

---

## PENSE E RESPONDA! QUAL O COMPRIMENTO E A PROFUNDIDADE DE BITS EM CD, DVD E BD?<sup>+</sup>

---

*Ivan F. Costa*  
Universidade de Brasília  
Brasília – DF

No volume 23, número 2 do Caderno foi publicado um artigo muito interessante intitulado “PENSE E RESPONDA! QUAL O TAMANHO DE UM BIT?”<sup>i</sup>. Não pude deixar de lembrar do trabalho que realizei com meus alunos no qual confirmo os resultados do referido artigo para a largura dos *bits* de um CD por um cálculo diferente, além de obter outra medida: a profundidade do *bit*. É interessante notar que os cálculos podem ser feitos não apenas para o CD, mas também para DVD e o novo BD (Blu-Ray). Reproduzo abaixo uma versão desse trabalho.

Um DVD se parece muito com um CD. De fato, usa o mesmo princípio para armazenar e recuperar dados: um raio laser projetado sobre uma superfície refletora. Mas há diferenças. A começar pela capacidade. Usando menores deformações microscópicas que defletem o raio laser na superfície refletora, o DVD consegue aumentar a capacidade de armazenamento.

Essa capacidade era suficiente para as necessidades do mercado no final do século passado, quando foi criado o padrão (1997, para ser exato). Mas aconteceu que de lá para cá as coisas mudaram. E apareceu a televisão de alta definição (HDTV) que, por usar uma tela maior, foi obrigada a aumentar significativamente a resolução das imagens. O que forçou a criação de padrões para DVD de maiores capacidades.

Um deles é o Blu-ray, apelidado de BD. Seu nome deriva do fato de adotar um feixe de luz laser de cor violeta ( $\lambda = 405 \text{ nm}$ ) em vez do infravermelho usado pelo CD ( $\lambda = 780 \text{ nm}$ ) ou do vermelho de DVD ( $\lambda = 650 \text{ nm}$ ) comuns. E não se trata de escolher a cor mais bonita, mas a de menor comprimento de onda, que permite reduzir as marcas que desviam o raio laser, pois essas precisam ser da

---

<sup>+</sup> What’s the size and the depth of bits on CD, DVD and BD?

<sup>\*</sup> *Recebido: fevereiro de 2007.*

*Aceito: agosto de 2007.*

ordem do comprimento de onda da luz, possibilitando assim um aumento de capacidade em discos de dimensões semelhantes. Existe outro padrão, o HD-DVD, que também apela para esse recurso<sup>1</sup>.

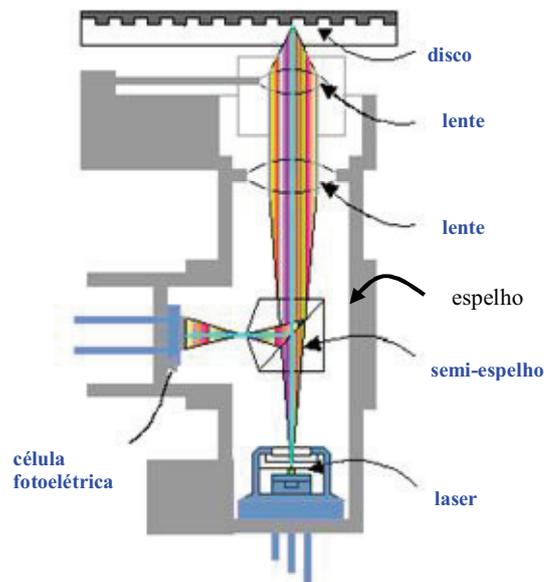


Fig. 1 - Esquema de uma leitura de discos óticos.

A leitura de um disco digital é feita por um interferômetro como o da Fig. 1. O laser é dividido em dois feixes no semi-espelho. Cada feixe é refletido no disco e no espelho e voltam a se encontrar na célula fotoelétrica (detector) onde ocorre interferência. Essa interferência pode ser construtiva ou destrutiva dependendo da diferença entre o caminho percorrido pelos dois feixes. É possível conseguir leitoras de discos queimadas em lojas de concerto de aparelhos eletrônicos e é fácil identificar seus componentes comparando com a figura 1.

A gravação de um disco digital, seja ele CD, DVD ou BD, é feita furando sua superfície. As fotografias<sup>ii</sup> da Fig. 2 aumentam em 20 mil vezes a superfície dos discos, onde a mancha é o tamanho do foco do laser utilizado para a leitura em cada caso. O número acima de cada mídia é a capacidade de *bytes* (1 *byte* são

---

<sup>1</sup> Os três parágrafos anteriores foram adaptados da coluna *Técnicas e Truques* de B. Piropo no Correio Brasiliense de 14 de junho de 2005.

8 bits) de discos com 12 cm de diâmetro. A superfície lisa aparece na cor cinza, enquanto os furos aparecem em preto, que formam linhas (horizontais na fotografia) que cobrem todo o disco.

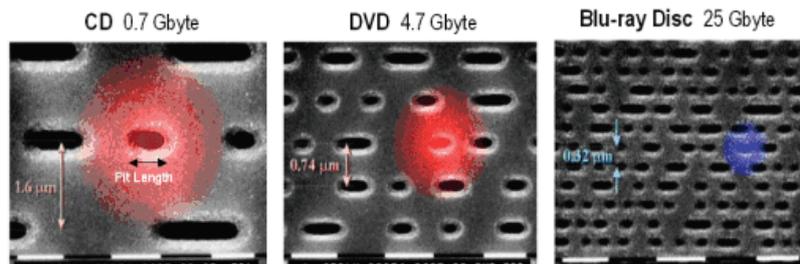


Fig. 2 - A distância  $L$  entre as linhas de um CD ( $1,6 \mu\text{m}$ ), DVD ( $0,74 \mu\text{m}$ ) e BD ( $0,32 \mu\text{m}$ ). Foto: Philips Research

Uma região furada não reflete a luz, logo, não gera corrente na célula fotoelétrica e pode ser chamada de *bit 0*, enquanto uma região sem furar reflete a luz que é interpretado como um *bit 1*. O sinal digital é reforçado por interferência construtiva e destrutiva devido à profundidade do relevo impresso no disco. Ou seja, para que uma interferência construtiva se transforme em interferência destrutiva a profundidade dos furinhos  $h$  é aproximadamente igual a  $\frac{1}{4}$  do comprimento de onda da luz incidente:  $h = \lambda/4n$ , onde  $n=1,5$  é o índice de refração do plástico transparente que recobre o disco.<sup>iii</sup>

As superfícies de um CD e de um DVD foram ampliadas 30 mil vezes nas fotografias da Fig. 3. Nessas imagens é possível perceber a profundidade  $d$  dos sulcos.

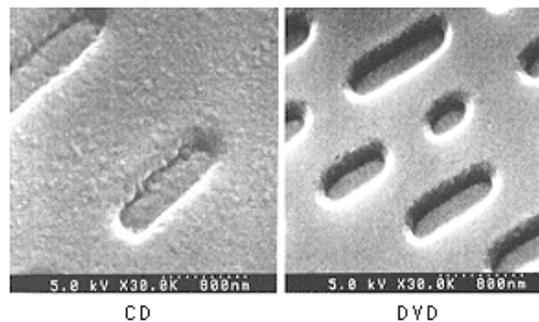


Fig. 3 - Fotografias com aumento de 30 mil vezes das superfícies de um CD e DVD.

As distâncias  $L$  entre as linhas do CD e do DVD podem ser medidas pelo método tradicional<sup>iv</sup> usando um laser e uma régua. Mas a mesma técnica não pode ser usada para medir a distância das linhas do BD. Luz visível, mesmo de um laser azul com comprimento de onda pequeno, digamos  $\lambda = 0,45 \mu\text{m}$  não pode ser usada para essa medida. Nesse caso, a distância entre as linhas é menor do que o comprimento de onda, o que faz com que a superfície não difrate, mas apenas reflita a luz incidente.

Para fazer um cálculo aproximado do comprimento médio de cada furo, ou *bit*, de um disco podemos utilizar a mesma técnica que um pedreiro usa para calcular quantos azulejos devem ser comprados para cobrir a área de uma parede. Para tanto, um pedreiro mede a área da parede  $A$  e o comprimento de cada lado ( $l$  e  $L$ ) do azulejo retangular. Ele obtém o total de azulejos a ser comprado calculando  $N=A/(L.l)$ . No caso do disco, já temos o número total  $N$  de bits e podemos usar uma régua para medir os raios internos  $r_{int} = 23 \text{ mm}$  e externos  $r_{ext} = 58 \text{ mm}$  para obter a área efetiva de gravação  $A = \pi r_{ext}^2 - \pi r_{int}^2 = 8,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ . Com a distância  $L$  entre as linhas é possível calcular o comprimento médio  $l$  de cada furo usando a mesma equação do pedreiro. Já o comprimento total das trilhas podem ser calculados por  $Nl$ .

Mostramos nossos resultados na tabela 1.

Tabela 1- Profundidade  $h$ , a distância entre linhas  $L$ , o número de bits  $N$ , o comprimento de onda  $\lambda$ , o comprimento  $l$  calculado para cada furo e o comprimento total da trilha espiral  $Nl$ .

Mídia	$h (\mu\text{m})$	$L(\mu\text{m})$	$N (.10^9)$	$\lambda (\mu\text{m})$	$l (\mu\text{m})$	$Nl (\text{km})$
CD	0,13	1,6	0,7	780	1,0	5,5
DVD	0,11	0,74	4,7	650	0,32	12
BD	0,07	0,32	25	405	0,14	28

Alguns desses resultados podem ser comparados e estão de acordo com dados disponíveis na internet.<sup>v</sup>

## Notas

<sup>i</sup> CATELLI, F. Pense e responda! Qual o tamanho de um bit? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 2, p. 247-255, ago. 2006.

<sup>ii</sup> <<http://www.extra.research.philips.com/pressmedia/pictures/passw2.html>> Acesso em: 13 ago. 2007.

<sup>iii</sup> Ver, por exemplo, HALLIDAY, RESNICK, WALKER. **Fundamentos de Física 4**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996. 75 p. cap. 40 (Interferência).

<sup>iv</sup> GARCIA, N. M. D. Um espectroscópio simples para uso individual. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 11, n. 2, p. 134-140, agosto, 1994.

<sup>v</sup> Um endereço eletrônico muito interessante em inglês que explica como as coisas funcionam é <[www.howstuffworks.com](http://www.howstuffworks.com)>. Procure por CD, DVD e BD.