

Tecnologias de Discos: ATA, SATA, SCSI, SAS e Fusion-io

Leonardo Garcia Tampelini
(RA: 98336)
Instituto de Computação - UNICAMP
tampelini@gmail.com

RESUMO

Nos últimos anos, inúmeras inovações tecnológicas, voltadas ao armazenamento de dados digitais, foram e estão sendo desenvolvidas. Com o aumento da capacidade de armazenamento dos Discos Rígidos, a velocidade de acesso a esses dados se torna crítica, exigindo interfaces de comunicação mais rápidas e eficientes. Atualmente as interfaces ATA, SATA, SCSI, SAS e "Fusion-io" dominam o mercado. Baseado neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo explicar o funcionamento das mesmas, apresentando uma análise de seus desempenhos.

Palavras Chaves

Interfaces, Discos, Comunicação, Desempenho.

1. INTRODUÇÃO

A constante e crescente evolução das tecnologias vem possibilitando a criação e coleta de grandes volumes de dados em meio digital, exigindo que dispositivos de armazenamentos sejam mais rápidos e mais eficientes na manipulação de tais dados. Um grande exemplo de evolução da tecnologia de armazenamento é o Disco Rígido (*Hard Disk Drive - HDD*). A capacidade de tais dispositivos passou de 5MB, em 1956, para centenas de *gigabytes* nos dias atuais [4]. Além da capacidade, grandes sofisticações foram desenvolvidas: diminuindo o tempo de acesso a um dado interno ao disco; e aumentando a transferência de dados do disco para o computador (Interface de Comunicação).

Para que um dado no disco seja trazido à memória principal do computador, um padrão de comunicação eficiente deve ser utilizado, pois apesar de um dispositivo de armazenamento ser rápido ele depende de um canal de comunicação para enviar seus dados. Portanto, cada interface pode ser mais eficiente, em certas aplicações, que outras.

Escolher, dentre tantas possibilidades (a citar: ATA, SATA, SCSI e SAS), um serviço de armazenamento que promova resultados adequados a certa aplicação nem sempre é um processo simples. Soluções para armazenamento devem levar em conta não só as necessidades de desempenho das aplicações, mas também o orçamento do cliente e a estrutura exigida.

Considerando um nível mais alto de abstração, as interfaces de discos podem ser divididas em duas classes [2]: 1) voltada a computadores pessoais (menos desempenho a custos mais baixos); 2) aplicadas no uso empresarial (maior desempenho a custos mais altos).

A interface ATA foi desenvolvida para ser implementada em HDDs de computadores pessoais, enquanto a SCSI destina-se a servidores e armazenamento em larga escala [2]. Nestas interfaces a transmissão é efetuada de modo paralelo, sendo transmitidos

vários *bits* por vez. Para tal transmissão, um cabo contendo vários fios, um ou mais para cada *bit* transmitido em paralelo, fornece a ponte de comunicação necessária entre a unidade de disco e a placa controladora.

Conceitualmente, transmissões paralelas são mais rápidas que transmissões seriais (dada uma mesma frequência) [3]. Porém transmitir dados em alta frequência, em um barramento formado por fios muito próximos, pode causar diversas complicações (i. e. *crossstalk*), degradando o desempenho. Tal dificuldade encadeou estudos focados em transmissões seriais, promovendo taxas de transmissões maiores e mantendo uma boa relação de custo benefício.

A interface SAS é considerada como a alternativa serial para a SCSI, assim como a interface SATA (Serial ATA) é a alternativa para o ATA [15]. Todas elas ainda estão sendo utilizadas. Porém, devido ao crescimento de desempenho das interfaces seriais para com as paralelas, o futuro das interfaces tende a ser puramente serial [15]. Desse modo, o principal objetivo desse trabalho é explicar o funcionamento dessas interfaces e avaliar o desempenho.

A fim de melhorar a compreensão, esse artigo segue assim estruturado: A seção 2 descreve evolução da interface ATA. A seção 3 apresenta a interface SATA. O histórico da interface SCSI e seus diversos sabores são apresentados na seção 4. Na seção 5 a interface SAS é explicada. Algumas novidades de mercado são apresentadas na seção 6. E por fim, na seção 7, algumas considerações finais são feitas.

2. IDE/ATA

Os primeiros Discos Rígidos que tiveram controladores integrados, tecnicamente não usavam a mesma interface IDE/ATA (*Advanced Technology Attachment / Integrated Drive Electronics*), como conhecemos atualmente. Tais dispositivos, projetados e vendidos pela Plus Development, uma subdivisão da Quantum Corporation, eram conhecidos como *hardcards*. Sua construção era feita de modo que o Disco Rígido fosse fisicamente implementado em cima da placa controladora, a qual possuía um barramento ISA (*Industry Standard Architecture*) [1].

Em 1986, a Western Digital, Compaq Computer e Control Data Corporation fizeram uma parceria para construir o que hoje é conhecido como interface ATA [1] [29]. No início, algumas empresas comercializavam esta interface com o nome de IDE, permanecendo esta nomenclatura durante alguns anos. Para evitar confusão, o termo ATA/IDE foi adotado como padrão [1].

Com o surgimento de novos dispositivos, como Drives de CD-ROM e Drives de Fita, modificações e aplicações na interface IDE/ATA foram feitas (seguindo as especificações definidas pela

NCITS - *National Committee on Information Technology Standard*). O objetivo principal era melhorar o suporte de suas antecessoras. Após a terceira geração do ATA (ATA-3), uma nova nomenclatura foi adotada: ATAPI (*ATA Packet Interface*) ou ATA/ATAPI.

Desde então, vários padrões foram surgindo. O último padrão, inteiramente ATA, é ATA/ATAPI-6, de 2002, pois o ATA/ATAPI-7, de 2004, também contém especificações da interface SATA-1 em seu documento [1] [29]. Historicamente podemos resumir a evolução dessa interface do seguinte modo:

- **ATA-1** – Este padrão possui modo de endereçamento de 28 bits, sendo possível endereçar até 228 setores de 512 bytes, ou seja, 128 GB [11]. Os modos de transferência são definidos em PIO (*Programmed I/O*), 0, 1 e 2, que tem taxas de transferência que variam de 3,3 a até 8,3 MB/s. No ATA-1, também foram definidos os modos DMA (*Direct Access Memory*) *single-word* 0, 1 e 2 e modo DMA *multi-word* 0.
- **ATA-2** - Também conhecido como EIDE (*Enhanced IDE*), se caracteriza pela completa implementação do DMA, apresentado taxas de transmissão de 16,67 MB/s. O suporte de gerenciadores de energia, o qual permite a reduzindo rotação dos discos quando ociosos foi introduzido nesta especificação [11].
- **ATA-3** - A especificação ATA-3, publicada no padrão ANSI X3.298-1997, é uma revisão dos padrões ATA a ATA-2. ATA-3 acrescenta ao padrão ATA uma tecnologia de autodetecção de condições adversas conhecida como: *Self-Monitoring Analysis and Reporting Technology* (SMART).

Neste padrão, dados ou comandos eram enviados em sincronia com o barramento a cada subida do *clock*. Porém um comando não podia ser enviado desde que os dados não tivessem sido recebidos, e vice-versa [11].

- **ATA/ATAPI-4** - A extensão ATAPI foi, publicada em 1998 no padrão NCITS 317-1998, ou ATA/ATAPI-4. Além dos modos de transferência especificados pelos padrões ATA anteriores, ATA/ATAPI-4 introduziu os modos de transferência que utilizam UltraDMA 0, 1 e 2 (UDMA). Esta tecnologia nasceu de uma parceria da Quantum Corporation com a Intel [11].

O UDMA otimiza a taxa de transmissão utilizando tanto a subida do *clock* quanto a descida, aumentando a velocidade de transferência em 100% (passando de 16,6 MB/s para 33,3 MB/s). Vale ressaltar que os modos UDMA 0 e 1 nunca chegaram a ser implementados pelos fabricantes de discos. Outra melhoria introduzida foi o acréscimo de códigos CRC (*Cyclic Redundancy Check*) para detecção de erros nas transmissões.

- **ATA/ATAPI-5** - Publicada em 2000, no padrão NCITS 340-2000. Esta atualização proporcionou novos modos de transmissão UDMA 3 e 4 (taxas máximas de 44.4MB/s e 66.7MB/s, respectivamente). Porém, para conseguir maiores velocidades (acima de 33MB/s), foram adicionados mais 40 fios de aterramento (cabo *Ribbon*). Mesmo duplicando fios, ou desenvolvendo outras técnicas para operar em maiores

frequências, o efeito *crosstalk* ainda impõe grande resistência, degradando seu desempenho.

- **ATA/ATAPI-6** - Publicada em 2002 no padrão NCITS 347-2002. Essa suporta o modo UDMA 5 (100MB/s) e disponibiliza recursos de controle automático de emissão de ruídos no disco rígido (*Hard Disk Noise Reduction*) [1].
- **ATA/ATAPI-7** - O padrão ATA/ATAPI-7 é a especificação mais recente da interface ATA. Publicada em 2002 no padrão NCITS 361-2002 [11]. A transmissão é feita em 16 bits em paralelo, em modo *half-duplex*, utilizando um cabo *Ribbon*.

Sua taxas de transmissão chegaram a 133MB/s. Na prática, nem sempre se consegue esses valores e muitas vezes, o valor real é muito inferior [15].

Para permitir taxas de transmissão mais altas é preciso aumentar a frequência de transmissão, agravando o problema do *crosstalk*. Uma solução é transmitir um *bit* por vez, e acelerar o *clock* tanto quanto possível, surgindo, então, a interface SATA. Depois da introdução da SATA no mercado, a interface ATA passou a ser chamada de PATA (*Parallel ATA*) [1].

3. SATA

A interface SATA (*Serial ATA*), teve como objetivo inicial transformar o IDE/ATA em serial [15]. Seu desenvolvimento foi iniciado pelo *SATA Working Group* em 2002, promovendo resultados promissores com relação a taxa de transmissão [26]. Apesar de possuir todas as funcionalidades de suas antecessoras ATA, esta faz uso de apenas sete fios, sendo 2 para transmissão, 2 para recepção e 3 de aterramento.

Devido à existência de poucos fios, a SATA pode trabalhar em altas frequências e em baixas tensões, evitando o efeito *crosstalk* e permitindo taxas de transmissões mais altas. A velocidade inicial do padrão SATA-1 foi 150 MB/s (denominada comercialmente por SATA-150).

Porém apesar da taxa de transmissão do SATA-1 ser de 150MB/s, esta não representa a taxa de transmissão bruta. Transmissões SATA utilizam uma codificação chamada de 8B/10B (10 *bits* brutos para transmitir 8 *bits* efetivos) [30]. Ou seja, para cada 8 *bits* de dados reais, 10 são transmitidos, assim uma taxa de 150MB/s (*bits* efetivos) representam uma taxa de 1,5 Gb/s.

Com taxas de transmissões mais altas novas tecnologias estão sendo desenvolvidas para otimizar os dispositivos de armazenamento, permitindo que estes aproveitem toda largura de banda disponível. Um desses recursos, implementado desde a primeira versão do SATA é o NCQ (*Native Command Queuing*) [26]. Vale ressaltar que no SATA-1 este recurso era opcional, sendo obrigatório na segunda geração. O NCQ utiliza políticas de controle de requisições, as quais exploram o processo de *seek* do disco, priorizando solicitações mais próximas, ou seja, leituras e gravações mais próximas da cabeça de leitura são executadas primeiro [18], [26].

Auxiliados por tecnologias como o NCQ e com o aumento da frequência a segunda versão da interface SATA (*Revision 2*), dobrou de velocidade, chegando a 3 Gb/s (ou 300 MB/s de dados efetivos).

Diante da evolução rápida da interface SATA, e não havendo uma padronização da nomenclatura por parte da *SATA International Organization* (entidade que controla o padrão SATA), muita confusão vem sendo causada. Segundo *SATA International Organization* [26] o termo SATA II deve ser evitado para discos SATA de 3 Gb/s, pois este nome foi dado à equipe que o desenvolveu e não a especificação em si. A especificação SATA, assim como outras, foi desenvolvida pela equipe SATA II, por isso a confusão. Aproveitando essa situação, muitos fabricantes inseriram selos da SATA II em seus discos rígidos SATA-1 para confundir os usuários, fazendo-os pensar que tais discos eram, na verdade, da segunda geração de discos SATA.

A última especificação do SATA conhecida como SATA 6 Gb/s foi apresentada em 2009 (*SATA Revision 3*). Grandes aprimoramentos foram acrescentados, entre eles: capacidade de transmissão de dados de 600MB/s; otimização do NCQ; aprimoramento do gerenciamento de energia; especificação de conectores menores voltados a notebook [26].

Com taxas de transmissões tão altas, o problema de desempenho recai sobre os dispositivos de armazenamento. Dados de 2009 da Intel [12], ressalta que mesmos os novos dispositivos de armazenamento - como os Discos de Estados Sólidos (*Solid State Disks*) - ainda não possuem capacidade para saturar o link de 3Gb/s, limitando suas taxas de transferências em 270Mb/s para leitura e 200MB/s para escrita.

Com o intuito de criar diferenças competitivas, empresas buscam inserir novas funcionalidades a interface ATA. Entre elas estão:

- eSATA (*External SATA*) desenvolvido pela *SATA International Organization* que permite a comunicação por meio da interface SATA com dispositivos externos, especificando técnicas para aumentar o tamanho do cabo SATA (de 1 para 8 metros) sem muita perda na taxa de transferência [18].
- ATA PM (*SATA Port Multipliers*) que permite a inserção de vários em uma única porta [26];
- *Enterprise* SATA desenvolvida pela Western Digital e voltada a requisição de alto desempenho (concorrente do SAS e FC) [18];

Devido a grande competição, muitas especificações não são liberadas ao público, dificultando análises mais detalhada de tais interfaces. Muitas documentações somente são encontradas quando certo projeto já não é mais classificado como diferencial competitivo [1].

4. SCSI

As raízes do desenvolvimento e padronização do SCSI remontam a 1979, quando o fabricante de discos *Shugart* buscava por uma nova e universal interface de discos. Seu principal objetivo era desenvolver uma interface que suportasse endereçamento de bloco lógico (ao invés do endereçamento: cabeça / cilindro / sector), transferências paralelas de alto desempenho e comandos de controle genéricos. Esta interface foi denominada de *Shugart Associates Systems Interface* (SASI). No final de 1981, Shugart Corporation juntamente com a NCR Corporation, apresentaram o SASI ao comitê ANSI, que o aceitou como projeto e for denominado de SCSI [17], [23].

Com o amadurecimento do projeto muitas melhorias foram sendo acrescentadas ao SCSI, como: a habilidade dos dispositivos competirem pelo barramento e libera-lo temporariamente durante a execução de um comando; e a inserção de um adaptador *host* no barramento SCSI (*host adapter* – responsável por intermediar as transações do barramento e com a memória principal) [17]. Naquela época já havia muitos dispositivos no mercado que seguissem mais ou menos a esta proposta SCSI, e, em 1986, o SCSI foi aprovado formalmente pela ANSI no documento X3.131-1986 [22].

Muitas modificações foram efetivadas ao longo dos anos, assumindo diferentes nomes comerciais, porém somente três especificações foram lançadas oficialmente: SCSI-1, de 1986; SCSI-2, de 1990; e SCSI-3, de 1995. Um resumo dos padrões é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Resumo das Tecnologias SCSI - (adaptado de [17])

Interface	Especificação	Buss speed	Buss width (bits)
SCSI-1	SCSI-1	5 MB/s	8
Fast SCSI	SCSI-2	10 MB/s	8
Wide SCSI	SCSI-2	10 MB/s	16
Fast Wide SCSI	SCSI-2	20 MB/s	16
Wide Ultra SCSI	SCSI-3	40 MB/s	16
Wide Ultra2 SCSI	SCSI-3	80 MB/s	16
Ultra-160 SCSI	SCSI-3	160 MB/s	16
Ultra-320 SCSI	SCSI-3	320 MB/s	16

A especificação básica SCSI, de 1986, possui um sistema de sinalização e um conjunto de comandos de 6 e 10 bytes. Seu barramento é de 8 bits (sendo 1 bit de paridade) e permite a conexão de até 8 dispositivos. Esse barramento é capaz de transferir até 3.5MB/s em modo assíncrono e até 5MB/s em modo síncrono, limitando o tamanho máximo dos cabos de conexão a 6 metros e permitindo conexão simultânea de até 7 dispositivos.

Em 1985, antecedendo a conclusão do padrão SCSI-1, o SCSI-2 começou a ser projetado. Este padrão especifica um subconjunto mínimo de comandos que deve ser implementado por todos os dispositivos, conhecido como *Common Command Set* (CCS). Suas principais contribuições estão relacionadas com o aumento de desempenho e confiabilidade, oferecendo novos comandos para suporte de outros dispositivos, como drives de CD-ROM e *scanners* (dispositivos internos são ligados por um cabo *flat* e os externos por um cabo *Daisy Chain*). Outra nova funcionalidade implementada foi a capacidade de executar múltiplas requisições de entrada e saída entre os dispositivos do barramento de forma simultânea [17].

Neste mesmo período também surgiram algumas variantes comerciais do padrão SCSI-2 como o *Fast SCSI*, (dobro da taxa de transmissão e redução do tamanho dos cabos para 3m), *Wide SCSI*, (com 16 bits de barramento e a possibilitando a conexão de até 16 dispositivos) e o *Fast Wide SCSI* (incluindo as modificações anteriores e permitindo taxas de transmissão de até

20MB/s) [23]. Mesmo utilizando a mesma especificação padronizada, essas são incompatíveis, pois utilizavam diferentes velocidades, largura de barramento, modos de sincronismo e conectores.

Devido dificuldades em formalizar um padrão mais abrangente e com a disseminação de extensões proprietárias, o SCSI-3 consumiu cerca de 8 anos de trabalho, de 1992 a 2000. Em 1993, optou-se por dividir SCSI-3 em uma coleção de padrões distintos, porém correlatos, que poderiam ser desenvolvidos mais rapidamente e de forma razoavelmente independente [23]. O relacionamento entre esses padrões é definido pelo SCSI-3 *Architecture Model* (SAM) – documento que organiza e classifica os vários padrões que existem no SCSI-3. A forma mais implementada de SCSI, a qual era anteriormente conhecida apenas como SCSI-3, tornou-se a SCSI *Parallel Interface* (SPI).

A terceira (SPI-3) e a quarta geração (SPI-4) do SCSI-3 tiveram grande repercussão no mercado empresarial [17]. Em sua versão implementada mais recente, a Ultra-320 (com SPI-4), transmissões de 320 MB/s em modo síncrono, com 16 bits por vez a 80MHz, são suportadas [23]. Para tal, um conector utilizado 80 pinos, vários deles destinados a controlar o efeito *crossstalk*, foi desenvolvido. Vários recursos foram adicionados, como detecção de erros CRC, transmissão de dados em pacotes, compensação do efeito de atraso (fenômeno *Skel*), conexidade de até 16 dispositivos (assim como seu antecessor), QAS (*Quick Arbitration and Selection*) que reduz o overhead do barramento, realizar pre-fetching de dados durante gravações [23].

Esta arquitetura também permite diferentes modos de sinalização: *Single-Ended* (SE), *High-Voltage Differential* (HVD) e *Low-Voltage Differential* (LVD). Modificando o modo de sinalização é possível aumentar a distância entre o *host* e os dispositivos (3m, 12m e 24m respectivamente), facilitando a construção de grandes servidores de arquivos e implantação de RAID (*Redundant Array of Independent Drives*) [5], [23].

Apesar de estar consolidado no mercado a mais de 20 anos e possuir grandes benefícios no armazenamento empresarial, o SCSI não está progredindo. A especificação Ultra-640, prevista para 2004 não chegou a ser implementada. Um dos grandes motivos foi o grande número de inovações em transmissões seriais, as quais promovem altas transmissões (i. e. SATA 3Gb/s), a custos reduzidos [25].

A interface FC (*Fibre Channel*) pode ser vista como a evolução serial dos discos SCSI [7], [28]. Porém, alguns pontos necessitam esclarecimentos. Um disco FC, pode ser definido como parte da especificação SCSI-3, ou seja, os protocolos do FC definem uma interface do SCSI no FC. A composição em camadas, permite que vários outros protocolos possam ser aplicados em cima do FC e não somente o SCSI [6],[15].

Recursos de conexões entre dispositivos de longa distância do FC permitiu sua utilização em grandes redes com compartilhamento de discos, as chamadas SANs (*Storage Area Network*). Um problema encontrado no FC é seu modo de comunicação síncrono. Para manter a comunicação entre dispositivos heterogêneos, o FC nivela a taxa de transferência por baixo, ou seja, se no sistema há um disco lento misturado com outros rápidos, o barramento passa a operar na velocidade do dispositivo mais lento, comprometendo o desempenho [19].

5. SAS

A Compaq/HP, LSI, Logic, Maxtor e Seagate Technologies, em 2001, iniciaram o desenvolvimento de uma nova interface de comunicação de alto desempenho, denominada SAS (*Serial Attached SCSI*). Em 2004, o SAS, em sua primeira especificação formal, já estabelecia taxas de transferência de 3Gbps (300MB/s) [27]. Posteriormente, algumas modificações foram definidas (modo *Full-Duplex* e dois tipo de topologia: ponto-a-ponto e estrela), acrescentando novas taxas de transferências: 6 Gbps (600MB/s) e 1.2Gbps (1200MB/s). Devido ao alto desempenho e por manter total compatibilidade com o padrão Serial ATA (SATA), essa foi amplamente aceita pelo mercado [18].

Diferente do que acontece com o padrão SCSI, onde há uma confusão de nomenclaturas e incompatibilidades entre implementações, o SAS possui uma documentação simples e bem definida, a qual é mantida pela SCSI *Trade Association* [23]. Sua grande vantagem em relação ao padrão FC existente é que ele permite o uso de discos de várias taxas de transmissão, usando a taxa máxima de cada dispositivo. A essência da interface SAS é a combinação da simplicidade SATA com camadas de protocolo similar ao FC [15].

SAS é considerada uma interface rápida e facilmente expansível [24]. Rápida, pois prove taxas de transferências altas (1.2Gbps) a longas distancias (quando fibras óticas são utilizadas). Expansível por utilizar conectores de expansão e por manter compatibilidade com o padrão SATA [15].

Para manter a o padrão SATA, SAS é *hot swap*, permitindo troca de discos sem a necessidade de desligar os equipamentos. Para manter a compatibilidade com dispositivos SATA, diversos cabos e conectores foram produzidos, alguns projetados especialmente para serem usados quando a velocidade atingir 12 Gb/s ou mais e outros para manter a conexão heterogênia (dispositivos SAS e SATA).

O projeto racional do SAS, o qual traz compatibilidade com SATA, auxilia os gerentes de tecnologia na escolha de novas tecnologias de discos, aproveitando equipamentos, eliminando redundâncias e reduzindo os custos de migração. Equipamentos SAS ainda são bem mais caro que os SATA, porém com o passar dos anos essa diferença vem caindo. Já o padrão SCSI paralelo esta gradativamente sendo substituído, mesmo assim ainda é cedo para definir qual delas será sua substituta.

6. Novas Tecnologias

Com a crescente disponibilidade de banda de transmissão, fabricantes de dispositivos de armazenamento concorrem pela obtenção do título de dispositivo mais rápido, o qual faça uso de toda banda de transmissão disponível [13]. Em 2009, fabricantes de *Solid-State Drive*, (SSD) começaram a alçar tal meta.

6.1 SSD

Solid-State Drive (SSD), é uma unidade de armazenamento não volátil de estado sólido, semelhante a memórias EEPROM (*Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*), apresentando desempenho bem superior. Atualmente existem dois tipos básicos de SSD, os baseados em memórias SLC (*Single Level Cell*) e os baseados em memórias MLC (*Multi Level Cell*) [8].

As memórias utilizadas nos SSDs são extremamente simples, sendo cada célula composta de apenas 1 transistor, que nas SLC guarda apenas 1 bit, enquanto as do tipo MLC conseguem guardar 2 bits em cada célula [16]. Devido à maior simplicidade no funcionamento, as SLC são mais confiáveis: resistem a 100.000 ciclos de escrita, enquanto as MLC resistem a 10.000 ciclos; e mais rápida (principalmente em escrita), porém mais caras, além de oferecerem menos capacidade de armazenamento que as MLC.

Essa segmentação define claramente o público alvo de cada tipo de memória, as SLC são voltadas ao mercado corporativo onde se prioriza desempenho e confiabilidade, mesmo que a um custo maior. Enquanto as MLC são voltadas ao consumidor doméstico, para o qual o custo é o fator decisivo [16].

6.2 Fusion-io

Utilizando sistemas paralelos de discos SSD, a empresa Fusion-io, conseguiu alcançar taxas de leitura de 700MB/s e 500MB/s de escrita [9]. A segunda geração desses dispositivos, prevista para ser lançada no final de 2010, denominadas pela e-Fusion Duo ioDriver, promete alcançar taxas de 1.5GB/s (leitura) e 1.4GB/s (escrita). Porém para tal, elas também utilizaram outro tipo de interface de comunicação, o PCI-Express (amplamente utilizado em placas gráficas) [14].

Segundo a Fusion-io, a primeira geração desta nova classe de dispositivos de armazenamento, possui um paralelismo de 160 unidades. Cada unidade funciona como um disco de estado sólido independente, contendo um chip de memória SLC e seu controlador correspondente. Todas as unidades são acessadas simultaneamente, como se fosse um RAID de grande escala. Isso permite atingir as absurdas velocidades de leitura e gravação anunciadas [9].

Outro fator enfatizado nos documentos publicados pela Fusion-io é a eliminação da latência de transmissão advinda dos cabos *flat*, reduzindo a latência de acesso de milissegundos (HDs convencionais) para microssegundos (tempo médio de acesso de uma memória do tipo SLC) e reduzindo o consumo de energia em até 73% (comparando o mesmo desempenho com HDs convencionais) [10].

Infelizmente, esta nova tecnologia possui algumas deficiências: 1) não é possível utilizar o dispositivo para dar *boot* em um sistema; 2) seus *drives* exigem a utilização de um sistema operacional de 64 *bits*; 3) o número de unidades instaladas é dependente do número de interfaces PCI Express; e 4) e um dos fatores mais agravantes é seu custo, chegando a faixa dos 5 dígitos (80G a um custo maior que US\$ 3000,00 e 1,28TB chegando a mais de US\$ 20.000) [14].

7. Considerações Finais

Avaliando as principais interfaces disponíveis no mercado, fica claro a divisão de nichos, algumas voltadas ao uso pessoal e outras voltadas ao uso empresarial. Porém, algumas das tecnologias inicialmente moldadas ao uso pessoal, como a SATA, já ultrapassam o desempenho de tecnologias paralelas SCSI.

A tecnologia SAS, apesar dos custos ainda altos, mantém compatibilidade com padrões mais baratos (SATA). Integrando essas duas tecnologias é possível atingir níveis altos de segurança, integridade e disponibilidade a custos mais acessíveis. A SAS

também bate de frente com a nova tecnologia da Western Digital, a *Enterprise SATA*, apresentado resultados tão bons quando [18].

Com a introdução do novo *Fusion ioDriver*, grandes mudanças são esperadas, porém tal tecnologia só é aplicável em grandes e ricas organizações, devido ao elevadíssimo ao custo. Antes de aceitar uma tecnologia e defini-la como sendo a melhor, uma análise crítica de informações não documentadas deve ser realizada. Tecnologias proprietárias, como a Fusion-io, omitem informações, dificultando a análise de suas limitações futuras.

Ter conhecimento do funcionamento das interfaces disponíveis no mercado é extremamente importante. Porém concluir qual interface é a melhor, baseando-se apenas especificações, é inviável e irrealista.

8. REFERENCES

- [1] **ATA-ATAPI**. Disponível em: www.ata-atapi.com/hist.html
- [2] Anderson, D.; Dykes, J.; Riedel, E. **More than an interface - SCSI vs. ATA**. In: 2nd Conference on File and Storage Technologies . Vol. 1, Pages 245-257. San Francisco, 2003.
- [3] Brinkmann A.; Effert S., **Cost-Effectiveness of Storage Grids and Storage Clusters**. In Parallel, Distributed, and Network-Based Processing, Euromicro Conference. Vol. 1. Pages 517-525. Los Alamitos, CA, USA, 2007.
- [4] Chen, B. M.; Lee, T. H.; Peng, K.; Venkataramanan, V. **Hard Disk Drive Servo Systems**. Ed. Springer, 2nd Edition, 2006.
- [5] Elmasri, R.; Navathe, S. **Fundamentals of Database Systems**. Ed. Addison Wesley, 4th Edition, 2003.
- [6] **Fibre Channel Tutorial of University of New Hampshire**. Disponível em: www.iol.unh.edu/services/testing/fc/training/tutorials/fc_tutorial.php
- [7] **Fibre Channel Industry Association**. Disponível em: www.fibrechannel.org
- [8] **Flash Solid-State Disk Reliability**. Disponível em: <http://www.texmemsys.com/files/f000252.pdf>
- [9] **Fusion-io**. Disponível em: <http://www.fusionio.com/press/-Fusion-io-Announces-the-ioDrive-Duo-The-World-s-Fastest-and-Most-Innovative-SSD/>
- [10] **Fusion-io: Taming the Power Hungry Data Center**. Disponível em: http://www.fusionio.com/images/whitepapers/Whitepaper_Green.pdf
- [11] **IDE-ATA**. Disponível em: <http://en.kioskea.net/contents/pc/ide-ata.php3>
- [12] **Intel® X25-V Value SATA Solid-State Drive**. Disponível em: <http://www.intel.com/design/flash/nand/value/overview.htm>
- [13] **ioDrive Duo: Meet the Worlds Fastest SSD**. Disponível em: <http://www.tomshardware.com/news/ioDrive-Duo-Worlds-Fastest-SSD,7254.html>
- [14] **ioDrive Duo: Fastest SSD**. Disponível em: <http://www.tomshardware.com/news/ioDrive-Duo-Worlds-Fastest-SSD,7254.html>
- [15] Kawamoto, M. **HDD Interface Technologies**. In: Fujitsu scientific & Technical Journal, Vol. 42, No. 1, Pages 78-92, 2006.

- [16] Kerekes, Z. **SSD Buyers Guide**. Disponível em: <http://www.storagesearch.com/ssd-buyers-guide.html>
- [17] Mason, H. **SCSI, the Perpetual Storage I/O Technology**. WhitePaper of SCSI Trade Association. 2004.
- [18] Mellor C. **SAS or enterprise SATA drives? WD says eSATA, Fujitsu says SAS**. TechWorld Magazine. 2005. Disponível em: <http://www.techworld.com/storage-/features/index.cfm?featureid=1973>
- [19] Meggyesi, Z. **Fibre Channel Overview**. Research Institute for Particle and Nuclear Physics, CERN. Disponível em: hsi.web.cern.ch/HSI/fcs/spec/overview.htm
- [20] Novakovic, N. **SATA doubles its speed – again**. Intel Developer Forum, San Francisco. 2008. Disponível em: www.theinquirer.net/inquirer/news/1023995/idf-2008-sata-doubles-speed
- [21] Rabello, G.; Kist, R.; Honji, R. **Discos IDE/ATA e SATA**. Trabalho da Disciplina MC722 do Instituto de Computação, UNICAMP.
- [22] **SCSI Parallel Interface-4 (SPI-4)**, 2002. Disponível em: www.t10.org/ftp/t10/drafts/spi4/spi4r10.pdf
- [23] **SCSI Trade Association**. Disponível em: www.scsita.org
- [24] **Serial Attached SCSI 1.1 revision 7. Connector Standard**. 2004. Disponível em: www.t10.org/ftp/t10/document.05/05-023r0.pdf
- [25] **Serial attached SCSI or serial ATA hard disk drives**. Computer Technology Review, 2003. Disponível em: http://findarticles.com/p/articles/mi_m0BRZ/is_5_23/ai_103731259
- [26] **Serial ATA International Organization**. Disponível em: www.sata-io.org
- [27] **X3T10/Project1601D: Serial Attached SCSI-1.1 (SAS-1.1)** ANSI, Inc. 2005.
- [28] **X3T11/Project1133D: Fibre Channel Arbitrated Loop (FC-AL-2)**. ANSI, Inc. 1999. Disponível em: www.t11.org/ftp/t11/member/fc/al-2/99-524v0.pdf
- [29] **X3T13:Project1532D: AT Attachment with Packet Interface – 7**. ANSI, Inc. 2004.
- [30] Widmer, A., X.; Franaszek, P., A. **A DC-Balanced, Partitioned-Block, 8B/10B Transmission Code**. IBM J. Res. Develop, 27, 5, p.440-451. 1983.