

UMA ESTAÇÃO DE TRANSPORTE DE DADOS

José Roberto Emiliano Leite  
Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebrás  
Campinas/SP

Mário Jino  
Faculdade de Engenharia de Campinas - UNICAMP  
Campinas/SP

RESUMO :

Esta Estação de Transporte de Dados permite o acesso de terminais e computadores às redes de comutação de pacotes; executa os Protocolos de Acesso à Rede e o Protocolo de Transporte Fim-a-Fim entre sistemas, melhorando assim a qualidade da comunicação.

1. INTRODUÇÃO

A diversidade de sistemas computacionais existentes, a complexidade inerente à troca de informações numa rede e a necessidade crescente da interconexão desses sistemas fizeram com que a ISO (International Standards Organization) lançasse em 1983 a Recomendação ISO 7498 com o Modelo de Referência para a Interconexão de Sistemas Abertos (Modelo OSI) [ISO83], com o objetivo de interligar sistemas computacionais, independentemente de lugar, marca e tipo.

O envolvimento crescente das Empresas Públicas de Telecomunicações em serviços oferecidos sobre as redes de comunicação de dados fez com que o CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) também lançasse em 1983 a Recomendação X.200 com seu Modelo de Referência [CCITT83], totalmente compatível com o Modelo da ISO.

Devido à complexidade da interconexão desses sistemas, o Modelo de Referência divide a comunicação entre sistemas em sete camadas, cada uma delas executando um conjunto de funções específicas, utilizando para isso os serviços oferecidos pela camada inferior. As três primeiras camadas (Física, Enlace e Rede) se preocupam com os Protocolos de Acesso à Rede e de

Interconexão de Redes. A quarta camada, Camada de Transporte, se preocupa com o Protocolo de Transporte Fim-a-Fim entre sistemas, melhorando assim a qualidade da comunicação. As camadas superiores (Sessão, Apresentação e Aplicação) se preocupam com os Protocolos de Alto Nível existentes em diversas Aplicações (Ver Fig.1).

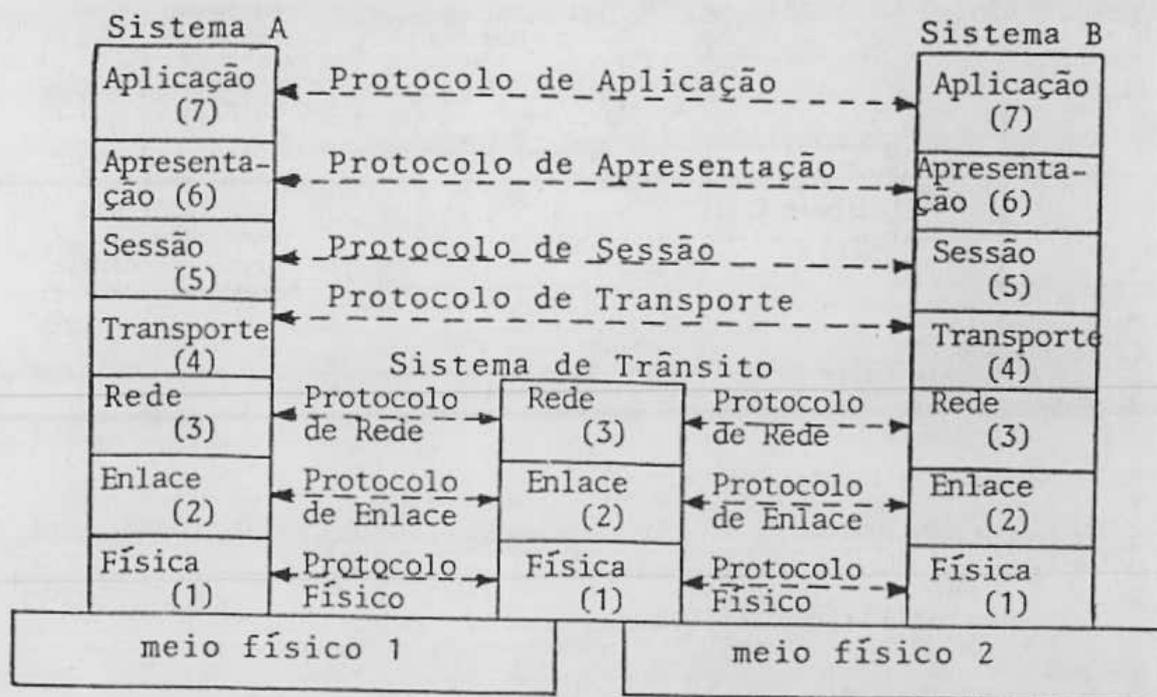


Figura 1 : Arquitetura do Modelo de Referência OSI.

Esta Estação de Transporte de Dados, simplificada, chamada de ETR, permite o acesso de terminais ou computadores às redes de comutação de pacotes. Parte deste equipamento foi desenvolvido como Tese de Mestrado da Faculdade de Engenharia de Campinas da UNICAMP [EMIL85]. A ETR executa os quatro primeiros níveis de protocolo do Modelo de Referência OSI; os três primeiros níveis foram implementados utilizando-se a Recomendação X.25 do CCITT [CCITT80], que é o protocolo normal de acesso às redes de pacotes; o quarto nível foi implementado utilizando-se a Recomendação X.224 do CCITT [CCITT82]. Desta forma, a ETR possibilita que "Terminais não Inteligentes" tenham acesso à rede de pacotes; possibilita também a eliminação da implementação desses quatro níveis nos computadores, tornando desnecessário o desenvolvimento específico desse software para cada tipo de máquina e eliminando, portanto, grande parte do seu processamento. Visto pela rede, a ETR é um assinante modo pacote normal, não existindo nenhum vínculo de supervisão e

controle da rede sobre a ETR (Ver Fig.2).

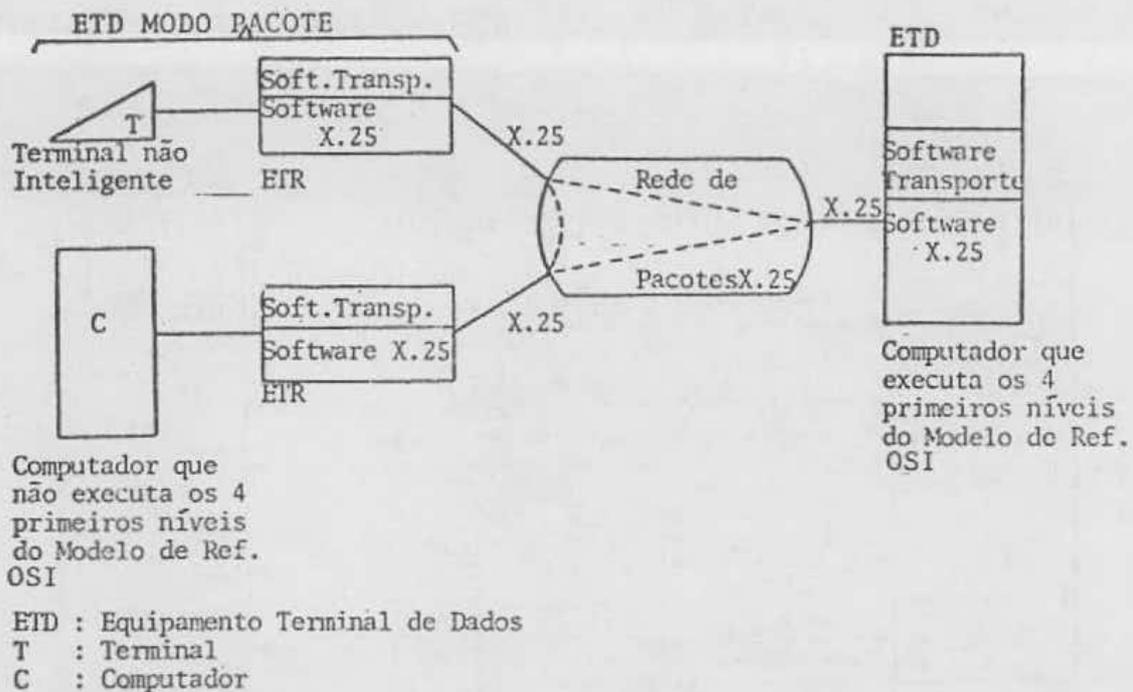
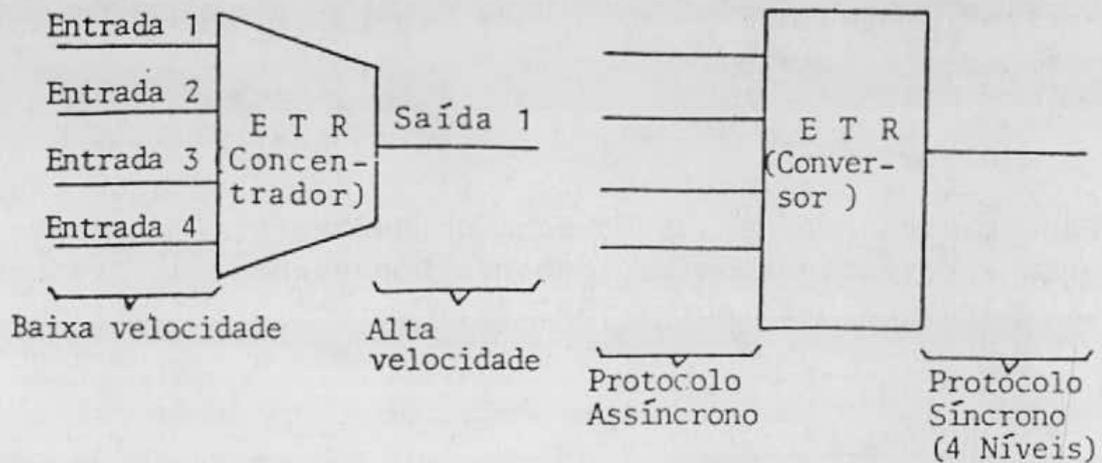


Figura 2 : A utilização da ETR.

O acesso dos usuários é feito através de quatro linhas assíncronas de baixa velocidade. O acesso à rede é feito através de uma linha síncrona de alta velocidade. Desta forma, a ETR também pode ser vista como um concentrador de quatro entradas de baixa velocidade com uma saída de alta velocidade (Ver Fig.3a). A ETR também pode ser vista como um Conversor de Protocolo Assíncrono para Síncrono (com quatro níveis de protocolo) (Ver Fig.3b).



a) Visualização da Função de Concentração da ETR

b) Visualização da Função de Conversão da ETR

Figura 3 : Funções desempenhadas pela ETR : Concentração e Conversão.

O Protocolo Assíncrono de Acesso à ETR é formado por Comandos (do usuário para a ETR) e Sinais de Aviso (da ETR para o usuário). Esses comandos são convertidos em blocos de controle de transporte e os blocos de controle de transporte recebidos são convertidos em sinais de aviso. Os dados são transmitidos e recebidos em blocos de dados de transporte. Os blocos de controle e de dados de transporte são transmitidos e recebidos em pacotes de dados em Nível 3-X.25. Os pacotes de controle e de dados são transmitidos e recebidos em quadros de informação em Nível 2-X.25 (Ver Fig.4).

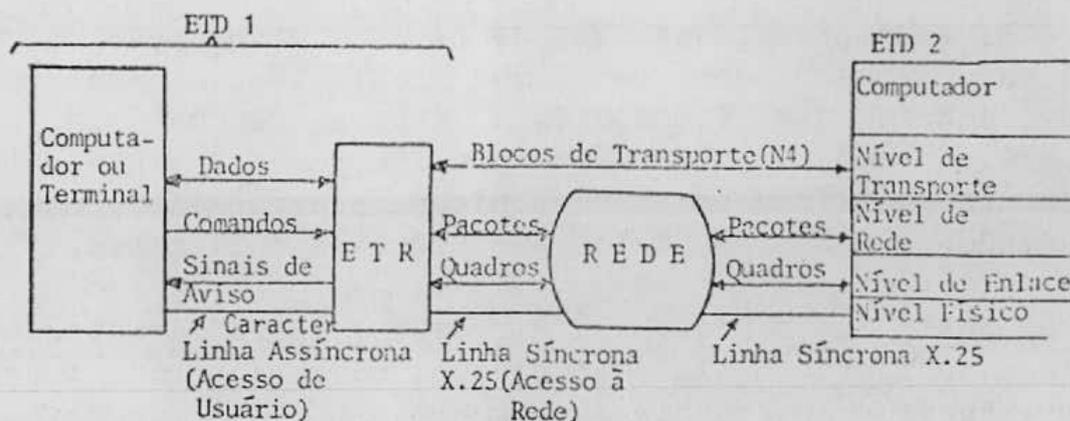


Figura 4 : Conversão Assíncrona/Síncrona X.25.

A ETR foi implementada em três camadas : Hardware, Software Básico e Software Aplicativo; cada camada executa um conjunto de funções específicas, utilizando para isso os

serviços oferecidos pela camada inferior. Essas camadas são detalhadas a seguir.

O Hardware e o Software Básico utilizados na ETR foram aproveitados do equipamento PAD do Projeto Rexpac do CPqD-Telebrás. Alguns processos do Software Aplicativo da ETR foram aproveitados do equipamento Conversor de Protocolo X.25 (CX.25) do CPqD-Telebrás [EMIL84].

## 2. O HARDWARE DA ETR

O Hardware utilizado na ETR é baseado no microprocessador de 8 bits Intel 8085A. Possui quatro acessos assíncronos do tipo "start-stop" com taxa de até 1200 Bps, "Full-Duplex", com interface completa para modem (Acessos de Usuários). A entrada de caracteres nesse acesso é feita por interrupção.

Possui um acesso síncrono do tipo "HDLC", com taxa de até 9600 Bps, "Full-Duplex", com interface completa para modem (linha X.25 de acesso à rede de pacotes). A entrada de bytes nesse acesso é feita por DMA.

Possui também uma interface para um acionador de "floppy-disk". O Carregamento do Software Básico e do Software Aplicativo é executado através do "floppy-disk" utilizando-se um monitor de depuração.

O Sistema possui uma base de tempo (interrupção a cada 10 mseg) para processamento em tempo real. Possui também 64 Kbytes de memória RAM dinâmica, 4 Kbytes de memória EPROM intercambiável com a RAM nos primeiros 4 Kbytes de endereçamento. Na EPROM existe o monitor de depuração e na RAM são carregados o Software Básico e o Software Aplicativo.

Na porta assíncrona, a ETR recebe e envia caracteres de 8 bits, sem manipular o bit de paridade. Os caracteres trocados seguem o Alfabeto Internacional Número 5 (IA5) descrito na Recomendação V.3 do CCITT; esses caracteres são os próprios caracteres ASCII.

Deve-se observar que numa versão industrial, mais econômica, não é necessário o acionador de "floppy-disk"; parte da memória RAM pode ser substituída por EPROM e nesta podem ser gravados os códigos do Software Básico e do Software Aplicativo.

Com isso, o custo do Hardware da ETR diminui bastante.

### 3. O SOFTWARE BÁSICO DA ETR

O Software Básico da ETR, também chamado de Sistema Operacional, executa as seguintes funções :

- Gerenciamento do compartilhamento da memória do processador entre processos;
- Gerenciamento de ocupação da CPU do processador pelos processos;
- Gerenciamento do controle das interfaces físicas;
- Gerenciamento da comunicação entre processos, através de troca de mensagem;
- Gerenciamento de temporizações solicitadas por processos;
- Gerenciamento de Semáforos;
- Ativação de Processos;
- Funções Especiais de Depuração.

A divisão da ocupação da CPU pelos vários processos é feita através de bloqueio. A cada chamada ao Sistema Operacional, o processo chamador pode ser retirado da CPU e nesta pode entrar um outro processo. O processo chamador pode ficar bloqueado até posterior liberação. Pode existir um esquema de prioridade entre os processos.

As interfaces físicas são controladas por "Drivers" que são considerados como processos pertencentes ao Sistema Operacional. Esses "drivers" são responsáveis pela recepção/transmissão de informação das/para as linhas físicas. Os processos de aplicação utilizam esses processos "drivers" para o interfaceamento com as linhas.

#### 4. O SOFTWARE APLICATIVO DA ETR

O Software Aplicativo da ETR executa todas as funções adicionais necessárias na ETR. Parte do Software Aplicativo da ETR foi aproveitada do equipamento CX.25 do CPqD-Telebrás [EMIL84]. O Software Aplicativo da ETR foi desenvolvido em PL/M-80. Nas interfaces assíncronas com os usuários, ele executa o Protocolo Assíncrono: recebe caracteres formando comandos/dados de usuário e envia sinais de aviso/dados de usuário. Na interface síncrona com a rede, ele executa o Protocolo Síncrono X.25 [CCITT80] de acesso à rede e o Protocolo de Transporte X.224 [CCITT82].

O Software Aplicativo da ETR executa as seguintes funções:

- montagem de caracteres em blocos de dados de transporte;
- partição de blocos de dados de transporte em caracteres;
- edição do "buffer" de recepção de caracteres;
- controle de fluxo dos dados trocados com os usuários;
- análise sintática dos comandos recebidos dos usuários;
- geração de sinais de aviso aos usuários;
- gerenciamento e execução dos procedimentos de estabelecimento e liberação de conexões de transporte;
- gerenciamento e execução dos procedimentos de envio de dados normais e acelerados nas conexões de transporte;
- recuperação de erros;
- multiplexação de conexões de transporte em conexão de rede;
- gerenciamento e execução dos procedimentos de estabelecimento, reinicialização e liberação de conexões de rede;
- gerenciamento e execução dos procedimentos de estabelecimento, reinicialização e liberação da conexão de enlace;
- gerenciamento e execução do procedimento de desativação da ETR.

O Protocolo Assíncrono executado pela ETR possui três níveis de tratamento: Caracter, Comandos/Sinais de Aviso e Dados.

O primeiro nível de tratamento é o Nível de Caracter;

todo caracter recebido é analisado para ver se este possui algum significado especial, tais como : escape da fase de transferência de dados, supressão de caracter do "buffer" de edição, fim de linha, controle de fluxo, etc. Nestes casos, o caracter é tratado de forma especial, conforme o seu significado. Caso contrário, o caracter é armazenado no "buffer" de edição.

O segundo nível de tratamento é o Nível de Comandos e Sinais de Aviso. Os caracteres recebidos no "buffer" de edição podem formar um comando que é analisado para se descobrir o seu significado; conforme o seu significado, a ação adequada é executada, como listada a seguir:

- solicitação de estabelecimento de Conexão de Transporte;
- solicitação de envio de dados acelerados;
- solicitação de liberação de Conexão de Transporte;
- solicitação de reinicialização de Conexão de Rede ("reset");
- solicitação de desativação da ETR.

Um usuário só pode emitir um novo comando quando o anterior estiver totalmente executado.

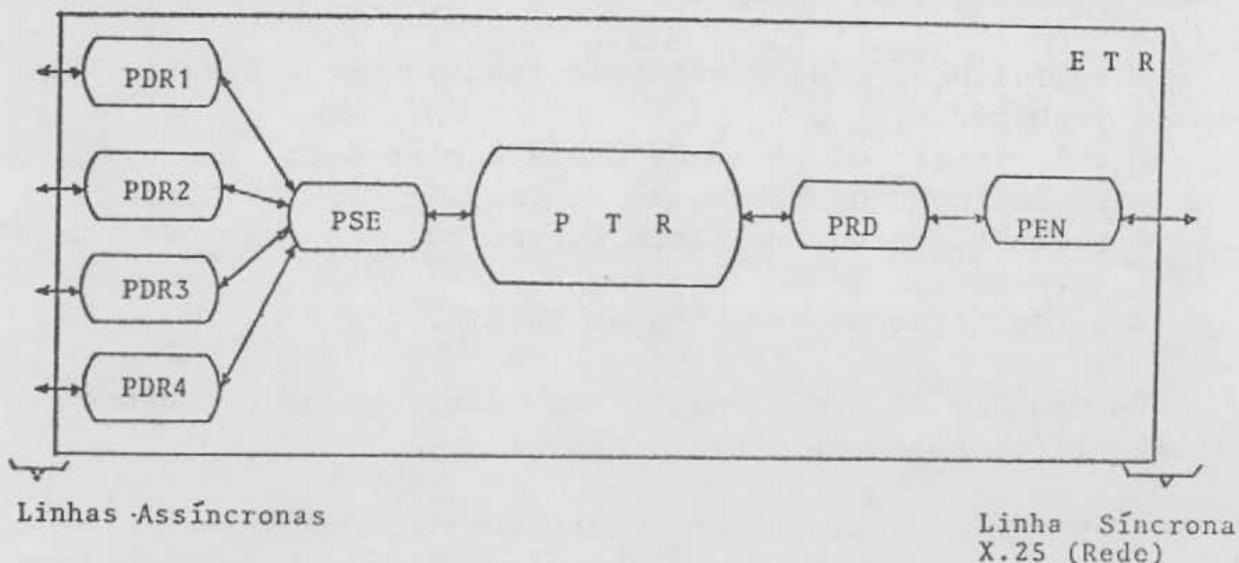
A ETR deve constantemente sinalizar aos usuários o que está ocorrendo nas conexões de transporte com os ETDs remotos; isso é feito através dos sinais de aviso, como listados a seguir:

- confirmação de estabelecimento de Conexão de Transporte solicitada localmente;
- indicação de estabelecimento de Conexão de Transporte solicitada remotamente;
- indicação de recepção de dados acelerados;
- indicação de liberação de Conexão de Transporte;
- avisos gerais.

O terceiro nível de tratamento é o Nível de Dados. Os caracteres recebidos são montados em blocos de dados de transporte e são enviados através da rede de pacotes até o ETD remoto; os blocos de dados de transporte recebidos são particionados e enviados como caracteres de dados para o usuário.

#### 4.1. Arquitetura do Software Aplicativo

O Software Aplicativo da ETR é formado por um conjunto de processos concorrentes que se comunicam entre si na execução de diversas funções; a comunicação entre os processos é feita através do Sistema Operacional. O Software Aplicativo da ETR foi dividido em cinco tipos de processos, para que todas as funções de um determinado nível de protocolo ficassem agrupadas num único processo, facilitando assim a implementação e a manipulação dos mesmos. Na figura 5 mostra-se a arquitetura do Software Aplicativo da ETR; a descrição básica de cada processo é dada a seguir.



PDRn : Processo "Driver" n de Aplicação  
PSE : Processo de Sessão  
PTR : Processo de Transporte  
PRD : Processo de Rede  
PEN : Processo de Enlace

Linha Síncrona  
X.25 (Rede)

Figura 5 : Arquitetura do Software Aplicativo da ETR.

##### 4.1.1. O Processo PDR

O Processo "Driver" de Aplicação (PDR) é responsável pelo tratamento de caracter na interface assíncrona. Existe um Processo PDR para cada porta assíncrona.

O Processo PDR executa as seguintes funções :

- recepção de caracter do "driver" do Sistema Operacional;
- envio de caracter ao "driver" do Sistema Operacional;

- análise do caracter recebido para descobrir se este tem algum significado especial, tais como : escape, fim de linha, controle de fluxo, etc ;
- montagem de caracteres em blocos;
- partição de blocos em caracteres;
- edição do "buffer" de recepção de caracteres;
- controle de fluxo dos dados trocados.

O Processo PDR não possui nenhuma estrutura de dados especial; possui um "buffer" de recepção para a edição de caracteres recebidos e um "buffer" de transmissão para a transmissão dos caracteres a serem enviados; possui também o estado da conexão física assim como o estado da conexão lógica.

#### 4.1.2. O Processo PSE

O Processo de Sessão (PSE) é responsável pelo tratamento de Comandos e geração de Sinais de Aviso. Ele simula a Camada de Sessão para o Processo PTR.

O Processo PSE executa as seguintes funções :

- recepção de comandos dos Processos PDRs;
- envio de sinais de aviso aos Processos PDRs;
- recepção de dados dos Processos PDRs;
- envio de dados aos Processos PDRs;
- análise sintática de comandos;
- análise semântica de comandos;
- execução dos comandos recebidos através de solicitação de ações sobre o Processo PTR : estabelecimento/liberação de conexão de transporte, envio de dados acelerados, desativação da ETR e reinicialização de Conexão de Rede.

O Processo PSE possui as seguintes Estruturas de Dados :

- Tabela de Controle de Conexões (TCC) : armazena o estado de todas as portas lógicas;
- Tabela de Comandos (TCM) : armazena todos os comandos existentes na ETR;
- Tabela de Sinais de Aviso (TSA) : armazena todos os sinais de aviso existentes na ETR.

#### 4.1.3. O Processo PTR

O Processo de Transporte (PTR) é responsável pela execução das funções da Camada de Transporte do Modelo de Referência da ISO/CCITT; implementa as Classes 0, 1, 2 e 3 do Protocolo de Transporte do referido modelo e é o processo de maior complexidade da ETR.

O Processo PTR executa as seguintes funções :

- mapeamento de endereços de transporte com endereços de rede;
- estabelecimento de conexão de transporte;
- liberação de conexão de transporte;
- rejeição do pedido de estabelecimento remoto;
- transmissão de blocos de transporte;
- recepção de blocos de transporte;
- transferência de dados normais;
- transferência de dados acelerados;
- segmentação e montagem dos dados normais;
- multiplexação de conexões de transporte em conexão de rede;
- controle de fluxo dos dados;
- recuperação de erro;
- finalização da operação do nível de rede.

O Processo PTR possui as seguintes estruturas de Dados :

- Tabela de Conexões de Transporte (TCT) : armazena informações de todas as conexões de transporte existentes;
- Tabela de Conexões de Rede (TCRE) : armazena informações de todas as conexões de rede utilizadas pelo Processo PTR;
- Tabela de Multiplexação (TMU) : armazena informações sobre quais conexões de transporte são multiplexadas por cada conexão de rede em utilização.

Além disso, a cada Conexão de Transporte estão associadas as seguintes estruturas de armazenamento :

- Fila de Transmissão de Dados Normais (FTRTDT) : armazena os blocos de dados normais a serem transmitidos/retransmitidos;
- Fila de Transmissão de Dados Acelerados (FTRTÉD) : armazena os blocos de dados acelerados a serem

- transmitidos/retransmitidos;
- Lista Ligada de Recepção de Dados Normais (FRECTDT) : armazena os blocos de dados normais recebidos, para a execução do procedimento de Montagem.

Maiores detalhes sobre este processo podem ser vistos em |EMIL85|.

#### 4.1.4. O Processo PRD

O Processo de Rede (PRD) é responsável pelas funções do Nível 3 da Recomendação X.25 do CCITT |CCITT80|. É responsável pelo acesso à rede de pacotes, a Nível de Pacote.

O Processo PRD executa as seguintes funções :

- estabelecimento de circuitos virtuais;
- liberação de circuitos virtuais;
- rejeição do pedido de estabelecimento remoto;
- transmissão de pacotes;
- recepção de pacotes;
- transferência de dados normais;
- transferência de dados acelerados;
- controle de fluxo de dados;
- reinicialização do circuito virtual ("reset");
- reinicialização do enlace ("Restart");
- finalização da operação do Nível de Enlace.

O Processo PRD possui a seguinte Estrutura de Dados :

- Tabela de Circuitos Virtuais (TCV) : armazena informações de todos os circuitos virtuais existentes.

Além disso, a cada Circuito Virtual está associada uma Fila de Armazenamento de Pacotes de Dados a serem transmitidos.

#### 4.1.5. O Processo PEN

O Processo de Enlace (PEN) é responsável por parte das funções do Nível 2 da Recomendação X.25 do CCITT |CCITT80|. É responsável pelo acesso à rede de pacotes, a Nível de Enlace.

O Processo PEN executa as seguintes funções :

- conexão do enlace de dados;
- desconexão do enlace de dados;
- rejeição do pedido de conexão remota;
- transmissão de quadros ao "driver" síncrono do Sistema Operacional;
- recepção de quadros do "driver" síncrono do Sistema Operacional;
- detecção e recuperação de erros;
- retransmissão de quadros de informação;
- transferência de dados;
- controle de fluxo de dados;
- rejeição de quadros de informação;
- rejeição de quadros anormais;
- reinicialização do enlace.

O Processo PEN não possui nenhuma tabela especial; possui um conjunto de variáveis que armazenam informações da conexão do enlace de dados; a Conexão de Enlace está associada uma Fila de Armazenamento dos Quadros de Informação a serem transmitidos/retransmitidos.

## 5. CONCLUSÃO

Com a padronização internacional dos protocolos de comunicação, a tendência nas redes de computadores é que esses protocolos deixem de ser implementados nos processadores centrais e fiquem implementados em processadores dedicados à comunicação. A ETR dá um grande passo nesse sentido, pois oferece um processador dedicado à comunicação, com quatro níveis de protocolo.

## 6. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Analista de Sistemas AKIKO HAYASHI pela participação no desenvolvimento deste equipamento.

## 7. REFERÊNCIAS

|CCITT80|  
 CCITT - Recommendation X.25 : Interface between Data Terminal Equipment (DTE) and Data Circuit Terminating Equipment (DCE) for Terminals operating in the Packet Mode on Public Data Networks. 1980.

|CCITT82|

CCITT - Proyecto de Recomendación X.224 : Especificación de Protocolo de Transporte en la Interconexión de Sistemas Abiertos para Aplicaciones del CCITT. 1982.

|CCITT83|

CCITT - Proyecto de Recomendación X.200 : Modelo de Referência de Interconexión de Sistemas Abiertos para Aplicaciones del CCITT. 1983.

|EMIL84|

Emiliano, José Roberto Leite - O Conversor de Protocolo Assíncrono/Síncrono(X.25).

Segundo Simpósio Brasileiro de Telecomunicações. 1984.

|EMIL85|

Emiliano, José Roberto Leite - Tese de Mestrado da FEC, UNICAMP: Projeto e Implementação de uma Estação de Transporte de Dados. 1985.

|ISO83|

ISO - ISO 7498 : Basic Reference Model for Open Systems Interconnection. 1983.