

- Aula 1-

MODELO DE CAMADAS

1. INTRODUÇÃO

A compreensão da arquitetura de redes de computadores envolve a compreensão do modelo de camadas.

O desenvolvimento de uma arquitetura de redes é uma tarefa complexa, pois envolvem inúmeros aspectos de hardware e software, como interfaceamento com o meio de transmissão, especificações, verificação e implementação de protocolos, integração com o sistema operacional, controle de erros, segurança e desempenho. O modelo em camadas surgiu para reduzir a complexidade do projeto de arquitetura de redes.

2. HIERARQUIAS DE PROTOCOLOS

Com a finalidade de reduzir a complexidade dos projetos, as redes são organizadas como uma pilha de **camadas** ou **níveis**. O objetivo dessa estratégia é fazer com que cada camada ofereça determinados serviços às camadas superiores, isolando essas camadas dos detalhes de implementação.

Cabe salientar que a **camada n de uma máquina se comunica com a camada n de outra máquina**. Para que se estabeleça essa comunicação é necessária a existência de regras e convenções conhecidas como **protocolos**.

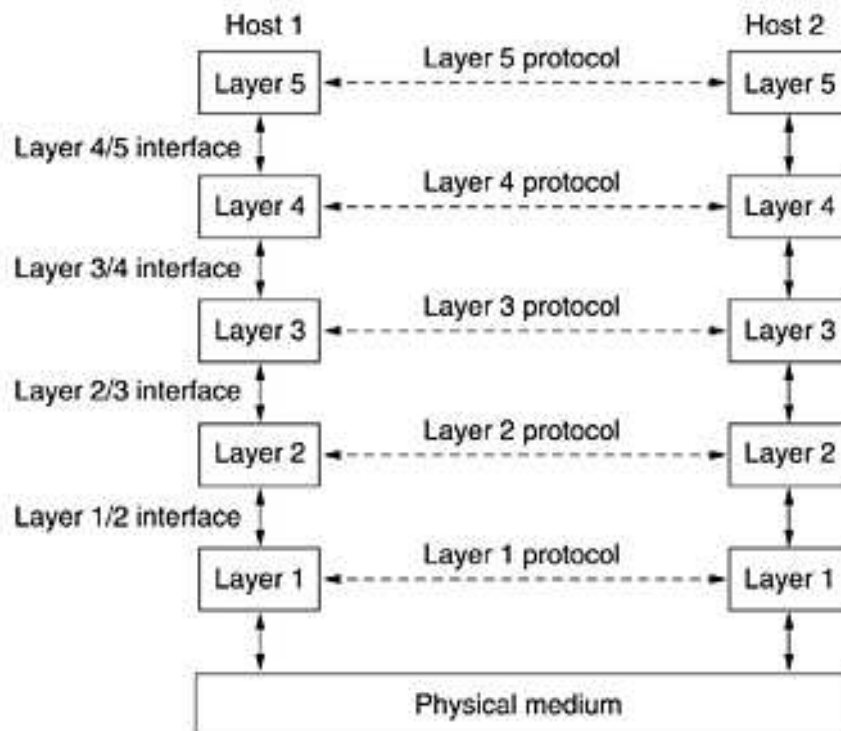
3. PROTOCOLOS

Protocolo é uma linguagem utilizada pelos dispositivos de redes (módulos processadores como computadores e roteadores) para que eles possam se comunicar. **Para que haja entendimento entre os diversos equipamentos de rede é necessário que todos os dispositivos utilizem o mesmo protocolo**, ou seja, falem a mesma linguagem.

Existem vários protocolos, e embora cada um funcione de forma particular, existem algumas características comuns entre eles. As principais **características em comum** são:

- Funcionamento em módulos ou camadas;
- Divisão da mensagem em pacotes;
- Funcionamento em módulos ou camadas.

A violação desse protocolo inviabiliza a comunicação entre as camadas.

**Figura 1 - Canal de Comunicação**

Na realidade, os dados não são transferidos diretamente da camada n de uma máquina para camada n de outra máquina. Em vez disso, cada camada transfere os dados e as informações de controle para a camada imediatamente abaixo dela, até ser alcançada a camada mais baixa. Abaixo da camada 1 encontra-se o **meio físico**, onde se dá a comunicação propriamente dita. Contudo, cabe ressaltar que a comunicação virtual se dá como mostrado nas linhas pontilhadas e a comunicação física por linhas contínuas.

Entre cada par de camadas adjacentes existe uma **interface** que define as operações e os serviços que devem ser oferecidos à camada superior.

Ao conjunto de camadas e protocolos chamamos de **arquitetura de rede**. A especificação de uma arquitetura deve conter informações suficientes para permitir que um implementador desenvolva o programa ou construa o *hardware* de cada camada, de forma que ele obedeça corretamente ao protocolo adequado.

Os complexos sistemas de comunicação de dados não usam um único protocolo para tratar de todas as tarefas de transmissão. Ao contrário, requerem uma **pilha de protocolos cooperativos**, algumas vezes chamados de família de protocolos ou mesmo **pilha de protocolos**.

Para exemplificar toda essa idéia de comunicação em vários níveis, vamos usar uma analogia muito famosa: **Os dois filósofos**

- Imagine dois filósofos (*processos da camada 3*), um deles fala urdu e inglês e o outro fala chinês e Francês.

REDES DE COMPUTADORES

Prof. Ricardo Rodrigues Barcelar

<http://www.ricardobarcelar.com.br>

- Como não falam o mesmo idioma eles contratam tradutores (*processos da camada 2*), que por sua vez têm cada qual uma secretária (*processos da camada 1*).
- O filósofo 1 deseja transmitir sua predileção pelo *oryctolagus cuniculus* a seu par.
- Para tal ele envia uma mensagem em inglês através da interface 2/3 a seu tradutor.
- Os tradutores resolveram usar o idioma holandês como neutro, dessa forma a mensagem foi traduzida para o holandês.
- O tradutor entrega a mensagem à secretária que a transmite pelo fax (protocolo da camada 1).
- Quando a mensagem chega, é traduzida para o francês e passada através da interface 2/3 para o filósofo 2.

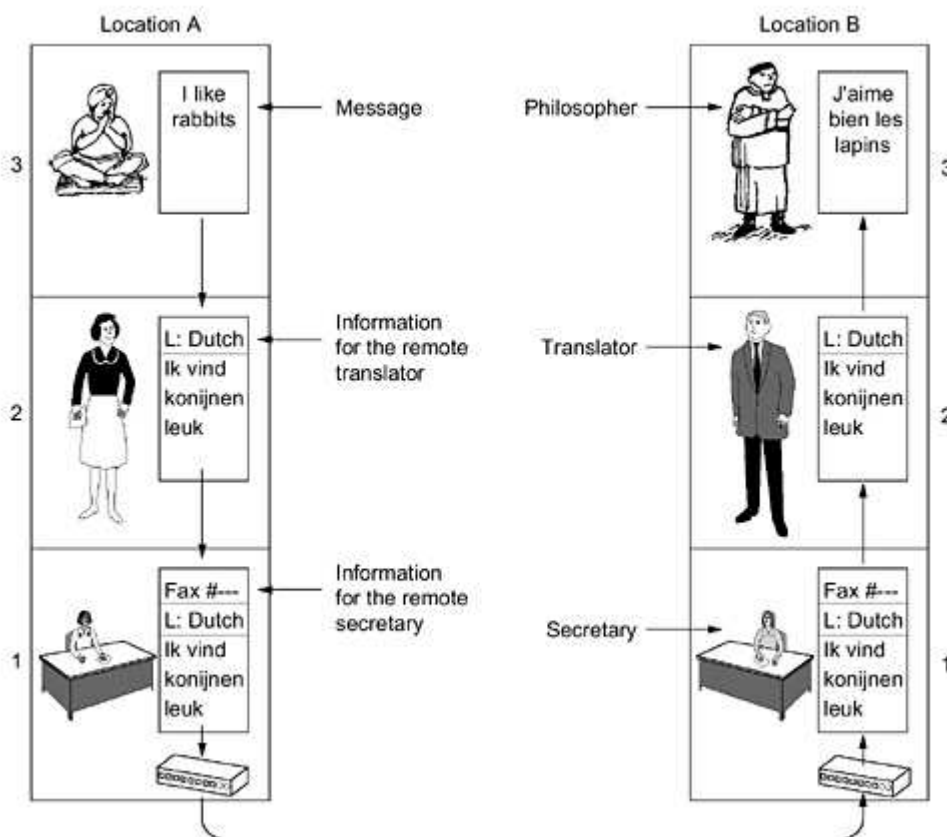


Figura 2 - Dois filósofos

Observe que cada protocolo é totalmente independente dos demais, desde que as interfaces não sejam alteradas. Nada impede que os tradutores usem outras línguas ou a secretária utilize outro meio para realizar a transmissão.

Vamos ver um exemplo mais técnico:

- Suponhamos uma comunicação elevada a 5ª camada.
- Uma mensagem M é produzida por uma aplicação na camada 5 e é entregue a camada 4 para transmissão.

REDES DE COMPUTADORES

Prof. Ricardo Rodrigues Barcelar

<http://www.ricardobarcelar.com.br>

- A camada 4 coloca um **cabeçalho**¹ no início da mensagem para identificá-la e envia para camada 3.
- A camada 3 divide as mensagens recebidas em unidades menores, **pacotes**², anexando um cabeçalho a cada pacote. (M dividido em M_1 e M_2).
- A camada 2 acrescenta não só um cabeçalho a cada fragmento, mas ao final fornece uma resultante (pode ser um CRC³) para transmissão física.
- Na máquina receptora, a mensagem se move de baixo para cima, de camada em camada, com os cabeçalhos sendo retirados durante o processo.

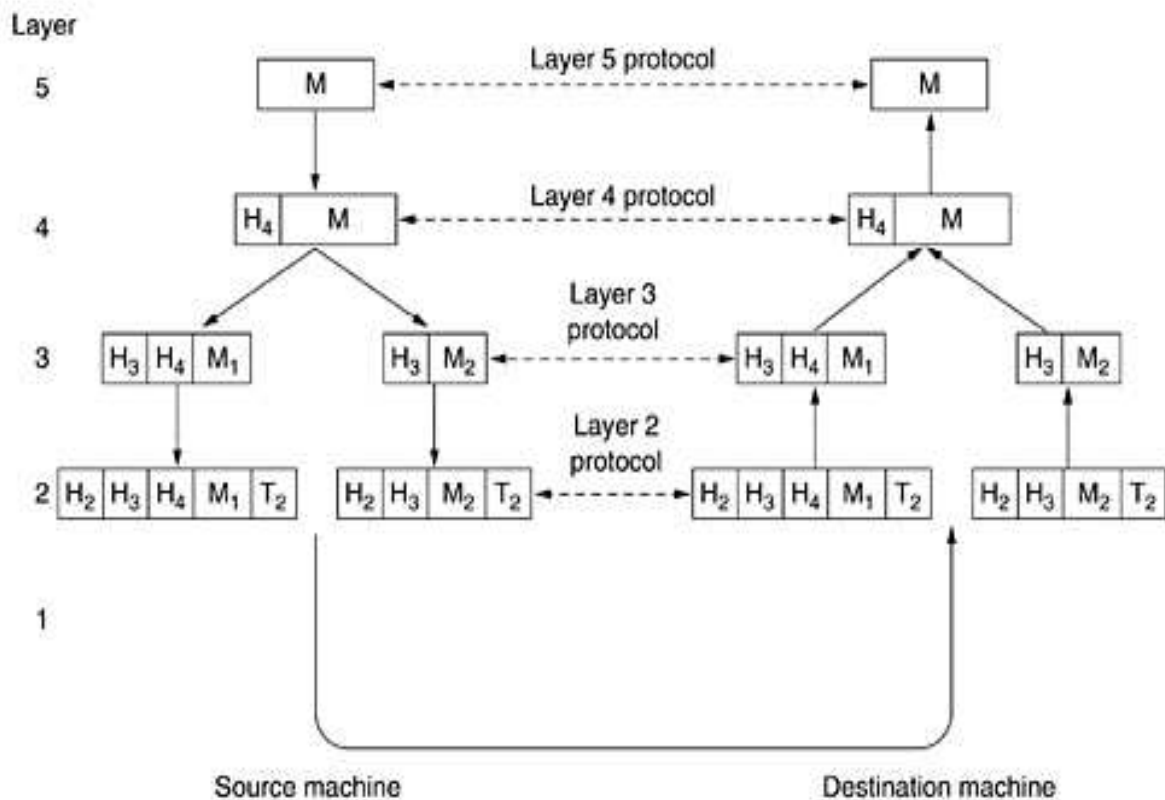


Figura 3 - Comunicação entre camadas

¹ **Cabeçalho** - Informações de controle, números de seqüência, a fim de permitir à camada correspondente do destino repassar as mensagens na ordem correta. Podem controlar ainda tamanho, hora, dentre outros atributos.

² **Pacotes** - Os protocolos dividem as mensagens a serem transmitidas na rede em pequenos pedaços de tamanho fixo chamados pacotes, quadros ou datagramas. Isso significa que um arquivo não é transmitido de uma só vez. Ele é transmitido em vários pacotes. Dentro de cada pacote há o endereço de origem e de destino. As placas de rede dos computadores têm um endereço único que vem fixado de fábrica. Assim um computador sabe quais os pacotes que lhe pertence. Se o endereço do pacote for igual ao seu ele recebe o pacote, caso contrário ignora-o.

³ **Cyclical Redundancy Check** - Variação do método *checksum*; Esquema de correção de erros de modo a verificarem se os dados chegaram íntegros ao destino.

A abstração de processos pares é fundamental para toda a estrutura da rede. Com sua utilização, a tarefa não-gerenciável de projetar a rede completa pode ser dividida em diversos problemas de projeto menores e gerenciáveis.

Cabe lembrar que as camadas inferiores de uma hierarquia de protocolos costumam ser implementadas no *hardware* ou no *firmware*. No entanto, algoritmos de protocolos muito complexos estão envolvidos no processo, muito embora estejam embutidos parcial ou totalmente no *hardware*.

4. QUESTÕES DE PROJETO RELACIONADAS ÀS CAMADAS

As questões relacionadas a projeto de redes de computadores estão presentes em diversas camadas. Todas as camadas precisam de um mecanismo para identificar as transmissões e os receptores. Dessa forma, para identificar as origens e os destinos surgiu a necessidade de se criar uma forma de **endereçamento** para definir um destino específico.

Outra preocupação é referente à transferência de dados. Em alguns sistemas, os dados são transferidos em apenas um sentido, outros em ambos os sentidos.

- **Simplex** - apenas numa direção.
- **Half-duplex** - em ambas as direções, mas não simultaneamente.
- **Full-duplex** - em ambas as direções simultaneamente.

De igual forma, o **controle de erros** é uma questão importante, pois os circuitos de comunicação não são perfeitos, sendo necessário o emprego de códigos de detecção e correção de erros.

Além disso, o receptor deve ser capaz de informar quais mensagens foram recebidas corretamente. Nem todos os canais de comunicação preservam a ordem das mensagens envidadas a eles. Para lidar com essa possível perda de seqüência, o protocolo deve permitir ao receptor remontar os fragmentos recebidos.

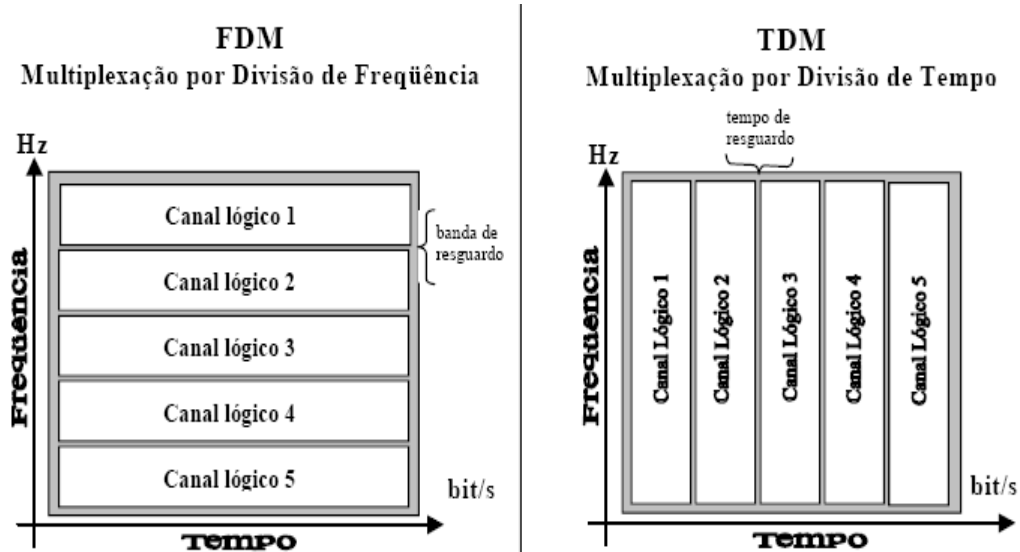
O **controle de fluxo** é de suma importância para que não haja sobrecarga na rede, bem como o caminho a ser percorrido pelos dados, trabalho este específico de roteamento.

Outro fator a ser considerado na camada física é a estratégia de multiplexação⁴.

Exemplos:

- FDM : Multiplexação por Divisão de Frequência
- TDM: Multiplexação por Divisão de Tempo
- WDM: Multiplexação por Divisão de Comprimento de Onda
- PCM: Multiplexação por Código de Pulso

⁴ **Multiplexação** é o processo de transmitir vários sinais de informação por um único canal de comunicação.

**Figura 4 - Multiplexação**

5. SERVIÇOS ORIENTADOS A CONEXÕES E SERVIÇOS SEM CONEXÃO

As camadas podem oferecer dois tipos diferentes de serviços às camadas situadas acima delas: serviços orientados a conexões e serviços sem conexões.

5.1. Serviço orientado a conexões

Baseia-se no sistema telefônico. Primeiro é necessário ao usuário do serviço estabelecer uma conexão. O aspecto essencial de uma conexão é que ela funciona como um tubo: o transmissor empurra objetos em uma extremidade, e esses objetos são recebidos pelo receptor na outra extremidade. Na maioria dos casos a ordem é preservada, de forma que os bits chegam na seqüência em que foram enviados. É possível que nestes casos sejam estabelecidos alguns critérios na transmissão dos dados como tamanho máximo dos pacotes, qualidade do serviço, largura de banda, etc.

5.2. Serviço sem conexão

Baseia-se no sistema postal. Cada mensagem carrega o endereço de destino completo e cada uma delas é roteada (encaminhada) através do sistema, independentemente de todas as outras. Em geral, quando duas mensagens são enviadas para o mesmo destino, a primeira a ser enviada é a primeira a chegar.

Cada serviço pode ser caracterizado por uma qualidade de serviço. Alguns serviços são confiáveis, no sentido de nunca perderem dados; neste caso é implementado para que o

REDES DE COMPUTADORES

Prof. Ricardo Rodrigues Barcelar

<http://www.ricardobarcelar.com.br>

receptor confirme o recebimento de cada mensagem, contudo o processo de confirmação induz sobrecarga e retardos, que freqüentemente valem à pena, mas são indesejáveis.

Uma situação típica em que um serviço orientado a conexões confiável é apropriado é a transferência de arquivos.

Os serviços orientados a conexões confiáveis têm duas variações secundárias:

- Seqüência de mensagens;
- Fluxo de bytes.

Na primeira, os limites das mensagens são preservados, ou seja, quando duas mensagens são enviadas, ambas chegam como duas mensagens, nunca como uma única mensagem.

Na segunda, quando um usuário se conecta a um servidor remoto, só é necessário um fluxo de bytes do computador do usuário para o servidor. Os limites não são relevantes.

Para algumas aplicações, os retardos introduzidos pelas confirmações são inaceitáveis. Uma dessas aplicações é o tráfego de voz digital. Os usuários de telefone preferem ouvir um pouco de ruído na linha ou uma palavra truncada de vez em quando a experimentar um retardo para aguardar confirmações. O mesmo acontece na transferência de vídeos; não haverá problemas se aparecerem alguns pixels errados. No entanto, não se admite interromper o fluxo de transmissão para corrigir erros.

O serviço sem conexão, não-confiável (ou seja sem confirmação), é chamado de **serviço de datagramas**, em analogia ao serviço de telegramas. Em outras situações, a conveniência de não ter que estabelecer uma conexão para enviar uma única mensagem curta é desejável, mas a confiabilidade é essencial. Neste caso é chamado de **serviço de datagramas com confirmação**.

Outro serviço é o serviço de **solicitação/resposta**. O transmissor envia um único datagrama contendo uma solicitação; a resposta contém a réplica. É normalmente usada para implementar a comunicação cliente-servidor.

	Service	Example
Connection-oriented	Reliable message stream	Sequence of pages
	Reliable byte stream	Remote login
	Unreliable connection	Digitized voice
Connection-less	Unreliable datagram	Electronic junk mail
	Acknowledged datagram	Registered mail
	Request-reply	Database query

Figura 5 - Conexões

REDES DE COMPUTADORES

Prof. Ricardo Rodrigues Barcelar

<http://www.ricardobarcelar.com.br>

A razão pela opção por uma conexão não confiável à comunicação confiável se dá pelo fato de uma comunicação confiável não estar disponível ou por razões de performance em detrimento de segurança. A ethernet, por exemplo, não oferece comunicação confiável, assim cabe aos níveis mais altos lidar com esse problema. Os retardos inerentes ao fornecimento de um serviço confiável podem ser inaceitáveis, em especial nas aplicações de tempo real.

6. PRIMITIVAS DE SERVIÇO

Um serviço é especificado formalmente por um conjunto de primitivas (operações) disponíveis para que um processo do usuário o acesse. Tais primitivas informam ao serviço que ele deve executar alguma ação ou relatar uma ação executada por uma entidade par. Em geral, as primitivas ocorrem como "*System Calls*" – chamadas do Sistema Operacional que se encarregam enviar os pacotes necessários.

Quadro1: Primitivas de Serviço de uma conexão simples.

Primitiva	Significado
LISTEN	Espera bloqueada por uma conexão de entrada
CONNECT	Estabelece uma conexão com um par que está à espera
RECEIVE	Espera bloqueada por uma mensagem de entrada
SEND	Envia uma mensagem ao par
DISCONNECT	Encerra uma conexão

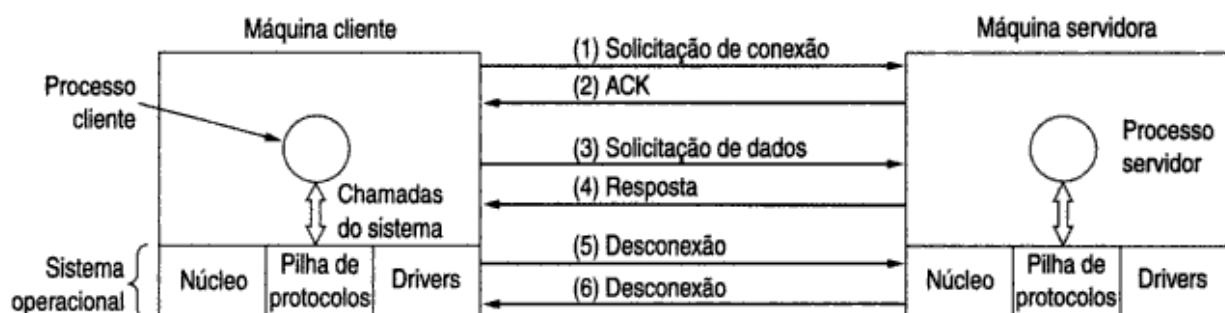


Figura 6 - Pacotes enviados em uma interação Cliente-Servidor simples

7. RELAÇÃO ENTRE SERVIÇOS E PROTOCOLOS

Serviços e protocolos são conceitos diferentes, embora confundidos.

Um serviço é um conjunto de primitivas (operações) que uma camada oferece à camada situada acima dela.

O **serviço** define as operações que a camada está preparada para executar em nome de seus usuários, mas não informa absolutamente nada sobre como essas operações são

REDES DE COMPUTADORES

Prof. Ricardo Rodrigues Barcelar

<http://www.ricardobarcelar.com.br>

implementadas. Um serviço se relaciona com uma interface entre duas camadas, sendo a camada inferior a fornecedora do serviço.

O **protocolo** é um conjunto de regras que controla o formato e o significado dos pacotes ou mensagens que são trocadas pelas entidades pares contidas em uma camada. As entidades utilizam protocolos com a finalidade de implementar suas definições de serviço. Elas têm a liberdade de trocar seus protocolos, desde que não alterem o serviço visível para seus usuários. Portanto, **o serviço e o protocolo são independentes um do outro.**

Em suma, os **serviços** estão relacionados às **interfaces** entre camadas, ao passo que os **protocolos** se relacionam aos **pacotes enviados entre entidades pares** de máquinas diferentes.

Analogia:

Um serviço é uma interface na linguagem orientada a objetos, ou seja, define as operações que podem ser executadas sobre um objeto, mas não especifica como essas operações são implementadas.

Um protocolo se refere à implementação do serviço e, conseqüentemente, não é visto pelo usuário do serviço.

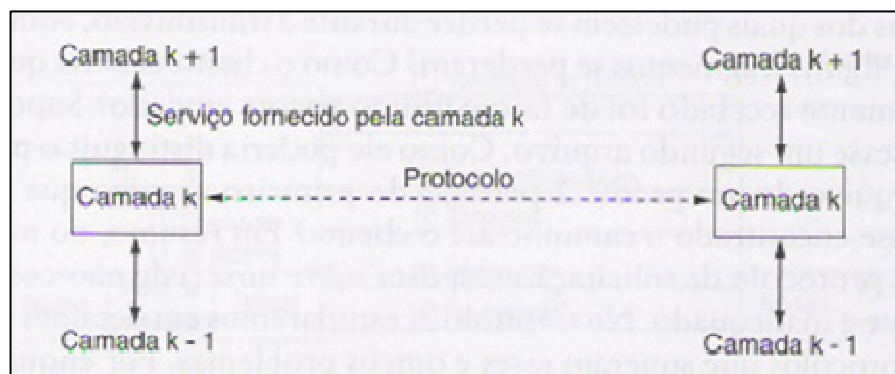


Figura 7 - Relacionamento entre serviço e protocolo

Em protocolos mais antigos, não havia essa distinção entre protocolos e serviços. Essa organização significava que quaisquer alterações realizadas no protocolo ficavam visíveis para os usuários.

8. CONCLUSÃO

Por fim, uma arquitetura de rede deve especificar o número de camadas, os serviços oferecidos por cada nível, as respectivas interfaces, além da pilha de protocolos.

Dois modelos de referencia foram concebidos utilizando o modelo em camadas: o modelo de referencia OSI (*Open Systems Interconnection*) e o modelo de referência TCP.