

— Laboratório de Hardware

HDD & SSD

Armazenamento

- Dispositivos de armazenamento de dados
 - Muito populares e seu desempenho tem impacto significativo no cotidiano do usuário de computador
 - Conhecidos também como dispositivos de memória secundária
- 2 Tipos fundamentais de dispositivos de armazenamento
 - Hard Disk Drive (HDD) - Magnético
 - Solid State Device (SSD) - Semicondutor

Hard Disk Drive (HDD)



- Desenvolvido pela IBM e apresentado em 1956
- Revestimento magnético em placas metálicas
- Dados são lidos e escritos por movimentos de uma cabeça de leitura magnética
- Funcionamento

Hard Disk Drive (HDD) - Gravação

- LMR
 - LMR é a sigla para Longitudinal Magnetic Recording e corresponde à técnica de gravação longitudinal de dados, a mais antiga. Um disco rígido pode armazenar dados graças ao eletromagnetismo. Essencialmente, um conjunto de partículas (ou células) magnetizadas de uma forma ou de outra é que determina se o bit gravado ali assumirá o estado representado por 0 ou 1. Na técnica LMR, as tais partículas são alinhadas longitudinalmente (ou "horizontalmente") na superfície do disco (prato), como se estivessem "deitadas" lado a lado. HDs antigos, que não têm grande capacidade de armazenamento de dados, geralmente são do tipo LMR
- PMR
 - PMR é a sigla para Perpendicular Magnetic Recording. A lógica aqui é a seguinte: e se, em vez de gravação longitudinal, o disco contasse com gravação perpendicular, como se as partículas estivessem "de pé"? Essa é a proposta da técnica PMR. Com as partículas seguindo uma orientação perpendicular, pode-se ter uma quantidade maior delas na superfície do disco, pois o espaço ocupado por cada uma delas é menor. Outra vantagem da PMR: a técnica torna a camada um pouco mais espessa, característica que gera campos magnéticos mais fortes, por assim dizer, o que acaba facilitando o trabalho das cabeças de leitura e gravação da unidade. Contribui para isso o fato de o posicionamento perpendicular não fazer as partículas exercerem força repulsivas entre elas, risco existente na técnica LMR.

Gravação longitudinal



Gravação perpendicular

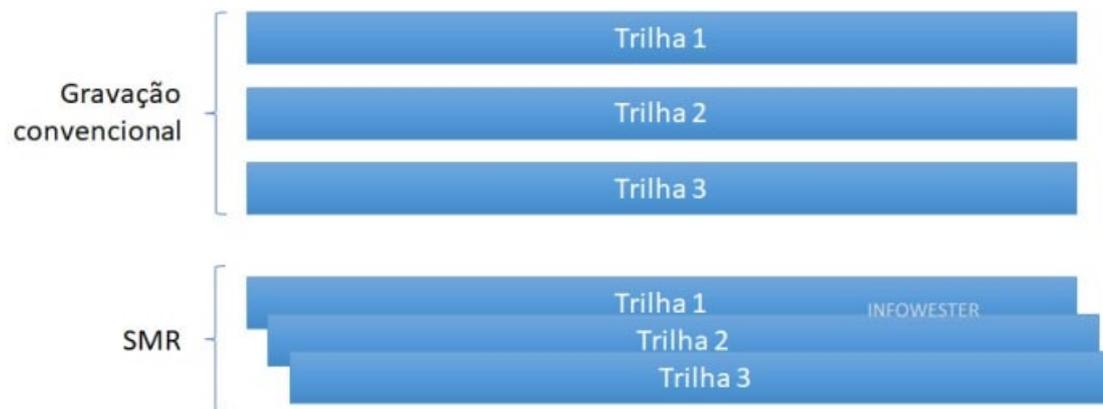


Hard Disk Drive (HDD) - Gravação

- CMR
 - CMR é a sigla para Conventional Magnetic Recording. Aqui, a situação fica um pouco confusa, pois essa técnica também consiste em uma forma de gravação perpendicular, só que, grosso modo, mais avançada que a PMR. Na técnica PMR, é necessário que haja um espaço entre as trilhas (sequências circulares que contém as células de gravação) para que a cabeça de gravação, mais larga, não sobrescreva dados de uma trilha em outra por conta da proximidade entre elas. No CMR, os fabricantes desenvolveram cabeças de gravação menores que as convencionais para evitar que elas sobrescrevam trilhas. Com isso, é possível diminuir a distância entre elas. Por serem baseadas no mesmo processo de gravação de dados, as técnicas PMR e CMR passaram a ser tratadas como sinônimos.

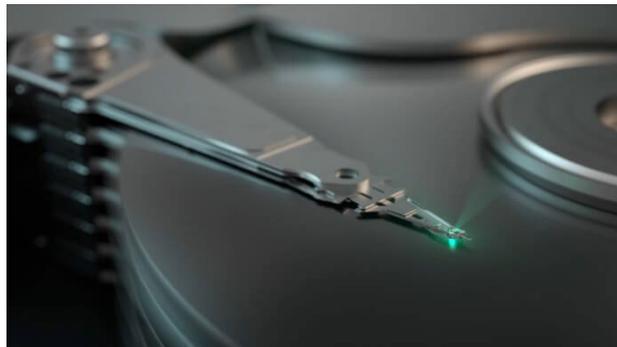
Hard Disk Drive (HDD) - Gravação

- SMR
 - SMR é a sigla para Shingled Magnetic Recording e consiste na técnica mais avançada entre as que são abordadas neste texto. Esse também é um padrão de gravação perpendicular, com a diferença de que o espaço entre as trilhas não existe aqui.
 - Na verdade, as trilhas ficam parcialmente sobrepostas na técnica SMR, como se estivessem "encavaladas". Assim, é possível aumentar ainda mais a densidade do disco.
 - Com trilhas sobrepostas, não existe o risco de a cabeça de gravação sobrescrevê-las? Isso acontece, mas apenas parcialmente, razão pela qual a trilha sobrescrita não fica inutilizável: apenas uma parte da trilha é destinada à gravação, logo, existe uma área de "sobra" que pode ser usada para viabilizar a técnica.
 - Pode haver problemas quando dados existentes precisam ser modificados, por isso, quando esse tipo de operação é necessária, os dados são gravados em uma área vazia. A área original permanecerá com os dados antigos apenas por um tempo: quando o HD ficar ocioso, um modo de organização apagará as informações dessa área e a disponibilizará para uso futuro.
 - HDs baseados em SMR costumam ter grande capacidade de armazenamento, razão pela qual são frequentemente destinados a datacenters. Ambientes assim podem exigir grande carga de trabalho da unidade, conseqüentemente, deixam pouco ou nenhum tempo para ociosidade.
 - Por conta disso, também podemos encontrar HDs com SMR que permitem que a reorganização dos dados seja feita quase que simultaneamente a processos de leitura e gravação.



Hard Disk Drive (HDD) - Gravação

- HAMR
 - HAMR é a sigla para Heat Assisted Magnetic Recording (algo como Gravação Magnética Assistida por Calor). Trata-se, essencialmente, de uma tecnologia desenvolvida com o intuito de elevar a capacidade de armazenamento de dados do HD, mas sem que este tenha que ter as suas dimensões físicas aumentadas. Em outras palavras, essa é uma técnica que aumenta a densidade do disco.
 - É preciso garantir que esse aumento de capacidade de armazenamento não seja afetado pelo problema da instabilidade térmica. Para tanto, HDs baseados em HAMR costumam ter um minúsculo diodo a laser na cabeça de gravação que aquece a área que irá receber os dados em temperaturas que podem passar de 400 °C.
 - Em seguida, em questão de nanossegundos, essa área é resfriada rapidamente para voltar à temperatura ambiente. Essa abordagem permite que a cabeça inverta a polaridade magnética das partículas de armazenamento de modo muito preciso e estável, tanto que é possível deixá-las mais próximas umas das outras, o que favorece o aumento da densidade do disco.
 - Vale destacar que apenas um ponto microscópico do disco é aquecido nesse processo. Não há risco de o HD como um todo superaquecer.
 - A Seagate é a principal companhia por trás do desenvolvimento e adoção da tecnologia HAMR.



Hard Disk Drive (HDD) - Gravação

- MAMR
 - Sigla para Microwave Assisted Magnetic Recording (Gravação Magnética Assistida por Micro-ondas), MAMR é uma tecnologia que, assim como a técnica HAMR, visa aumentar a capacidade de armazenamento de dados dos discos rígidos. Mas, em vez de aquecimento, a técnica trabalha com micro-ondas.
 - As cabeças de gravação dos HDs com essa tecnologia incorporam um oscilador de torque e rotação (STO — Spin-Torque Oscillator) que, normalmente, usa ondas em frequências entre 20 GHz e 40 GHz para gerar uma espécie de campo eletromagnético circular bem próximo à área a ser gravada no disco.
 - Essas micro-ondas diminuem a resistência do disco, fazendo o processo de gravação exigir muito menos energia do que no método tradicional. Graças a isso, é possível usar partículas de gravação menores e mais próximas entre elas, aumentando a densidade do disco.
 - Quanto menor a distância entre as partículas, mais energia o processo de gravação tende a exigir. Mas, como as micro-ondas atuam como uma espécie de energia auxiliar durante a gravação, isso não chega a ser um problema.
 - A Western Digital é a empresa que está por trás da chegada de HDs com MAMR ao mercado.



Solid State Device (SSD)



- Inventado pela Toshiba na década de 1980, esse tipo de componente é chamado de "flash" porque seu processo de apagamento dos dados lembra o flash de uma câmera, ou seja, é rápido e simultâneo para toda a área sendo apagada. Essa é uma das principais vantagens desses módulos sobre as antigas memórias EEPROM que, para limpar seus dados, precisava apagar um byte de cada vez.
- Controlador interno com chips de memória flash baseada em portas lógicas NAND
- Dados são lidos e escritos por funções elétricas de leitura e escrita

Memória Flash

- A memória flash é um tipo de memória eletrônica que pode ser apagada e reprogramada eletricamente. Ela é formada por células que armazenam bits de dados, que podem ser 0 ou 1. Cada célula é composta por um transistor e um capacitor, que mantém a carga elétrica.
- A leitura e a escrita dos dados são feitas por meio de impulsos elétricos que alteram o estado das células. A memória flash é dividida em dois tipos: NOR e NAND (Ambas não voláteis). A diferença entre eles está na forma como as células são organizadas e acessadas.
- A memória NOR permite o acesso aleatório aos dados, ou seja, qualquer célula pode ser lida ou escrita diretamente. Ela é usada principalmente para armazenar códigos de inicialização ou firmware, além de dispositivos portáteis.
- A memória NAND permite o acesso sequencial aos dados, ou seja, as células são lidas ou escritas em blocos. Ela é usada principalmente para armazenar dados de usuário ou arquivos. A memória NAND tem maior densidade, menor custo e maior capacidade do que a memória NOR.
- As células NAND não são projetadas para durar para sempre. Diferentemente do DRAM, suas células irão sofrer desgaste com o tempo à medida que os ciclos de gravação forem mais presentes do que os ciclos de leitura. Os dispositivos de armazenamento NAND têm um número limitado de ciclos de gravação, mas o nivelamento de desgaste administra o desgaste das células executado pelo controlador flash encontrado no dispositivo.
- Todos os pendrives, cartões SD e SSDs possuem um controlador NAND que administra o flash NAND e executa funções como nivelamento de desgaste e correção de erros. Para prolongar a vida de dispositivos de armazenamento NAND, o controlador flash NAND assegura que todos os dados gravados sejam distribuídos igualmente por todos os blocos físicos do dispositivo, para que uma área do NAND não sofra um desgaste maior do que outra.

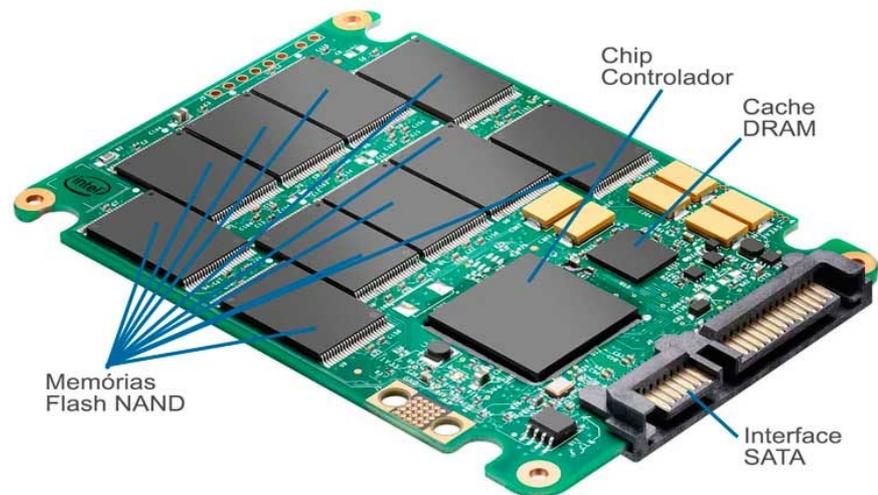
SSD – Portas NAND e NOR

| | Memória Flash NAND | Memória Flash NOR |
|------------------------|--------------------|-------------------|
| Custo por bit | Baixo | Alto |
| Capacidade | Alto | Baixo |
| Desempenho de Escrita | Alto | Baixo |
| Desempenho de Leitura | Médio | Alto |
| Execução de Código | Complexo | Simples |
| Consumo de Potência | Alto | Baixo |
| Uso como Armazenamento | Fácil | Pouco Complexo |

- A execução de código é mais simples em memórias NOR, por isso são usadas em dispositivos portáteis
- O desempenho de leitura também justifica o uso de memórias NOR para dispositivos portáteis
- O baixo consumo de energia também contribui para o uso de memórias NOR em dispositivos portáteis
- O uso como armazenamento em memórias NAND é muito simples, por isso é usado como dispositivos de armazenamento interno

Discos SSD

- São compostos por três partes principais: o controlador, a memória flash e a interface.
- O controlador é o cérebro do disco SSD, responsável por gerenciar as operações de leitura e escrita, o algoritmo de nivelamento de desgaste, a correção de erros, a criptografia, o cache e a comunicação com o sistema operacional. A memória flash é o coração do disco SSD, responsável por armazenar os dados em blocos e páginas. A interface é a conexão do disco SSD com o computador, que pode ser SATA, PCIe, M.2, dentre outras.
- Os discos SSD são mais rápidos do que os discos rígidos tradicionais (HDD ou hard disk drive), pois não possuem partes mecânicas que limitam a velocidade de rotação e a latência de acesso. Além disso, os discos SSD consomem menos energia, geram menos ruído, aquecem menos e são mais resistentes a impactos do que os HDD.



SSD – Tipos por empilhamento

- A forma como as células são empilhadas determina a forma como os discos SSD são construídos. Existem dois tipos principais de discos SSD de acordo com a forma como as células são empilhadas: NAND e 3D NAND.
 - NAND: É o modelo tradicional, que organiza as células em uma matriz plana, formando blocos e páginas. Cada bloco contém várias páginas e cada página contém várias células. As células são conectadas por linhas horizontais (wordlines) e verticais (bitlines), que permitem a leitura e a escrita dos dados. A memória NAND tem uma limitação física de quantas células podem ser colocadas em uma matriz plana, o que limita a capacidade, o desempenho e a durabilidade dos discos SSD.
 - 3D NAND: É mais recente e avançada, empilha as células em várias camadas verticais, formando cubos e planos. Cada cubo contém vários planos e cada plano contém vários blocos. As células são conectadas por pilares verticais (string), que permitem a leitura e a escrita dos dados. A memória 3D NAND permite aumentar o número de células em uma matriz vertical, o que aumenta a capacidade, o desempenho e a durabilidade dos discos SSD.

SSD – Bits por célula

- O número de bits por célula determina a quantidade de dados que cada célula pode armazenar. Quanto mais bits por célula, maior a capacidade, mas menor a velocidade e a durabilidade dos discos SSD. Existem quatro tipos principais de discos SSD de acordo com o número de bits por célula: SLC, MLC, TLC e QLC. Vejamos as características de cada um deles:
 - SLC (Single-Level Cell): armazena 1 bit por célula, ou seja, dois estados possíveis (0 ou 1). É o tipo mais rápido, confiável e durável, mas também o mais caro e com menor capacidade. É usado principalmente para aplicações críticas que exigem alto desempenho e baixa latência, como servidores e storages.
 - MLC (Multi-Level Cell): armazena 2 bits por célula, ou seja, quatro estados possíveis (00, 01, 10 ou 11). É o tipo mais equilibrado, com bom desempenho, confiabilidade e capacidade, mas também com custo moderado. É usado principalmente para aplicações gerais que exigem bom desempenho e capacidade, como servidores, storages e ainda notebooks, desktops e dispositivos móveis.
 - TLC (Triple-Level Cell): armazena 3 bits por célula, ou seja, oito estados possíveis (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 ou 111). É o tipo mais popular, com alta capacidade, baixo custo e desempenho razoável, mas também com menor confiabilidade e durabilidade. É usado principalmente para aplicações que exigem alta capacidade e baixo custo, como computadores e notebooks, além de alguns tipos de armazenamento em nuvem.
 - QLC (Quad-Level Cell): armazena 4 bits por célula, ou seja, 16 estados possíveis (0000, 0001, 0010, 0011, 0100, 0101, 0110, 0111, 1000, 1001, 1010, 1011, 1100, 1101, 1110 ou 1111). É o tipo mais recente, com maior capacidade, menor custo e desempenho aceitável, mas também com menor confiabilidade e durabilidade. É usado principalmente para aplicações que exigem maior capacidade e menor custo, como armazenamento em massa, arquivamento, streaming e alguns jogos. Seu uso é majoritariamente doméstico.

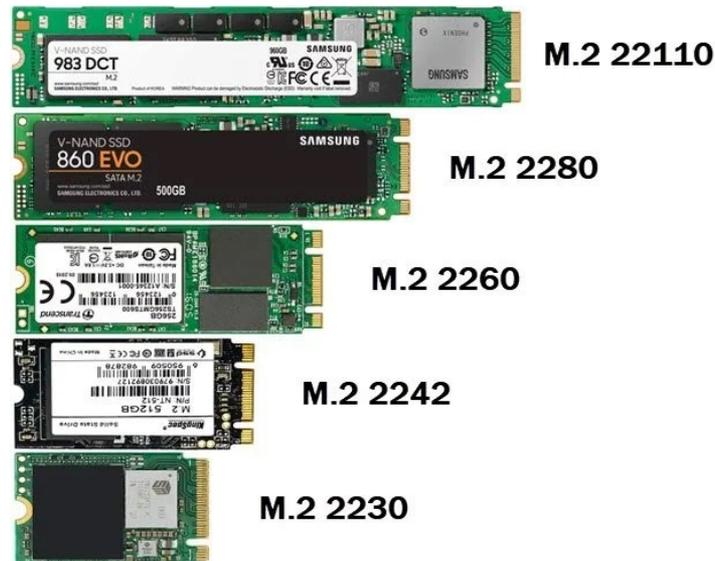


SSD – Interfaces

- SATA (Serial ATA): é a interface mais comum e antiga, que usa um cabo de dados e um cabo de energia para conectar os discos SSD ao computador. Ela tem três versões: SATA I, SATA II e SATA III, que oferecem velocidades de 1,5 Gbps, 3 Gbps e 6 Gbps, respectivamente. A interface SATA é compatível com os discos rígidos tradicionais (HDD ou hard disk drive), o que facilita a substituição e a instalação dos discos SSD. No entanto, ela também limita o desempenho dos discos SSD, pois não consegue acompanhar a velocidade de leitura e escrita da memória flash.
- SAS (Serial Attached SCSI): é a interface mais usada para aplicações empresariais, que usa um cabo de dados e de energia juntos ou um backplane para conectar os discos SSD ao servidor ou storage. Ela tem algumas versões e duas são mais usadas: SAS 2 e SAS 3, que oferecem velocidades de 6 Gbps e 12 Gbps, respectivamente. A interface SAS é compatível com os discos rígidos tradicionais (HDD ou hard disk drive), mas também oferece recursos avançados, como maior confiabilidade, segurança, escalabilidade e gerenciamento. Ela também permite o uso de múltiplos caminhos de dados, o que aumenta a disponibilidade e o desempenho dos discos SSD.

SSD – Interfaces M.2 SATA

- Os SSDs M.2 SATA usam a interface SATA com uma máxima taxa de transferência de dados de 6Gbps. SSDs com base em SATA são o grau mais baixo de SSDs em termos de desempenho e usam a mesma interface que os discos rígidos. Ainda assim, os SSDs com base em SATA têm três a quatro vezes mais largura de banda em comparação com os discos rígidos HDDs. Os SSDs SATA eram mais disponíveis e mais acessíveis do que os SSDs NVMe. Os SSDs M.2 SATA eram uma ótima alternativa para um SSD de 2,5 pol se você não tinha espaço para um SSD de 2,5 pol no seu computador. Um SSD M.2 que possui tanto uma chave M quanto uma chave B, como na imagem, será um SSD SATA.
- A aglomeração de cabos era um dos problemas que afetam o desempenho do PC ao usar múltiplas unidades de armazenamento SATA. Laptops e notebooks finos, incluindo ultrabooks, não possuem espaço para cabos SATA e por essa razão utilizam o formato M.2. Um SSD de formato M.2 SATA resolveu esse problema já que ele não tinha as duas conexões de cabo usadas anteriormente em outros drives de armazenamento com base em SATA.



SSD – Interfaces M.2 NVMe

- Um SSD M.2 que possui apenas uma chave M, será um SSD NVMe (Non-Volatile Memory Express). SSDs M.2 NVMe utilizam o protocolo NVMe que foi projetado especificamente para SSDs. Quando pareado com o barramento PCIe, um SSD NVMe oferece as velocidades e os mais altos níveis de desempenho. Os SSDs NVMe se comunicam diretamente com o sistema CPU usando os soquetes PCIe. Basicamente, ele permite que a memória flash opere como um SSD diretamente através dos soquetes PCIe ao invés de usar o driver de comunicação SATA que é muito mais lento do que o NVMe.
- Os SSDs M.2 NVMe são muito mais direcionados para performance em comparação com os SSDs M.2 SATA. Ao alavancar o barramento PCIe, os SSDs M.2 NVMe possuem velocidades de transferência teóricas de até 20Gbps, o que já é rápido comparando com os SSDs M.2 SATA com 6Gbps. Os barramentos PCIe podem suportar pistas de 1x, 4x, 8x, e 16x. PCIe 3.0 tem uma velocidade de transferência eficiente de até 985 MB/s por pista, o que significa que há uma velocidade de transferência potencial de até 16 GB/s. Entretanto, há apenas pistas de 2x e 4x acessíveis ao usar um formato M.2 com o barramento PCIe que traduz a uma velocidade de transferência máxima de até 4 GB/s.
- As placas-mãe modernas usam SATA III que possuem um rendimento máximo de 600 MB/s, enquanto as unidades NVMe podem proporcionar velocidades superiores a 10.000 MB/s, mas tendo modelos de 3.500 MB/s, 5.500 MB/s, dentre outros.



M.2 22x30mm



M.2 22x42mm



SSD – Características

- Desempenho
 - O desempenho é uma das principais vantagens dos discos SSD, que usam memória flash para guardar dados de forma não volátil. Os discos Solid State Drive são mais rápidos do que os discos rígidos tradicionais, pois não possuem partes mecânicas que limitam a velocidade de rotação e a latência de acesso.
 - Os discos SSD podem alcançar velocidades teóricas de leitura e escrita de até 6 Gbps com a interface SATA, de até 22,5 Gbps com a interface SAS, e de até 32 Gbps com a interface PCIe.
 - A desvantagem dos discos SSD em relação ao desempenho é que eles podem sofrer uma queda de velocidade com o tempo e o uso, devido ao acúmulo de dados inválidos e ao aumento da fragmentação. Para evitar essa queda de velocidade, é recomendável usar ferramentas de otimização, como o TRIM, que é um comando que informa ao sistema operacional quais blocos de dados podem ser apagados, e o GC, que é um processo que reorganiza os dados válidos e apaga os dados inválidos.
- Compatibilidade
 - A compatibilidade é outra vantagem dos discos SSD. Esses discos são mais compatíveis do que os discos rígidos tradicionais, pois podem usar várias interfaces para se conectar com o computador, servidor ou storage, como SATA, SAS, NVMe, etc.
 - Essas interfaces permitem que os discos SSD se adaptem a diferentes tipos de computadores, como notebooks, desktops, servidores e storages. Além disso, os diferentes formatos dos discos SSD podem se encaixar em diferentes espaços físicos.
 - A desvantagem destes discos em relação à compatibilidade é que eles podem exigir adaptadores, cabos ou drivers para funcionar corretamente, dependendo do modelo e do fabricante.
 - Para evitar problemas de compatibilidade, é recomendável verificar as especificações e as recomendações dos discos SSD antes de comprar ou instalar, principalmente em modelos de maior valor, como os SSD para servidores e storages.

SSD – Características

- Capacidade
 - A capacidade é uma das suas principais desvantagens. Os discos SSD têm uma capacidade menor do que os discos rígidos tradicionais, pois têm uma limitação física de quantas células podem ser colocadas em uma matriz plana ou vertical.
 - Os discos SSD podem ter uma capacidade de até 16 TB, enquanto os discos rígidos podem ter uma capacidade de até 20 TB. Essa diferença de capacidade pode limitar a quantidade de dados que podem ser armazenados nos discos SSD, especialmente para aplicações que exigem armazenamento em massa, como backup, arquivamento e armazenamento em nuvem.
 - A vantagem dos discos SSD em relação à capacidade é que eles podem aumentar a capacidade com o uso da memória 3D NAND, que empilha as células em várias camadas verticais, formando cubos e planos. A memória 3D NAND permite aumentar a capacidade, reduzir o tamanho, melhorar o desempenho e diminuir o consumo de energia dos discos SSD em relação à memória Flash NAND tradicional.
- Custo
 - O custo é outra desvantagem. Os discos SSD são habitualmente mais caros do que os discos rígidos tradicionais, pois têm um custo de produção mais alto, devido à complexidade e à escassez dos materiais e dos componentes.
 - Atualmente essa diferença de custos/GB entre HDD e SSD está cada vez menor, e em um horizonte próximo, discos de estado sólido vão superar os discos rígidos tradicionais.
 - Essa diferença de custo pode tornar os discos SSD menos acessíveis e menos competitivos do que os discos rígidos, especialmente para usuários que buscam economia e capacidade.
 - Os discos SSD começam a ter uma vantagem recente em relação ao custo devido a eles poderem reduzi-lo com o uso do tipo de memória flash QLC, que armazena 4 bits por célula, ou seja, 16 estados possíveis.

SSD – Características

- Consumo de energia
 - No SSD é menor! Os discos SSD consomem menos energia do que os HDD, porque não possuem partes mecânicas que exigem energia para girar e mover.
 - Os discos SSD podem consumir entre 2W e 6W de energia, dependendo do modelo e os HDD em torno de 10 a 20W.
- Aquecimento
 - O aquecimento é outro diferencial dos discos SSD. Os discos SSD aquecem muito menos, devido a não possuírem partes mecânicas que geram calor ao girar e se mover.
 - Os discos SSD mantêm uma temperatura estável, enquanto os discos rígidos podem aquecer até 60 °C, dependendo da velocidade de rotação e da intensidade de uso.
 - O menor aquecimento dos discos SSD permite que eles sejam mais seguros, duráveis e adequados tanto para dispositivos portáteis, quanto para equipamentos de datacenter.
- Ruído
 - O ruído é mais um enorme diferencial dos discos SSD. Eles não emitem nenhum ruído, pois não possuem partes mecânicas girando e se movendo.
 - Os discos SSD são silenciosos, independentemente da atividade que realizam, enquanto os discos rígidos podem emitir ruídos de até 30 dB, dependendo da velocidade de rotação e da intensidade de uso.
 - A ausência de ruído dos discos SSD permite que eles sejam mais confortáveis, discretos e adequados tanto para ambientes que exigem silêncio, como escritórios e bibliotecas, que são frequentados por pessoas, quanto para operações de datacenter, onde geralmente o barulho é consideravelmente alto devido à quantidade de servidores e storages com muitos discos e ventiladores potentes para retirar o calor de dentro do gabinete.

SSD – Características

- Resistência a impactos
 - A resistência a impactos é mais um diferencial dos discos SSD. Novamente, eles não possuem partes mecânicas que podem ser danificadas por quedas, choques ou vibrações.
 - Os discos SSD podem suportar impactos de até 1500 G, dependendo do tipo e da capacidade, enquanto os discos rígidos podem suportar impactos de até 70 G, dependendo dos mesmos fatores.
 - A maior resistência a impactos dos discos SSD permite que eles sejam mais confiáveis, robustos e adequados para dispositivos portáteis, como notebooks, tablets e smartphones.
- Durabilidade
 - A durabilidade é mais um diferencial dos discos SSD. Eles são mais duráveis do que os discos rígidos tradicionais, pois possuem um algoritmo de nivelamento de desgaste e uma maior tolerância a falhas.
 - O algoritmo de nivelamento de desgaste é um recurso que distribui as operações de escrita pelos blocos de memória flash, evitando que alguns blocos sejam usados mais do que outros. A maior tolerância a falhas é um recurso que permite que os discos SSD continuem funcionando mesmo que algumas células sejam perdidas
- Recuperação de dados
 - A recuperação de dados é uma desvantagem dos discos SSD, que usam memória flash para guardar dados de forma não volátil. Este sistema torna mais difícil de recuperar os dados do que nos discos rígidos tradicionais, pois eles possuem uma estrutura mais complexa e menos padronizada.
 - Os discos SSD podem ter diferentes tipos de memória flash, interfaces, formatos, controladores, algoritmos e criptografia, que dificultam a leitura e a extração dos dados. Além disso, os discos SSD podem ter um processo de apagamento mais eficiente e irreversível do que os discos rígidos, que impede a recuperação dos dados.
 - A vantagem dos discos SSD em relação à recuperação de dados é que eles podem ter recursos de backup e restauração integrados, que permitem a cópia e a recuperação dos dados em caso de falha ou perda. Esses recursos de backup e restauração dependem do modelo e do fabricante, sendo que alguns discos possuem software ou hardware específicos para realizar essa função.

SSD – Características

- Resistência a impactos
 - A resistência a impactos é mais um diferencial dos discos SSD. Novamente, eles não possuem partes mecânicas que podem ser danificadas por quedas, choques ou vibrações.
 - Os discos SSD podem suportar impactos de até 1500 G, dependendo do tipo e da capacidade, enquanto os discos rígidos podem suportar impactos de até 70 G, dependendo dos mesmos fatores.
 - A maior resistência a impactos dos discos SSD permite que eles sejam mais confiáveis, robustos e adequados para dispositivos portáteis, como notebooks, tablets e smartphones.
- Durabilidade
 - A durabilidade é mais um diferencial dos discos SSD. Eles são mais duráveis do que os discos rígidos tradicionais, pois possuem um algoritmo de nivelamento de desgaste e uma maior tolerância a falhas.
 - O algoritmo de nivelamento de desgaste é um recurso que distribui as operações de escrita pelos blocos de memória flash, evitando que alguns blocos sejam usados mais do que outros. A maior tolerância a falhas é um recurso que permite que os discos SSD continuem funcionando mesmo que algumas células sejam perdidas
- Recuperação de dados
 - A recuperação de dados é uma desvantagem dos discos SSD, que usam memória flash para guardar dados de forma não volátil. Este sistema torna mais difícil de recuperar os dados do que nos discos rígidos tradicionais, pois eles possuem uma estrutura mais complexa e menos padronizada.
 - Os discos SSD podem ter diferentes tipos de memória flash, interfaces, formatos, controladores, algoritmos e criptografia, que dificultam a leitura e a extração dos dados. Além disso, os discos SSD podem ter um processo de apagamento mais eficiente e irreversível do que os discos rígidos, que impede a recuperação dos dados.
 - A vantagem dos discos SSD em relação à recuperação de dados é que eles podem ter recursos de backup e restauração integrados, que permitem a cópia e a recuperação dos dados em caso de falha ou perda. Esses recursos de backup e restauração dependem do modelo e do fabricante, sendo que alguns discos possuem software ou hardware específicos para realizar essa função.

SSD – Instalação

- Desktop ([Vídeo](#))
- Notebook ([Vídeo](#))

Intel Optane

- Uma das primeiras confusões a respeito dos Optane da Intel disponíveis atualmente está em associá-los com SSDs comuns. O que existe é um tipo de acelerador de buffer Optane.
- Na prática, as unidades que a Intel comercializou, de 16 e 32 GB, servem como um buffer de alta velocidade para o seu HDD. O resultado é que elas fazem com que uma máquina que use apenas disco rígido magnético atinja desempenhos mais próximos a de um computador equipado com SSDs.
- No resumo um Intel Optane se destina a fazer com que computadores que usam discos rígidos magnéticos, tenham o desempenho um pouco melhorado.

