Redes de Computadores

(RCOMP – 2015/2016)

Comunicação em Rede

Arquiteturas e pilhas de protocolos

Comutação de pacotes com circuitos virtuais

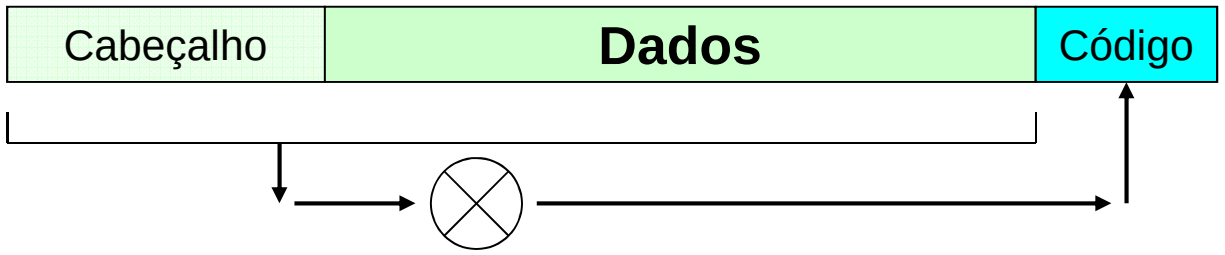
Numa rede de comutação de pacotes, mesmo que os pacotes pertençam todos à mesma transação, são encaminhados pelos nós intermédios de uma forma independente uns dos outros, podendo até seguir caminhos diferentes e chegar ao destino desordenados.

Um circuito virtual é um caminho entre nó de origem e nó de destino que é definido antes de se começar a enviar pacotes com dados.

1. O nó de origem pede à rede para criar um circuito virtual com o nó de destino, cujo endereço é indicado.
2. Os nós intermédios da rede definem o caminho e associam-lhe um identificador. A rede devolve o identificador do circuito virtual.
3. Na posse do identificador do circuito virtual o nó de origem pode começar a enviar pacotes. A diferença é que agora não coloca nos cabeçalhos o endereço do nó de destino, mas sim o identificador do circuito virtual.
4. Os nós intermédios encaminham os pacotes segundo o circuito virtual pré-estabelecido, por isso todos os pacotes seguem o mesmo caminho.

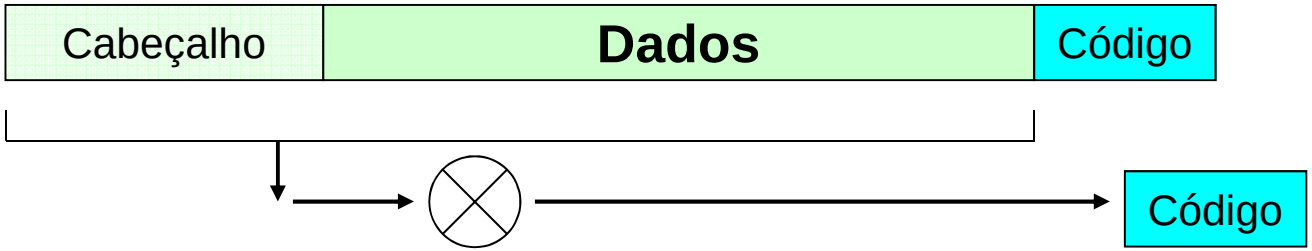
Pacotes – Deteção de Erros

Durante o processo de transmissão do pacote, podem ocorrer erros, isto é, uma parte dos dados recebidos pode ter valores diferentes dos originalmente emitidos.
Estes erros podem ser detetados se o emissor acrescentar ao pacote um código de validação, este código é produzido por uma função apropriada que recebe o conteúdo do pacote e produz um código que representa esse conteúdo.
O objetivo desta função é que qualquer pequena alteração nos dados de entrada leve à produção de um código diferente.



Pacotes – Deteção de Erros (cont.)

O código produzido no emissor é enviado juntamente com o pacote, isso dá ao recetor a possibilidade de repetir o processo e confrontar os códigos:



- Se os dois códigos são diferentes o recetor tem a certeza que ocorreu um erro.

- Se os dois códigos são iguais existe uma grande probabilidade de não ter ocorrido nenhum erro.

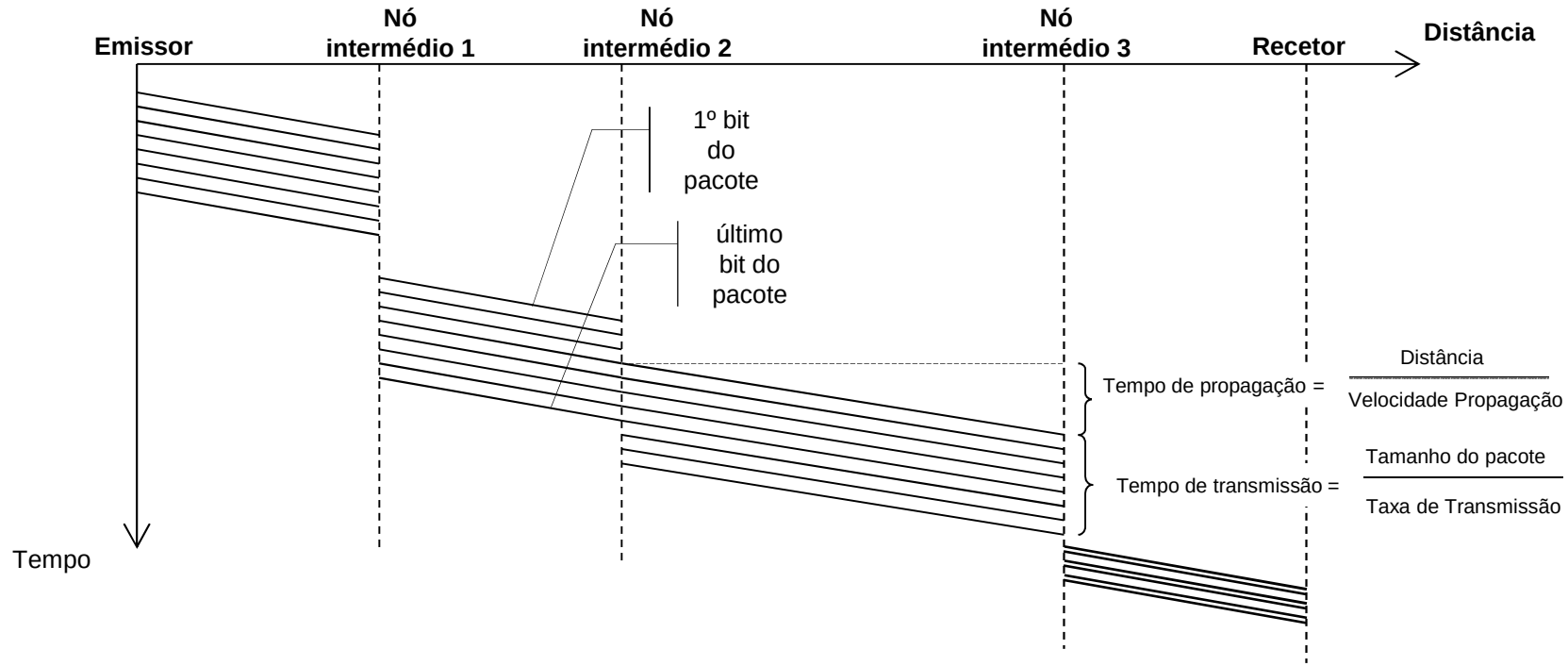
- Existem funções que produzem códigos um pouco mais extensos que são auto corretores (FEC), apenas se justificam em casos especiais.

Atrasos na rede

Temos de considerar que pode existir um atraso considerável entre o instante em que um pacote de dados começa a ser emitido e o instante em que ele vai chegar ao destino. Existem 3 razões para isto acontecer:

1. Os sinais não se propagam com velocidade infinita, logo existe um atraso de propagação proporcional à distância.
2. A emissão/receção de um pacote de dados não é um processo instantâneo, demora um algum tempo, conhecido por tempo de transmissão. Será tanto maior quanto maior for o volume de dados e depende ainda da taxa de transmissão, quanto maior for a taxa menor será o tempo necessário.
3. Nos nós intermédios, os pacotes recebidos seguem um política de fila de espera (FIFO) antes de serem processados. Em caso de tráfego elevado podem ficar retidos algum tempo num nó intermédio.

Atrasos na rede

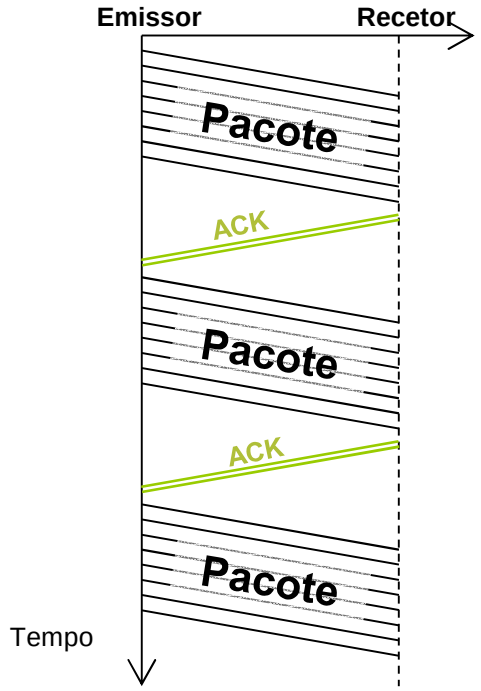


O gráfico representa o percurso de um pacote numa rede de comutação.

- Os primeiros segmentos usam uma taxa de transmissão inferior ao último segmento.
- Os nós 1 e 3 armazenam integralmente os pacotes antes de os retransmitirem (“store & forward”).
- O nó 1 reteve o pacote durante algum tempo.
- O nó 2 começa a retransmissão antes de ter terminado a receção (“cut-through”).

Controlo de fluxo

O controlo de fluxo tem como objetivo regular o fluxo de dados entre emissor e recetor para evitar um sobre fluxo (“overflow”) no recetor. A melhor forma de o conseguir é deixar ser o recetor a controlar o fluxo. Na técnica conhecida por “stop & wait” o emissor tem de aguardar um sinal (ACK) do recetor antes de enviar o pacote seguinte:

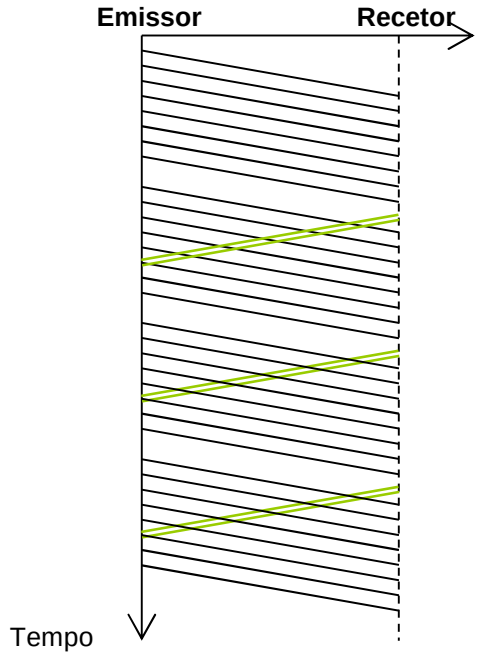


Devido aos atrasos de propagação o processo de transmissão torna-se muito lento e de reduzida eficiência.

Controlo de fluxo – janela deslizante

Para obviar os problemas do controlo de fluxo “stop & wait” foi criada uma variante conhecida por protocolo de janela deslizante.
Em vez de o emissor ter de aguardar pelo ACK de um pacote antes de enviar o seguinte, pode desde logo enviar uma “rajada” de W pacotes.
W é o tamanho da janela e é um parâmetro configurável.

Depois de enviar W pacotes o emissor tem de aguardar, mas por cada ACK que chega, enviado pelo recetor, torna-se possível emitir mais um pacote.
Em condições ideais (W apropriado) não existem paragens na transmissão de pacotes.
Note-se que a ausência de paragens (eficiência de 100%) só é possível numa ligação “full-duplex”.



Controlo de erros

O objetivo do controlo de erros é corrigir erros detetados, embora se possa recorrer a mecanismos autocorretores (FEC – Forward Error Correction), na maioria das situações usa-se a retransmissão dos dados (BEC – Backward Error Correction).

A retransmissão, também é conhecida por ARQ (Automatic Repeat Request), é implementada juntamente com o controlo de fluxo. Para o efeito passam a existir duas respostas possíveis por parte do recetor: ACK e NACK. O NACK significa que foi detetado um erro e como tal o pacote em questão deverá ser retransmitido.

Quando se usa o protocolo de janela deslizante o controlo de erros por retransmissão é conhecido por ARQ Contínuo.

Arquiteturas de rede

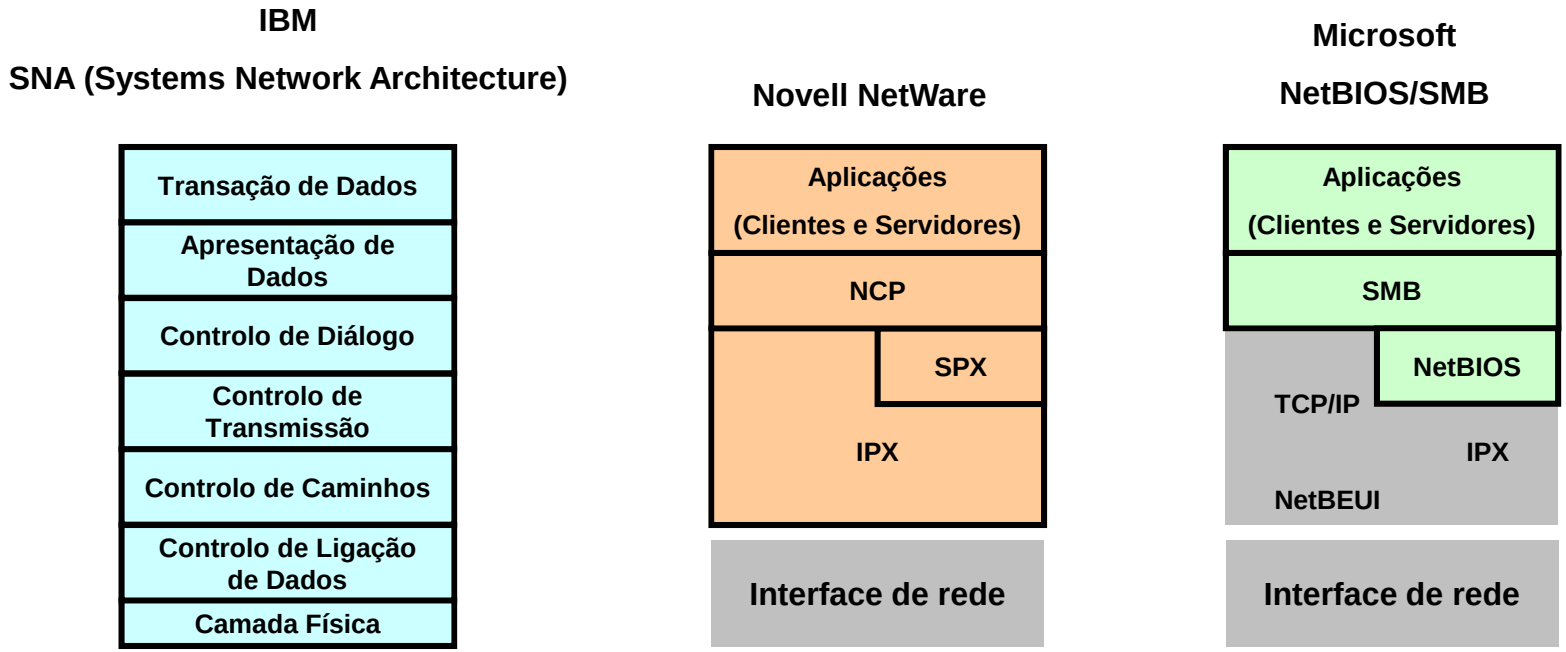
A comunicação entre aplicações residentes em sistemas fisicamente afastados é um processo complicado porque envolve muitos problemas que têm de ser resolvidos.

Devido a esta complexidade, desde os primórdios da redes de computadores, nos anos 70, adotou-se uma estratégia de módulos sucessivos, normalmente designados de camadas. Cada camada resolve uma parte dos problemas.

A forma como estas camadas estão organizadas e a forma como interagem entre si é conhecida por modelo ou arquitetura.

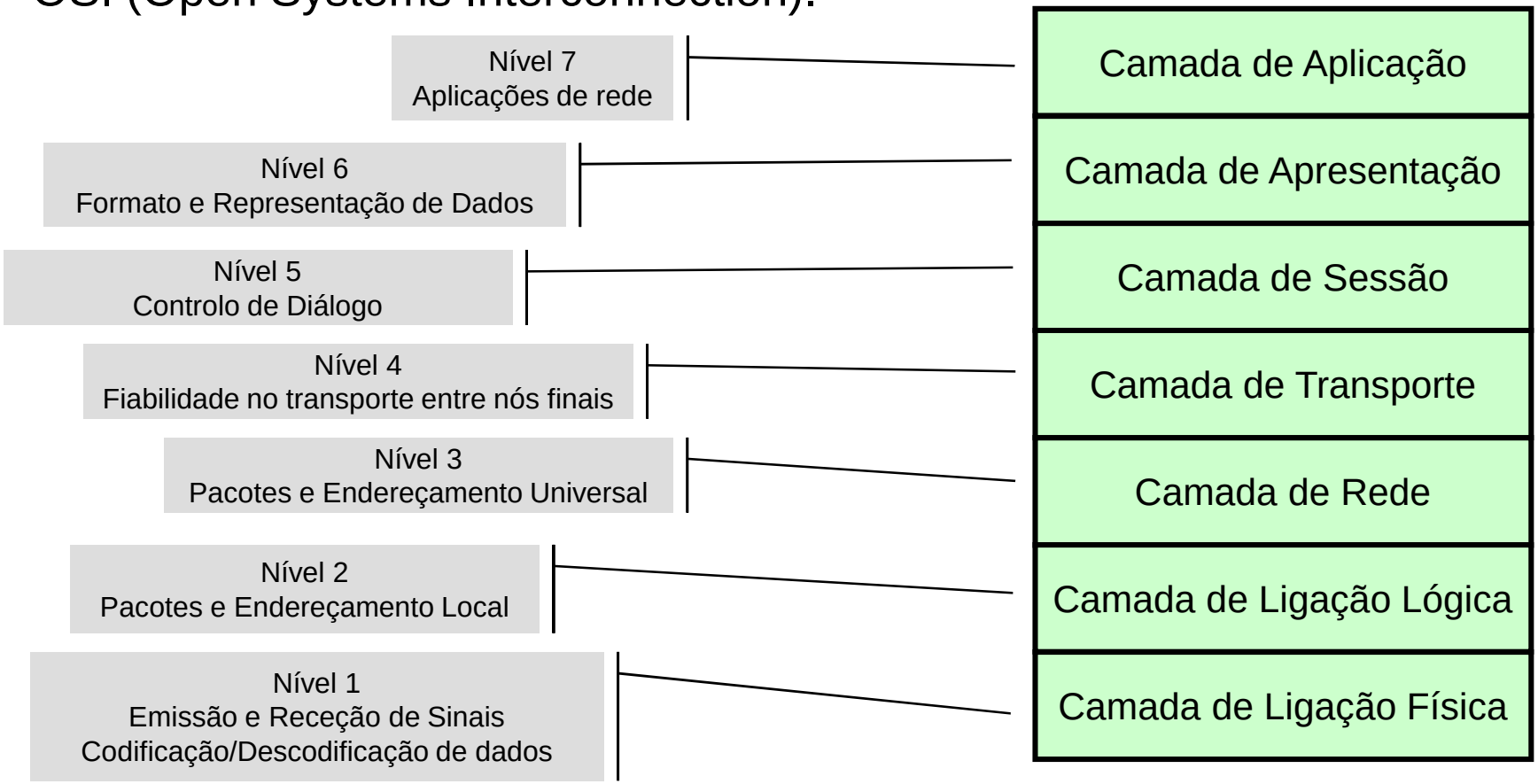
Arquiteturas proprietárias

As redes de computadores começaram a surgir espontaneamente no inicio dos anos 70. Nessa altura cada fabricante desenvolveu o seu próprio sistema fechado, seguindo uma cultura de patentes para evitar que o mesmo fosse copiado por outros. Estas arquiteturas são conhecidas por arquiteturas proprietárias.



Modelo de referência OSI

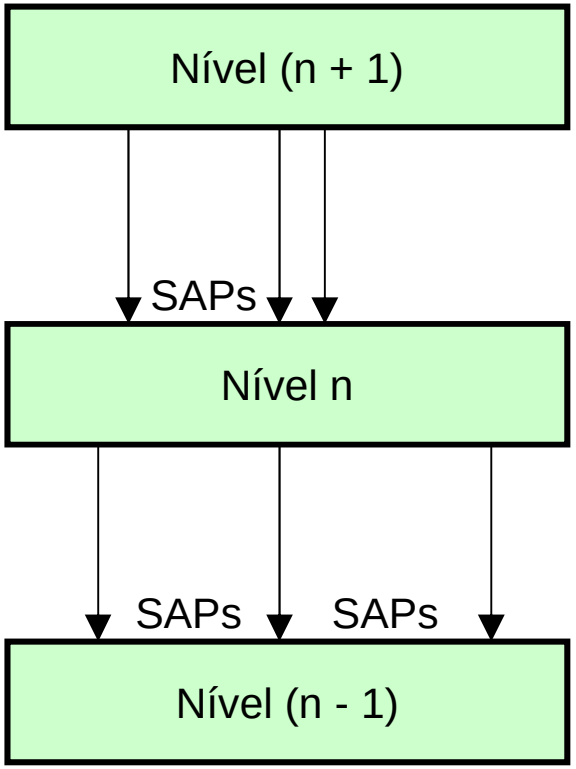
Num esforço para normalizar as arquiteturas de rede o ISO (International Organization for Standardization) desenvolveu o modelo OSI (Open Systems Interconnection).

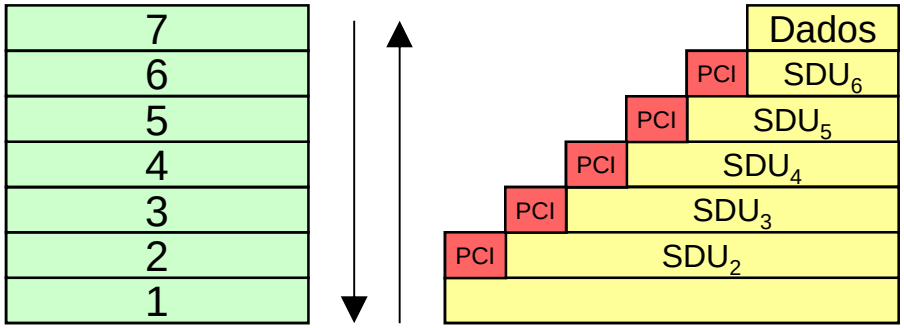


Modelo OSI - Camadas

As camadas sucessivas da pilha interagem entre si segundo um modelo de prestação de serviço no sentido descendente através de pontos de acesso (SAP).

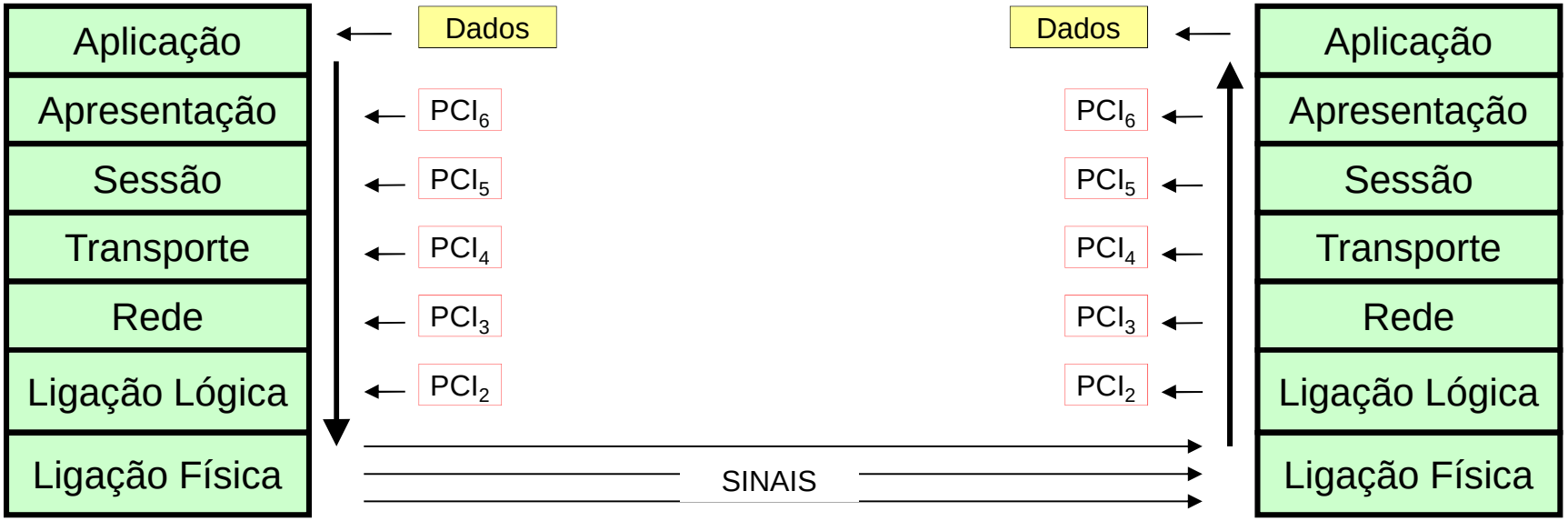
Cada camada usa os serviços prestados pela camada imediatamente abaixo e acrescenta-lhes novas funcionalidades e características.
Normalmente as novas funcionalidades implementadas por cada camada obrigam à adição de informação de controlo (**PCI** – Protocol Control Information). O PCI é adicionado aos dados (**SDU** – Service Data Unit) que vêm da camada superior. Em cada camada, o conjunto PCI + SDU é designado por **PDU** (Protocol Data Unit).



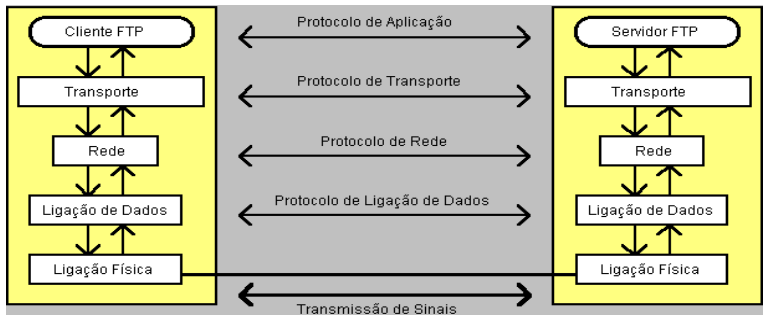


Modelo OSI - Protocolos

As interações diretas ocorrem apenas entre camadas sucessivas e no nível físico.
No entanto, as camadas do mesmo nível, residentes em nós de rede diferentes comunicam entre si usando o PCI dessa camada.



Esta troca de informação através do PCI tem determinados objetivos relacionados com as funcionalidades da camada e obedece a um conjunto de regras conhecido por **protocolo**. Assim em cada camada está definido um protocolo.



Modelo OSI como referência

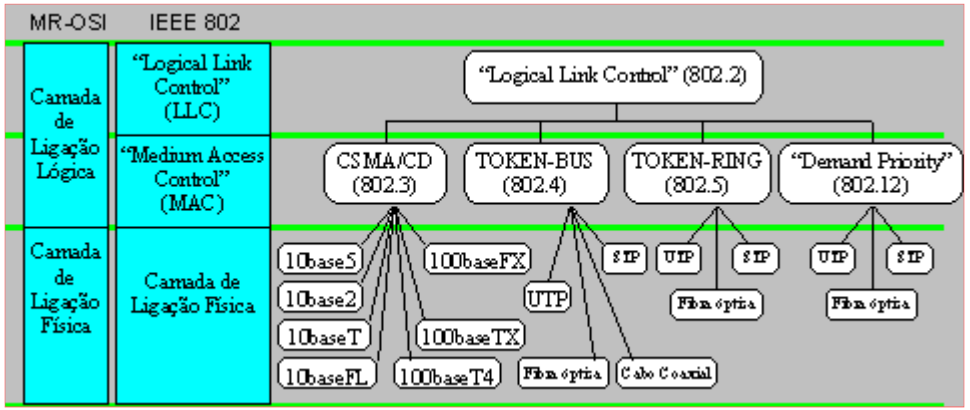
Os grandes objetivos do OSI nunca foram atingidos, em grande parte isso deveu-se à enorme complexidade de desenvolver um modelo aberto capaz de contemplar todas as possibilidades.
Embora sob o ponto de vista de interligação de sistemas abertos tenha sido um fracasso, o modelo OSI foi um passo muito importante porque comporta um conjunto de **normas, nomenclatura, técnicas e ideias** que passaram a ser um ponto de referência para qualquer discussão na área das redes de computadores.

Embora sob o ponto de vista de interligação de sistemas abertos tenha sido um fracasso, o modelo OSI foi um passo muito importante porque comporta um conjunto de **normas, nomenclatura, técnicas e ideias** que passaram a ser um ponto de referência para qualquer discussão na área das redes de computadores. Todas as evoluções posteriores dos vários sistemas de rede aproveitaram o modelo de referência OSI (MR-OSI).

Arquitetura IEEE 802 (ISO 8802)

A maioria das tecnologias de rede local estão normalizadas pelo IEEE e pela ISO, estas tecnologias correspondem aos níveis 1 e 2 do MR-OSI.

Cada norma é identificada por números e letras, por exemplo as redes Ethernet têm o identificador IEEE 802.3 (ISO 8802-3).
Sempre que se produzem evoluções técnicas nestas normas são efetuados aditamentos identificados por letras minúsculas.

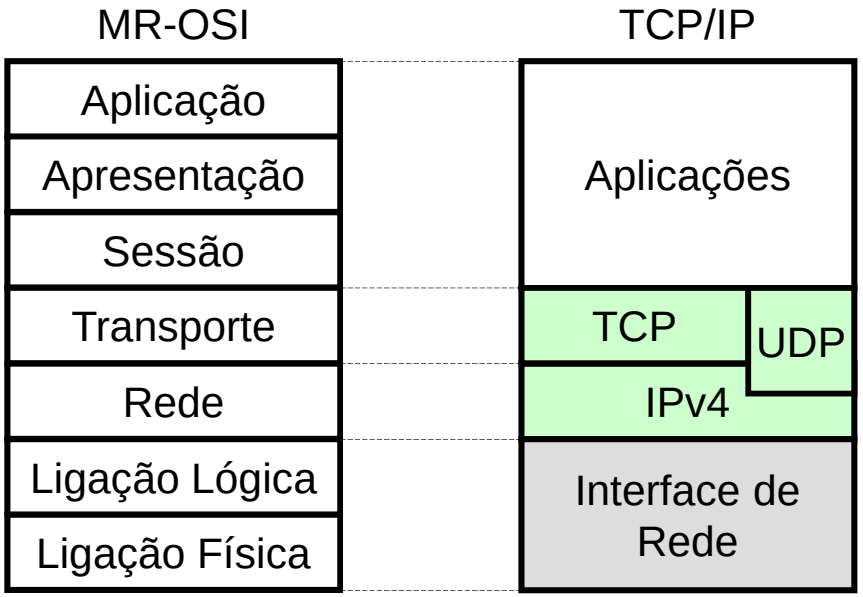


Por exemplo as redes Ethernet a 100 Mbps são definidas na norma 802.3u e as redes Ethernet a 1 Gbps na norma 802.3z.
A maioria das implementações de rede não usam a camada LLC e interagem diretamente com a camada MAC. Isto é possível porque a camada MAC implementa todas as funcionalidades básicas para assegurar a transferência de pacotes de dados a nível local. Além de um mecanismo de acesso ao meio (MAC), de onde provém o nome da camada, define endereçamento de nó e deteção de erros.
As redes locais evoluem rapidamente para a comutação e os mecanismos de controlo de acesso ao meio deixam de ser usados. A exceção são as redes sem fios IEEE 802.11.

Arquitetura TCP/IP

A pilha de protocolos TCP/IP tem uma origem oposta à do modelo OSI, foi desenvolvida sem grande planeamento teórico, usando uma abordagem minimalista em que os problemas são resolvidos à medida que vão surgindo na prática.

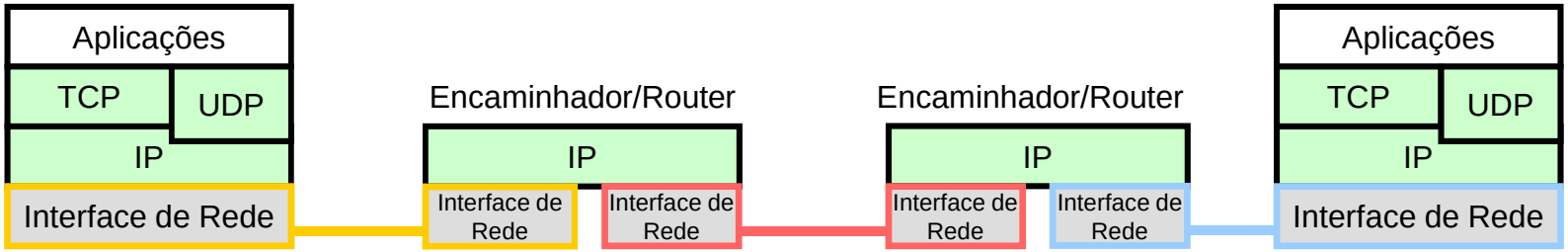
Tendo origens opostas às do modelo OSI, é curioso que a pilha de protocolos TCP/IP tenha atingido alguns dos propósitos iniciais do referido modelo. Devido à generalização da Internet que obriga à utilização do protocolo IP (Internet Protocol), parece haver uma tendência geral e irreversível de migração de todos os sistemas para a pilha TCP/IP e abandono de todos os outros protocolos. Neste contexto, a interligação de sistemas está necessariamente resolvida.



A pilha TCP/IP é constituída por vários protocolos, além do IP, os mais importantes são o UDP (User Datagram Protocol) e o TCP (Transmission Control Protocol).
UDP – Protocolo de pacotes sem fiabilidade, apenas deteção de erros.
TCP – Protocolo fiável, com ligação lógica, controlo de fluxo e controlo de erros.
Destes dois, o mais usado na internet é o TCP.

Encaminhamento IP

A camada de rede IP usa uma qualquer tecnologia de transmissão de pacotes de nível 2 para proporcionar um endereçamento de nó universal com 32 bits, permitindo assim a interligação de redes de tipos diferentes. Isto permite a construção de uma rede global como é o caso da internet.



O endereçamento IP introduz o conceito de endereço de rede, o objetivo é facilitar o encaminhamento pois passa a ser realizado rede a rede e não nó a nó como acontece no nível 2. Por simples observação do endereço IP de destino é possível determinar a que rede pertence.

Para as aplicações, todos estes aspetos de encaminhamento através de redes heterogéneas são completamente transparente, as aplicações limitam-se a usar endereços IP juntamente com os protocolos UDP e TCP.

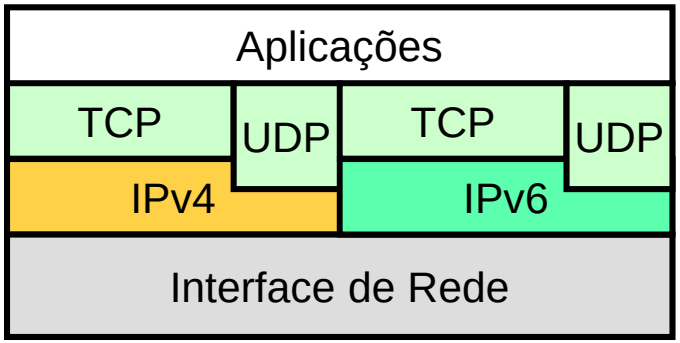
Os protocolos UDP e TCP usam números de 16 bits para etiquetar os dados, sabendo deste modo a que aplicação em particular devem entregar os dados. Estas etiquetas são conhecidas por números de porto ou de serviço.

Internet Protocol versão 6

Desde que a internet se expandiu, a versão mais utilizada do protocolo IP tem sido a versão 4, no entanto existe uma nova versão que está muito lentamente a ser introduzida na internet. Uma da grandes diferenças entre o IPv4 e o IPv6 é o aumento do tamanho dos endereços dos nós (que passa de 32 para 128 bits). Os protocolos UDP e TCP utilizam o IPv6 praticamente da mesma forma que usam o IPv4.

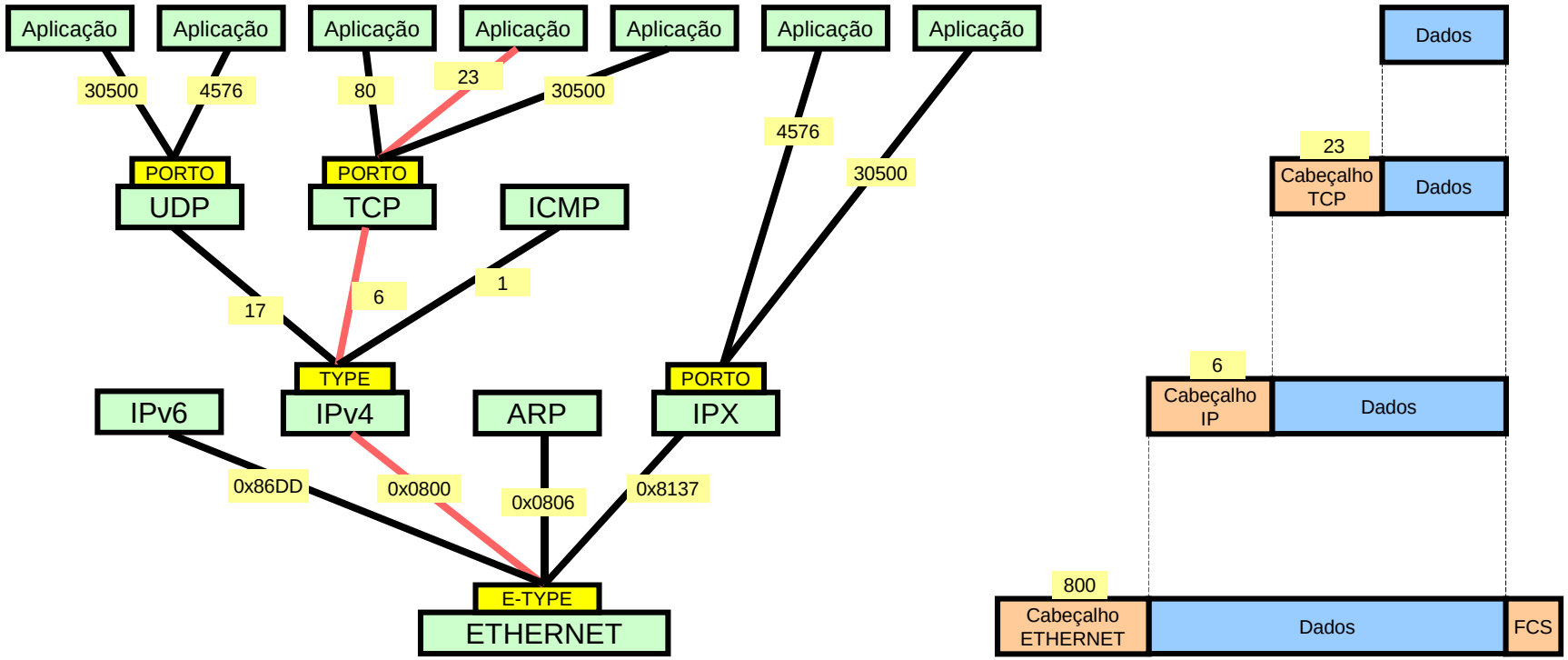
Para manter a internet em funcionamento, a transição terá necessariamente de ser gradual, certamente que ainda vamos ter o IPv4 na internet durante muitos anos.

Existem várias estratégias de coexistência dos dois protocolos, uma delas consiste em implementar os dois protocolos nos nós finais:



Camadas multiprotocolo

É comum a coexistência de camadas paralelas numa pilha de protocolos. A existência de camadas paralelas significa que existem fluxos de dados em paralelo que divergem (sentido ascendente) e convergem (sentido descendente) em camadas inferiores.
Para que estas junções de fluxos possam ser invertidas mais tarde os dados têm de ser etiquetados para se saber a que camada pertencem (multiplexagem). Este processo repete-se sucessivamente ao longo de uma pilha de protocolos.



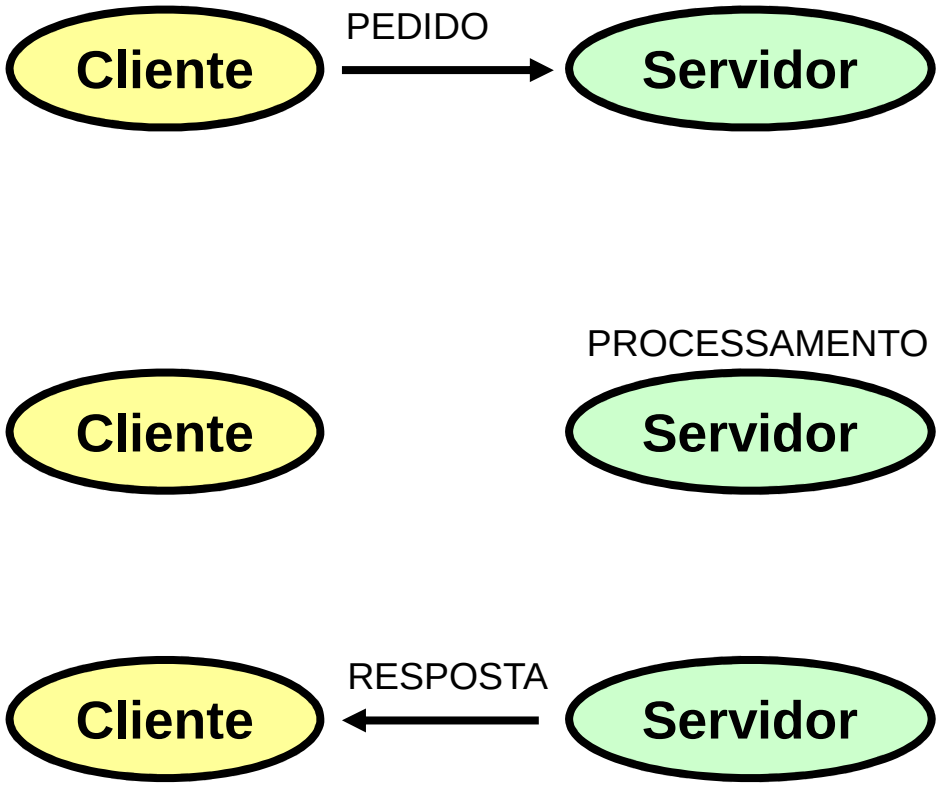
Modelo Cliente - Servidor

A quase totalidade das comunicações em rede seguem um modelo de diálogo muito simples conhecido por modelo cliente – servidor.

PRIMEIRO: o cliente envia um pedido ao servidor, normalmente por Acão do utilizador. O cliente tem de saber encontrar o servidor, ou seja, necessita do endereço de rede do servidor e do número de porto. O endereço de rede é fornecido pelo utilizador, eventualmente sob a forma de um nome. O número de porto é fixo para cada tipo de servidor.

SEGUNDO: depois de receber o pedido, o servidor executa-o. Entretanto o cliente está à espera de uma resposta.

TERCEIRO: depois de processar o pedido o servidor responde ao cliente. Para saber o endereço do cliente (e número de porto) basta verificar a origem do pedido.

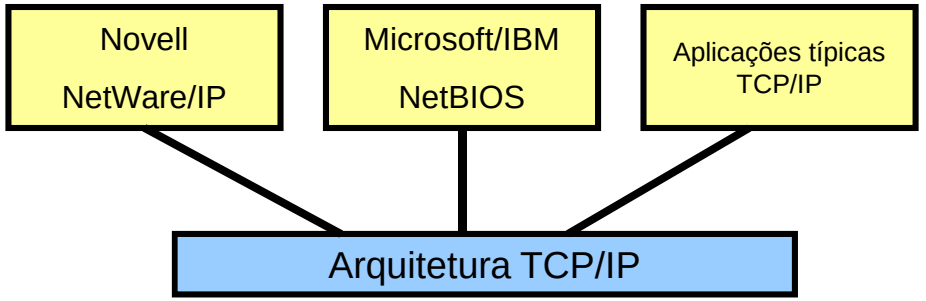


Estas trocas de informação seguem os formatos definidos no respetivo protocolo de aplicação. Para certos serviços pode não ser necessária uma resposta, para outros este diálogo pode repetir-se sucessivamente.

Conclusões

Embora nos tempos iniciais das redes de computadores existisse uma vasta variedade de arquiteturas proprietárias fechadas, a expansão da internet com a sua arquitetura TCP/IP aberta veio alterar esse panorama.

Nessa altura muitas arquiteturas proprietárias tentaram um processo de abertura que lhe deu novo folgo, mas a expansão da internet criou um processo irreversível em que o TCP/IP passou a ser obrigatório.
Neste contexto o desaparecimento total das outras arquiteturas é uma mera questão de tempo porque não é eficiente manter muitos protocolos num sistema. O que se verifica é que as aplicações das arquiteturas proprietárias são modificadas para poderem funcionar sobre TCP/IP.



É necessário não esquecer que o TCP/IP se situa em apenas duas das sete camadas do MR-OSI. Essa é talvez uma das razões do seu sucesso.