

REDES DE COMPUTADORES: MODELO OSI

Eleri Cardozo

Mauricio F. Magalhães

Departamento de Engenharia de Computação
e Automação Industrial

Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação
Universidade Estadual de Campinas

2002

©1995-2002 DCA/FEEC/UNICAMP

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 Conceitos Básicos

Definiremos **Rede de Computadores** como um conjunto de computadores *autônomos* e *interconectados*. O termo *autônomo* exclui arranjos de processadores que apresentam relação mestre/escravo ou dispõem de um controle centralizado como os multiprocessadores, as máquinas *data flow* e os *array processors*. Em uma rede, nenhum computador obedece a comandos de outro, possuindo inclusive autonomia para se desconectar da rede.

Os meios de interconexão (ou meio físico) são muitos: cabos de cobre, fibras óticas, rotas de microondas, radiodifusão, etc. Atualmente, os cabos de cobre (pares trançados) são os mais empregados em distâncias não superiores a 100 m. Acima desta distância, a fibra ótica é mais econômica. Os meios de interconexão limitam tanto a taxa de transmissão de informação quanto a extensão geográfica da rede. Quanto a sua extensão geográfica, as redes se classificam em:

1. Redes Locais (LAN: Local Area Network): interconectam computadores localizados em uma mesma sala ou edifício (raio não superior a 100 m). Tipicamente, par trançado metálico é empregado como meio físico.
2. Redes de Campus (CAN: Campus Area Network): interconectam computadores no nível de campus (fábrica, universidade, etc.) em extensões não superiores a 10 Km. Tipicamente são compostas de várias LANs interligadas por uma rede de alto desempenho (backbone) baseada em fibra ótica.
3. Redes Metropolitanas (MAN: Metropolitan Area Network): interconectam computadores e LANs no nível regional (5 - 100 Km), usualmente empregando uma ou mais redes de alto desempenho interconectadas.
4. Redes de Longa Distância (WAN: Wide Area Network): interconectam computadores e LANs no nível nacional ou continental (100 - 5000 Km). Via de regra são operadas por companhias de telecomunicações que oferecem serviços de longa distância.

Uma rede é dita *homogênea* se todos os computadores por ela interconectados são idênticos. Caso contrário, temos uma rede *heterogênea*. Obviamente, redes heterogêneas demandam

padronização tanto no nível de hardware (tensões, frequências, etc.) quanto no nível de software (por exemplo, representação de dados e formatação de mensagens).

O objetivo central de uma rede de computadores é o compartilhamento de informação e recursos. Outros benefícios importantes são:

- o crescimento gradual da capacidade de processamento da informação;
- a diversidade de equipamentos e a liberdade de escolha;
- o aumento da confiabilidade (via redundância);
- o processamento da informação *in loco*;
- um meio alternativo de comunicação social.

1.2 Aplicações Típicas

A tecnologia de redes de computadores teve profundo impacto nas atividades relacionadas ao ensino/pesquisa, produção e serviços, e administração. No ensino/pesquisa, a interligação de bibliotecas, o correio eletrônico e os sistemas hipertexto/hipermídia aumentam a velocidade de disseminação do conhecimento.

Nas atividades relacionadas à produção, as redes locais suportam a automação da manufatura, os sistemas distribuídos de controle digital (SDCD) e a manufatura integrada. As modernas tecnologias de fabricação demandam uma capacidade de processamento de informação em diversos níveis (desde o controle de sensores e manipuladores até a emissão de faturas) capaz de ser obtida apenas com a interconexão de processadores diversificados (PCs, estações de trabalho, computadores de processo, etc.).

No campo da administração, a automação de escritórios é o melhor exemplo do emprego de redes de computadores. Anterior à popularização do computador pessoal, poucos eram os funcionários administrativos capazes de operar um terminal conectado a *mainframe*. Hoje, nas empresas, com a disseminação dos computadores pessoais (conectados via rede local), documentos são gerados, transmitidos e armazenados sem a necessidade de manipulação de papéis, envelopes, carimbos, etiquetas, etc. A substituição do papel pela mídia eletrônica teve profundo impacto na racionalização dos custos administrativos.

Na década de setenta, as empresas de telecomunicação passaram a oferecer serviços de comunicação de dados, utilizando, muitas vezes, as próprias linhas de voz existentes. A comunicação de dados permite a interconexão em longa distância de computadores. Se o canal de comunicação for de banda larga, a informação poderá vir acompanhada de sinais de vídeo e áudio (digitalizados e compactados). Inicia-se assim a era da multimídia, abrindo-se novas fronteiras no emprego do computador como veículo de comunicação e interação humana. Pessoas localizadas em diferentes cidades ou países poderão interagir em sessões de trabalho cooperativo como tele-conferência, tele-medicina, e educação a distância

1.3 Estruturas de Redes

Um computador conectado à rede é denominado *sistema terminal* (end system) ou *host*. Hosts são conectados por uma *subrede de comunicação*. Subredes carregam *mensagens* (ou *pacotes*) de um host para outro. Tipicamente, em redes locais, a subrede de comunicação se reduz a um único dispositivo de chaveamento denominado (*repetidor* ou *chave*). Em redes de longa distância, a subrede de comunicação é composta de *linhas de transmissão* (ou *canais*) e dispositivos de chaveamento denominados *sistemas intermediários* (Intermediate Systems) ou *roteadores*. Roteadores são computadores especializados que conectam duas ou mais linhas de transmissão e aos quais os hosts se conectam (figura 1.3).

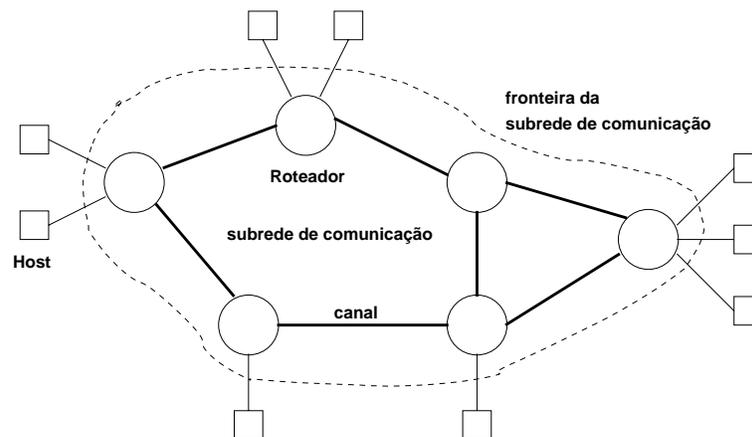


Figura 1.1: Hosts e roteadores em uma subrede de comunicação.

Subredes de comunicação se dividem em dois grupos: ponto-a-ponto e de difusão (broadcast). Em subredes ponto-a-ponto os roteadores são conectados por linhas de transmissão, de sorte que apenas roteadores diretamente conectados se comunicam. Se uma mensagem necessita ser transmitida entre dois roteadores não conectados, a mesma deve ser comutada através de outros roteadores. A figura 1.3 ilustra as topologias típicas de subredes ponto-a-ponto.

Em subredes de difusão todos os hosts compartilham uma mesma linha de transmissão. Mensagens enviadas por um host são recebidas por todos os demais. Se o endereço de destino contido na mensagem for diferente do endereço do host que a recebeu, a mensagem é simplesmente descartada. A figura 1.3 mostra as topologias típicas de subredes de difusão.

1.4 Padronização de Redes

Um *padrão* é um conjunto de normas e procedimentos. O cumprimento destas normas e procedimentos pode ser obrigatório (normalmente quando relacionados à segurança do homem) ou recomendável (normalmente quando relacionados à qualidade de produtos e serviços). Padrões visam homogeneizar produtos e serviços num nível aceitável de qualidade

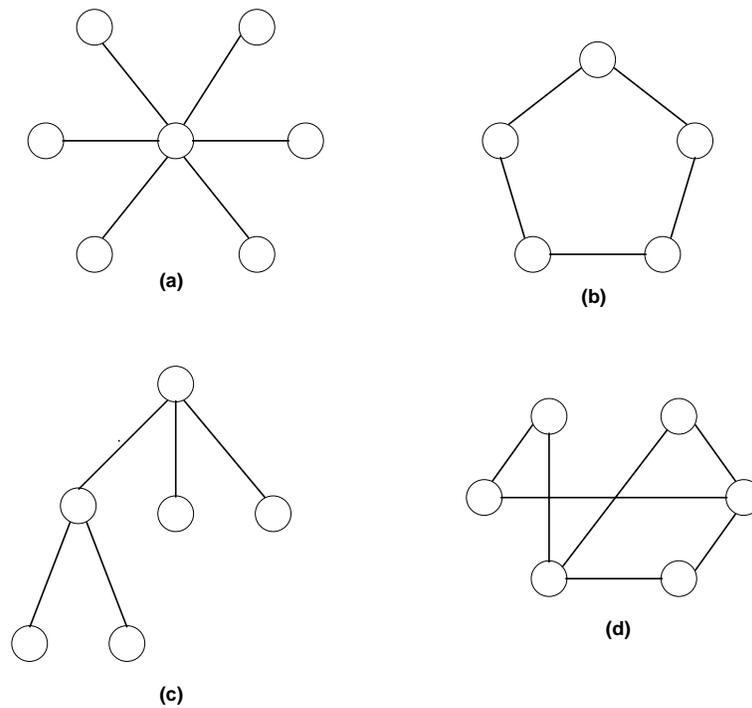


Figura 1.2: Topologias típicas em subredes ponto-a-ponto: (a) Estrela (b) Anel, (c) Árvore, (d) Genérica.

e segurança, minimizar investimentos em estoques, compatibilizar equipamentos de diferentes procedências, etc.

Um padrão é dito *de facto* quando foi adotado sem nenhuma ação de entidade reguladora. Exemplo: IBM-PC. Por outro lado, padrões *de jure* são produzidos por entidades reguladoras, nacionais ou internacionais, governamentais ou não. Exemplo: ISO-9000.

Cada país industrializado ou semi-industrializado possui uma entidade de padronização. As mais conhecidas no ramo da engenharia elétrica são:

- Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT);
- EUA: American National Standard Institute (ANSI) e Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE);
- Alemanha: Deutsche Industrie-Norm (DIN);
- Inglaterra: British Standard Institution (BSI).

Na área de redes de computadores os padrões *de jure* são estabelecidos por duas entidades: ITU-TS (International Telecommunications Union - Telecommunication Standardization), antiga CCITT (Comité Consultatif International de Télégraphique et Téléphonique), que congrega as companhias de telecomunicações nacionais; e a ISO (International Standard Organization), que congrega as entidades de padronização nacionais.

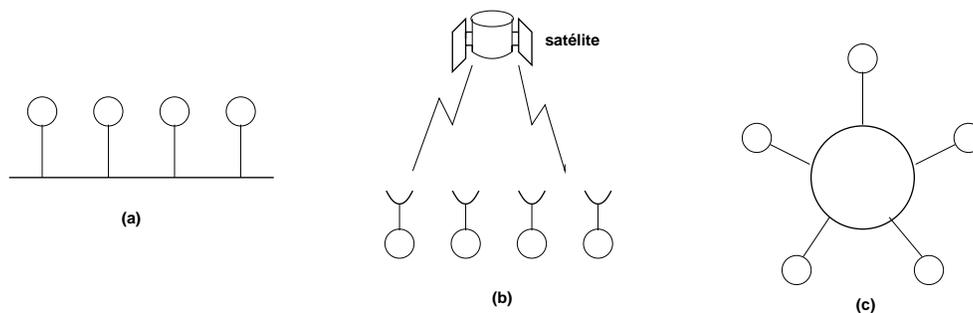


Figura 1.3: Topologias típicas em subredes de difusão: (a) Barramento (b) Radiodifusão via satélite, (c) Anel.

A ISO tem aceito padrões já estabelecidos por outras entidades (principalmente ANSI, IEEE e ITU-TS) como padrões internacionais, simplesmente redigindo-os e catalogando-os de acordo com os seus critérios. Por exemplo, o padrão IEEE 802 para redes locais foi adotado integralmente pela ISO (ISO 8802).

Padrões da ITU-TS normalmente se referem à transmissão de dados a longas distâncias, enquanto padrões ISO são mais voltados aos serviços que uma rede geralmente provê e a protocolos de conversação inter-hosts. A grosso modo, pode-se afirmar que padrões ITU-TS situam-se mais próximos do hardware que os padrões ISO.

Este texto cobrirá o modelo proposto pela ISO para a *Interconexão de Sistemas Abertos* (OSI¹) e conhecido como modelo ISO/OSI ou simplesmente modelo OSI. Este modelo estipula que uma rede de computadores deve ser estruturada em sete camadas, propondo um ou mais padrões para controlar o funcionamento de cada camada. Os padrões OSI estão ainda em vias de se tornarem padrões *de facto*.

Atualmente, os padrões *de facto* são os chamados padrões Internet². Criados pelo Departamento de Defesa (DoD) dos EUA para a interconexão de seus computadores no final da década de 70, têm sido adotado por todos os fabricantes daquele país para atender às normas de contrato impostas pelo DoD.

1.5 Estruturação de Redes em Camadas

Como todo sistema complexo, redes de computadores são normalmente modeladas como blocos funcionais interligados. Estes blocos são referidos na literatura como *camadas*, sendo associado a cada camada um *nível*. A idéia é que cada camada ofereça serviços à camada superior, escondendo os detalhes de como estes serviços são implementados.

Logicamente, a camada N de um host troca informação com a camada N dos outros hosts. As regras envolvidas na conversação formam o *protocolo* da camada N . A especificação de protocolos não trata de detalhes de como são implementados, detalhes estes que dependem da tecnologia empregada. Entre cada par de camadas adjacentes existe uma *interface*, que

¹Open Systems Interconnection

²Abreviação de *interconnected networks*.

define claramente as regras de utilização dos serviços oferecidos pela camada inferior. O conjunto de camadas e protocolos definem a *arquitetura* da rede.

Considere uma rede de cinco camadas como mostra a figura 1.5. Suponha que uma mensagem é gerada por um processo em um host e direcionada para um segundo processo num outro host. Vamos seguir esta mensagem pela rede da figura 1.5. Para processos do usuário, o ponto de entrada na rede é a camada 5. A camada 5 transforma os dados da mensagem em uma representação padrão, independente da arquitetura do processador, e submete a mensagem transformada à camada 4. Na camada 4 a mensagem é particionada em unidades menores, sendo a cada unidade adicionado um cabeçalho contendo informações de controle, tais como número de sequência e se a unidade é a última da sequência ou não. As unidades geradas na camada 4 são, uma a uma, conduzidas à camada 3.

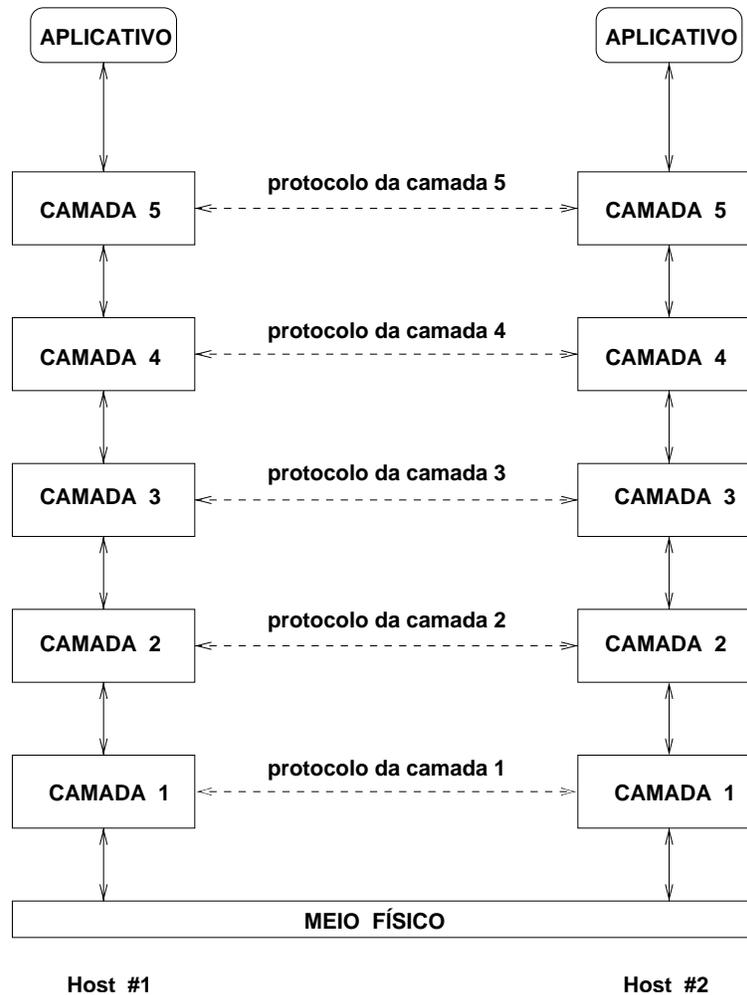


Figura 1.4: Camadas, protocolos e interfaces em uma rede de computadores.

A camada 3 decide o caminho que as unidades irão percorrer (roteamento). Informações tais como identificação dos hosts emissor e destinatário são contidas num outro cabeçalho adicionado pela camada 3. Na camada 2 é computado um código para fins de detecção de

erros (checksum). Esta camada adiciona tanto um novo cabeçalho quanto um rótulo demarcador de final nas unidades oriundas da camada 3. A camada 2 envia suas unidades para a camada 1, armazenando-as caso o protocolo desta camada exija confirmação de recepção. Na camada 1 serão gerados os sinais elétricos (ou óticos, ou eletromagnéticos, dependendo do meio físico de transmissão) que farão as unidades atingirem o host destinatário.

Ao receber (na camada 1) as unidades transmitidas, o host destinatário propaga-as para as camadas superiores, até atingir a camada 5, quando o processo destinatário será notificado. No caminho inverso, as unidades são remontadas de acordo com as informações contidas nos cabeçalhos: a mensagem atinge o processo receptor na forma em que foi enviada pelo processo emissor.

1.6 O modelo OSI

O modelo OSI é composto das 7 camadas apresentadas na figura 1.6. O modelo OSI não é uma arquitetura, posto que não especifica os protocolos empregado pelas camadas. Entretanto, a ISO tem produzido protocolos para as 7 camadas, publicados como padrões internacionais.

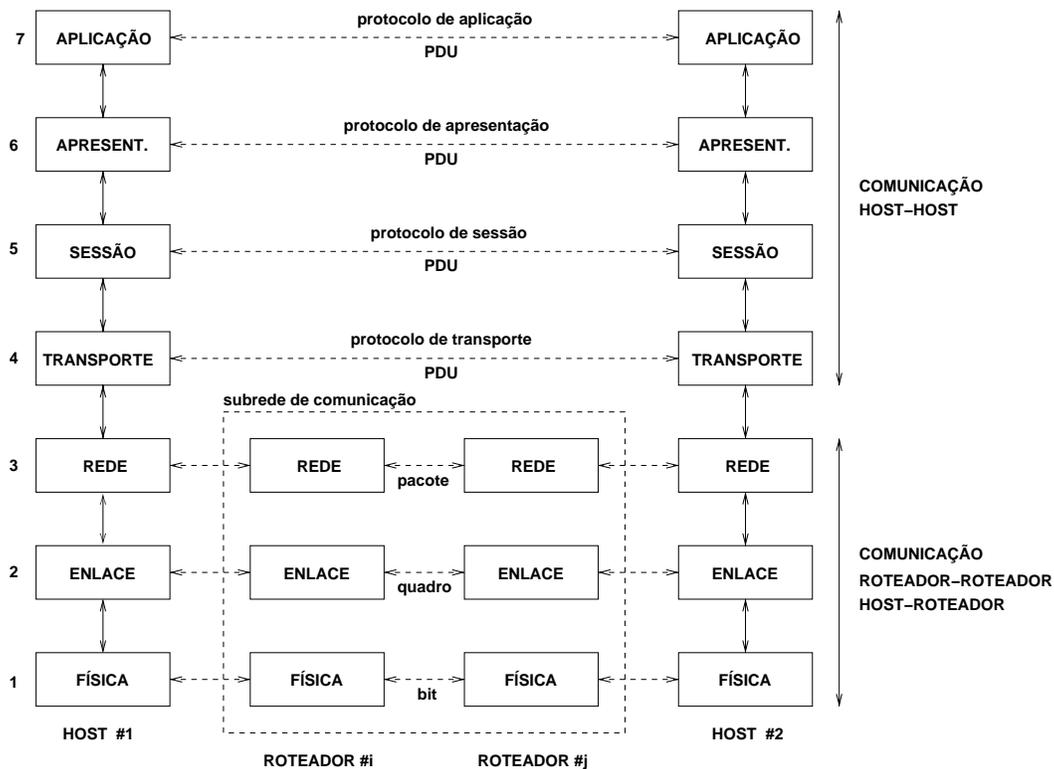


Figura 1.5: O modelo OSI.

1.6.1 A Camada Física

A camada física é a responsável pela geração dos sinais elétricos, óticos ou eletromagnéticos que serão propagados pelo meio físico. Protocolos nesta camada especificam qual a duração e intensidade do sinal, técnica de multiplexação, pinagem, etc. Obviamente esta camada está intimamente relacionada ao meio físico empregado.

1.6.2 A Camada de Enlace

A camada de enlace utiliza a camada física para a transmissão de *quadros de dados* (data frames). Tipicamente um quadro de dados é composto de algumas centenas de bytes. Quadros são delimitados por sequências pré-estabelecidas de bits. A camada de enlace transmite (recebe) quadros de dados, aguardando (enviando) o respectivo quadro de reconhecimento de recepção. A transmissão de quadros, mesmo com reconhecimento de recepção, não é confiável. Quadros podem ser duplicados ou chegar fora de ordem. A duplicação ocorre quando o quadro de reconhecimento é deformado, tornando-se ininteligível pelo receptor. O receptor, neste caso, envia novamente o quadro de dados correspondente por falta de reconhecimento, gerando assim a sua duplicação.

A camada de enlace também controla o fluxo de quadros, evitando que um host envie quadros em uma taxa superior a que o receptor é capaz de processar.

1.6.3 A Camada de Rede

A camada de rede controla a operação da subrede. Uma de suas funções é o roteamento de *pacotes*³ do host de origem ao host de destino. O roteamento pode apresentar características dinâmicas, evitando gargalos em certos roteadores, ou estáticas, empregando-se sempre a mesma rota entre dois hosts.

Outra função desta camada é a fragmentação e remontagem de pacotes para atender a limites impostos por determinados segmentos da subrede de comunicação. Em subredes de difusão e redes locais esta camada é extremamente simples, dado que sua principal atribuição (roteamento) é inexistente nestas subredes.

1.6.4 A Camada de Transporte

A função principal da camada de transporte é receber dados da camada de sessão, particionar estes dados em unidades menores e, em certos casos, garantir que estas unidades cheguem a seu destino sem duplicação e na ordem correta.

Esta camada possui tipicamente dois tipos de serviços: um serviço rápido onde mensagens são limitadas em tamanho e não existe garantia de entrega, ordem ou ausência de duplicação; e um serviço mais lento, porém altamente confiável e sem limites de tamanho nas mensagens. Um terceiro serviço, difusão de mensagens para todos os hosts da subrede, pode estar disponível nesta camada.

³A taxa de utilização de uma subrede é medida pelo fluxo de pacotes por unidade de tempo.

No caso de serviço com entrega confiável, a camada de transporte é responsável pela remontagem dos quadros oriundos da camada de rede, respeitando a ordem em que foram enviados e descartando duplicações.

É função também desta camada o controle do fluxo de dados entre dois processos comunicantes (a camada de rede controla o fluxo apenas entre roteadores).

As camadas anteriores (física, de enlace e de rede) são empregadas na comunicação roteador-roteador. A camada de transporte é a primeira a promover comunicação host-host (ver figura 1.6).

1.6.5 A Camada de Sessão

Esta camada permite dois processos de aplicação (APs: Application Processes) estabelecerem sessões entre si a fim de organizar e sincronizar a troca de informação. Para tal, uma *conexão de sessão* é estabelecida, definindo-se as regras de diálogo entre os dois APs. Existem três variantes de diálogo quanto ao sentido do fluxo de dados: TWS (Two Way Simultaneous): bidirecional simultaneamente, TWA (Two Way Alternate): bidirecional alternadamente (um por vez), e OW (One Way): unidirecional.

1.6.6 A Camada de Apresentação

Esta camada fornece serviços de representação canônica de dados, compressão de dados e criptografia. Uma representação canônica dos dados se faz necessária quando hosts de arquiteturas diferentes devem se comunicar. Por exemplo, a representação de números em ponto flutuante varia de arquitetura para arquitetura. Quando um *float* é transmitido, o mesmo é convertido para uma representação padronizada, enviado via rede, e reconvertido na representação adotada pelo host de destino. A camada de apresentação dispõe de um protocolo para tal (EDR: External Data Representation).

Compressão de dados é útil para o envio de grandes massas de dados como imagens e textos. Criptografia é utilizada quando os dados a serem transmitidos são confidenciais e visa evitar sua interceptação em trânsito por pessoas não autorizadas. Protocolos para compressão e criptografia de dados também são definidos nesta camada.

1.6.7 A Camada de Aplicação

Esta camada dispõe de serviços comumente utilizados por usuários de redes. Correio eletrônico, transferência de arquivos, *login* remoto, serviços de diretório e submissão de *jobs* remotos são exemplos destes serviços.

Esta camada também se constitui no ponto de acesso à rede por processos de aplicação (APs).

1.7 Serviços

O modelo de referência não especifica por si só o comportamento de sistemas abertos, ou seja, serviços e protocolos. Ele basicamente cria o contexto no qual uma detalhada especificação

de serviços e protocolos possa ser suportada pelo sistema aberto. Do ponto de vista da abstração, a figura 1.7 ilustra os vários níveis envolvidos relacionando modelo de referência, serviços, protocolos e implementação de um protocolo.

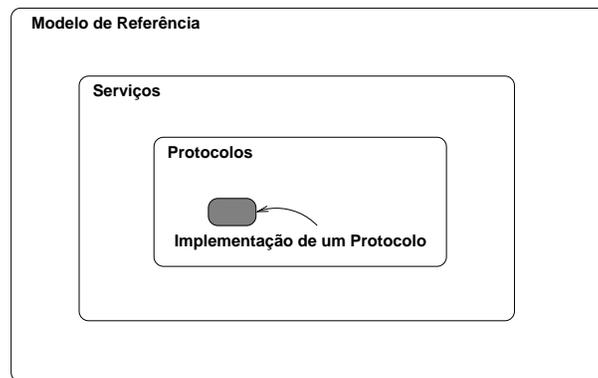


Figura 1.6: Relação entre Modelo de Referência, Especificação de Serviço e Especificação de Protocolo.

Da figura anterior podemos observar que o modelo de referência permite a especificação de várias classes de serviço. Cada classe de serviço permite a especificação de várias classes de protocolo onde o nível mais baixo é representado pela implementação do protocolo.

O modelo de referência OSI procura fornecer uma visão global de um sistema organizado através de uma rede. Esta visão, por outro lado, divide a rede em camadas horizontais cuja finalidade consiste em:

- permitir uma discussão da interação entre elementos pares, ou seja, elementos que situam-se em uma mesma camada; esta discussão deve ocorrer sem levar em conta componentes das outras camadas;
- a funcionalidade de cada camada pode ser desenvolvida de forma modular e gradual;
- o sistema aberto pode ser visto como uma sucessão de sub-sistemas facilitando o desenvolvimento de uma implementação modular do mesmo.

Os elementos ativos em cada camada são chamados *entidades*. Uma entidade pode ser um componente de software (um processo, por exemplo) ou de hardware (um controlador de I/O, por exemplo). As entidades na camada N implementam serviços usados na camada $N + 1$. Neste contexto, a camada N é denominada *provedora de serviços* enquanto a camada $N + 1$ é dita *usuária de serviços*.

Serviços são disponíveis nos SAPs (Service Access Points), ou seja, a camada $N + 1$ acessa os serviços oferecidos pela camada N nos SAPs desta camada. Cada SAP possui um endereço que o identifica única e globalmente.

A figura 1.7 ilustra alguns conceitos associados aos pontos de acesso de serviços. Da figura podemos observar que:

- no máximo uma entidade é responsável pelo suporte ao SAP;

- no máximo uma entidade- $(N + 1)$ pode acessar um SAP- (N) de cada vez;
- uma entidade- (N) pode suportar qualquer número de SAPs- (N) ;
- uma entidade- $(N + 1)$ pode acessar serviços em mais de um SAP- (N) .

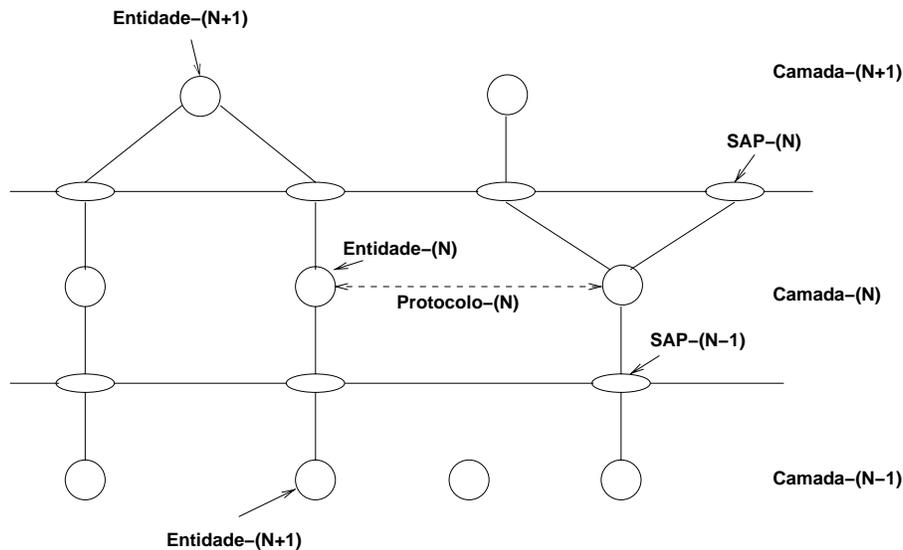


Figura 1.7: Pontos de Acesso de Serviços (SAPs).

A associação entre uma entidade- $(N + 1)$ a um SAP- (N) como também a associação de uma entidade- (N) que suporta um SAP- (N) não são associações permanentes podendo ser alteradas dinamicamente.

A natureza dos serviços suportados por uma camada dependem das primitivas que uma entidade- $(N + 1)$ e uma entidade- (N) podem evocar relativamente ao SAP- (N) .

1.7.1 Serviços Conectados e Sem Conexão

Serviços conectados são análogos a um serviço telefônico. Estabelece-se uma conexão (discagem/atendimento) utiliza-se a conexão para troca de informações (conversa) e termina-se a conexão (volta ao gancho). Serviços conectados estabelecem um canal lógico entre as entidades comunicantes. Neste canal, a ordem temporal no envio da informação é respeitada e duplicações são inexistentes. O canal é dito *lógico* ou *virtual* pelo fato de não dispor de uma conexão física exclusiva, ao contrário, múltiplos canais lógicos compartilham uma mesma conexão física.

Serviços conectados se dividem em dois tipos: mensagens e cadeias de bytes. Mensagens têm suas fronteiras delimitadas, o que não ocorre com as cadeias de bytes. Serviços típicos que demandam conexão são transferência de arquivos e *login* remoto.

Serviços sem conexão são análogos a serviços postais. Envia-se uma mensagem a um destinatário (carta ou telegrama) e faz-se votos que ele a receba. Serviços sem conexão

são denominados *serviços de datagrama*. São mais rápidos que os serviços conectados, mas a garantia de entrega, ausência de duplicação e preservação da ordem de envio não são garantidas. Serviços típicos que podem ser baseados em datagrama são os do tipo requisição/resposta (acesso a banco de dados e sincronização de relógios, por exemplo).

Dentro do jargão ISO uma conexão é estabelecida por iniciativa de uma entidade- $(N + 1)$ que evoca serviço específico da camada- (N) para estabelecimento de uma conexão lógica com uma entidade- $(N + 1)$ remota. A conexão é estabelecida entre SAPs- (N) correspondentes.

Todas as conexões estabelecidas em um mesmo SAP são suportadas pela entidade- (N) correspondente. De modo a permitir que a entidade- $(N + 1)$ e a entidade- (N) possam distinguir várias conexões estabelecidas via um mesmo SAP, define-se o conceito de ponto final de conexão (CEP - Connection End Point). Para cada conexão, 2 CEPs são definidos, um para cada extremo da conexão. Desta maneira, um ponto final da conexão- (N) (CEP- (N)) termina uma conexão- (N) em um SAP- (N) . Um CEP- (N) relaciona três elementos, ou seja, uma entidade- $(N + 1)$, uma entidade- (N) e uma conexão- (N) .

No caso do envio sem conexão são utilizados serviços de transferência de dados sem conexão suportados pela camada- (N) .

1.7.2 Identificadores

Com o objetivo de permitir que objetos como entidades, SAPs e conexões sejam referenciados no mundo OSI é necessário um esquema de identificação global destes objetos. Os identificadores de entidades são denominados de títulos (*titles*), os de pontos de acesso de serviços (SAPs) são denominados de endereços e as conexões são identificadas pelos identificadores do ponto final de identificação *CEP-identifier*, ou seja:

- uma entidade- (N) possui um título- (N) ;
- um SAP- (N) possui um endereço- (N) ;
- um CEP- (N) possui um identificador-CEP- (N) .

O sufixo (N) usado acima indica que os identificadores possuem significado no nível da camada- (N) .

A associação do título de uma entidade- $(N + 1)$ com o endereço do SAP- (N) ao qual ela está conectada encontra-se em um diretório mantido pela camada- $(N + 1)$, referenciado como diretório- $(N + 1)$. Desta maneira, caso uma entidade- $(N + 1)$ necessite estabelecer uma conexão com uma entidade- $(N + 1)$, ela pode recorrer ao diretório- $(N + 1)$ para determinar o endereço do SAP- (N) ao qual a entidade destino encontra-se conectada.

1.7.3 Unidades de Dados

A troca de dados entre entidades no modelo OSI ocorre de duas formas:

1. entre entidades pares, ou seja, entidades- $(N + 1)$ remotas sendo a troca governada por um protocolo- (N) ;

- entre entidades em camadas adjacentes, isto é, entidade- $(N + 1)$ e entidade- (N) através de um mesmo SAP- (N) .

As informações trocadas entre as entidades, sejam entidades pares ou adjacentes, podem ser divididas em duas partes: *dados* e *informações de controle*. Desta forma, é possível definir-se quatro tipos de unidades de dado:

- informação de controle de protocolo* (PCI: Protocol Control Information): informação trocada entre entidades pares com a finalidade de coordenar as suas operações conjuntas;
- dado do usuário*: dado transferido entre uma entidade- $(N + 1)$ e uma entidade- $(N + 1)$ par através de serviços suportados por entidades- (N) ;
- informação de controle de interface* (ICI: Interface Control Information) : trata-se de informação trocada entre entidade- $(N + 1)$ e entidade- (N) para coordenar as suas interações através do SAP- (N) ;
- unidade de dado de interface* (IDU: Interface Data Unit): dado transferido da entidade- $(N + 1)$ à entidade- (N) para ser enviado à entidade- $(N + 1)$ par.

Como, em geral, as informações trocadas entre as entidades pares ou adjacentes incluem informações de dado e controle, determinam-se 2 novas unidades:

- unidade de dado do protocolo- (N)* ($PDU-(N)$): informação trocada entre entidades pares e constituída de controle e dado do usuário;
- unidade de dado de interface- $(N + 1)$* : informação trocada entre uma entidade- $(N + 1)$ e uma entidade- (N) através de um SAP- (N) , sendo constituída de controle e dado do usuário.

O conjunto de PDUs trocadas entre entidades- $(N + 1)$ pares é especificado pelo protocolo- $(N + 1)$ que rege a interação entre estas entidades. Por outro lado, a descrição do serviço não especifica um conjunto de unidades de dados de interface, isto porque a troca deste tipo de unidade de dado se dá entre entidades adjacentes internas a um sistema aberto, ou seja, fora do escopo de padronização OSI. A definição deste tipo de informação é basicamente para permitir a introdução da unidade de dado de serviço- (N) .

Uma unidade de dado de serviço (service data unit) ($SDU-(N)$) é um dado da interface cuja identidade é preservada de um extremo a outro da conexão. Não é relevante como uma $SDU-(N)$ é trocada entre as entidade- $(N + 1)$ e a entidade- (N) desde que os limites entre SDUs sejam preservados.

Em determinadas situações uma entidade- $(N + 1)$ necessita enviar dados urgentes. Neste caso é associada uma unidade de dado de serviço urgente ($SDU-urgente-(N)$) ao serviço permitindo uma transferência do dado em condições prioritárias.

De forma resumida temos que uma camada fornece um serviço que permite que entidades- $(N + 1)$ pares comuniquem-se através da troca de dados, ou seja, $PDUs-(N + 1)$. A entidade- $(N + 1)$ envia a $PDU-(N + 1)$ para a entidade- (N) através do SAP- (N) na forma de uma

SDU-(N). Esta SDU é entregue remotamente à entidade-($N + 1$) no SAP correspondente. A entidade-(N) no sistema onde a informação é originada trata a SDU-(N) como dado do usuário e cria uma PDU-(N) anexando ao dado informação de controle do protocolo-(N). Este mapeamento de uma PDU-($N + 1$) em uma SDU-(N) e da SDU-(N) em uma PDU-(N) é mostrada na figura 1.7.3

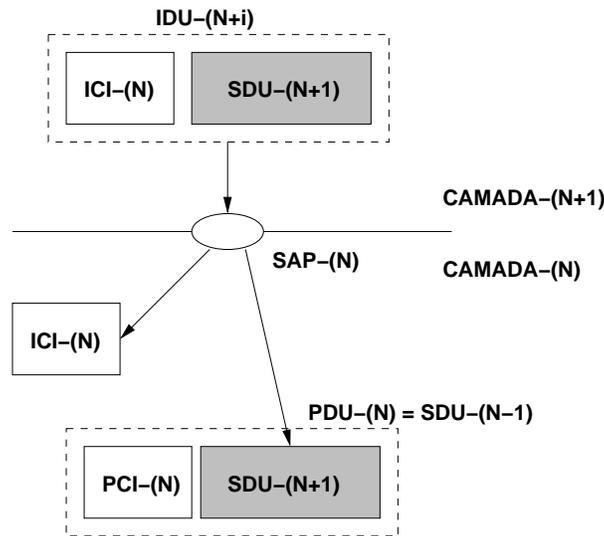


Figura 1.8: Mapeamento de PDUs em SDUs.

O Modelo de Referência OSI não coloca restrições com relação ao tamanho da unidade de dado. De modo a suportar o comprimento variável das unidades, o Modelo permite que uma unidade de dado seja mapeada em um número de unidades de dado, ou que um número de unidades de dado seja mapeado em uma única unidade de dado. Conseqüentemente, as formas de mapeamento a seguir são possíveis:

- *segmentação*: é a função realizada por uma entidade-(N) através da qual uma SDU-(N) é mapeada em várias PDUs-(N) (figura 1.9);
- *remontagem*: função inversa da segmentação, ou seja, a entidade-(N) para mapeia múltiplas PDUs-(N) em uma SDU-(N) (figura 1.9);
- *bloqueio*: função realizada por uma entidade-(N) que mapeia múltiplas SDUs-(N) em uma PDU-(N) (figura 1.7.3);
- *desbloqueio*: função reversa do bloqueio, ou seja, a entidade-(N) para mapeia uma PDU-(N) em múltiplas SDUs-(N) correspondentes (figura 1.7.3);
- *concatenação*: é a forma que permite a uma entidade-(N) mapear múltiplas PDUs-(N) em uma SDU-($N - 1$) (figura 1.7.3);
- *separação*: função reversa da concatenação e realizada pela entidade-(N) que mapeia uma SDU-($N - 1$) em múltiplas PDUs-(N) correspondentes (figura 1.7.3).

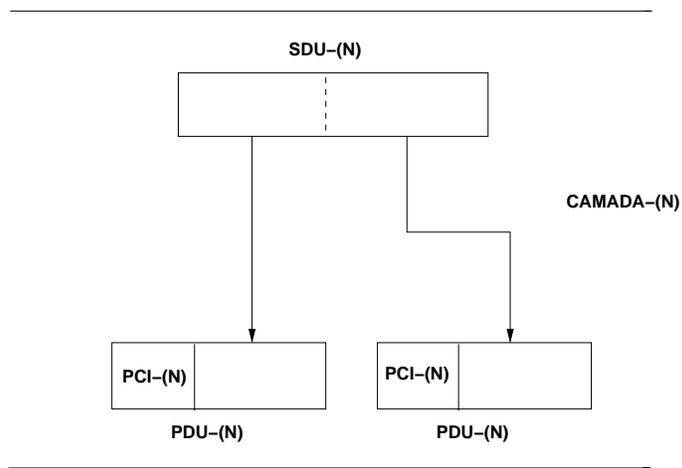


Figura 1.9: Segmentação e Remontagem.

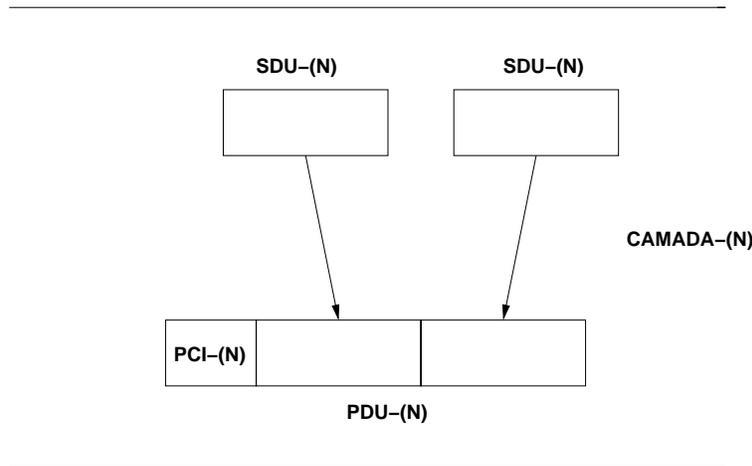


Figura 1.10: Bloqueio e Desbloqueio.

1.7.4 Primitivas para Requisição de Serviços

A definição dos serviços suportados por uma determinada camada- (N) é caracterizada pelo conjunto de primitivas e os respectivos parâmetros que podem ser evocadas pelo usuário do serviço (entidade- $(N + 1)$) e pelo provedor do serviço (entidade- (N)) através de um SAP- (N) . A interação entre a entidade- $(N + 1)$ e a entidade- (N) através das primitivas de serviço definidas envolve a passagem de informações de controle ou de dados, ou ambos.

No modelo OSI, as primitivas para a requisição de serviços são divididas em quatro tipos (figura 1.12).

Vamos tomar o exemplo do estabelecimento de uma conexão entre duas entidades. A entidade que deseja se conectar executa a primitiva *CONNECT.request* (na notação OSI), passando como parâmetro o endereço da segunda entidade. A entidade endereçada recebe um *CONNECT.indication* avisando que uma conexão está sendo requisitada. Como resposta,

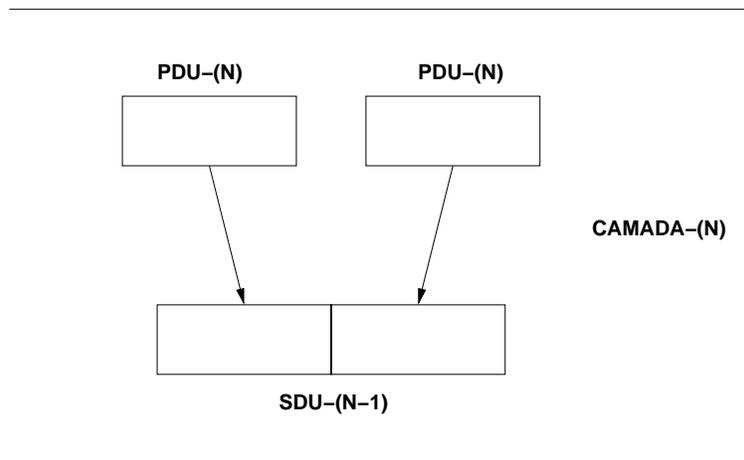


Figura 1.11: Concatenação e Separação.

Primitiva	Significado
Requisição	Uma entidade requer a execução de um serviço
Indicação	Uma entidade é informada da ocorrência de um evento
Resposta	Uma entidade deseja responder a um evento
Confirmação	Uma entidade é informada sobre o resultado de sua requisição

Figura 1.12: Tipos de serviços no modelo OSI.

executa um *CONNECT.response* indicando se aceita ou rejeita a conexão. A entidade que requisitou está bloqueada num *CONNECT.confirm*, que volta exatamente o resultado do *CONNECT.response* emitido pela outra entidade.

Serviços envolvendo duas partes podem conter *negociação*. Por exemplo, uma conexão pode especificar certa taxa mínima de transferência de dados, máximo tamanho das mensagens, etc. Neste caso, a negociação deve fazer parte do protocolo que regulamenta o serviço.

Serviços podem ser *confirmados* ou *sem confirmação*. Serviços confirmados necessitam das quatro primitivas básicas (requisição, indicação, resposta e confirmação). Serviços sem confirmação necessitam apenas das primitivas do tipo requisição e indicação. Exemplo: serviço de desconexão. A figura 1.7.4 ilustra estes conceitos.

1.8 Protocolos

Um dos problemas fundamentais abordado na especificação de um sistema de comunicação aberto diz respeito ao protocolo envolvendo entidades pares. O conceito clássico de protocolo define a forma como entidades equivalentes interagem entre si para a realização de um objetivo comum: a prestação de serviços a entidades na camada superior. Desta forma, 2 entidades- $(N + 1)$ que desejam se comunicar devem utilizar os serviços de comunicação

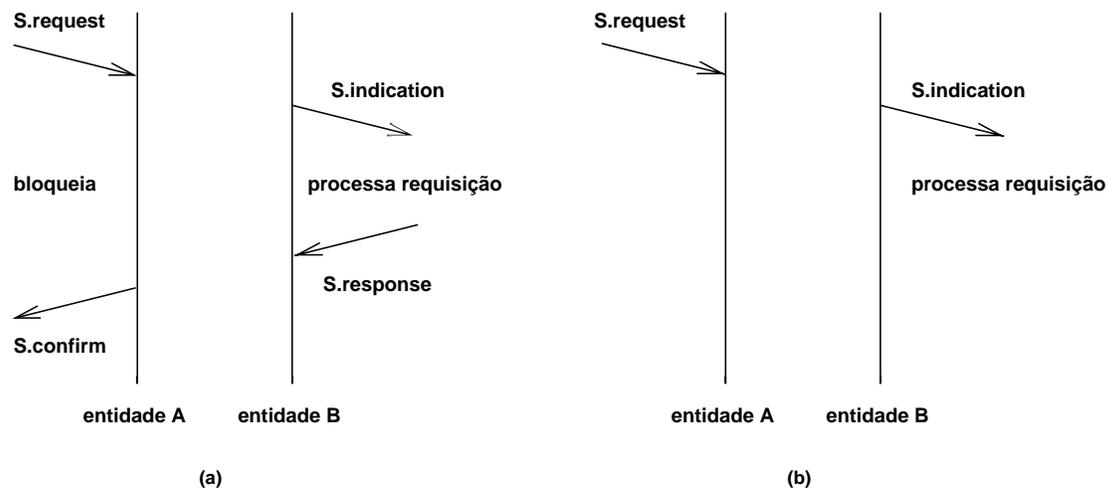


Figura 1.13: Serviços OSI confirmados (a) e sem confirmação (b).

suportadas pela camada- (N) , com exceção da camada física para acesso ao meio físico diretamente.

Para suportarem os serviços de comunicação requisitados no SAP- (N) pelas entidades- $(N + 1)$, as entidades- (N) devem se comunicar através de serviços da camada- $(N - 1)$. Neste caso, a comunicação entre entidades pares é regida por um conjunto de regras e formatos que as entidades devem seguir para suportar os serviços. Este conjunto de regras e formatos representando por aspectos semânticos, sintáticos e temporais é denominado de protocolo da camada- (N) .

1.8.1 Especificação de Protocolo

A especificação de um protocolo relativamente a uma camada compreende:

- descrição dos tipos de PDUs;
- descrição dos procedimentos do protocolo e os serviços evocados para transferência de cada tipo de PDU;
- definição formal da estrutura de cada tipo de PDU;
- definição formal da operação da entidade de protocolo.

Definição da PDU

Duas entidades pares de um protocolo comunicam-se através da troca de PDUs. Estas são formadas por uma parte correspondente aos dados do usuário e outra parte contendo as informações de controle relativa ao protocolo (PCI). Como a PDU é uma informação que será trocada entre sistemas diferentes, é necessário que a PDU possua uma estrutura cujo significado seja comum às entidades de ambos os sistemas. Isto é obtido nos documentos de

padronização através da utilização de cadeias de bits ou através de uma forma baseada em tipos abstratos de dados (*Abstract Syntax Notation Number One ou ASN.1*) acompanhada de regras de codificação.

A representação baseada em cadeia de bits é mais utilizada na especificação dos protocolos das camadas inferiores. A representação utilizando o ASN.1 é mais comum na especificação de PDUs dos protocolos de nível mais alto, isto é, dos protocolos orientados a aplicação. ASN.1 é baseada na tipificação dos dados como encontrado na maioria das linguagens de programação. ASN.1 é uma sintaxe abstrata. Isto significa que nada é especificado com relação ao número e ordem dos bits correspondentes a cada tipo de dado encontrado na especificação. Neste caso, utiliza-se um conjunto de regras de codificação que irá gerar PDUs formadas de cadeias de bytes, cadeias estas que serão interpretadas da mesma forma em todos os sistemas.

Operação do Protocolo

Uma entidade de protocolo é modelada na forma de uma máquina de estados finitos (autômato). Isto significa que uma entidade de protocolo deve encontrar-se em um único estado de cada vez dentre um conjunto finito de estados possíveis.

A transição de um estado para outro acontece quando um evento válido ocorre na interface do autômato. Alguns exemplos de eventos são os seguintes:

- uma primitiva de serviço é invocada no SAP oferecido à camada superior;
- uma resposta da invocação é retornada;
- o tempo máximo de espera para uma resposta expirou.

Em geral, associado à ocorrência de um evento válido, o autômato muda de estado e gera alguma ação interna específica como, por exemplo, o disparo de um relógio ou a evocação de uma primitiva.

O método de especificação de protocolo utiliza uma tabela evento-estado onde cada entrada na tabela especifica o evento saída e o novo estado para o qual o autômato deverá transitar devido a uma combinação *evento-de-entrada—estado-atual* (figura 1.8.1).

1.9 Problemas

1. Qual o principal benefício proporcionado por uma rede de computadores?
2. Em que situações terminais bancários podem ser considerados hosts de uma rede de computadores? Justifique.
3. O que são roteadores? Por que diferenciá-los dos hosts?
4. Quem (usuário, fabricante, vendedor, etc.) lucra mais com a padronização de redes de computadores?
5. Quais as vantagens de se estruturar uma rede em camadas?

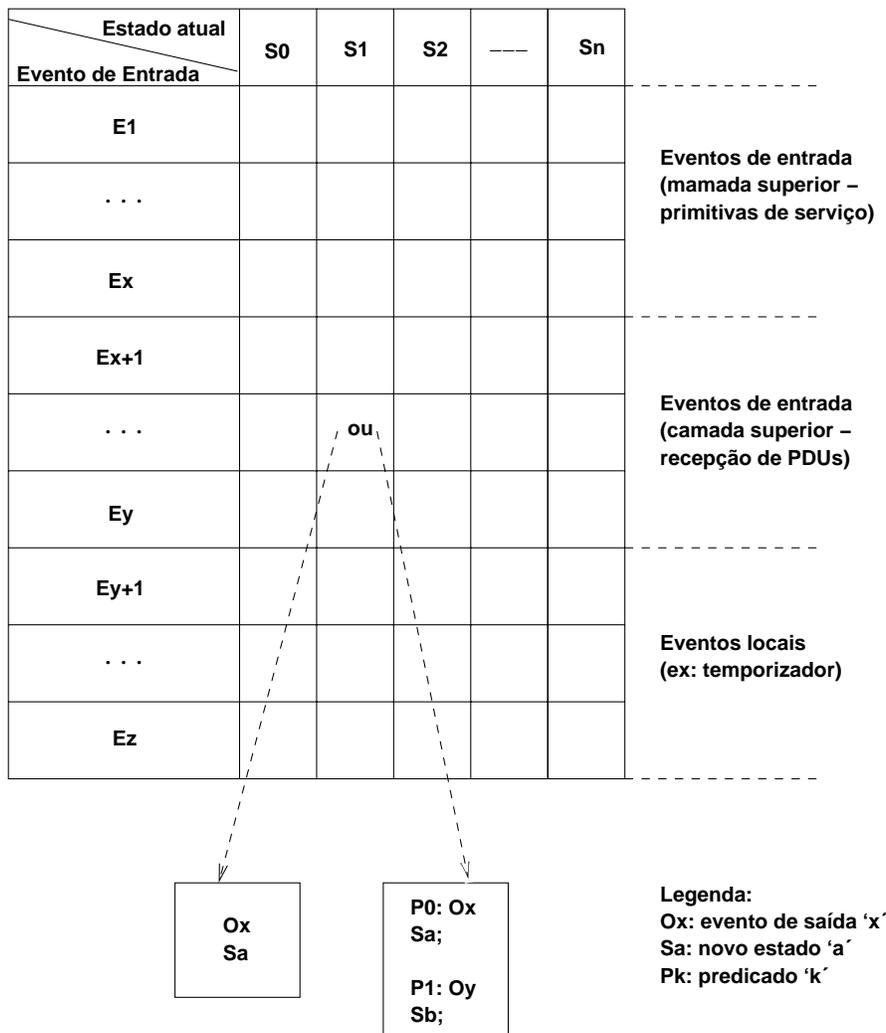


Figura 1.14: Tabela evento-estado utilizada na especificação de protocolos.

6. Qual a diferença entre modelo, protocolo e arquitetura?
7. Descreva sucintamente as 7 camadas do modelo OSI.
8. Suponha que você decida reimplementar a camada de rede utilizando um algoritmo inteligente de roteamento. Que cuidados você deve tomar para que as camadas de enlace e de transporte permaneçam inalteradas?
9. Considere um programa de *chat* que abre uma sessão de conversação *on-line* entre usuários. Você o implementaria como um serviço conectado ou sem conexão? Justifique.
10. Cite aplicações onde serviços sem conexão são vantajosos.