

Beethovem Zanella Dias  
**bzdias@cbpf.br**

Nilton Alves Jr.  
**naj@cbpf.br**  
<http://mesonpi.cat.cbpf.br/naj>

## **Evolução do Padrão Ethernet**

### **Resumo**

A rápida evolução dos padrões de tecnologias de rede nos leva a várias dúvidas sobre qual seria a melhor escolha a ser utilizada em cada situação. Esta nota técnica abordará as mudanças ocorridas no padrão ethernet desde sua criação com 2,94 Mbps até a última padronização 10Gbps.

Serão descritas mudanças na taxa de transmissão, no meio físico, na formatação dos pacotes e a sua utilização nas redes de computadores.

## Índice

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>3</b>
<b>ETHERNET</b>	<b>5</b>
CARACTERÍSTICAS GERAIS	5
REGRAS DE CONTROLE DE ACESSO AO MEIO	5
TIPOS DE CABOS E TOPOLOGIAS	6
QUADRO ETHERNET	6
<b>FAST ETHERNET</b>	<b>7</b>
CARACTERÍSTICAS GERAIS	7
TIPOS DE CABOS E TOPOLOGIAS	8
<b>GIGABIT ETHERNET</b>	<b>9</b>
CARACTERÍSTICAS GERAIS	9
TRANSMISSÃO EM HALF-DUPLEX	9
TRANSMISSÃO EM FULL-DUPLEX	10
TIPOS DE CABOS E TOPOLOGIAS	10
<b>10 GIGABIT ETHERNET</b>	<b>11</b>
CARACTERÍSTICAS GERAIS	11
TIPOS DE CABOS E TOPOLOGIAS	11
<b>CONCLUSÃO</b>	<b>11</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>15</b>

## Introdução

A necessidade de diminuir custos, aumentar a confiabilidade, disponibilizar o compartilhamento de recursos físicos (HD, impressoras,...) e informações (banco de dados, programas,...) fez surgir as redes de computadores. Estas características fazem com que estas redes não parem de evoluir.

O padrão ethernet surgiu em 1972 nos laboratórios da Xerox com Robert Metcalfe. Com uma rede onde todas as estações compartilhavam do mesmo meio de transmissão, um cabo coaxial; a configuração utilizada para esta conexão foi a de barramento, utilizava uma taxa de transmissão de 2,94 Mbps.

No início este padrão era chamado de “Network Alto Aloha” , depois foi modificado para “ethernet” para deixar claro que este padrão pode suportar qualquer computador e para mostrar que pode ser desenvolvido fora de seus laboratórios. Metcalfe optou pela palavra “ether” de maneira a descrever uma característica imprescindível do sistema: o meio físico transporta os bits para todas as estações, como se acreditava que acontecia com o éter, o meio que preenchia o universo e o espaço entre os corpos celestes que propagava as ondas eletromagnéticas pelo espaço.

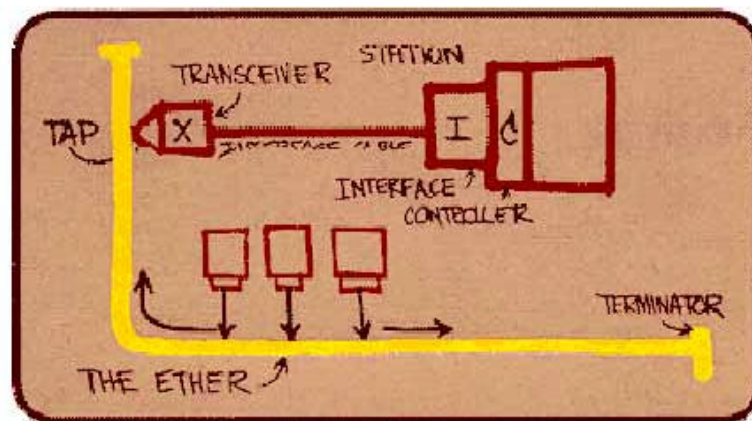


Figura: rascunho da primeira rede ethernet

A falta de padronização dificultava o progresso das pesquisas e a venda de equipamentos, com o intuito de resolver este problema foi homologado ao IEEE - Institute of Electrical and Electronic Engineers, em 1980, a responsabilidade de criar e administrar a padronização da ethernet. Desde a sua regulamentação pelo IEEE suas especificações foram totalmente disponibilizadas. Esta abertura combinada com a facilidade na utilização e com sua robustez resultou no largo emprego desta tecnologia.

O surgimento de avanços tecnológicos, sua padronização e o aumento da quantidade de redes que utilizavam este padrão no decorrer do tempo estão descritos no gráfico a seguir.

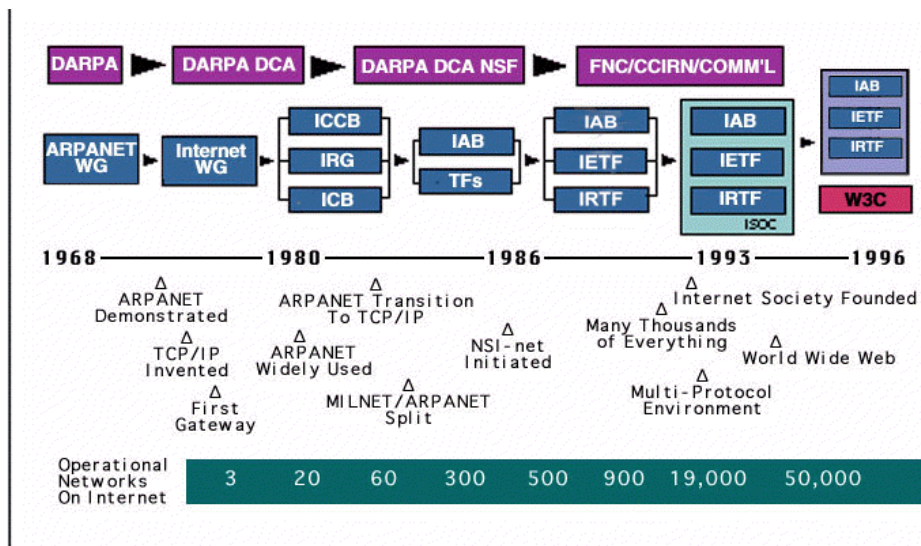


Figura com ordem cronológica dos principais acontecimentos e da criação de órgãos padronizadores

A tecnologia ethernet, basicamente, consiste de três elementos: o meio físico, as regras de controle de acesso ao meio e o quadro ethernet.

O modo de transmissão é uma característica importante da ethernet, podendo ser:

- ✍ Simplex: durante todo o tempo apenas uma estação transmite, a transmissão é feita unilateralmente;
- ✍ Half-duplex: cada estação transmite ou recebe informações, não acontecendo transmissão simultânea;
- ✍ Full-duplex: cada estação transmite e/ou recebe, podendo ocorrer transmissões simultâneas.

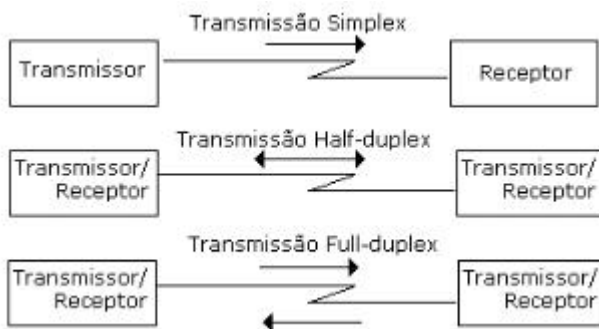


Figura do diagrama dos modos de transmissão

## Ethernet

### Características Gerais

A Ethernet é um padrão de camada física e camada de enlace, opera à 10 Mbps, com quadros que possuem tamanho entre 64 e 1518 bytes. O endereçamento é feito através de uma numeração que é única para cada host com 6 bytes sendo os primeiros 3 bytes para a identificação do fabricante e os 3 bytes seguintes para o número sequencial da placa. Esta numeração é conhecida como endereço MAC – Media Access Control.

A sub-camada MAC, pertencente a camada 2 da pilha de protocolos OSI, controla a transmissão, a recepção e atua diretamente com o meio físico, conseqüentemente cada tipo de meio físico requer características diferentes da camada MAC.

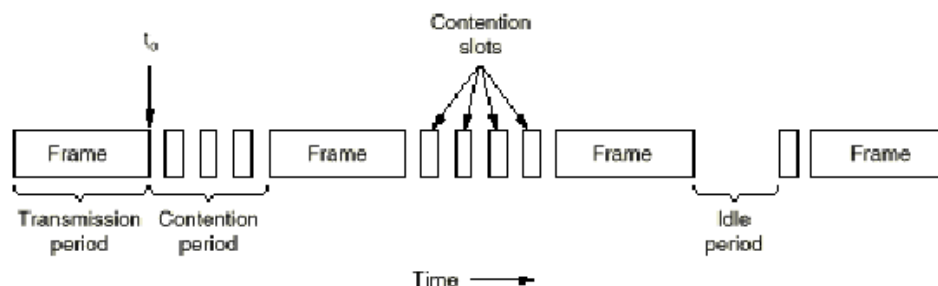
As características da camada de MAC:

- ✍ Modo de transmissão half-duplex, evoluindo para full-duplex;
- ✍ Encapsulamento dos dados das camadas superiores;
- ✍ Desencapsulamento dos dados para as camadas superiores;
- ✍ Transmissão dos quadros;
- ✍ Recepção dos quadros.

### Regras de Controle de Acesso ao Meio

O modo de transmissão em half-duplex requer que apenas uma estação transmita enquanto que todas as outras aguardam em “silêncio” esta é uma característica básica de um meio físico compartilhado. O controle deste processo fica a cargo do método de acesso *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* - CSMA/CD qualquer estação pode transmitir quando “percebe” o meio livre. Pode ocorrer que duas ou mais estações tentem transmitir simultaneamente; nesse caso, ocorre uma colisão e os pacotes são corrompidos. Quando a colisão é detectada, a estação tenta retransmitir o pacote após um intervalo de tempo aleatório. Isto implica que o CSMA/CD pode estar em três estados transmitindo, disputando ou inativo.

A figura a seguir mostra o comportamento do CSMA/CD no tempo.



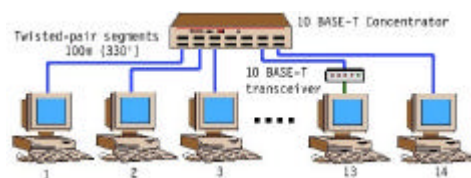
## Tipos de Cabos e Topologias

Os principais cabos utilizados são:

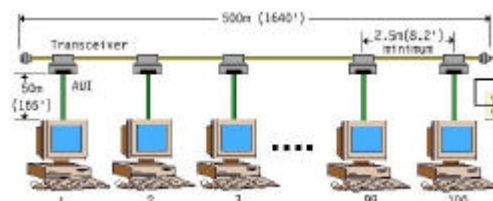
- ✍ Coaxial fino;
- ✍ Coaxial grosso;
- ✍ Par trançado sem blindagem.

As topologias suportadas são:

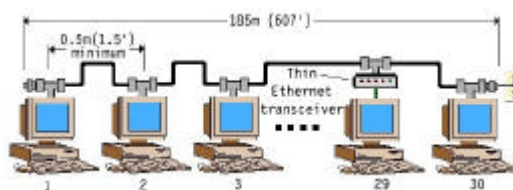
- ✍ Barramento: utilizando cabos coaxiais fino ou grosso;
- ✍ Estrela: utilizando cabos de par trançado sem blindagem;
- ✍ Árvore: combinação das anteriores.



Topologia em estrela com cabo de par trançado

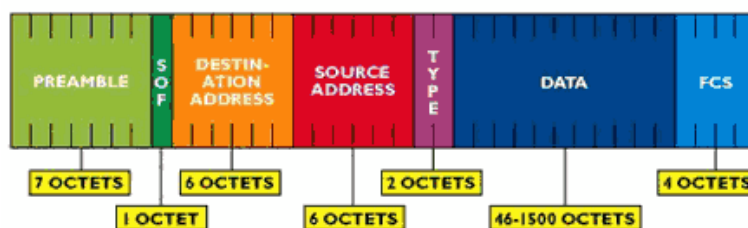


Topologia em barramento utilizando cabo coaxial grosso



Topologia em barramento utilizando cabo coaxial fino

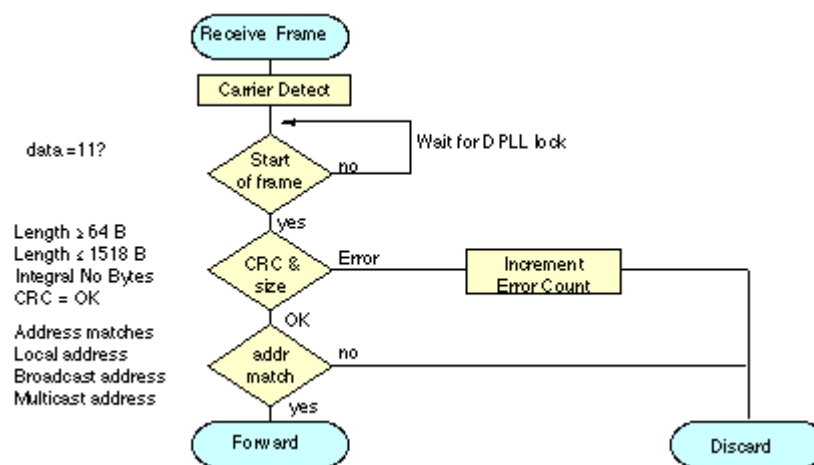
## Quadro Ethernet



O quadro ethernet é dividido em campos. Os principais campos podem ser descritos da seguinte maneira:

- ✍ Destination Address: contem o endereço MAC do destinatário;
- ✍ Source Address: contem o endereço MAC do remetente;
- ✍ Type/Length: indica o tamanho em Bytes do campo de dados;
- ✍ Data: contem os dados que deverão ser passados a próxima camada, deve ter tamanho mínimo de 46 bytes e máximo de 1500 bytes;
- ✍ FCS – Frame Check Sequence: contem o Cyclic Redundancy Check (CRC).

O algoritmo de reconhecimento de um quadro ethernet para uma máquina que compartilha o meio é:



## Fast Ethernet

### Características Gerais

O padrão fast ethernet manteve do padrão ethernet o endereçamento, o formato do pacote, o tamanho e o mecanismo de detecção de erro. As mudanças mais significativas em relação ao padrão Ethernet são o aumento de velocidade que foi para 100 Mbps e o modo de transmissão que pode ser half-duplex ou full-duplex.

Com modo de operação half-duplex não aconteceram mudanças no método de acesso – CSMA/CD. Porém no modo full-duplex aconteceram as seguintes mudanças:

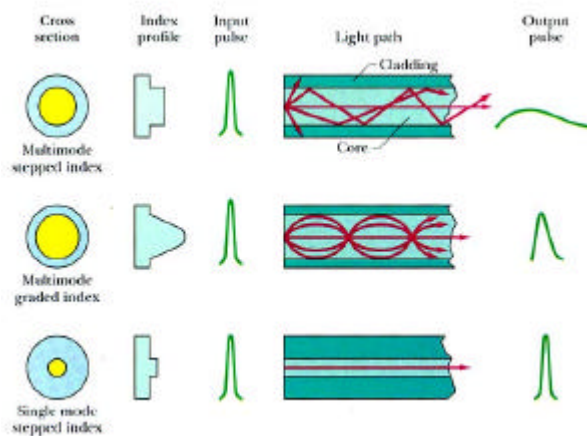
- ✍ Criação dos *pause frames*, são pacotes que a máquina que está recebendo a informação envia a fonte para avisá-la que deve pausar a transmissão durante um período de tempo;
- ✍ Não existe mais diferenciação entre estar transmitindo e estar recebendo;

- ✍ Não é mais necessário “perceber” o silêncio da linha, a transmissão se faz quando o receptor se diz apto;
- ✍ Aumento da banda (200 Mbps).

## Tipos de Cabos e Topologias

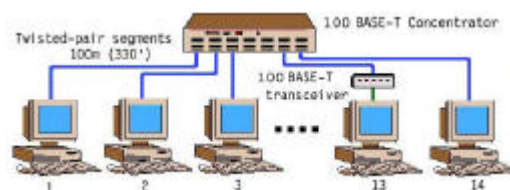
Os cabos que podem ser utilizados são:

- ✍ Coaxial fino;
- ✍ Par trançado sem blindagem;
- ✍ Fibra ótica, multimodo e monomodo.



As topologias suportadas são:

- ✍ Barramento: utilizando cabo coaxial fino;
- ✍ Estrela: utilizando cabos de par trançado sem blindagem.



Topologia em estrela com cabo de par trançado



## Gigabit Ethernet

### Características Gerais

Este novo padrão agregou valor não só ao tráfego de dados como também ao de voz e vídeo. O gigabit ethernet foi desenvolvido para suportar o quadro padrão ethernet, isto significa manter a compatibilidade com a base instalada de dispositivos ethernet e fast ethernet e não requerer tradução do quadro. Possui taxa de transmissão de 1Gbps e, na sua essência, segue o padrão ethernet com detecção de colisão, regras de repetidores, aceita modo de transmissão half-duplex e full-duplex. Algumas mudanças foram necessárias para obter o suporte ao modo half-duplex.

### Transmissão em Half-Duplex

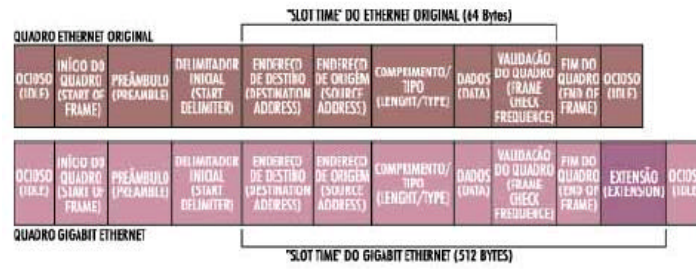
O controle da transmissão em modo half-duplex é realizado pelo CSMA/CD, com a finalidade de tornar possível a comunicação e a recuperação devido a colisões. Os princípios do CSMA/CD utilizados no ethernet e no fast ethernet são os mesmos dos utilizados no gigabit ethernet, isto é permitiriam a utilização do gigabit em redes que utilizassem *hubs*.

O fato do CSMA/CD utilizar o tempo de espera, torna necessária a criação de um quadro mínimo para o domínio de colisão. Um domínio de colisão é determinado pelo tempo de transmissão do menor quadro válido. Esta transmissão determinará o valor máximo entre duas estações terminais em um segmento compartilhado. O crescimento da taxa de transmissão leva ao decréscimo do tempo de transmissão de um quadro, assim como diminui o diâmetro máximo de colisão. O tamanho do menor quadro para um domínio de colisão é determinado pelo atraso máximo dos vários dispositivos da rede, como repetidores, pela camada MAC das estações e pelo meio físico em si.

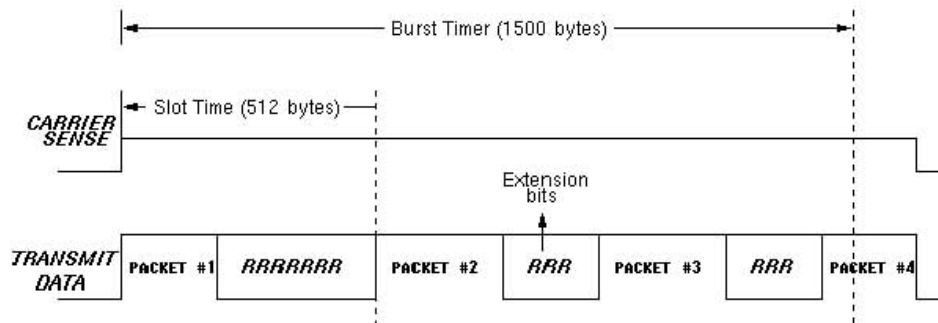


Figura ilustrando domínios de colisão

O crescimento de 10 Mbps para 1 Gbps criou alguns impasses em relação a implementação do CSMA/CD. Para taxas acima de 100 Mbps, os menores pacotes são menores que o tamanho do *slot-time* – unidade de tempo MAC ethernet para verificar colisões. Com a finalidade de resolver este problema foram adicionados bits ao quadro ethernet – um processo chamado *carrier extension*.



Outra mudança foi a introdução da rajada de quadros – *frame burst*. A rajada de quadros é uma característica opcional, através da qual uma estação pode transmitir vários pacotes para o meio físico sem perder o controle. A transmissão em rajada é feita preenchendo-se o espaço entre os quadros com bits, de maneira que o meio físico não fique livre para as outras estações transmitirem.



## Transmissão em Full-Duplex

Sua utilização no gigabit ethernet aumenta a banda de 1 Gbps para 2 Gbps, aumenta as possíveis distâncias para meio e elimina a colisão. O controle não será mais feito pelo CSMA/CD e sim pelo *Flow Control*.

O mecanismo *flow control* deve ser utilizado em enlaces ponto-a-ponto. Quando a estação receptora se torna congestionada, ela envia de volta um quadro chamado *pause frame*, este quadro contém instruções para que seja parado o envio de informações durante um intervalo de tempo específico. A estação que estava enviando aguarda o tempo requisitado e então re-inicia a transmissão, ou a estação receptora envia um outro pacote com *time-to-wait* igual a zero e instruções para recomeçar o envio de informações.

## Tipos de Cabos e Topologias

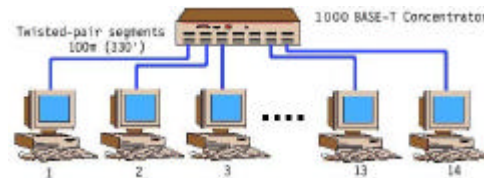
Os cabos que podem ser utilizados são:

- ✍ Coaxial fino;
- ✍ Par trançado sem blindagem;
- ✍ Fibra ótica monomodo e multimodo.

As topologias suportadas são :

- ✍ Barramento: utilizando cabo coaxial fino;
- ✍ Estrela: utilizando cabos de par trançado sem blindagem;

☞ Árvore: combinação das anteriores.



Topologia em estrela com cabo UTP

## 10 Gigabit Ethernet

### Características Gerais

O órgão que comanda as pesquisas e a padronização é o “10 Gigabit Ethernet Alliance”. O padrão 10 gigabit ethernet, na sua essência, segue o padrão gigabit ethernet, porém seu modo de transmissão é, única e exclusivamente, full-duplex e o meio físico é a fibra ótica – multimodo ou monomodo. Em virtude do aumento da distância abrangida pela fibra ótica (40 km), o 10 gigabit ethernet já está sendo utilizado em rede metropolitanas. A sua limitação de meio físico, por enquanto somente a fibra ótica, só permite ligações ponto-a-ponto.

### Tipos de Cabos e Topologias

Os cabos que podem ser utilizados são:

- ☞ Fibra ótica monomodo;
- ☞ Fibra ótica multimodo;
- ☞ Cabo par trançado, ainda está em estudos para padronização.

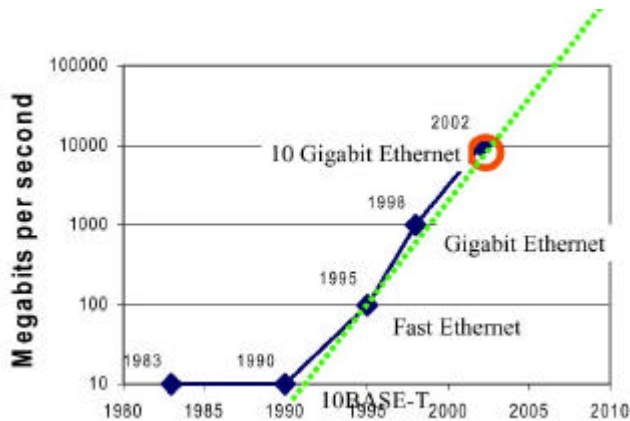
A topologia suportada é:

- ☞ Estrela: fazendo ligações ponot-a-ponto com dispositivos de rede;

## Conclusão

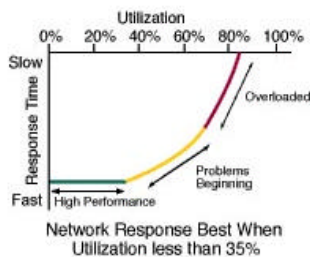
O aumento da utilização da banda, a necessidade de qualidade de serviço, a mudança no perfil do tráfego, entre outros fatores impulsionaram a evolução da ethernet. Porém as mudanças não aconteceram somente no aumento da taxa, aconteceram mudanças no meio físico, e em outros aspectos, que serão analisados agora.

Toda a evolução da ethernet foi acompanhada pela padronização feita pelo IEEE, fazendo parte do projeto 802.3, conforme o diagrama cronológico a seguir:



onde as marcações do gráfico dizem respeito ao ano de padronização da tecnologia e para o 10 gigabit ethernet está prevista a sua padronização em março de 2002.

O aumento da utilização da banda, com voz e vídeo, gerou um decréscimo na qualidade da transmissão, o que implica na necessidade de aumento da banda para melhorar a qualidade da transmissão. O gráfico a seguir mostra como se comporta a rede de acordo com o aumento da utilização.

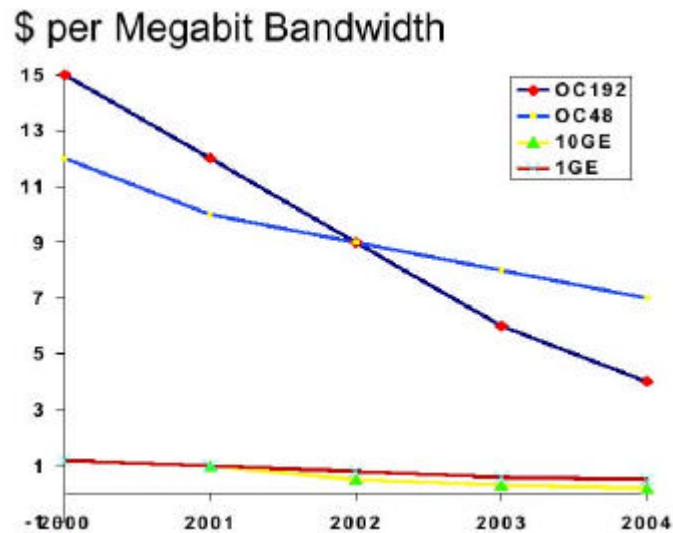


O meio físico também sofreu alterações, como materiais novos e maior alcance dos cabos. A tabela a seguir mostra a evolução das distâncias permitidas juntamente com o aumento da taxa de transmissão.

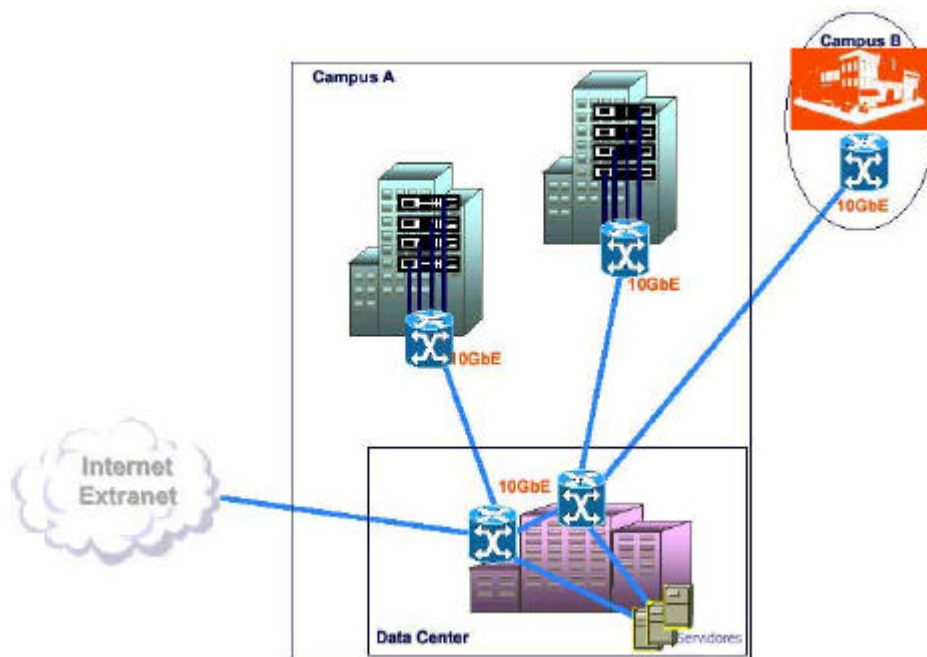
	10 Mbps	100 Mbps	1 Gbps	10 Gbps
Fibra Monomodo	25 km	20 km	3 km	40 km
Fibra Multimodo	2 km	2 km	500 m	300 m
STP/ COAX	500 m	100 m	25 m	-
UTP cat5	100 m	100 m	100 m	*

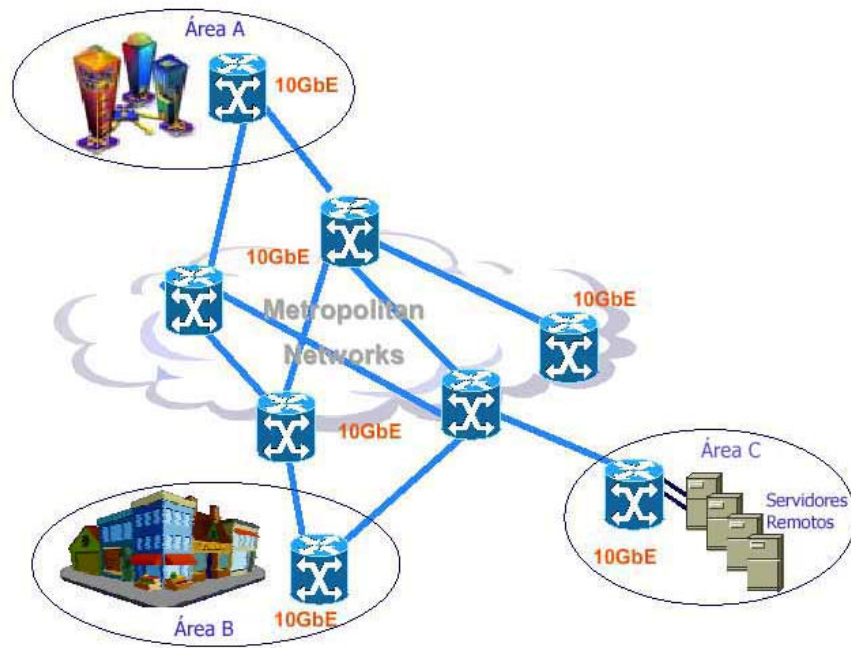
\* ainda sobre estudos de viabilidade no IEEE.

A utilização para enlaces de redes metropolitanas dos padrões “gigabit ethernet” e do “10 gigabit ethernet” fez deles novos concorrentes nesta área, sua utilização tem várias vantagens, tais como: menor curva de apredizagem, menores investimentos. O gráfico abaixo representa o custo das várias tecnologias para redes metropolitanas no decorrer do tempo.



O perfil de utilização do padrão “10 gigabit ethernet” é mais abrangente do que do “ethernet”, uma vez que o ethernet está limitado a redes locais enquanto que o 10 gigabit ethernet abrange desde redes locais à redes metropolitanas. Alguns exemplos, além da sua utilização em redes locais, são:





## **Referências**

- ✎ “IEEE 802.3 CSMA/CD (Ethernet)”, <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/index.html>
- ✎ ‘Charles Spurgeon’s Ethernet (IEEE 802.3)’, <http://wwwhost.ots.utexas.edu/ethernet/>
- ✎ “RNP News Generation vol.2 / No.2 – Gigabit Ethernet: Um novo Horizonte”,  
<http://www.rnp.br/newsgen/9802/gbe-intr.shtml>
- ✎ “Cisco – Ethernet”, [http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito\\_doc/ethernet.htm](http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/ethernet.htm)
- ✎ ‘Internet Society (ISOC) All About the Internet: History of the Internet’,  
<http://www.isoc.org/internet/history/>
- ✎ “Internet Technical Resources”, <http://www.cs.columbia.edu/~hgs/internet/>
- ✎ “Protocol Directory for WAN, LAN and ATM”,  
<http://www.protocols.com/pbook/pdf/index.html>
- ✎ “Internet Encyclopedia”, <http://ars.freessoft.org/CIE/>
- ✎ “Ethernet”, <http://pc12m229.unh.edu/Networks/Ethernet/Enetmap.html>
- ✎ “10 Gigabit Ethernet Alliance”, <http://www.10gea.org>