

Redes de Banda Larga com Integração de Serviços

Juergen Rochol

Instituto de Informática - Departamento de Informática Aplicada
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
91501 970 Porto Alegre RS
juergen@inf.ufrgs.br.

Resumo

Como coroamento das grandes inovações tecnológicas surgidas ao final deste século nas áreas de Telecomunicações e Sistemas de Informação, surgem como uma realidade cada vez mais palpável as Redes de Banda Larga com Integração de Serviços. Este trabalho apresenta um *overview* das principais inovações tecnológicas que permitiram o surgimento deste tipo de redes. São mostradas as características e exigências dos novos teleserviços em relação a taxas e atraso e o novo modelo de referência OSI para as redes de banda larga, cujo principal objetivo é permitir a integração destes serviços. São apresentadas as principais características da RDSI-FL proposta pela ITU-T no que se refere ao seu nível físico baseado no PDH/SDH/SONET e o seu nível de rede baseado na tecnologia de transferência ATM. Ao final são feitas algumas considerações em relação as aplicações do ATM como tecnologia de uma futura rede global, aplicada desde as redes locais e metropolitanas até as redes de longa distância.

1 - INTRODUÇÃO

Ao final da década de 90 observam-se algumas mudanças dramáticas na área de Redes de Computadores. Estas mudanças, na realidade, refletem os espetaculares avanços tecnológicos havidos tanto na área de arquitetura de computadores como na de Telecomunicações. Os computadores, de ano para ano, atingem velocidades de processamento cada vez maiores, enquanto nas Telecomunicações os cabos óticos atingem taxas próximos aos tera (10^{12}) bits por segundo.

Todas estas mudanças permitiram a viabilização de novos serviços em redes de comunicação de dados, conhecidos genericamente como serviços multimídia, que englobam serviços de voz, dados e imagens animadas. As principais características destes novos serviços são a necessidade de taxas de bits cada vez mais altas, além de um tempo de atraso baixo e constante.

Como forças propulsoras desta expansão quase inacreditável das facilidades oferecidos pelas Telecomunicações e pelas modernas Redes de Computadores, estão os avanços tecnológicos, que estão se sucedendo cada vez mais rápidos. O tempo parece comprimir-se no caminho histórico do desenvolvimento tecnológico à medida que nos aproximamos do presente e tentamos projetar o futuro próximo nestas áreas, como pode ser observado na figura 1. É interessante observar que quase 200 anos se passaram entre a invenção do lápis de grafite e a borracha, e no entanto, apenas alguns anos entre o surgimento do telefone rudimentar e o moderno computador.

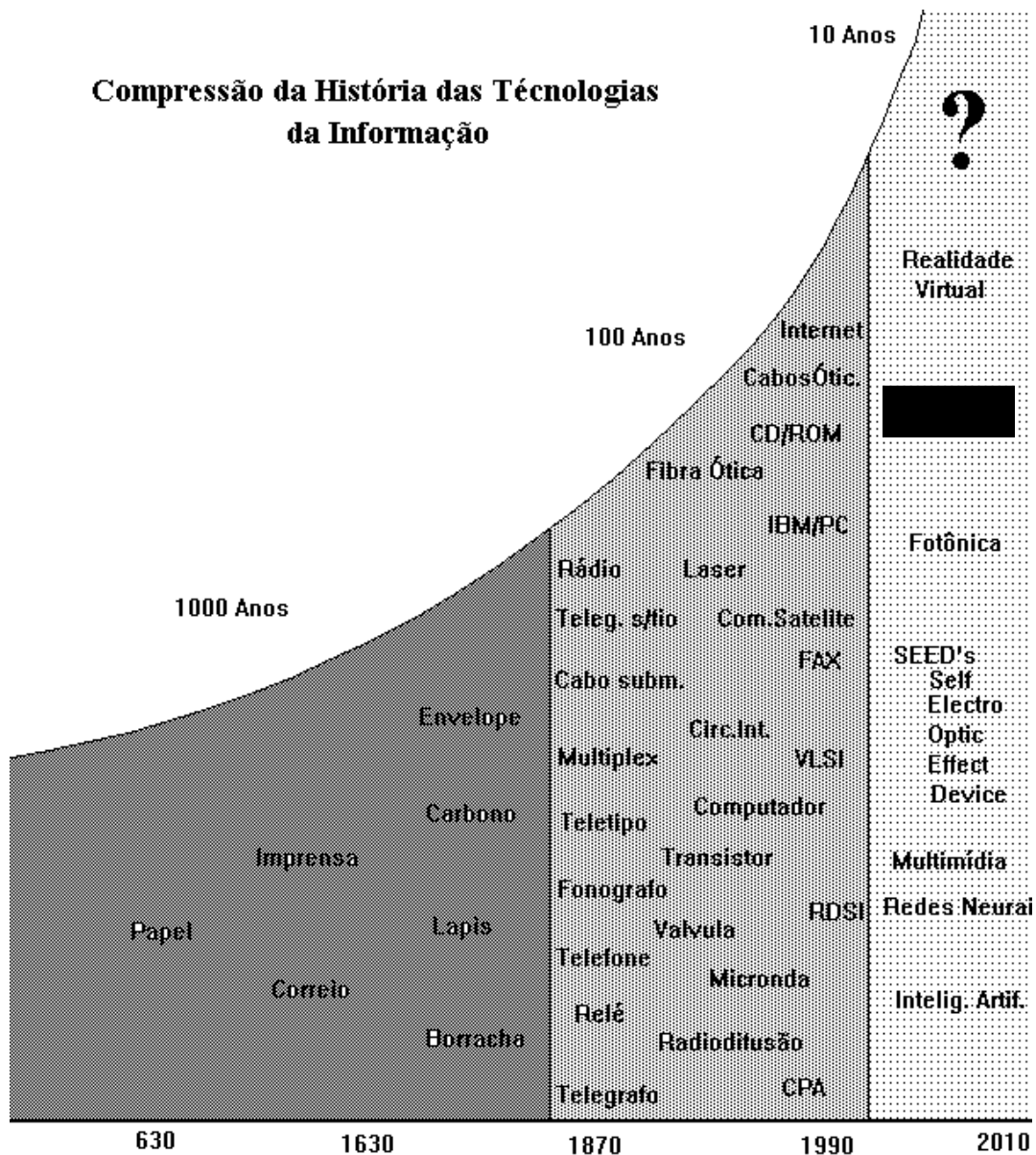


Fig.1 Compressão da História das Tecnologias de Informação. As Tecnologia de Informação que causam impactos sociais e econômicos radicais a nível mundial se sucedem em intervalos de tempo cada vez menores [AT&T94].

Vale a pena lembrar que existem algumas forças tecnológicas que impelem hoje o desenvolvimento das Telecomunicações e dos Sistemas de Informação. Entre várias, é preciso destacar três tecnologias fundamentais que se destacam e continuarão a se destacar nos próximos dez ou quinze anos; são elas:

- a Fotônica (Troncos de Fibra ótica),*
- a Microeletrônica (Sistemas de Processamento)*
- o Software (Serviços e Aplicações).*

A tecnologia básica na revolução das Telecomunicações é certamente a fotônica e é nela que vamos centrar um pouco a nossa atenção. Vale a pena analisar as conseqüências da fotônica

com base em sua funcionalidade. Medimos a capacidade da transmissão óptica pelo produto da taxa de bits pela distância que os sinais percorrem antes de necessitarem de regeneração ou amplificação. Essa capacidade tem dobrado a cada ano nos últimos 10 anos e espera-se que continue nesse ritmo durante pelo menos mais 10 anos antes que atinja os limites físicos conhecidos [AT&T94].

Os sistemas de aplicação prática hoje em serviço já alcançaram uma velocidade de transmissão da ordem de 2,5 Gbit/s e superiores. Um avanço que multiplique por cerca de mil vezes essa capacidade nos levará a trilhões de bits por segundo, uma capacidade que poderá ser necessária por volta de 2010, sobretudo se naquele ano já tivermos quantidades maciças de imagens de vídeo de alta qualidade com pleno movimento ou tridimensionais.

A tecnologia da transmissão fotônica evoluiu no sentido da utilização dos amplificadores ópticos que usam a luz para controlar a luz, para ampliar sinais ópticos fracos. Esses amplificadores, portanto, eliminam a necessidade que hoje temos de usar eletrônica de alta velocidade para regenerar sinais nos repetidores eletrônicos. A promessa dos amplificadores ópticos nos faz esperar uma capacidade ainda maior dos sistemas ópticos, nos quais um amplificador pode reforçar os sinais transmitidos por diferentes comprimentos de onda, ou "cores", de luz.

Os amplificadores ópticos vão ajudar a aumentar a capacidade dos futuros cabos, além de reduzir seus custos. Lá pelo final da década, sistemas ópticos com um total equivalente a mais de um milhão de circuitos de voz já estarão instalados sob os oceanos, como por exemplo o sistema óptico transatlântico TAT-11, que conecta os Estados Unidos, a França e o Reino Unido. Os sistemas TAT-12 e 13, por sua vez, deverão constituir a primeira rede de cabos ópticos submarinos do Atlântico, em 1996, formando um enlace de circuito fechado ligando os EUA, a França e o Reino Unido. Essa rede utilizará amplificadores ópticos e deverá operar a 5 Gbit/s.

O ritmo recente dos progressos feitos sugere que a lógica fotônica acabará revelando características mais desejáveis do que a eletrônica convencional em muitas aplicações. Assim, os computadores ópticos ou fotônicos podem ser adequados para tarefas complexas tais como o reconhecimento de padrões. Também servirão possivelmente para aplicações de processamento da linguagem falada e de imagens. Ao invés de atacar problemas complexos de maneira sequencial, esses computadores fotônicos irão resolvê-los fazendo um milhão de tarefas paralelas simultaneamente. Estima-se que os futuros computadores ópticos de processamento paralelo maciço terão uma capacidade mil vezes maior do que a do mais poderoso computador eletrônico de nossos dias [AT&T94].

Vamos tentar mostrar neste trabalho que o caminho para este futuro da globalização das comunicações e seus serviços, passa por mudanças profundas e progressivas em diversas áreas, desde o modelo conceitual de interação entre sistemas, até o leque de aplicações a serem oferecidas aos usuários pelos diversos sistemas de informação interconectados do futuro. Neste sentido apresentaremos breves comentários sobre a atualidade de alguns tópicos que achamos relevantes dentro deste contexto como:

- As mudanças Tecnológicas nas Telecomunicações e Redes de Computadores
- Os novos serviços telemáticos, suas características e a explosão da demanda por banda.
- O novo Modelo para Redes de Banda Larga e a proposta da RDSI-FL do ITU-T
- A Hierarquia Digital Plesiócrons, PDH, e a Hierarquia Digital Síncrons, SDH/SONET, como Nível Físico da RDSI-FL
- Visão geral do ATM e sua aplicação na RDSI-FL
- Redes de Faixa Larga no ambiente de Redes Locais e Metropolitanas com Integração de Serviços.

2 - As mudanças Tecnológicas nas Telecomunicações e Redes de Computadores.

Com a digitalização acelerada da rede telefônica e com os progressos espetaculares da área de redes de computadores, representado principalmente pela globalização da Internet, observa-se atualmente uma tendência para uma convergência destas duas áreas para um único suporte de comunicações universais, integrando todos os tipos de serviços, atuais e futuros. Este suporte de comunicações é representado pelo que está sendo padronizado pelo ITU-TS como a Rede Digital de Serviços Integrados de Faixa Larga, ou simplesmente RDSI-FL. O suporte de transferência de dados que melhor atende a todos os requisitos da RDSI-FL é a tecnologia ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) como mostraremos mais adiante.

Historicamente o Sistema Telefônico se desenvolveu ao longo dos anos utilizando como tecnologia básica técnicas de comutação de circuitos, enquanto Redes de Computadores, por motivos de conveniência, adotaram a técnica de comutação de pacotes, ambas as técnicas são pouco adequadas para atender os requisitos de uma rede de alto desempenho que ofereça integração de serviços do tipo multimídia, voz dados e imagens animadas como pretende ser a RDSI-FL.

Vamos analisar a seguir, separadamente, como está se processando a evolução destas duas áreas; Redes de Computadores e Rede Telefônica, no sentido de uma convergência para a RDSI-FL baseada em tecnologia de comutação de células ou simplesmente ATM [PRY95].

2.1 A Evolução das Redes de Computadores

Redes de Computadores, desde o seu surgimento, utilizam técnicas de comutação de pacotes ou datagramas. Exemplos representativos são as Redes de pacotes tipo X.25, a ARPANET, *Frame Relay* e a própria Internet.

O grande problema destas redes, quando queremos integrar serviços multimídia, é principalmente a sua baixa vazão e a grande variação do atraso na entrega dos pacotes, inviabilizando serviços do tipo tempo real ou isócronos como é o caso de voz e imagens animadas.

Visando atender as características destes novos serviços, as redes de comunicação de dados passaram por diversas etapas tecnológicas; partindo da clássica rede de pacotes X.25, passando por *Frame Relay*, comutação rápida de pacotes, até chegar finalmente à RDSI, inicialmente de faixa estreita (RDSI-FE) e na etapa seguinte à RDSI-FL. Na figura 2. podem ser observadas as principais etapas no desenvolvimento das Redes de Computadores, relacionadas com a taxa de vazão máxima e sua extensão geográfica.

2.2 A Evolução das Telecomunicações

As Telecomunicações, a nível mundial, estão passando por um intenso processo de reestruturação visando oferecer aos usuários um suporte de comunicações para serviços múltiplos. Dos antigos sistemas analógicos com multiplexação do tipo FDM (*Frequency Division Multiplex*) baseados no canal de voz com largura de banda de 3,1KHz, estamos passando para o moderno conceito de RDI (Rede Digital Integrada) em que a base é o canal digital de voz de 64Kbit/s e tanto a transmissão como a comutação dos circuitos é totalmente digital. As antigas centrais eletromecânicas estão dando lugar às modernas CPA's (Centrais de Programa Armazenado) inteligentes e tolerantes a falhas.

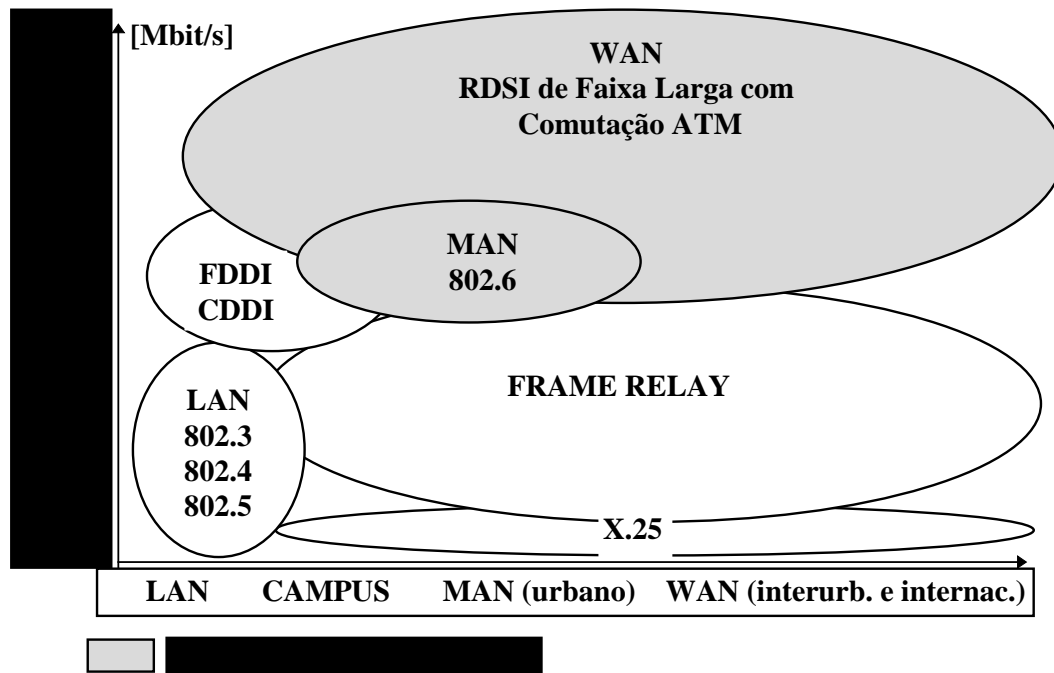


Fig. 2. Vazão máxima e extensão geográfica das principais Redes de Computadores

Os serviços de Comunicação de Dados, que estavam centrados essencialmente sobre o canal de voz analógico utilizando os modems padronizados pelo ITU-TS, passaram a ser atendidos cada vez mais pelos canais digitais de alta velocidade da hierarquia digital. O acesso a estes canais está sendo feito através de uma nova tecnologia conhecida por HDSL (*High-bit-rate Digital Subscriber Line*) que atualmente permite trafegar pela linha de assinante taxas da ordem de 2,048 Mbit/s (canal E1), independente do serviço de voz telefônico (confira figura 3) [ROC95].

A estrutura da moderna rede telefônica pública é baseada em entroncamentos óticos digitais segundo uma hierarquia digital baseada em TDM (*TimeDivision Multiplex*) e segue uma estrutura baseada no conceito de interconexão de sistemas baseada no MR-OSI (Modelo de Referência para Interconexão de Sistemas de Arquitetura Aberta).

A Hierarquia Digital telefônica, nos seus níveis mais baixos, foi estruturada, inicialmente, segundo uma multiplexação TDM na qual os relógio de sincronização são individuais de cada tributário e são razoavelmente idênticos, por isto o sistema é denominada de PDH (*Plesiochronous Digital Hierarqu*^{*}). Com o avanço da tecnologia pode ser desenvolvida nos últimos anos uma hierarquia digital totalmente síncrona, SDH (*Synchronous Digital Hierarqu*), que atualmente está sendo utilizada nos sistemas multiplex dos níveis superiores e é formada principalmente por troncos óticos de alta velocidade [STA92] [HEW94].

^{*} Plesiócrono, do grego *plesio* e *cronos*, tempo e quase igual. Dois sinais são plesiócronicos quando as suas frequências são quase iguais dentro de certos limites.

As grandes Mudanças no Modelo de Comunicação de Dados no final deste século

1980

1990

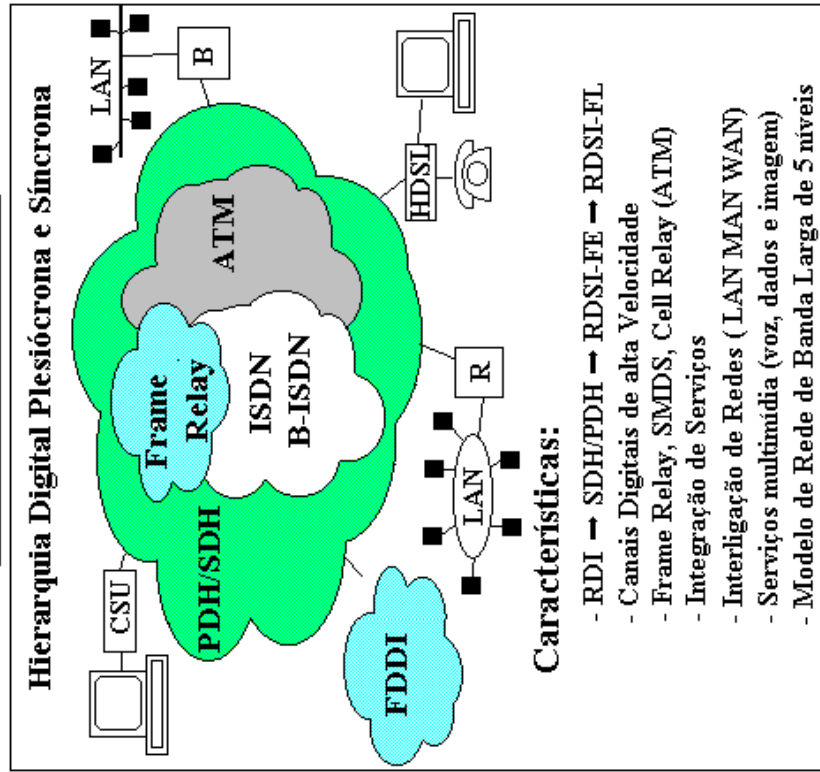
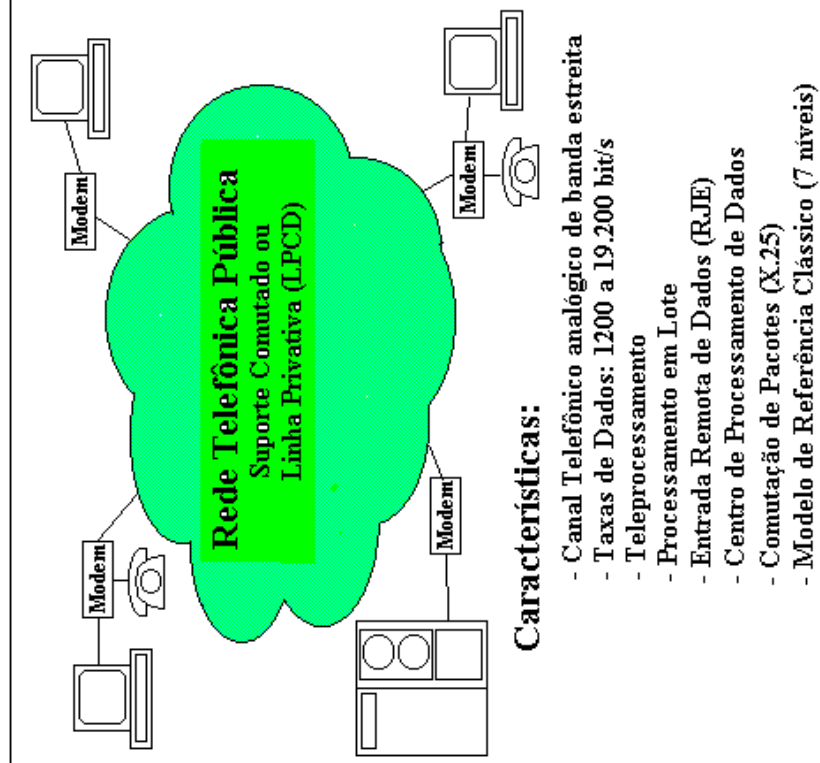


Fig. 3 - Mudanças do Modelo de Comunicação de Dados e o Surgimento das Redes de Banda Larga.

Esta hierarquia digital possui uma base de tempo única e qualquer desvio temporal nos seus diversos níveis é corrigido através de um mecanismo de processamento por ponteiros que indicam os desvios temporais dos tributários em relação a esta base de tempo. O SDH (*Synchronous Digital Hierarquy*), padrão europeu, ou também SONET (*Synchronous Optical Network*), padrão americano, além de atender a taxas da ordem de giga bits por segundo, segue modernos conceitos de estruturas de redes baseado num modelo de três camadas. Em cada camada são utilizados blocos de dados ou quadros específicos aos quais são adicionados campos de informação que permitem funções como verificação de consistência dos dados, supervisão e manutenção do canal, controle de fluxo, processamento de ponteiros de tempo, além de outros.

Tabela I - Evolução das Telecomunicações e Redes de Computadores para RDSI-FL

Dec. (ano)	<u>Redes de Computadores</u>	<u>Telecomunicações</u>
1960	Main Frame - Processto. Centralizado Redes de Teleprocessamento	Comutação de Circuitos Multiplexação FDM e TDM
1970	Redes de Computadores - ARPANET MR - OSI Comutação de Pacotes - X.25	Hierarquia Digital Plesiócrona (PDH) Multiplexação TDM Início Comunic. Óticas (Laser)
1980	Redes Locais (IEEE 802.xx), FDDI Internet a nível mundial (TCP/IP) Frame Relay, RDSI - FE (N-ISDN)	Rede Digital Integrada (RDI) Troncos de Fibra Ótica RDSI - FE (Faixa Estreita)
1990	Switching em LAN - INTERNET ATM (<i>Assynchronous Transfer Mode</i>) <i>Backbone</i> com Switch ATM	Hierarquia Digital Síncrona (SDH) SONET, SMDS, ATM e B-ISDN Multiplexação TDM e WDM
1995	<u>Integração de Serviços</u> Rede Digital de Serviços Integrados de Banda Larga (RDSI-FL) Suportada por ATM e SDH/SONET (<i>Sinchronous Digital Hierarquy</i>)	

A rede assim formada é totalmente inteligente e permite portanto todas as facilidades normalmente associadas a uma rede deste tipo, ou seja, reconfiguração flexível, controle de fluxo, supervisão e gerenciamento ativo. O sistema SDH/SONET é considerado a base para para prover um suporte adequado ao ATM como será visto adiante [SIS94] [ROC95].

A convergência para a RDSI-FL ou B-ISDN (*Broadband Intrgrated Service Data Network*), tanto dos Sistemas de Telecomunicações como das Redes de Computadores, passa necessariamente por diversas etapas tecnológicas intermediárias. O que parece ser um fato irreversível é que as duas áreas tendem para um único e complexo sistema global de comunicação, conceitualmente conhecido como B-ISDN, o qual será suportado, nos aspectos de comutação e transmissão, pelo ATM. A Tabela I apresenta uma visão desta tendência.

3 - Os Novos Serviços telemáticos, suas características e a explosão da demanda por banda.

A disponibilidade de uma rede pública de longa distância e banda larga, WAN (*Wide Area Network*), torna possível uma série de novas e fantásticas aplicações. Muitas destas aplicações terão um impacto importante na sociedade como um todo.

Para dar uma idéia, sobre algumas destas novas e importantes aplicações que se tornaram possíveis graças à Rede Digital de Serviços Integrados de Banda Larga, vamos examinar de forma resumida três exemplos:

- acesso a programas remotos
- acesso a bases de dados remotas
- facilidades de comunicação do tipo valor agregado.

No primeiro caso imaginemos um programa de simulação das tendências da economia mundial. O programa é extremamente complexo e necessita de constantes ajustes e roda em um supercomputador de grande porte. Ao invés de comprar o programa e uma máquina de grande porte eu posso mandar meus dados sobre um determinado setor da economia e rodar remotamente o programa, com os resultados da simulação enviados posteriormente ao meu computador [TAN96].

Na categoria de acesso a bancos de dados podemos imaginar aplicações como, *home banking*, previsão do tempo, reservas de passagens, compras por catalogo, reservas de Hotel, Restaurante, etc.

Na última categoria vamos encontrar aquelas aplicações que são genericamente denominadas de serviços multimídia ou de valor agregado. É nesta área que vamos encontrar os novos e espetaculares serviços como; vídeo fone, TV por demanda, música por programação personalizada, realidade virtual, revista eletrônica personalizada, jornal eletrônico personalizado etc.

Todas estas aplicações são possíveis em função de um suporte de rede a nível regional e mundial com uma grande largura de banda além de um controle de parâmetros de tráfego que viabilize a integração de qualquer tipo de serviço. Na figura 3 é mostrada uma curva que mostra a explosão da demanda por bandas cada vez maiores destas novas aplicações.

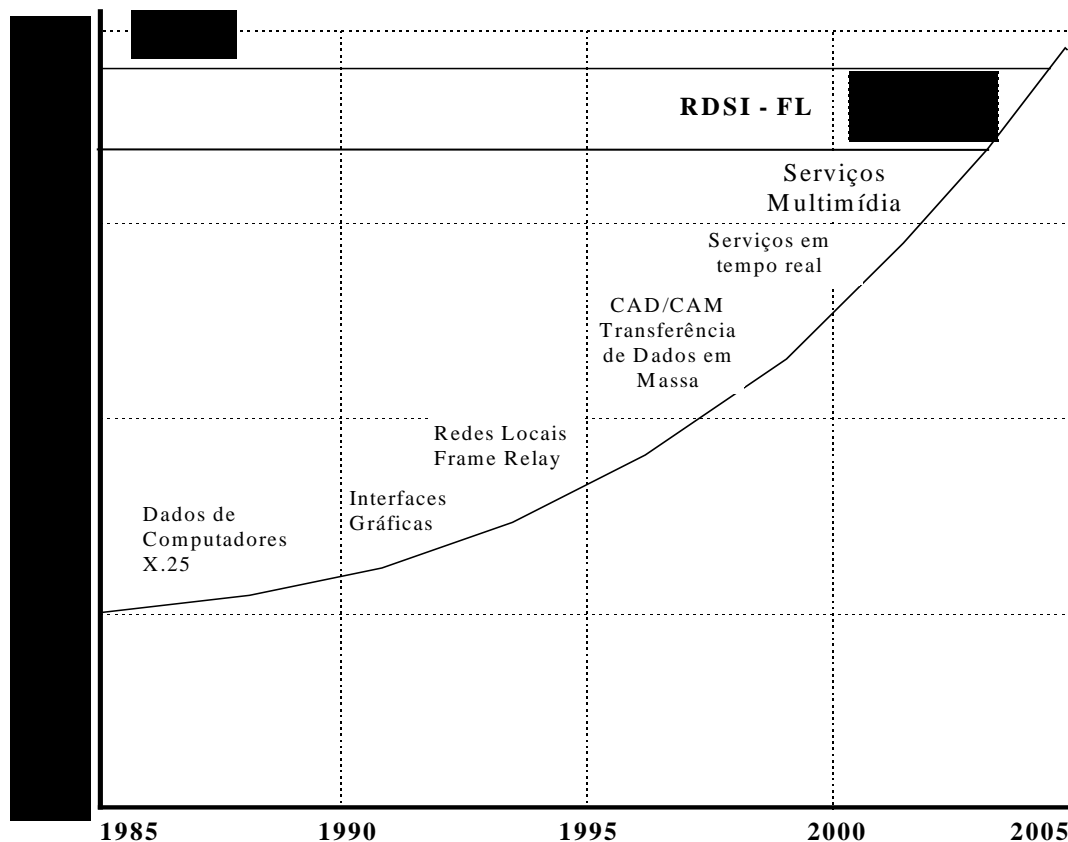


Fig. 4 - Explosão da demanda de banda dos novos serviços telemáticos

O exemplo mais palpável desta realidade que começa a surgir é, sem dúvida, a rede mundial Internet, que a cada dia oferece novas oportunidades e aplicações com reflexos ainda não bem delineados em relação ao comportamento humana dentro de uma sociedade totalmente informatizada.

A utilização das facilidades associadas às Redes de Computadores deverá reduzir a necessidade do deslocamento físico das pessoas e com isto economizar energia. O trabalho em casa deverá ser cada vez mais uma realidade, especialmente para trabalhos em tempo parcial. O escritório e a Escola, como conhecemos atualmente, poderão desaparecer. As lojas poderão se tornar virtuais, com atendimento eletrônico por computador.

A revolução da Informação deverá mudar profundamente o comportamento da sociedade, assim como o fez a Revolução Industrial. As mudanças comportamentais da sociedade, devido a esta revolução, ainda são objeto de muita especulação por parte dos sociólogos, porém certamente serão mais marcantes e profundas do que as mudanças originadas pela Revolução Industrial.

3.1 As características dos novos serviços

Associados aos novos serviços telemáticos encontramos quatro características marcantes;

- necessitam de altas taxas de bit (centenas de Mbit/s, ver figura 4),
- as taxas podem ter uma grande variabilidade (característica de rajada),
- correlações entre os tempos de chegada dos dados (atrasos) muito rígidos,
- volumes de dados cada vez maiores (ver Tabela II)

Estas características não são atendidas adequadamente nem pelas técnicas de comutação de pacotes utilizadas em redes de computadores tradicionais e nem pelas técnicas de comutação de circuitos, utilizada na rede telefônica pública.

A técnica de comutação de circuitos usada em telefonia, apresenta uma característica de atraso excelente porém a banda é fixa e muito limitada (64 kbit/s). Para atender as altas taxas exigidas pelas novas aplicações em multimídia (voz dados imagem) seriam necessários não só canais de maior capacidade, mas também, a tecnologia deverá ser capaz de assimilar de forma conveniente as características de rajada destes novos serviços, pois ou o canal desperdiça banda devido ao dimensionamento do mesmo pelo valor de pico da demanda, ou perde qualidade de serviço nos picos de demanda se o canal for dimensionado pela média da demanda [SIS94] [STA92].

Tabela II - Tempo de Transferência x Volume de Dados

Documento	Volume (Mbit)	Tempo de Transmissão (Taxa: 2Mbit/s)	Tempo de Transmissão (Taxa: 140 Mbit/s)
FAX A4 (preto e branco)	9	4,7 s	0,1 s
FAX A4 (cores 24 bit)	218	114,7 s (ou 1,9 min.)	1,6 s
Página de Jornal (preto e branco)	440	231,5 s (ou 3,85 min.)	3,2 s
Página de Jornal (colorida)	3.016	1587 s (ou 26,5 min.)	22,3 s
Gráfico Computador (alta resolução)	20 - 100	10 - 52 s	0,1 - 0,7 s

As técnicas clássicas de comutação de pacotes utilizadas em redes como X.25, TCP/IP ou Frame Relay, também não atendem as exigências, pois além da limitação quanto as taxas, não

forneçam garantias quanto ao atraso, inviabilizando desta forma a maioria dos serviços do tipo isócronos como voz e os diversos tipos de serviços de vídeo.

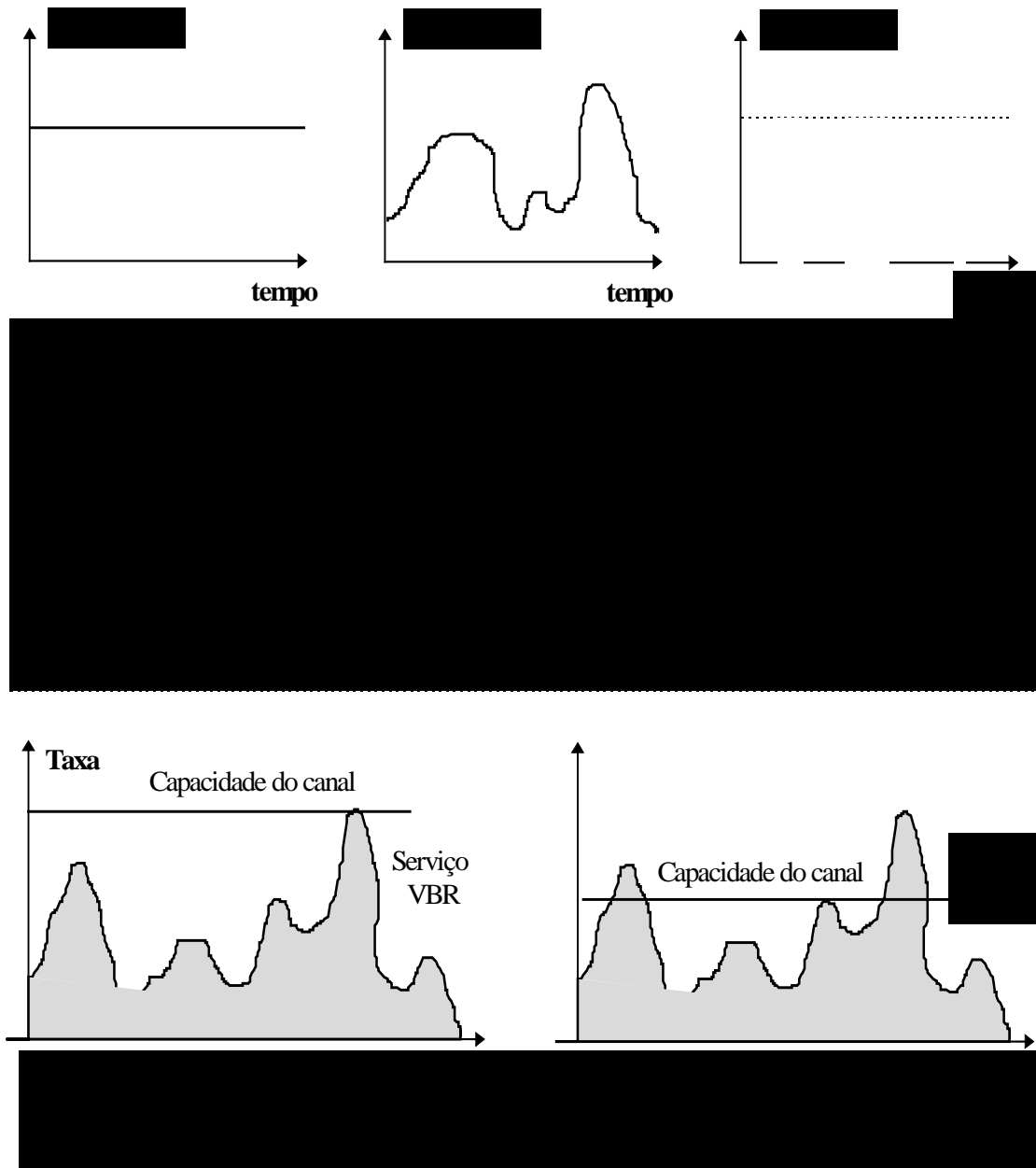


Fig. 5 - Características de tráfego dos serviços telemáticos integrados
(a) Característica da taxas de bit de diversos serviços
(b) O problema do dimensionamento de um canal para serviço VBR

Seria impossível atender os novos serviços telemáticos utilizando comutação de circuitos com taxas fixas pois um sistema concebido desta maneira teria que ser dimensionado com canais de banda extremamente largos devida a característica de rajada destes serviços mas que seriam sub-utilizados na maioria do tempo (confira Tabelas IV e V). Tomando pôr exemplo um sinal de vídeo,

a informação associada a este sinal permite facilmente a sua compressão em taxas da ordem de 10 a 15 vezes resultando desta forma uma taxa de bit variável (VBR) ao longo do tempo (ver figura 5 b).

Tabela III - Taxas de Teleserviços em RDSI-FL

Tipo de Serviço	Limite Inferior [Mbit/s]	Limite Superior [Mbit/s]
Transferência de grandes volumes de Dados	0,384	100
Serviço de Troca de Mensagens	0,064	34
CAD/CAM Projeto/Manufatura	2	34
Vídeo Telefone Alta Qualidade	vídeo: 34 audio: 0,032	vídeo: 140 audio: 0,384
Vídeo Telefone Baixa Qualidade	vídeo: 0,064 audio: 0,032	vídeo: 34 audio: 0,064
Televisão Qualidade Normal	vídeo: 8 audio mono: 0,064 audio stereo: 0,384	vídeo: 70 audio mono: 0,384 audio stereo: 2
Televisão Alta Qualidade	vídeo: 140 audio mono: 0,064 audio stereo: 0,384	vídeo: 560 audio mono: 0,064 audio stereo: 0,384
Serviço de Distribuição de Informação Geral	0,384	2
Serviço de Distribuição e Recuperação de Vídeo	vídeo: 34 audio: 0,032	vídeo: 140 audio: 0,384
Serviço de Distribuição e Recuperação de Audio	128	1

Tabela IV - Taxas de transmissão de vídeo com compressão e diversos graus de qualidade

Qualidade de Serviço	Serviço de Vídeo	Taxa [Mbit/s]
A	Televisão de Alta Definição; HDTV (<i>High Definition TV</i>)	92 - 200
B	Sinal de TV do tipo <i>Digital-Component-Coding</i>	30 - 145
C	Sinal de TV Digital para distribuição Padrão NTSC, PAL, SECAM	20 - 45
D	Sinal de Vídeo com resolução espacial reduzida e dimensão de retrato	0,384 - 1,92
E	Sinal de Vídeo com resolução espacial muito reduzida e dimensão de retrato	0,064

Tendo em vista estas peculiaridades dos novos serviços telemáticos, principalmente a sua característica de rajada (*burst*) e altas taxas, foram desenvolvidas técnicas mais apropriadas para a

utilização eficiente dos canais de comunicação das redes de banda larga. Será mostrado adiante que a técnica de transferência ATM atende de forma eficiente estes requisitos. As Tabelas III e IV fornecem uma boa idéia sobre as taxas de bit dos principais serviços telemáticos e suas faixas de variação.

4. O Modelo de Referência de Protocolos para Redes de Faixa Larga.

Em 1983 foi aprovado pela ISO um padrão internacional para interconexão de sistemas de arquitetura aberto que ficou conhecido como RM-OSI (*Reference Model for Open System Interconnection*) ou simplesmente ISO-7494. Inicialmente foi estabelecido o conceito de uma estrutura genérica ou arquitetura, denominada MODELO DE REFERÊNCIA, para a qual foram definidas uma semântica e os mecanismos básicos de interação. O objetivo principal do modelo de referência OSI era servir de base para a definição de projetos de padronização na interconexão de sistemas abertos.

A estratégia básica adotada na arquitetura do MR-OSI foi; dividir para conquistar. Dividir a complexidade em conjuntos de funções inerentes ao processo de interconexão chamadas camadas (ISO) ou níveis (ITU). A idéia é projetar uma rede (interconexão de sistemas) segundo um conjunto hierárquico de camadas, cada camada baseada nos serviços oferecidos pela camada inferior. Desta forma, o projeto global da interconexão fica reduzido ao projeto de cada uma das camadas.

Foi sugerido um modelo de 7 camadas com funções, serviços e protocolos padronizados para cada camada, que serviu de base para as Redes de Computadores clássicas como as redes de pacotes do tipo X.25 e *Frame Relay*.

Este modelo não pode ser adotado para as redes de banda larga com integração de serviços, tendo em vista que as características de atraso e vazão destas redes segundo este modelo, não atendem aos requisitos de altas taxas e atrasos controlados, exigência fundamental para redes com integração de serviços. As características principais deste modelo podem ser resumidas como a seguir:

- É um modelo estruturado segundo 7 camadas ;
 - a - Camada 1 ou Física
 - b - Camada 2 ou de Enlace
 - c - Camada 3 ou de Rede
 - d - Camada 4 ou de Transporte
 - e - Camada 5 ou de Sessão
 - f - Camada 6 ou de Apresentação
 - g - Camada 7 ou de Aplicação
- O Modelo é plano, apresenta somente um plano, o do usuário, ao qual mais tarde foi acrescentado um plano de gerenciamento.
- Os três primeiros níveis que correspondem a subrede de comunicações ficaram congestionados com funções em demasia o que inviabiliza redes de banda larga e baixos atrasos.
- Verificou-se mais tarde que algumas das camadas superiores poderiam ser suprimidas tende em vista atenderem funções específicas de algumas aplicações somente, dispensáveis para a maioria das outras.
- O modelo levou em conta somente serviço de troca de dados entre computadores e não previu integração de serviços do tipo isócronos como voz e imagens animadas.

Para atender as exigências das Redes de Banda Larga com Integração de Serviços, foi sugerido pelo ITU-T um novo Modelo de Referência de Protocolos, PRM, *Protocol Reference*

Model. O novo modelo segue a estratégia de camadas do MR-OSI, porém, com um número de camadas menor e funções e serviços das camadas próprias para Redes de Banda Larga. A figura 6 apresenta o modelo, que é formado por um cubo tridimensional, constituído de três planos e diversas camadas, conforme definidas pela Recomendação I.131 do ITU-T para ser utilizado em RDSI-FL.

Podemos distinguir no modelo 3 grandes planos, a saber; Plano de Usuário, Plano de Controle e Plano de Gerenciamento.

O Plano de Usuário é utilizado para a transferência de informações de usuário.

O Plano de Controle é responsável pelas funções de controle e sinalização necessária para ativar, manter e desativar chamadas e conexões.

O plano de gerenciamento é utilizado pela administração da rede para gerenciar em alto nível os planos de usuário e de controle e o próprio plano de gerenciamento das camadas e não está disponível para o usuário. O plano de gerenciamento é dividido em dois sub-planos; o sub-plano de gerenciamento de planos e o sub-plano de gerenciamento de camadas.

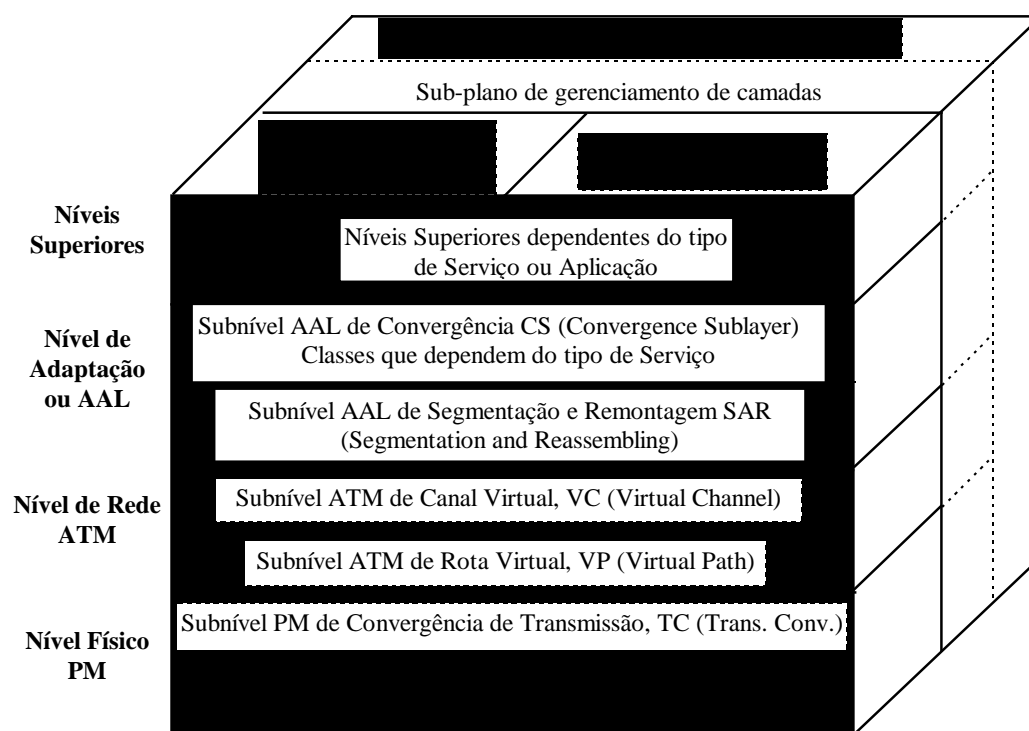


Fig. 6 - PRM - Modelo de Referência para Protocolos de RDSI-FL
(Rec. I.321, ITU-TSS)

Os 3 níveis inferiores; Físico, ATM e AAL constituem o escopo da RDSI-FL padronizado pela ITU. Fazendo-se uma analogia em relação ao modelo de Referência RM-OSI clássico, podemos identificar o nível ATM como sendo o correspondente às funções de Rede enquanto o nível AAL possui semelhanças funcionais com o nível de Transporte [GOM95] SUR94].

No nível Físico, no entanto, tendo em vista a utilização do suporte de comunicações públicas, vamos encontrar no Subnível de Convergência de Transmissão (TC) o suporte PDH/SDH/SONET da Rede de Telecomunicações pública. É interessante notar que a RDSI-FL pressupõe na sua estrutura o suporte PDH/SDH no nível físico, enquanto para a funcionalidade de transferência fim-a-fim da rede é utilizado o ATM. A camada de Adaptação ATM (AAL), por sua

vez, utiliza a transferência fim-a-fim do ATM para executar funções de convergência para os diversos tipos de serviços ou aplicações que são transparentes no nível de ATM.

5 - O PDH e o SDH/SONET como Nível Físico da RDSI-FL

As principais características dos níveis de multiplexação da hierarquia de transmissão digital européia e americana estão resumidas na Tabela V. Em cada nível de multiplexação é levado em conta o fato de que os relógios dos tributários são não são exatamente iguais (ou seja *plésio*, quase igual).

Tabela V - Os Sistemas de Comunicação Digitais PDH e SDH/SONET

Hierarquia Digital Plesiócrona PDH								
Hierarquia Digital Européia			Hierarquia Digital Americana			Hierarquia Digital Japonesa		
Designação	Taxa [kbit/s]	Equival. Canal B	Designação.	Taxa [kbit/s]	Equiv. DS0	Designação	Taxa [kbit/s]	Equiv. Canal B
Canal B	64	-	DS0	64	-	Canal B	64	-
E1	2.048	30	DS1	1.544	24	DS1	1.544	24
E2	8.448	128	DS1C	3.152	48	DS2	6.312	96
E3	34.368	512	DS2	6.312	96	J1	32.064	501
E4	139.264	2048	DS3	44.736	672	J2	97.728	1527
			DS4NA	139.264	2016			
			DS4	274.176	4032			

DS: Digital Signal E: Europeu J: Japonês

Hierarquia Digital Síncrona SDH/SONET			
Designação SONET (ANSI)	Designação SDH (ITU-T)	Taxa [Mbit/s]	Taxa útil [Mbit/s]
STS-1	-	51,84	50,112
STS-3	STM-1	155,52	150,336
STS-9	STM-3	466,56	451,008
STS-12	STM-4	622,08	601,344
STS-18	STM-6	933,12	902,016
STS-24	STM-8	1244,16	1202,688
STS-36	STM-12	1866,24	1804,032
STS-48	STM-16	2488,32	2405,376

STS: Synchronous Transport Signal STM: Synchronous Transport Module
ANSI: American Nacional Standard Institute

Devido a este fato o sistema é chamado de PDH (*Plesiochronous Digital Hierarqu*). Aos relógios de cada tributário é permitida uma pequena variação. O multiplexador amostra cada tributário a uma taxa máxima de relógio permitida e quando não há nenhum bit no registrador de entrada, porque os bits vem a uma taxa um pouco menor, é adicionado um bit de enchimento (*stuff*

bit). É claro que existe um mecanismo que sinalizará ao demultiplexador que foi feito um "enchimento" e que este bit deverá ser retirado do fluxo.

Tendo em vista as diferenças entre os sistemas europeu americano e japonês, torna se difícil a interligação destes sistemas num sistema de comunicação digital mundial unificado. Outros fatores que contribuíram para a definição de uma nova rede que desse suporte para a transmissão em altas taxas e compatibilidade total entre as diversas hierarquias existentes, foram a necessidade de maior flexibilidade e confiabilidade desta rede, além de facilidades de gerenciamento, reconfiguração e supervisão, enfim, uma rede dentro do conceito de Rede Inteligente.

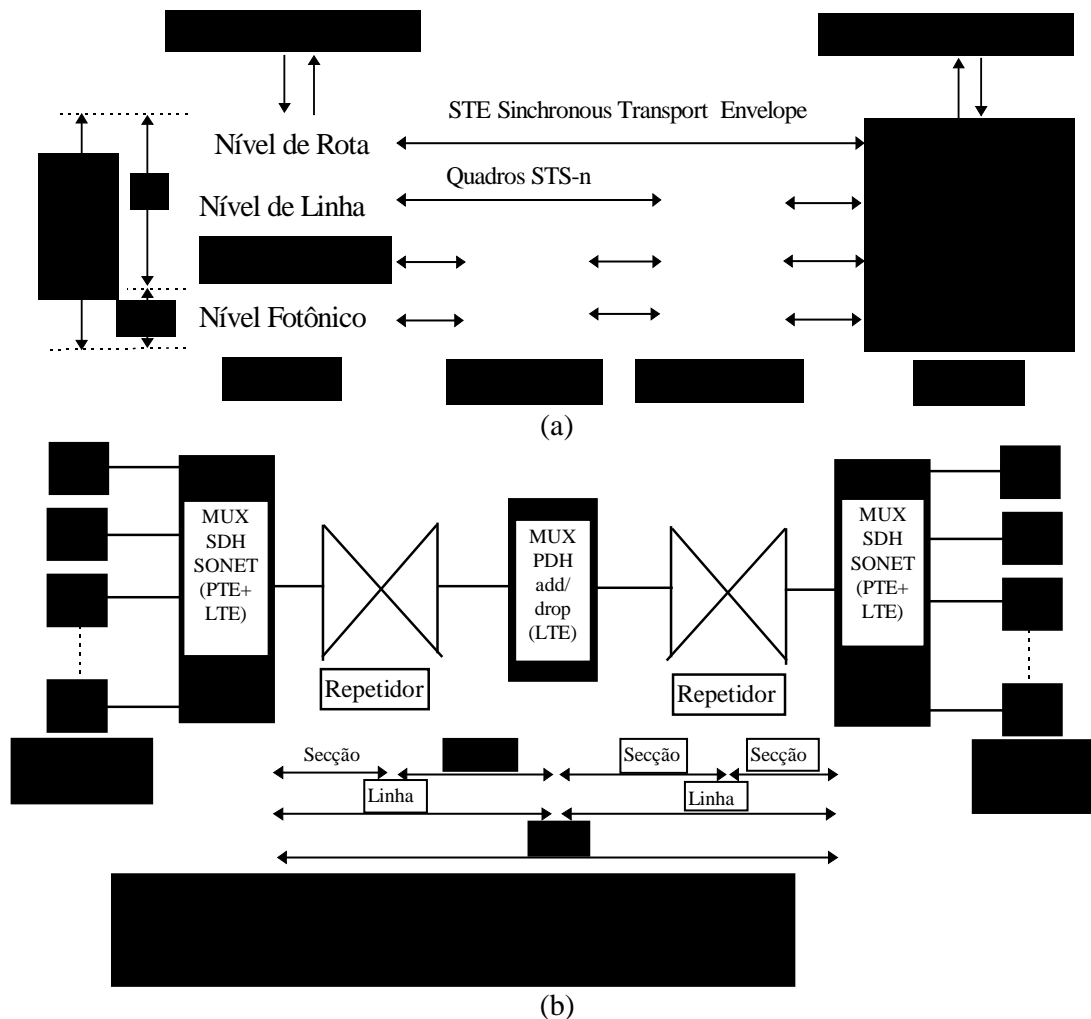


Fig. 7 Nível Físico da RDSI-FL constituído pela Hierarquia do Sistema SDH/SONET
 (a) Modelo lógico da Hierarquia SDH/SONET
 (b) Modelo físico da Hierarquia SDH/SONET

Por volta de 1985, o comitê T1X1 da ANSI desenvolveu as primeiras interfaces para troncos óticos de alta velocidade baseados em fibra ótica e conhecido como SONET (*Synchronous Optical Network*). A partir de 1988, muitos dos estudos, interfaces e propostas da SONET foram acolhidas pelo ITU-T através das Recomendações G.707, G.708, e G.709, tornando-se desta forma um padrão mundial conhecido como SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) do ITU-T.

Esta nova tecnologia foi especialmente desenvolvida para a transmissão digital em alta velocidade através de fibras óticas de forma totalmente síncrona. No SDH/SONET há uma total

sincronização dos diversos níveis hierárquicos em relação a um único relógio mestre. A sincronização de tributários digitais não "amarrados" a este relógio é conseguida através de um conceito de envelopamento da informação dentro de quadros, nos quais a compatibilização do relógio de dados com o relógio do SDH é feito através de um mecanismo de ponteiros variáveis, que localizam a informação útil no tempo dentro deste quadro e de forma adaptativa. Se o relógio dos dados adianta ou atrasa os ponteiros adiantam ou atrasam a localização temporal da informação dentro do quadro [ROC95].

A estrutura do SDH segue os modernos conceitos do Modelo de Referência para Sistemas de Arquitetura Aberta (MR OSI), e se enquadra, portanto, no conceito de rede inteligente (*IN-Intelligent Network*), possuindo todas as vantagens destas, em termos de flexibilidade, reconfiguração e gerenciamento. O SDH/SONET será, certamente, o suporte de transmissão para todas as técnicas modernas de transporte, como ATM (*Assynchronous Transfer Mode*), Frame Relay, FDDI e SMDS.

A figura 7 apresenta a estrutura do nível físico da RDSI-FL constituída pelo subnível TC (*Transmission Convergence*), formado pela secção, linha e rota que integram o SDH/SONET, enquanto o subnível PMD (*Physical Medium Dependent*) corresponde à transmissão fotônica pelo tronco ótico (ver figura 6).

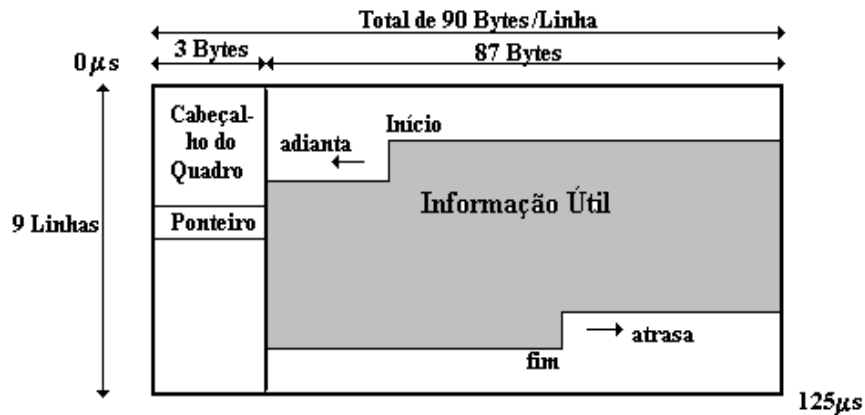
Através da técnica de ponteiros, que estão contidos em cada quadro STS-n do SONET/SDH, consegue-se uma localização no tempo da informação útil que é transportada no STE (*Synchronous Transport Envelope*), e desta forma uma sincronização perfeita, em todos os níveis, para qualquer tipo de tributário digital que não esteja em sincronismo com o relógio mestre do SDH/SONET, como pode ser observado na figura 8.

Os troncos óticos SDH/SONET, desta forma, estão aptos não só a transmitir os canais digitais do PDH, mas também qualquer tipo de transmissão por células ou quadros de sistemas digitais que utilizam um modo de transferência assíncrona, como é o caso da técnica de *Frame Relay* e a técnica de *Cell Relay* (ATM), que é considerada a técnica de comutação e transporte dos sistemas digitais do futuro.

A estrutura do SDH segue os modernos conceitos do Modelo de Referência para Sistemas de Arquitetura Aberta (MR OSI), e se enquadra, portanto, no conceito de rede inteligente (*IN-Intelligent Network*), possuindo todas as vantagens destas, em termos de flexibilidade, reconfiguração e gerenciamento. O SDH/SONET será, certamente, o suporte de transmissão para todas as técnicas modernas de transporte, como ATM (*Assynchronous Transfer Mode*), Frame Relay, FDDI e SMDS.

A figura 7 apresenta a estrutura do nível físico da RDSI-FL constituído pela hierarquia lógica e física do suporte SDH/SONET; secção, linha e rota, que corresponde ao subnível TC (*Transmission Convergence*) e ao subnível PMD (*Physical Medium Dependent*), que corresponde à transmissão fotônica pelo tronco ótico (ver figura 6).

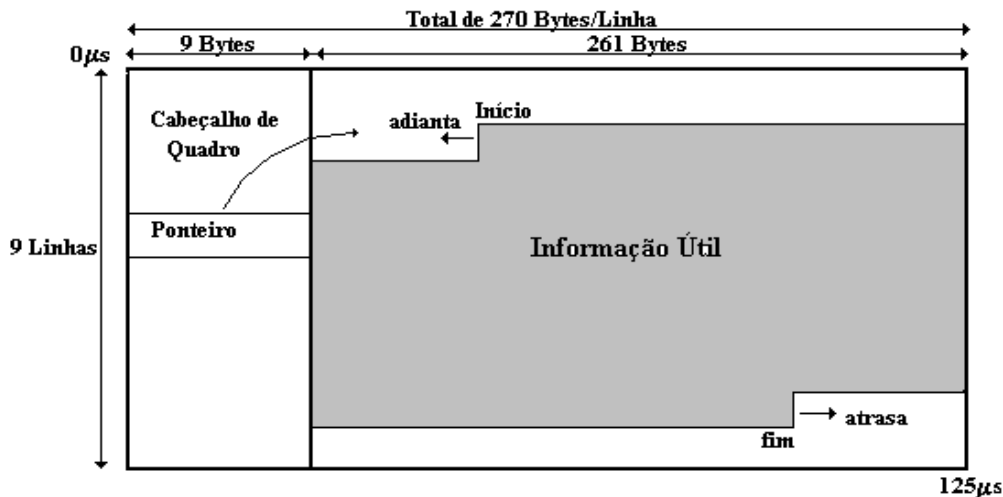
Através de uma técnica de ponteiros, que estão contidos em cada quadro STS-n do SONET/SDH, consegue-se uma localização no tempo da informação útil que é transportada no STE (*Synchronous Transport Envelope*), e desta forma uma sincronização perfeita, em todos os níveis, para qualquer tipo de tributário digital que não esteja em sincronismo com o relógio mestre do SDH/SONET como pode ser observado na figura 8.



Quadro STS-1 (SONET)

Bits/quadro: $90 \times 9 \times 8 = 6480 \text{ bit}$ Taxa: $6480 \times 8000 = 51.840 \text{ Kbit/s}$
 8000 amostragens/s (tempo de amostragem $1/8000 = 125 \mu\text{s}$)

(a)



Quadro STM-1 da SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

Bits/quadro: $270 \times 9 \times 8 = 19.440 \text{ bit}$ Taxa: $19.440 \times 8000 = 155.52 \text{ Mbit/s}$
 8000 amostragens/s (tempo de amostragem $1/8000 = 125 \mu\text{s}$)

(b)

Fig. 8 Quadros básicos do SDH/SONET; (a) Quadro básico STS1 do SONET e (b) Quadro básico STM1 do SDH

Os troncos óticos SDH/SONET, desta forma, estão aptos não só a transmitir os canais digitais do PDH, mas também qualquer tipo de transmissão por células ou quadros de sistemas digitais que utilizam um modo de transferência assíncrona, como é o caso da técnica de *Frame Relay* e a técnica de *Cell Relay* (ou ATM), que é considerada a técnica de comutação e transporte dos sistemas digitais do futuro.

Na figura 9 mostra-se os mecanismos de uma estrutura hierárquica, que permite a inserção de algumas taxas básicas do sistema PDH para dentro do SDH. Através desta hierarquia de adaptação, os mecanismos de adição ou extração (*add/drop*) de canais digitais de ordem inferior de um agregado de ordem superior, processo complicados no sistema PDH, torna se simples e diretos no sistema SDH. Em outras palavras, a inserção ou extração de um feixe E1 de 2,048Mbit/s do

sistema PDH, por exemplo, pode ser feita facilmente em qualquer nível do SDH, sem passar pelos diversos níveis de multiplexação intermediários.

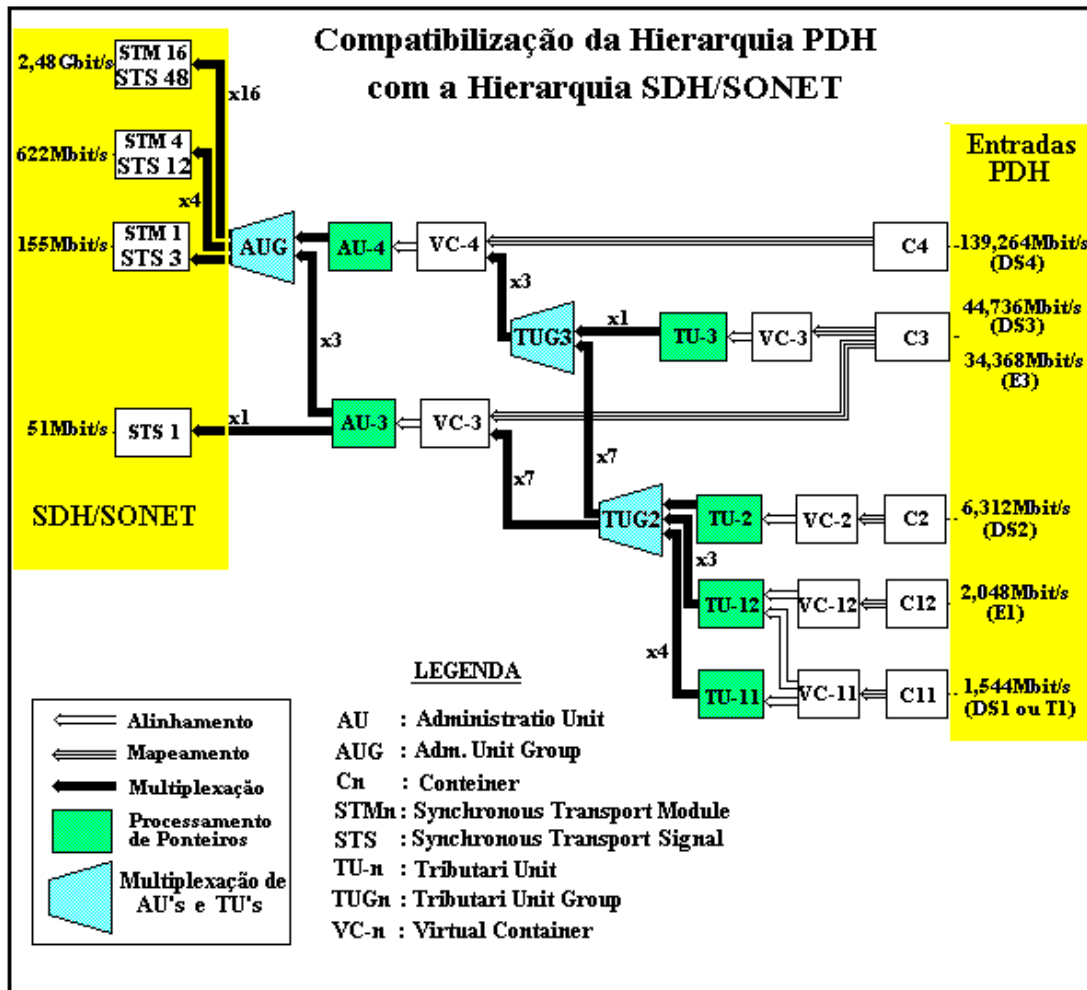


Fig. 9 Compatibilização do PDH (entradas a direita) com o SDH/SONET (esquerda)

O mapeamento do fluxo de bits de um canal PDH é feito segundo um conceito de *container* (C). O *container* é um estrutura de dados (bloco), fixa para cada tipo de acesso. Ao container é acrescido a informação sobre a rota por onde ele será transportado. A rota é composto de três níveis hierárquicos de informações dentro do SDH; secção de linha (section), linha (line) e o caminho ponta a ponta (path). O container com a informação de rota é chamado de *Virtual Container* (VC), o qual ao receber a informação do ponteiro localizador de informação útil dentro do VC é chamado de Unidade Tributária (TU). As TU's por sua vez, podem ser agrupados por multiplexação para um nível superior. Através de um novo processamento de ponteiros temporais são obtidas as Unidades Administrativas (AU), que por sua vez podem ser multiplexadas para os níveis de entrada no SDH/SONET, ou seja STM 1 ou STS 3 (confira fig. 9)

A inserção da hierarquia digital americana se dá através dos sinais do nível 3 (DS3) de 44,735 Mbit/s, no nível STS-1 de 51,84 Mbit/s do SONET. Já o sistema Digital Europeu faz a inserção dentro do SDH através de um sinal E4 de 139,254 Mbit/s, no nível STM-1 de 155,52 Mbit/s. Desta forma a compatibilização entre o sistema digital europeu e americano se dá no nível STS-3 da SONET que é equivalente ao nível STM-1 do SDH da ITU-T (confira na Tabela V).

Verifica-se também pela figura 7, que três quadros STS-1 (do 1. nível da SONET) são acomodados perfeitamente num quadro STS-3 do nível 2 da SONET, que por sua vez é equivalente a um quadro STM-1 do SDH do ITU-T. A compatibilização entre os sistemas PDH europeus e americanos se dá portanto, no nível 1 do SDH da ITU-T ou se quisermos no nível 2 da SONET da ANSI.

6 - Características Básicas da Tecnologia ATM

ATM ou *Cell Relay* é um novo tipo de técnica de comutação e multiplexação de pacotes desenvolvida especificamente para servir de suporte à subrede de comunicações das assim chamadas redes de banda larga com integração de serviços. Inicialmente projetada e padronizada principalmente para a RDSI-FL, hoje está sendo aplicada tanto em MAN (*Metropolitan Area Network*) como em LAN, com tendência de ser a futura tecnologia ponta a ponta da rede global e universal de comunicações. Entre seus principais objetivos que orientaram o seu projeto de desenvolvimento, podemos destacar os seguintes:

- permitir uma integração sem costuras (sem adaptações) de aplicações múltiplas: voz, dados, imagem, vídeo e audio,
- permitir interoperabilidade com as tecnologias do suporte de telecomunicações existentes como o PDH/SDH/SONET,
- compatibilidade com os suportes de rede existentes como multiplexadores, roteadores, X.25, *Frame Relay*, etc.,
- modificações mínimas (quando necessário), das atuais aplicações,
- alta vazão e baixo atraso (alto desempenho),
- possibilidade de se tornar uma tecnologia única, de ponta a ponta, tanto para redes LAN, MAN ou WAN,
- ser a tecnologia de redes públicas futuras para assegurar compatibilidade na interoperabilidade das redes públicas,
- foi projetado para suportar tanto serviços CBR (*Constant Bit Rate*) como serviços VBR (*Variable Bit Rate*) em diversas taxas,
- o ATM foi proposto tanto para serviços CO (*connection oriented* - orientados a conexão) como para serviços CL (sem conexão - *connectionless*).

As células ATM são unidades de informação de comprimento fixo constituídas de um cabeçalho com 5 bytes e um campo de informação com 48 bytes num total de 53 bytes. A tecnologia ATM é orientada a conexão e por isso o cabeçalho contém informação explícita para identificar o canal por onde a célula deverá ser transmitida, chamado de VCI (*Virtual Chanel Identifier*) que está integrado logicamente dentro de uma rota virtual maior chamada de VP (*Virtual Path*).

A Tecnologia ATM permite ligações lógicas múltiplas, multiplexadas em uma interface física única (como no X.25 e FR). As funções de rede são mais fluidas (*stream lined*) com menor atraso de processamento; não tem controle de erro ou fluxo a nível de controle de enlace. Faz uso dos modernos e confiáveis meios de comunicação digital como o PDH/SONET/SDH para oferecer comutação de pacotes mais rápida e a taxas maiores.

A Hierarquia de Transporte do ATM consiste de um nível Físico dividido em 3 subníveis e de um nível de ATM que apresenta comutação de células em dois subníveis hierárquicos; comutação VC (*Virtual Chanel*), e comutação VP (*Virtual Path*) conforme já mostrado no RMP de Redes de Banda Larga da figura 6. Na Tabela VI apresentamos a abrangência da hierarquia de transporte ATM e da a hierarquia de Aplicação, com seus níveis e subníveis.

Tabela VI - Estrutura geral das hierarquias de transporte e aplicação do ATM

Hierarquia de Aplicação	Níveis Superiores (Aplicações)	
	Nível AAL	Subnível CS (Convergence Sublayer) Subnível SAR (Segmentation and Reassembly)
Hierarquia de Transporte	Nível ATM	Subnível de comutação VC (Virtual Chanel) Subnível de comutação VP (Virtual Path)
	Nível Físico (SONET/SDH)	Subnível de Rota de Transmissão (Path) Subnível de Linha (Line) Subnível de Secção de Regeneração (Section) Subnível de Conversão Opto/Elétrica (Físico)

6.1 Estrutura das células ATM

A estrutura das células pode ser de dois tipos, dependendo por onde estão passando ou são originadas; células do tipo UNI (*User Network Interface*), originadas na interface do usuário, e células do tipo NNI (*Network Network Interface*) a medida que se propagam pela rede ATM (ver figura 9).

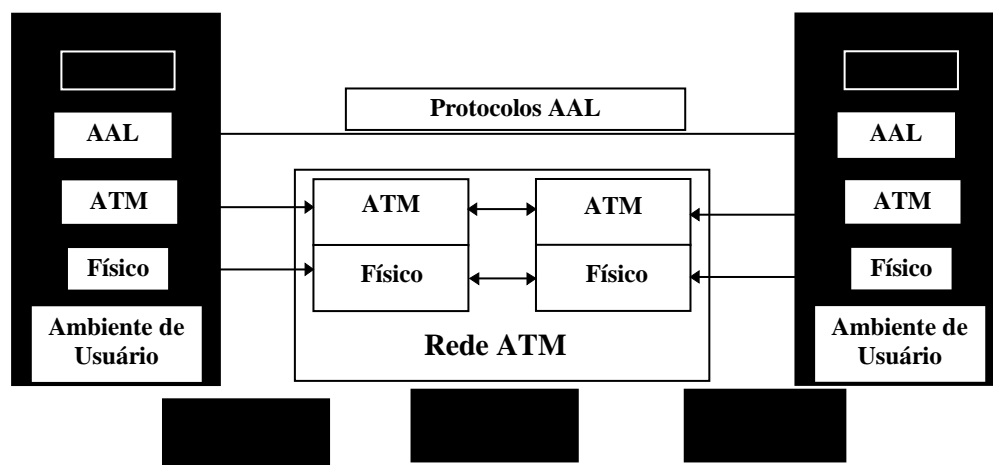


Fig. 9 - Arquitetura lógica de uma rede ATM e suas interfaces

A estrutura geral dos cabeçalhos destes dois tipo de células é mostrada na figura 10. O roteamento das células pela rede ATM se dá segundo uma hierarquia de comutação lógica de dois níveis; canal virtual VC e rota virtual VP. A diferença fundamental entre os dois tipos de células está principalmente relacionado com o primeiro byte do cabeçalho. Nas células UNI encontramos um campo de 4 bits (GFC), que é utilizado pelo mecanismo de controle de fluxo local que funciona somente entre usuário e o nó da rede. A célula ao migrar entre nós não tem mais necessidade deste campo o qual passa a ser utilizado para um conjunto de endereçamento de VP maior, atendendo uma necessidade interna da rede.

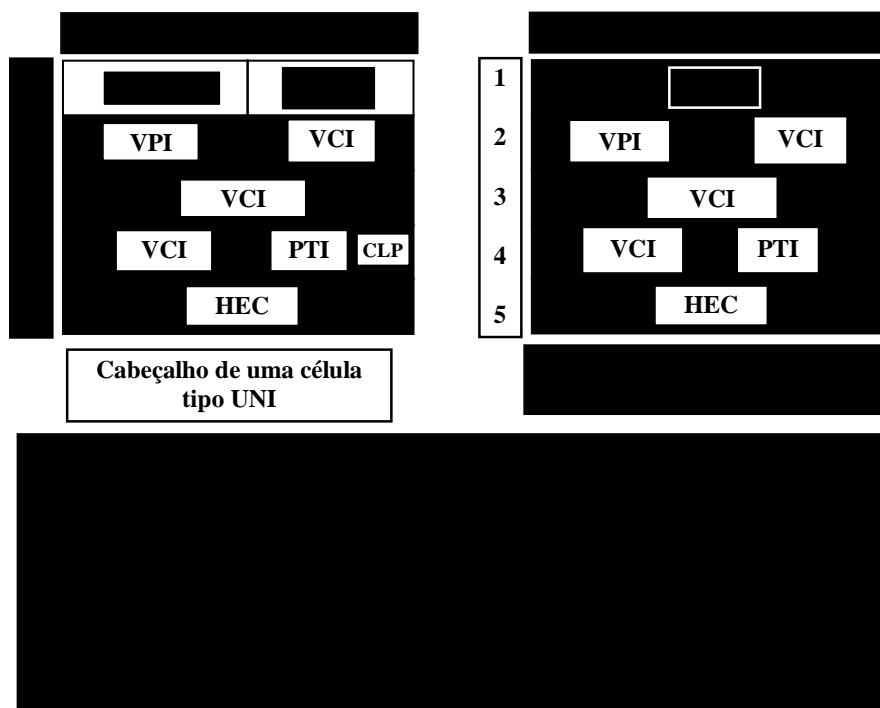


Fig. 10 - Estrutura geral dos cabeçalhos das células na interface UNI e NNI

O campo PTI de 3 bits permite distinguir as células pertencentes às aplicações dos vários planos como; células de usuário, células de sinalização ou controle e células de gerenciamento. Finalmente o CLP (*cell loss priority*), formado por um bit, permite, tanto aos nós como ao usuário, definir uma prioridade para o descarte de células em situações de congestionamento de um nó (ver figura 10).

6.2 Comutação em redes ATM

Vimos que o roteamento das células pela rede ATM se dá segundo uma hierarquia de comutação lógica de dois níveis; canal virtual VC e rota virtual VP (ver figura 11). Esta hierarquização da comutação ATM em dois níveis traz como principal vantagem uma arquitetura de rede mais simplificada. As funções de rede podem ser separadas em; aquelas que são de um só VC e aquelas que são de um grupo de VCs, formando um VP. Com isto consegue-se um aumento de confiabilidade e performance pois a rede lida com um número menor de entidades pois os VP's agregam conjuntos de VC's (VP => Conjunto de VC's). O VP é usado interno à rede mas é enxergado pelos usuários permitindo ao usuário definir grupos fechados de usuários.



Fig. 11 - O conceito de Rotas Virtuais (VP) e Canais Virtuais (VC) em ATM

Através desta técnica também se consegue uma redução no tempo de processamento e estabelecimento de uma conexão. A adição de um novo VC em um VP envolve processamento mínimo por exemplo.

6.3 Características do Canal Virtual VC e da Rota Virtual VP.

O canal virtual VC do ATM possui o mesmo conceito do circuito virtual em Redes de Pacotes, ou também o conceito de conexão lógica do Frame Relay. Ainda não foram elaborados todos os padrões do VP e VC pelo ITU-T. As principais características do VC são definidas na Rec. I.150 como segue:

- A um CV é associado um conjunto de parâmetros que definem o QoS (qualidade do serviço) do canal como *Cell Loss Ratio* (CLR) e *Cell-Delay Variation* (CDV)
- O VC pode ser do tipo comutado ou permanente
- O VC garante a integridade da sequenciação
- Quando do estabelecimento de uma conexão VC são negociados parâmetros de qualidade de serviço de tráfego, QoS, que são monitorados pela rede para que não haja violação. Os parâmetros de tráfego negociáveis são: taxa média de células, taxa de pico de células, rajada máxima (burstiness) e duração do pico de rajada

As características associadas a um VP são as mesmas definidas na Rec.I.150 para o VC, acrescido porém de mais uma relacionada com restrições de Identificadores de VC's dentro de um VP. (VC's restritos à sinalização e gerenciamento).

7. - Redes de Faixa Larga no ambiente Local e Metropolitano

A realidade da RDSI-FL ainda está longe para a maioria dos países, com exceção de algumas redes experimentais com abrangência restrita, em países como França, Alemanha, Japão e EEUU. Muitos países tem projetos para operação comercial de RDSI-FL até o final deste século,. Apesar desta realidade observa-se no entanto, que os grandes fabricantes de equipamentos de rede investem maciçamente em programas de desenvolvimento de equipamentos ATM, tanto para LAN como para MAN e WAN o que deixa antever expectativas favoráveis no crescimento destas redes.

Antes do surgimento das redes de faixa larga com integração de serviços em escala nacional ou internacional deverá haver inicialmente esta integração de serviços a nível das redes do ambiente local, também conhecido como ambiente intrarede (*intranet*). O ambiente intrarede atualmente é estruturado basicamente por redes locais interconectadas e padronizadas segundo as normas do IEEE 802, cujas principais características podem ser observadas na Tabela VII.

A maioria das tecnologias de redes locais, tais como; Ethernet (IEEE 802.3), Token Bus (IEEE 802.4) e Token Ring (IEEE 802.5), não apresentam condições para atender as exigências desta integração, tanto em termos de banda como atraso. Além disto, em 95% dos casos o ambiente intraredes é constituído de redes do tipo Ethernet que utilizam um protocolo no nível MAC (*Medium Access Control*) do tipo CSMA-CD que faz um partilhamento do meio de 10 Mbit/s entre os diversos usuários do domínio de colisão. Pode-se mostrar que a vazão efetiva máxima deste tipo de rede é da ordem de 4 Mbit/s [GOM95].

Quanto as aplicações em redes locais, observamos que a maioria dos serviços oferecidos seguem o assim chamado modelo cliente/servidor. Entre as principais aplicações deste tipo, salientamos:

- Correio Eletrónico (E-mail),
- Aplicações do tipo Grupware,
- Servidores de Comunicação, Impressão, e outros,

Tabela VII - Tecnologias de Redes Locais Padronizadas

Norma/Padrão	MAC Medium Access Control	Topologia	Taxas	Meios/Distância
IEEE 802.3	CSMA/CD	Barra partilhada	10Mbit/s	10 BaseT (100m), 10 Base2 ou 10Base5
IEEE 802.4	Token Buss	Barra bidirecional ou fibra ótica em estrela, com ficha	1, 5, 10 e 20 Mbit/s	Cabo coaxial de 75 ohms
IEEE 802.5	Token Ring	Anel com ficha Topologia lógica: anel Topologia física: estrela	4 ou 16 Mbit/s	Fibra ótica STP de 150 ohms (4 ou 16Mbit/s) UTP (4 Mbit/s)
IEEE 802.6 DQDB	Barra dupla com controle de acesso distribuído	Duas Barras circulares unidirecionais de cabo coaxial	>150Mbit/s	Cabo coaxial de banda larga
IEEE 802.9a Iso-Ethernet	CSMA/CD e Circuit Switched ISDN	Estrela /Barra	16.144Mbit/s; 10Mbits partilhado 6,144Mbit/s comutado (96x 64kbit/s)	Dois pares categoria 3 ou 5 UTP- 100m
IEEE 802.11 Wireless LAN	CSMA/CA (Collision Avoidance)	Canal de RF partilhado Spread Spectrum (DS/FH)	1 a 2 Mbit/s Aumento possível	300 pés (~100m)
IEEE 802.12 100VG-Any LAN	Round-robin Polling Prioridade por demanda	Estrela Hierárquica	100Mbit/s	100m categ 3,4ou5 UTP 150m categ. 5 STP 2000m SMF ou MMF
IEEE 802.3u Fast Ethernet	CSMA/CD	Configuração para comutação e/ou partilhamento	100Mbit/s	100BaseTX (UTP5 ouSTP) 100Base T4 (UTP3 ou 5) 100Base FX
Fibre Channel (IBM, HP, SUN)	Ponto a ponto com comutação	Topologia lógica : Hub ou Switch em estrela	100, 200, 400 e 800 Mbit/s (futuro 1a 2Gbit/s)	Até 10 Km Fibra SM e MM, coaxial, STP
FDDI, FDDI-II e III, CDDI, FDDT ANSI X3T9.5	Partilhamento de Token Codificação 4B/5B Até 500 Estações	Anel duplo de Fibra ótica com taxa de sinalização de 125MBaud	100 Mbit/s (200 Mbit/s)	Anel fibra ótica (~200km d.) 2000m lig. fibra c/ HUB 100m STP ou UTP cat.5
ATM ITU-T série I	Comutação de células c/ estabto. de CV	Comutadores ATM Top. física em estrela	25, 155 e 622 Mbit/s	STP até 100m (ou UTP cat.5) Fibra ótica SMF ou MMF

- Bancos de Dados de uso comum, etc.

O acesso partilhado da Ethernet não permite alocar prioridade ou banda extra a equipamentos tipo servidores pois todos as estações conectadas à rede Ethernet tem os mesmos privilégios ou direitos. Para resolver este gargalo que se verifica nas redes Ethernet surgiu a técnica do *switching*.

Quando o ambiente local, formado por diversos domínios de colisão Ethernet ou um conjunto de redes locais com tecnologias heterogêneas, adquirir um porte avantajado, a solução mais comum para garantir uma vazão rápida do tráfego entre as diversas subredes é definir uma rota explícita para o mesmo, que é conhecido com o *backbone* de interligação destas redes.

O *backbone* pode ser caracterizado como o suporte para fornecer o tráfego entre as diversas subredes que compõem o ambiente intrarede e que está disperso por uma área geográfica relativamente extensa.

Estas duas técnicas, *switching* e *backbone*, quando aplicadas ao ambiente da intrarede, apresentam atualmente soluções que podem dotar este ambiente de condições que permitam integração de serviços. A seguir vamos analisar em separado cada uma destas tecnologias.

7.1 Switching em Redes Locais

A tecnologia de *switching* em redes locais surgiu como uma resposta, sem dúvida, para o crescimento rápido das aplicações do tipo cliente/servidor. Este tipo de aplicação é muito sensível ao tempo ou melhor ao tempo de resposta da rede. O modelo cliente servidor é por natureza assimétrico, ou seja, servidores precisam de mais banda que clientes, ou em outras palavras, acesso privilegiado, comparado com os clientes. No modelo Ethernet com *Switch* os clientes são comutados segundo um *Backplane* de alta velocidade com acesso concorrente ao servidor ou backbone da rede. A banda associada a um determinado equipamento pode ser definida pelo usuário, e desta forma pode-se privilegiar a banda de um servidor, por exemplo (ver figura 12).

Quando o usuário de Redes Locais procura para alguma estação uma conexão com banda dedicada (não partilhada), ou quando se trata de maior performance de algum equipamento no acesso ao *backbone*, ou quando se trata de melhorar o tempo de resposta da rede, a solução é adotar algum tipo de *switching*. O *Switch* para redes Ethernet também é conhecido como *Hub* com facilidades de *Switch* ou *Switching Hub*, HUB inteligente ou simplesmente *Switch*.

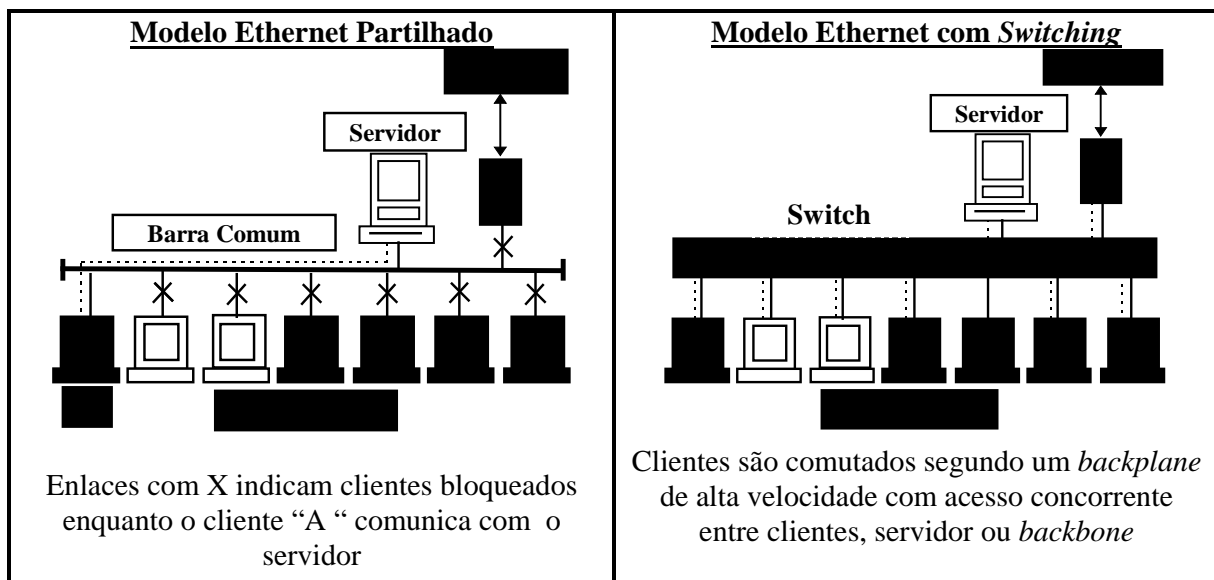


Fig. 12 - Modelo de Ethernet partilhada e Modelo de Ethernet com *Switch*.

O objetivo principal do *switch* é segmentar um domínio de colisão em vários domínios de colisão menores e com isto aumentar a banda de uma rede. Isso resulta num aumento da performance da rede porque a segmentação baseada no subnível de MAC da camada 2 do modelo OSI reduz o número de estações competindo pelo acesso ao meio.

Um *switch* pode ser considerado em termos funcionais como um reservatório de banda caracterizado através do seu *backplane* interno que pode ter uma capacidade de algumas centenas de Mbit/s até alguns Gbit/s. Utilizando processador do tipo *risc* de alto desempenho, o *switch* estabelece uma conexão virtual entre duas portas quaisquer para cada pacote MAC que chega. Esta conexão virtual é mantida enquanto é transmitido o quadro MAC.

Na realidade a arquitetura interna do *switch* segmenta o quadro MAC em células que por sua vez são transmitidos pela conexão virtual. Desta forma a arquitetura interna do switch é baseada em comutação de células enquanto as interfaces das portas enxergam quadros MAC de acordo com o padrão de rede local definida para a porta. Pode-se imaginar facilmente que desta forma fica fácil definir também portas que tenham interface de acordo com o padrão ATM, conforme se verifica nas diversas opções atualmente oferecidas pelos *switch* de porte. O switch portanto pode ser considerado como o ponto inicial para a introdução do ATM no ambiente intrarede.

7.2 Backbone ATM em ambiente de Redes Locais

Quando o ambiente local, formado por diversos domínios de colisão Ethernet ou um conjunto de redes locais com tecnologias heterogêneas, adquirir um porte avantajado, a solução mais comum para garantir uma vazão rápida do tráfego entre estas diversas subredes é definir uma rota explícita para o mesmo, que é conhecido com o *backbone* de interligação destas redes. O *backbone* pode ser caracterizado como o suporte para fornecer o tráfego entre as diversas subredes que compõem o ambiente intrarede e que está disperso por uma área geográfica relativamente extensa.

Esta última característica é importante já que em áreas mais restritas o problema da interligação das diversas subredes, ou domínios de colisão, pode ser resolvido através de técnicas de *switching*, como foi visto no item anterior. O *backplane* do *switch* pode ser visto, neste caso, como sendo um *backbone* que esta colapsado ou confinado dentro do próprio *switch*.

Duas características do ambiente intraredes, portanto, definirão a necessidade ou não de implementar um *backbone*; a extensão geográfica e o volume de tráfego verificado entre as diversas subredes que o compõem.

Quanto a extensão geográfica, o *backbone* deverá ter capacidade de cobrir todo o ambiente local, ou seja, tipicamente o *backbone* deve ter uma capacidade de cobrir distâncias da ordem de 1000 a 2000m.

Quanto à capacidade de tráfego do *backbone*, esta deve ser dimensionada de acordo com o tráfego estimado entre as diversas subredes que compõem o ambiente intrarede. Como regra geral podemos afirmar que, quanto maior o número de subredes maior será o volume do tráfego que passará por este *backbone*.

Os equipamentos típicos a serem interconectados através do *backbone* são principalmente servidores, roteadores, PABX digitais, estações de trabalho, *switches*, pontes, *hubs*, estações de gerenciamento e *gateways*.

Podemos distinguir atualmente 3 tecnologias de implementação de um *backbone*:

1. - Backbone estruturado sobre uma Ethernet ou Fast Ethernet
2. - Backbone baseado em FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*),
3. - Backbone baseado em Comutadores ou Switches do tipo ATM.

O *backbone* baseado em alguma tecnologia de rede local padrão, é a mais econômica e facilmente implementável. Tipicamente é utilizado uma Ethernet ou, quando o tráfego assim o exige, uma Fast Ethernet (100 Mbit/s). Este tipo de solução não permite integração de serviços pois

o suporte, mesmo com taxas elevadas (como na *Fast Ethernet*) não atende os requisitos de tempos de chegadas constantes, uma das exigências para os serviços isócronos.

A tecnologia FDDI utiliza um anel ótico com passagem de ficha ou *token*, com taxa de 100 Mbit/s e uma extensão geográfica de 2000m. É atualmente a solução mais adotada podendo, na sua versão FDDI-II, interfacear diretamente com o suporte público PDH/SDH/SONET e também com o ATM.

A tecnologia mais promissora para *backbone*, atualmente, é o *backbone* formado por *switches* baseados em ATM. Nesta tecnologia são utilizados um ou vários nós comutadores ATM, formando um *backbone* de alta velocidade e desempenho que pode chegar a 622 Mbit/s. Este *backbone* na verdade forma uma rede LAN com ATM restrito que no entanto oferece condições para interfaceamento direto de estações de trabalho e também suportar integração de serviços multimídia.

9 - Conclusões

As características do ATM, como tecnologia de transporte de informação, são únicas, como; altas taxas (desde Mbt/s até Gbt/s), grande escalabilidade, facilidade de multiplexação e comutação, facilidade de integração de serviços, além de uma capacidade inerente de facilmente suportar novos serviços ou inovações tecnológicas. Certamente, no aspecto de integração de serviços, está um dos pontos mais fortes desta tecnologia, pois o ATM, permite integrar de forma eficiente e simples, serviços com as mais variadas características, como; taxa de bit constante ou variável, características de atraso constante ou variável, além de oferecer uma alta confiabilidade.

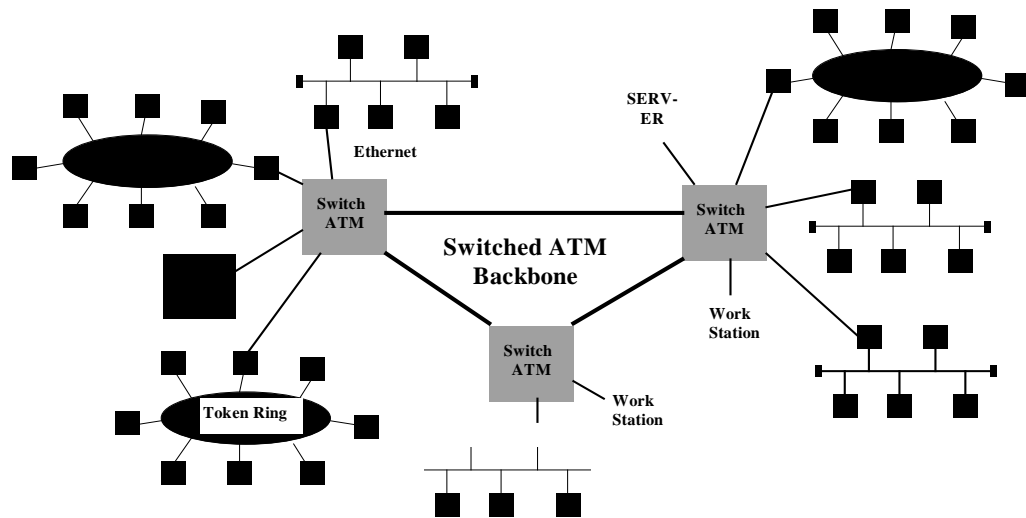
É praticamente senso comum entre os especialistas que o ATM deverá ser a tecnologia universal para propiciar aos diversos tipos de redes, sejam elas LAN, MAN ou WAN. a capacidade de integração de serviços. Esta tendência deverá se manifestar inicialmente no ambiente intranet onde a tecnologia ATM deverá se dessiminar cada vez mais pelas LAN's ATM ou os *backbones* ATM utilizando *switch* ATM.

A década de 90 é vista, pelos especialistas da área de redes de banda larga, como a década da integração de serviços, e, segundo o ITU, até o final deste século é esperada uma disseminação mundial desta tecnologia através da RDSI-FL (Rede Digital de Serviços Integrados de Faixa Larga), que no seu nível de rede preconiza a utilização da tecnologia ATM. A idéia geral do ATM é permitir a interoperabilidade da informação em todos os níveis de extensão geográfica, tornando-se com isto um padrão universal. A caminhada neste sentido deverá envolver etapas intermediárias, pois os investimentos feitos, até aqui, pelas corporações e concessionárias em suas redes com as tecnologias tradicionais, não podem ser descartados de uma hora para outra.

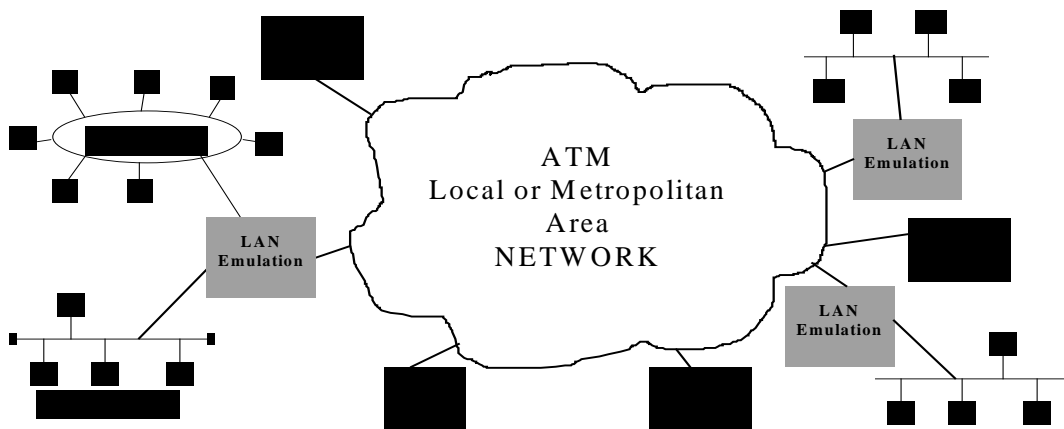
São previstas as seguintes etapas na disseminação do tecnologia ATM:

- 1.- Backbones utilizando Switches ATM em ambientes de Redes Locais ou Corporativos.
- 2.- Redes ATM com abrangência metropolitana ou regional, interligando Redes Locais, Backbones de Redes Locais e mesmo estações de trabalho com interfaceamento ATM direto.
- 3.- Surgimento da Rede Digital de Serviços Integrados de Faixa Larga (RDSI-FL) estruturada sobre o suporte público de Telecomunicações PDH/SDH (Hierarquia Digital Plesiócrona e Síncrona) e tecnologia ATM como suporte de transporte.

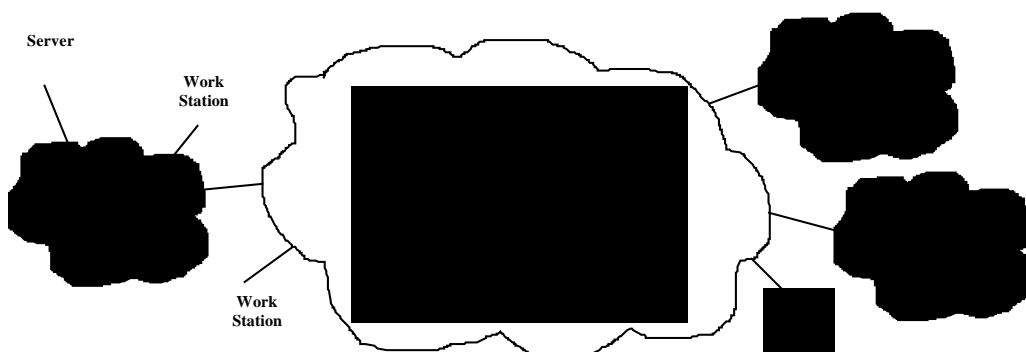
A figura 13 caracteriza de forma genérica as arquiteturas típicas das redes de banda larga nestas diversas etapas de disseminação do ATM.



(a)



(b)



(c)

Fig. 13 - As três etapas de disseminação da Tecnologia ATM;
(a) Backbone com Switch ATM em Redes Corporativas (início década 90).
(b) Interligação de redes Locais através de LAN Emulation (fim década. 90).
(c) Solução global ATM através da B-ISDN (início milênio 2000).

O ATM Forum, organismo internacional formado com o objetivo de acelerar o uso de produtos e serviços ATM, realiza intensas atividades no sentido de uma rápida convergência e demonstração de especificações de interoperabilidade do ATM com outras tecnologias, e também, para promover uma cooperação entre as indústrias de equipamentos ATM. Atualmente o ATM Forum é composto de dez subgrupos, sendo que um deles é encarregado especificamente do estudo da interoperabilidade do ATM com as LANs tradicionais segundo um conceito de emulação. Esta preocupação é justificada devido ao grande número de LANs instaladas. Para tornar atrativo a utilização do ATM, mesmo tendo em vista ainda o alto custo deste suporte, foi sugerido por este grupo de estudos, um serviço de emulação de LANs (LANE - LAN Emulation). Este serviço possibilita às empresas as vantagens da rede ATM, sem ter que descartar os investimentos já feitos com as LANs, estruturadas segundo as tecnologias tradicionais.

Por outro lado, a realidade da Internet, como solução para a extensão geográfica das redes corporativas, também é um fato inquestionável. Hoje em dia é impossível que uma rede corporativa não conte com este tipo de suporte, tendo em vista a característica de globalização atualmente alcançada pela rede Internet. Um dos grandes desafios que se impõem hoje, quando se trata de integração de serviços em redes de banda larga é com relação a solução a ser adotada para a Internet, atualmente a rede de maior porte e extensão a nível mundial.

10. - Bibliografia

- [ATT91] AT&T Laboratórios Bell, **Os Avanços tecnológicos para o século XXI**, In, Suplemento Revista Nacional de Telecomunicações, Suplemento Especial, outubro de 91, 16p.
- [BAT92] BATES B., **Introduction to T1/T3 Networking**. Norwood, MA. Artech House Inc. 1992,
- [COR93] Correia, M. L. e Bernal, P. S. M., **Rede Corporativa Integrada - Voz/Dados/Imagem**, São Paulo: Livros Érica Editora Ltda., 1993. 160p.
- [GOM95] Gomes Soares, L. F., Lemos, G. e Colcher, S., **Redes de Computadores - Das LANs MANs e WANs às Redes ATM**, Rio de Janeiro: Editora Campus, 1995, 576 p.
- [HEW94] Hewlett Packard Company, **B-ISDN/ATM Testing Technologies Seminar 1994**, Seminar Handbook, Hewlett Packard Company 1994.
- [IET94] IETF Internet Engineering Task Force, RFC 1577, **Classical IP and ARP over ATM**, Network Working Group, 01/1994.
- [IET96a] IETF Internet Engineering Task Force, RFC 2022, **Support for Multicast over UNI 3.0/3.1 based ATM Networks**, Network Working Group, 11/1996.
- [KYA95] Kyas, O. **ATM Networks**, International Thomson Publishing, 1995, 372p.
- [PRY95] Prycker, Martin de, **Asynchronous Transfer Mode, Solution for Broadband ISDN**, Ed. Prentice Hall, 1995.
- [ROC95] Rochol, J. **Comunicação Digital**. UFRGS, Instituto de Informática, Texto Didático, 1995, 206 p.

- [SIS94] Sistema Telebrás, **Princípios Básicos de ATM**, In: I. Seminário Telebrás em Redes de Serviços de Faixa Larga. CBTT 13, Brasília 1994, 49 p.
- [STA92] Stallings, W., **ISDN and Broadband ISDN**. New York: Macmillan Publishing Company, Second Edition, 1992, 633 p.
- [SUR94] Suruagy Monteiro, J. A., **Rede Digital de Serviços Integrados de Faixa Larga (RDSI-FL)**, Recife : UFPE-DI, IX Escola de Computação, 1994, julho, 206 p.
- [TAF94a] The ATM Forum, **ATM User-Network Interface Specification**, Version 3.1 (UNI 3.1), 09/1994.
- [TAF95] The ATM Forum, **LAN Emulation Over ATM**, Version 1.0, AF-LANE-0021.000, 01/1995.
- [TAN96] Tanenbaum A. S., **Computer Networks**, Third Edition, Ed. Prentice Hall, 1996.