILLIAM STALLINGS
**Arquitetura e
Organização de
Computadores**

10ª edição

- Comparação de métodos de layout de disco:



Velocidade angular constante



Gravação em múltiplas zonas

Características físicas

WILLIAM STALLINGS
**Arquitetura e
Organização de
Computadores**

10ª edição

➤ Características físicas dos sistemas de disco:

| Movimento da cabeça | Pratos |
|-----------------------------------|------------------------|
| Cabeça fixa (uma por trilha) | Único prato |
| Cabeça móvel (uma por superfície) | Múltiplos pratos |
| Mecanismo da cabeça | Portabilidade do disco |
| Contato (disquete) | Disco não removível |
| Lacuna fixa | Disco removível |
| Lacuna aerodinâmica (Winchester) | |
| Faces | |
| Única face | |
| Dupla face | |

Características físicas

- Em um **disco com cabeça fixa**, existe uma cabeça de leitura-gravação por trilha.
- Em um **disco com cabeça móvel**, há somente uma cabeça de leitura-gravação.
- Novamente, a cabeça é montada em um braço.
- Um **disco não removível** é permanentemente montado no drive de disco.
- Um **disco removível** pode ser removido e substituído por outro disco.

Características físicas

- Para a maioria dos discos, a cobertura magnetizável é aplicada nos dois lados do prato, quando o disco é chamado de **dupla face**.
- Alguns sistemas de disco mais baratos utilizam discos de **única face**.
- Alguns drives de disco acomodam **diversos pratos** empilhados verticalmente, com uma fração de polegada de distância um do outro.
- O conjunto de todas as trilhas na mesma posição relativa na placa é conhecido como um **cilindro**.

Características físicas

- **Disquete** é um prato pequeno e flexível, sendo o tipo mais barato de disco.
- Os detalhes reais da operação de E/S de disco dependem do sistema de computação, do sistema operacional e da natureza do canal de E/S e hardware do controlador de disco.
- Diagrama de temporização geral da transferência de E/S de disco:



Características físicas

- Em um sistema de cabeça móvel, o tempo gasto para posicionar a cabeça na trilha é conhecido como **tempo de busca** (*seek time*).
- O tempo gasto até que o início do setor alcance a direção da cabeça é conhecido como **atraso rotacional** ou *latência rotacional*.
- A soma do tempo de busca, se houver, com o atraso rotacional é igual ao **tempo de acesso**, que é o tempo gasto para o posicionamento para leitura ou gravação.

Características físicas

- Quando a cabeça está na posição, a operação de leitura ou gravação é, então, realizada enquanto o setor se move sob a cabeça.
- Essa é a parte de transferência de dados da operação; o tempo necessário para a transferência é o **tempo de transferência**.
- O **tempo de busca** consiste em dois componentes:
 1. o tempo de partida inicial e
 2. o tempo gasto para atravessar as trilhas que precisam ser cruzadas quando o braço de acesso estiver com a velocidade necessária.

Características físicas

- O tempo de transferência de ou para o disco depende da velocidade de rotação do disco no seguinte padrão:

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

- O tempo médio total de leitura ou gravação T_{total} pode ser expresso como:

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

RAID

WILLIAM STALLINGS

Arquitetura e Organização de Computadores

10ª edição

- Felizmente, a indústria acordou sobre um esquema padronizado para o projeto de banco de dados para múltiplos discos, conhecido como **RAID**.
- O esquema RAID consiste em sete níveis, 2 de zero a seis.
- Esses níveis não implicam um relacionamento hierárquico, mas designam diferentes arquiteturas de projeto, que compartilham três características comuns:
 1. RAID é um conjunto de drives de discos físicos, vistos pelo sistema operacional como um único drive lógico.

RAID

WILLIAM STALLINGS

Arquitetura e Organização de Computadores

10ª edição

2. Os dados são distribuídos pelos discos físicos de um array em um esquema conhecido como *striping* (distribuição de dados), descrito mais adiante.
 3. A capacidade de disco redundante é usada para armazenar informações de paridade, o que garante a facilidade de recuperação dos dados no caso de uma falha de disco.
- Os detalhes da segunda e terceira características diferem para os níveis distintos de RAID.
 - O RAID 0 e o RAID 1 não aceitam a terceira característica.

RAID

WILLIAM STALLINGS

Arquitetura e Organização de Computadores

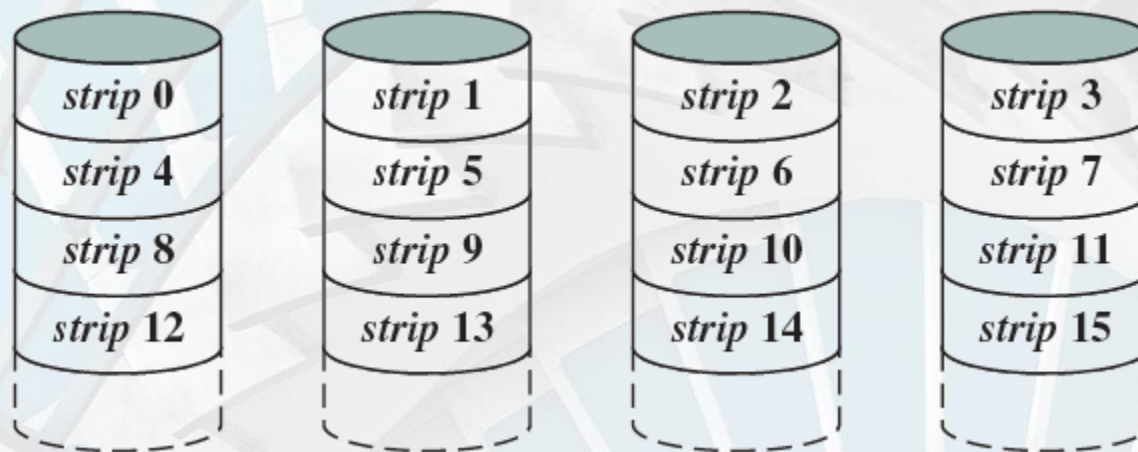
10ª edição

| Categoria | Nível | Descrição | Discos exigidos | Disponibilidade de dados | Grande capacidade de transferência de dados de E/S | Pequena taxa de solicitação de E/S |
|---------------------|-------|--|-----------------|--|---|--|
| <i>Striping</i> | 0 | Não redundante | N | Inferior a um único disco | Muito alta | Muito alta tanto para leitura como para gravação |
| Espelhamento | 1 | Espelhado | $2N$ | Mais alta que a RAID 2, 3, 4 ou 5; inferior ao RAID 6 | Mais alta que o disco rígido para leitura; similar a um único disco para gravação | Até o dobro de um único disco para leitura; similar a um disco único para gravação |
| Acesso paralelo | 2 | Redundante via código de Hamming | $N + m$ | Mais alta que um único disco; comparável ao RAID 3, 4 ou 5 | Mais alta de todas as alternativas listadas | Aproximadamente o dobro de um único disco |
| | 3 | Paridade intercalada por bit | $N + 1$ | Mais alta que um único disco; comparável ao RAID 2, 4 ou 5 | Mais alta de todas as alternativas listadas | Aproximadamente o dobro de um único disco |
| Acesso independente | 4 | Paridade intercalada por bloco | $N + 1$ | Mais alta que um único disco; comparável ao RAID 2, 3 ou 5 | Similar ao RAID 0 para leitura; significativamente menor que um único disco para gravação | Similar ao RAID 0 para leitura; significativamente inferior a um único disco para gravação |
| | 5 | Paridade distribuída intercalada por bloco | $N + 1$ | Mais alta que um único disco; comparável ao RAID 2, 3 ou 4 | Similar ao RAID 0 para leitura; inferior a um único disco para gravação | Similar ao RAID 0 para leitura; geralmente inferior a um único disco para gravação |
| | 6 | Paridade dupla distribuída intercalada por bloco | $N + 2$ | Mais alta de todas as alternativas listadas | Similar ao RAID 0 para leitura; inferior ao RAID 5 para gravação | Similar ao RAID 0 para leitura; significativamente inferior ao RAID 5 para gravação |

Obs.: N = número de discos de dados; m proporcional a $\log N$.

RAID nível 0

➤ RAID 0 (não redundante) :

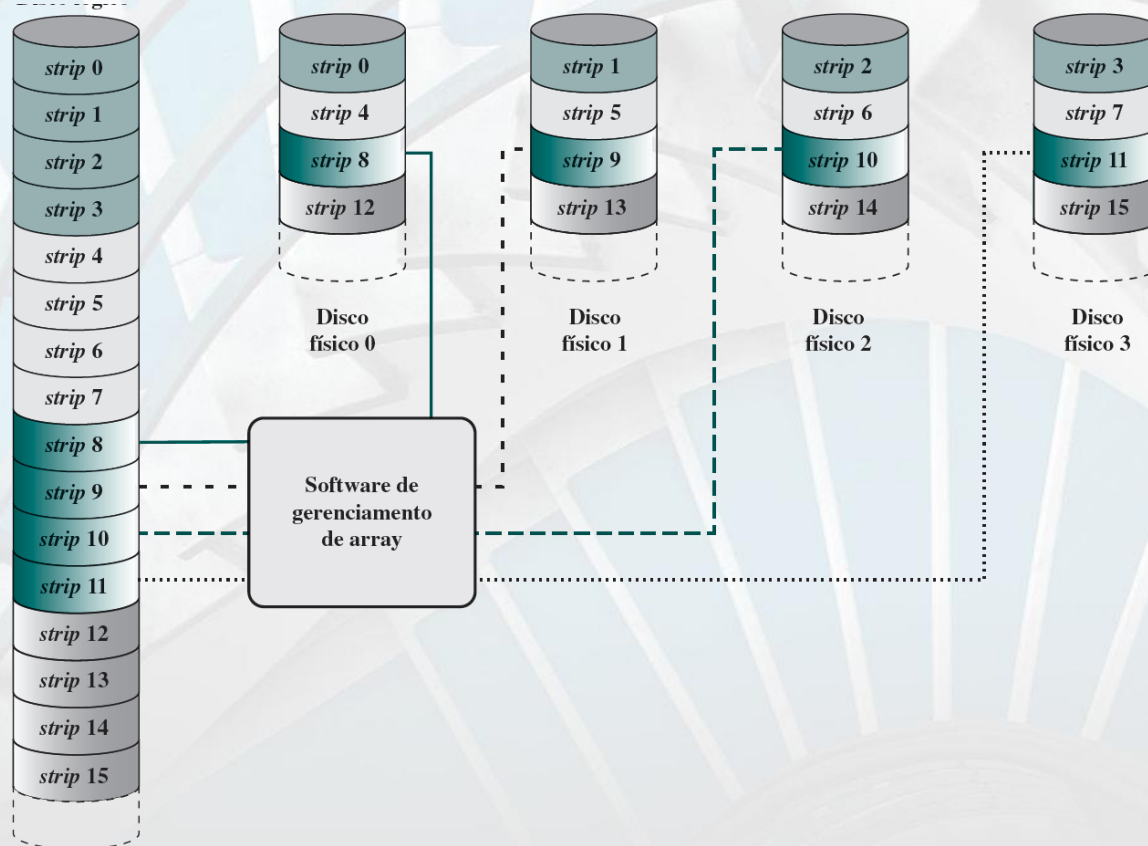


RAID nível 0

- O RAID nível 0 não é um membro verdadeiro da família RAID, pois não inclui redundância para melhorar o desempenho.
- Para o RAID 0, os dados do usuário e do sistema são distribuídos por todos os discos no array.
- Os dados são distribuídos pelos discos disponíveis.
- O disco lógico é dividido em *strips* (faixas).
- Um conjunto de *strips* logicamente consecutivos, que mapeia exatamente um *strip* em cada membro do array, é conhecido como um **stripe**.

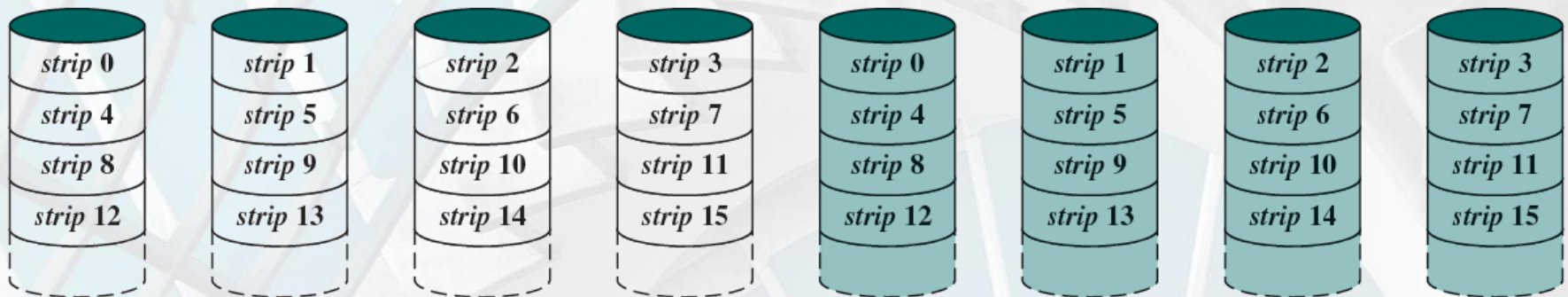
RAID nível 0

➤ Mapeamento de dados para um array RAID nível 0:



RAID nível 1

➤ RAID 1 (espelhado) :



RAID nível 1

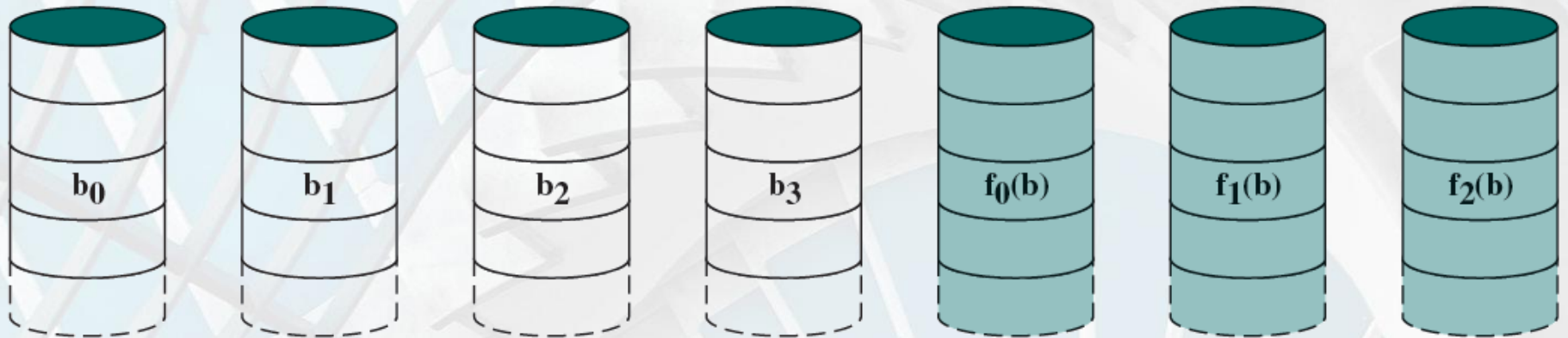
- Existem diversos aspectos positivos da organização RAID 1:
 1. Uma solicitação de leitura pode ser atendida por qualquer um dos dois discos que contenha os dados solicitados, aquele que exigir o mínimo de tempo de busca mais latência rotacional.
 2. Uma solicitação de gravação requer que os dois *strips* correspondentes sejam atualizados, mas isso pode ser feito em paralelo.
 3. A recuperação de uma falha é simples. Quando um drive falha, os dados ainda podem ser acessados pelo segundo drive.

RAID nível 1

- A principal desvantagem do RAID 1 é o custo; ele requer o dobro de espaço em disco que a capacidade lógica do disco a que ele dá suporte.
- Em um ambiente orientado à transação, o RAID 1 pode alcançar altas taxas de solicitação de E/S se a maior parte das solicitações for para leituras.
- Nessa situação, o desempenho do RAID 1 pode alcançar o dobro daquele do RAID 0.
- O RAID 1 também pode oferecer melhor desempenho em relação ao RAID 0.

RAID nível 2

- RAID 2 (redundante por meio do Código de Hamming) :

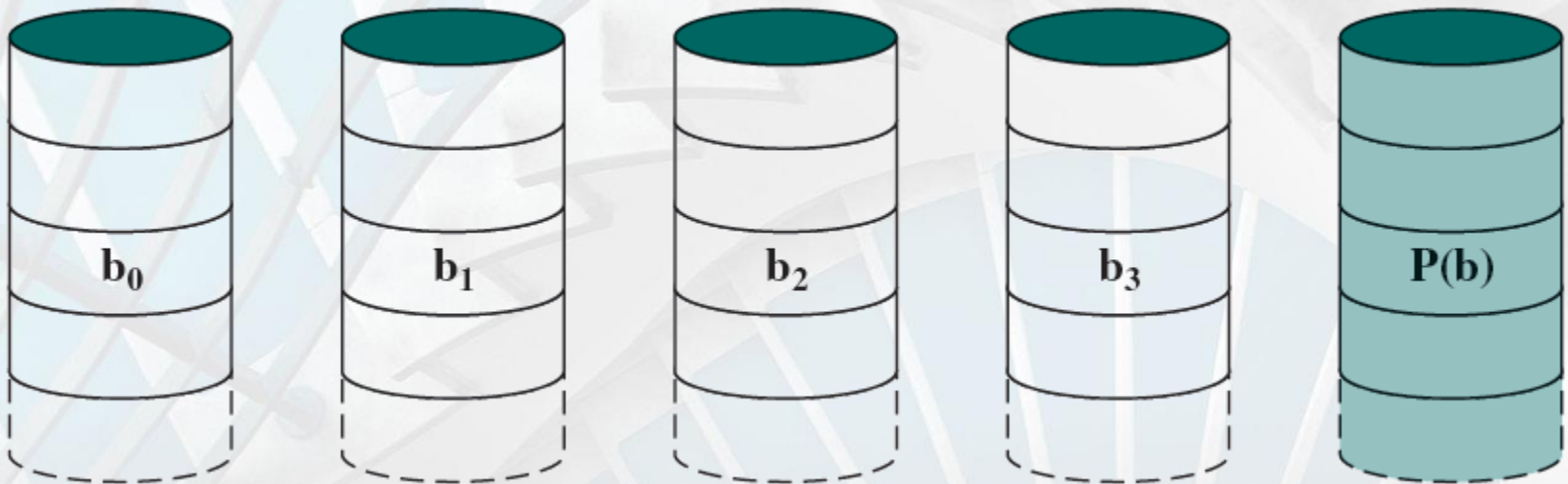


RAID nível 2

- Com o RAID 2, um código de correção de erro é calculado para os bits correspondentes em cada disco de dados.
- Os bits do código são armazenados nas posições dos bits correspondentes nos vários discos de paridade.
- Costuma-se usar um código de Hamming, que é capaz de corrigir erros de único bit e detectar erros duplos de bits.
- Embora o RAID 2 exija menos discos que o RAID 1, ele é bem mais caro.

RAID nível 3

- RAID 3 (paridade intercalada por bit):

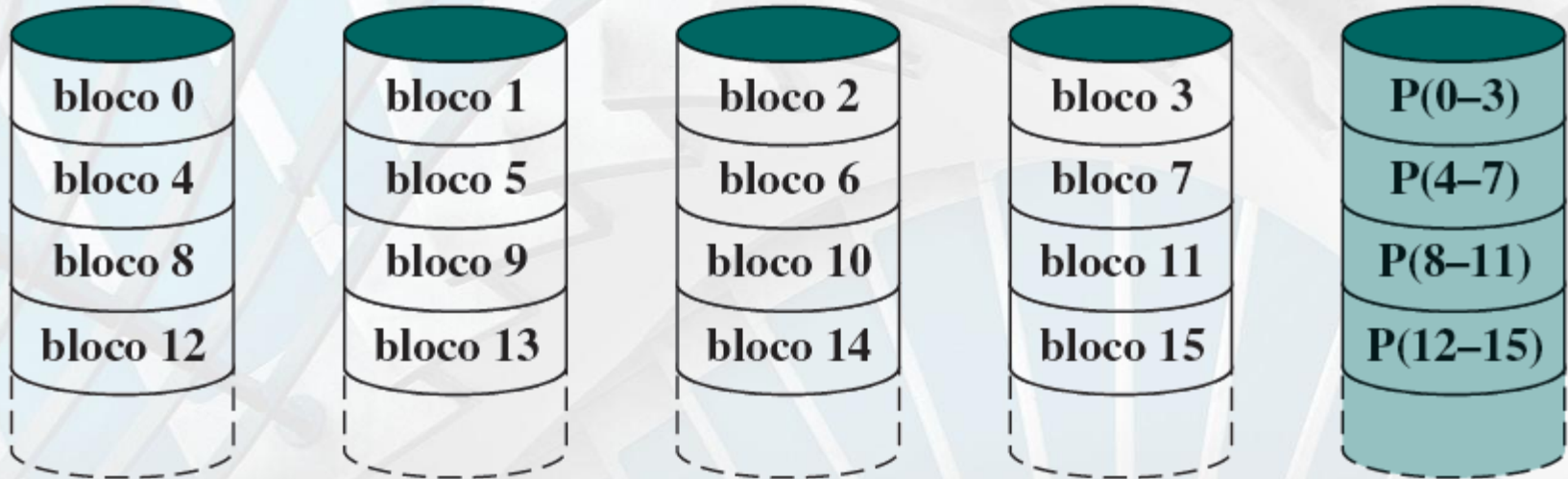


RAID nível 3

- O RAID 3 é organizado de uma forma semelhante ao RAID 2.
- A diferença é que o RAID 3 exige apenas um único disco redundante, não importa o tamanho do array de discos.
- O RAID 3 emprega o acesso paralelo, com dados distribuídos em pequenos *strips*.
- Em vez de um código de correção de erro, um bit de paridade simples é calculado para o conjunto de bits individuais na mesma posição em todos os discos de dados.

RAID nível 4

➤ RAID 4 (paridade em nível de bloco) :

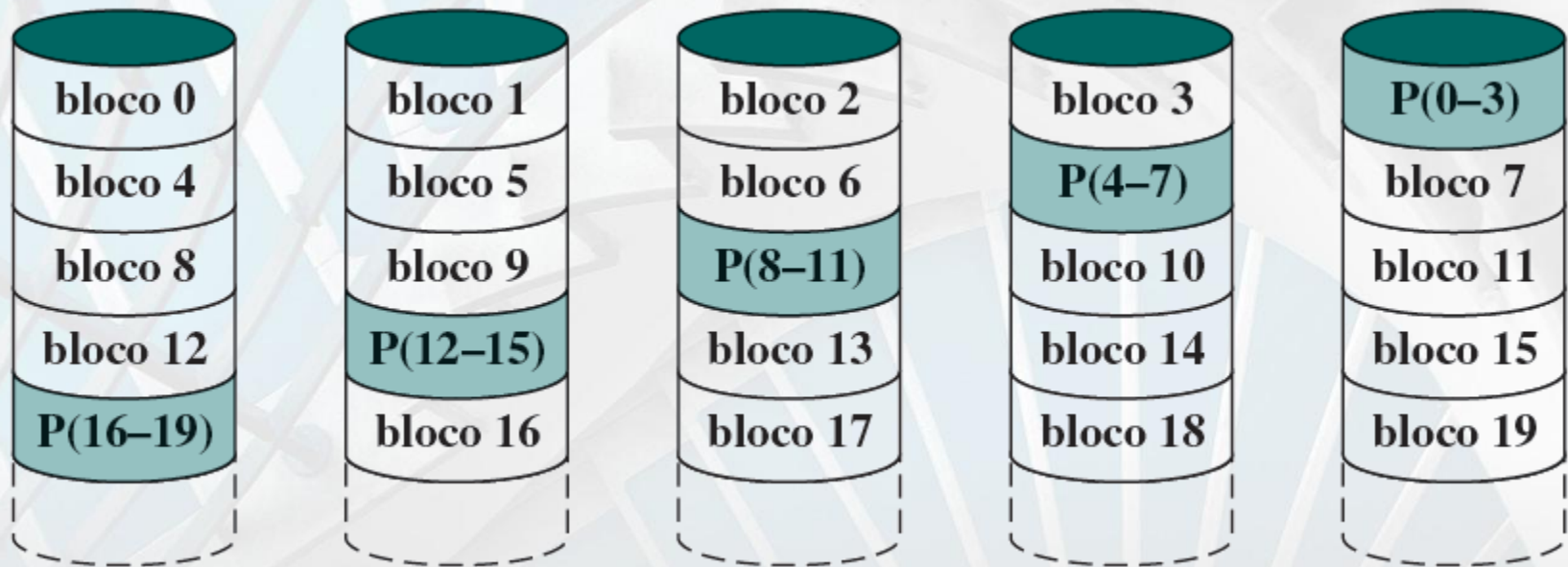


RAID nível 4

- Com o RAID 4, um *strip* de paridade bit a bit é calculado por meio dos *strips* correspondentes em cada disco de dados.
- Os bits de paridade são armazenados no *strip* correspondente no disco de paridade.
- O RAID 4 envolve uma penalidade de gravação quando uma solicitação de gravação de E/S de pequeno tamanho é realizada.
- Toda vez que ocorre uma gravação, o software de gerenciamento do array deve atualizar não apenas os dados do usuário, mas também os bits de paridade correspondentes.

RAID nível 5

- RAID 5 (paridade distribuída em nível de bloco):

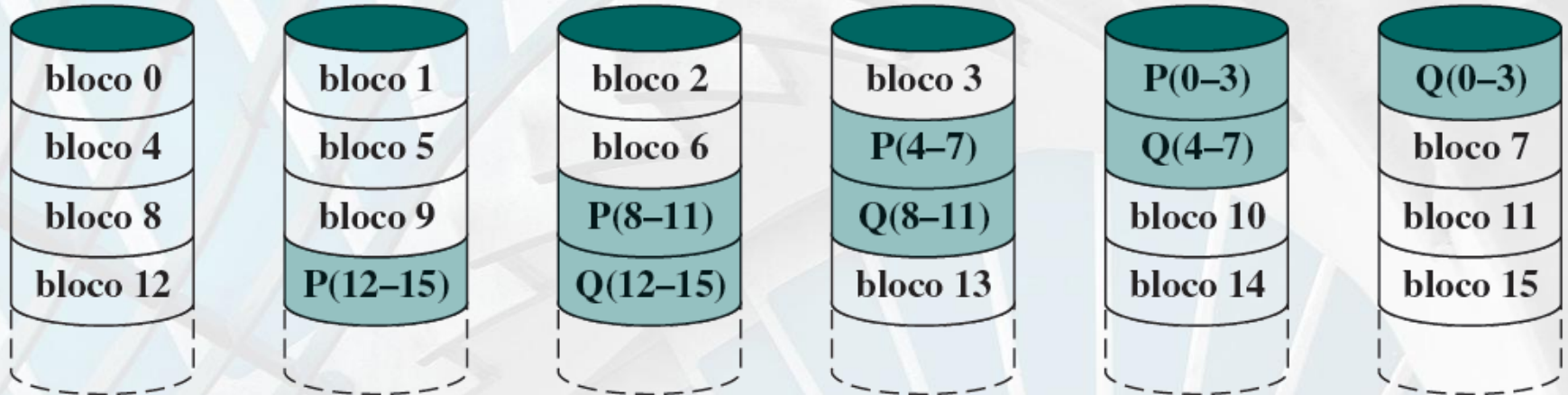


RAID nível 5

- O RAID 5 é organizado de uma forma semelhante ao RAID 4.
- A diferença é que o RAID 5 distribui os *strips* de paridade por todos os discos.
- Uma alocação típica é um esquema *round-robin*.
- Para um array de n discos, o *strip* de paridade está em um disco diferente para os primeiros n stripes, e o padrão então se repete.
- A distribuição dos *strips* de paridade por todos os drives evita o potencial gargalo de E/S encontrado no RAID 4.

RAID nível 6

➤ RAID 6 (redundância dupla):



RAID nível 6

- No esquema RAID 6, dois cálculos de paridade distintos são executados e armazenados em blocos separados em discos diferentes.
- De tal maneira, um array RAID 6 cujos dados do usuário exigem N discos consiste em $N + 2$ discos.
- A vantagem do RAID 6 é que ele oferece uma disponibilidade de dados extremamente alta.
- Três discos teriam que falhar dentro do intervalo de tempo médio para reparo para que os dados fossem perdidos.

Drives de estado sólido

- O termo **estado sólido** diz respeito ao circuito eletrônico construído com semicondutores.
- Um **SSD** é um dispositivo de memória feito com componentes de estado sólido que pode ser usado em substituição ao drive de disco rígido.
- Como o custo de SSDs com base em flash caiu e o desempenho e a densidade de bits aumentaram, os SSDs tornaram-se mais competitivos que os HDDs.
- Os SSDs têm as seguintes vantagens sobre os HDDs:

Drives de estado sólido

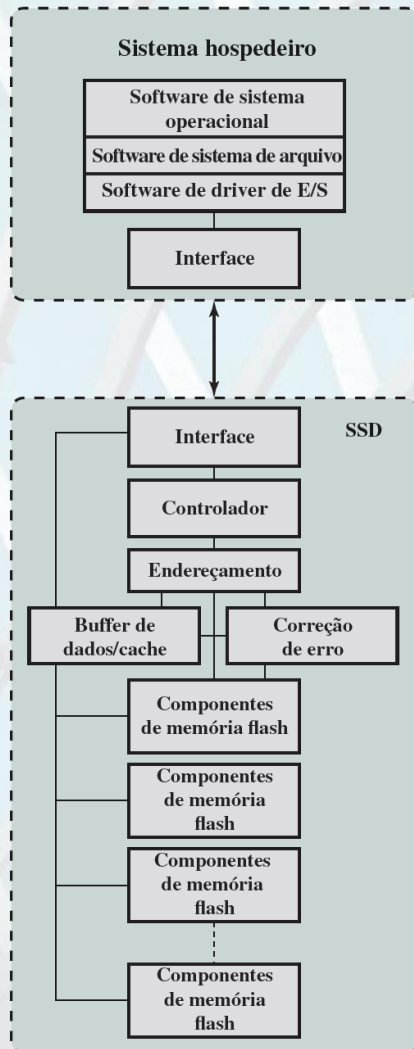
WILLIAM STALLINGS

**Arquitetura e
Organização de
Computadores**

10ª edição

- Aumenta significativamente o desempenho dos subsistemas de E/S.
- Menos suscetível a choque físico e vibração.
- Longa vida útil.
- Baixo consumo de energia.
- Capacidades de funcionamento mais silenciosas e resfriadas.
- Menores tempos de acesso e taxas de latência.

Organização de SSD



➤ Arquitetura de drive de estado sólido:

Organização de SSD

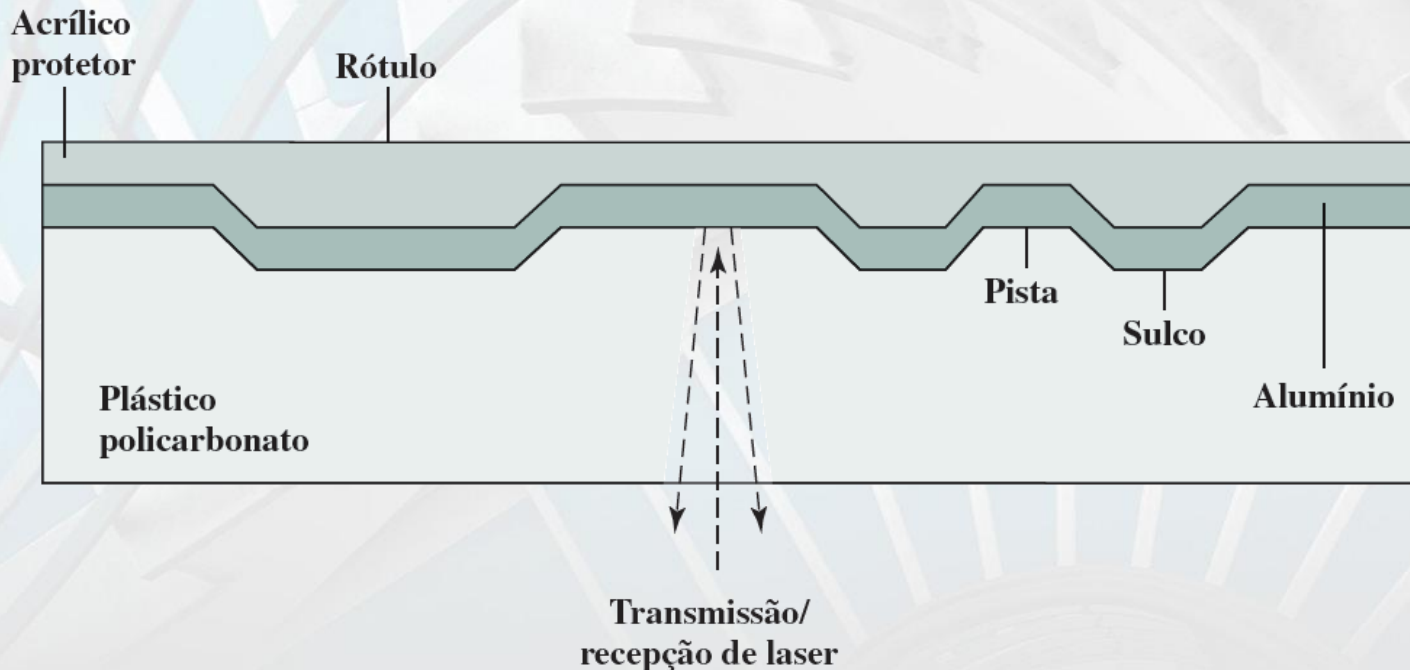
Além da interface ao sistema hospedeiro, o SSD contém os seguintes componentes:

- Controlador
- Endereçamento
- Buffer de dados/cache
- Correção de erros
- Componentes de memória flash

Memória óptica

CD-ROM

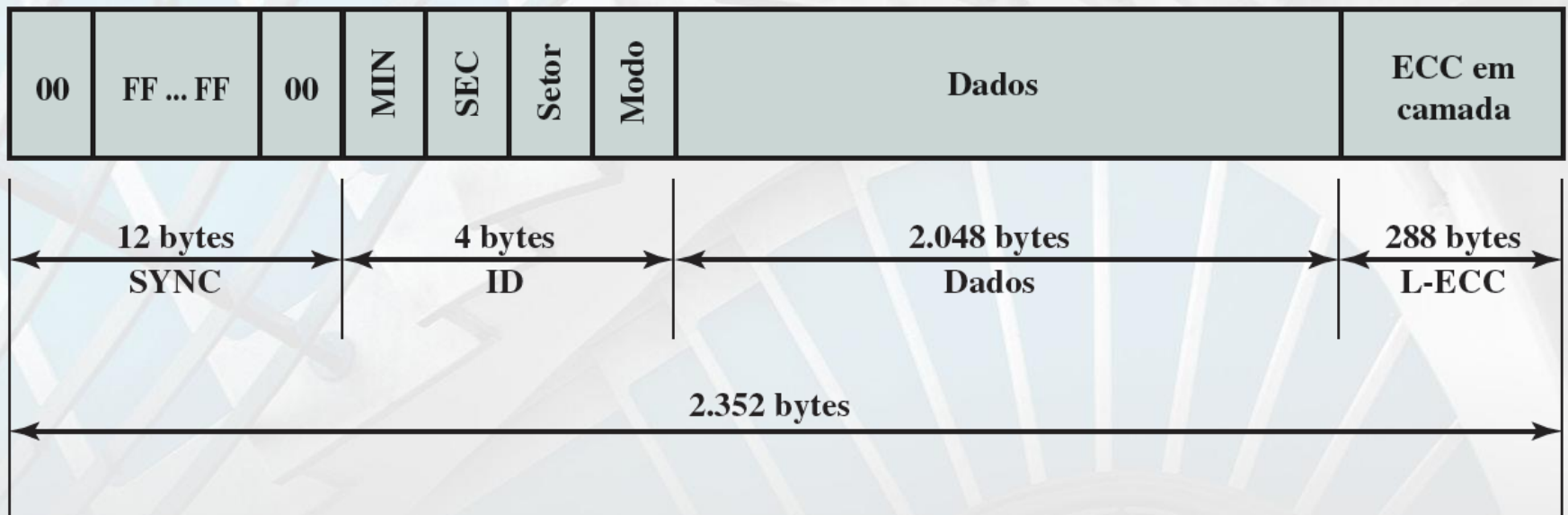
➤ Operação do CD:



Memória óptica

CD-ROM

- Formato de bloco do CD-ROM:



Memória óptica

Disco versátil digital (DVD)

- A maior capacidade do DVD deve-se a três diferenças dos CDs:
 1. Os bits são acomodados mais de perto em um DVD.
 2. O DVD usa um laser com comprimento de onda mais curto e alcança um espaçamento de loop de $0,74\ \mu\text{m}$ e uma distância mínima entre os sulcos de $0,4\ \mu\text{m}$.
 3. DVD emprega uma segunda camada de sulcos e pistas em cima da primeira camada.

Memória óptica

Discos ópticos de alta definição

- Os discos ópticos de alta definição são projetados para armazenar vídeos de alta definição.
- A densidade de bits mais alta é alcançada usando um laser com um comprimento de onda mais curto, na faixa do azul violeta.
- Os sulcos de dados são menores em comparação com o DVD.
- Dois formatos e tecnologias de disco concorrentes competiram inicialmente pela aceitação do mercado: HD DVD e **Blu-ray** DVD.

Fita magnética

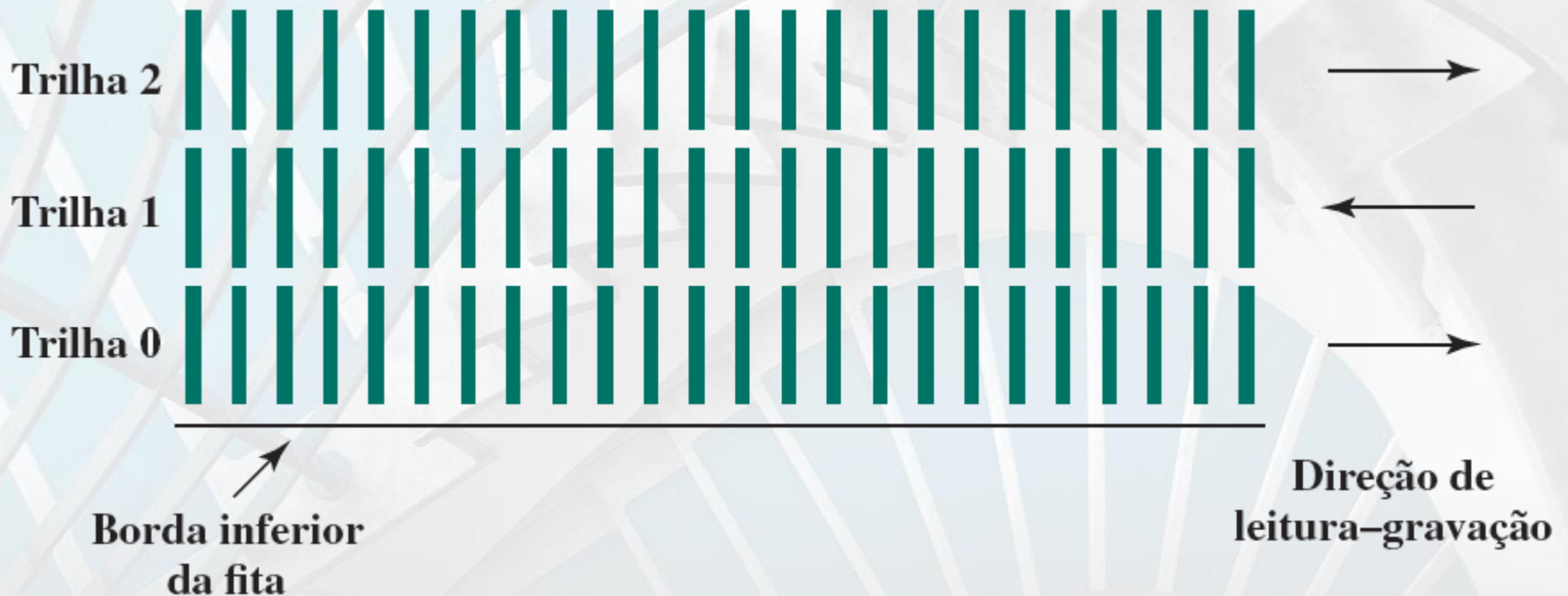
- Os **sistemas de fita** utilizam as mesmas técnicas de leitura e gravação que os sistemas de disco.
- O meio é uma fita de poliéster flexível coberta com material magnetizável.
- Os dados na fita são estruturados como uma série de trilhas paralelas no sentido do comprimento da fita.
- A maioria dos sistemas modernos usa a **gravação serial**, em que os dados são dispostos como uma sequência de bits ao longo de cada trilha, como é feito com os discos magnéticos.

Fita magnética

- A técnica de gravação típica usada nas fitas seriais é conhecida como **gravação em serpentina**.
- Quando os dados estão sendo gravados, o primeiro conjunto de bits é gravado ao longo de toda a extensão da fita.
- Quando o final da fita é alcançado, as cabeças são reposicionadas para gravar uma nova trilha, e a fita é novamente gravada em sua extensão completa, desta vez na direção oposta.
- Esse processo continua, indo e voltando, até que a fita esteja cheia.

Fita magnética

- Leitura e gravação em serpentina:



Fita magnética

- Layout em bloco para sistema que lê-grava quatro trilhas simultaneamente:



← Direção do
movimento da fita