

Funcionalidade Específica das Camadas do Software de Redes, ISO/OSI e TCP/IP

Fabricio Breve

www.fabriciobreve.com

**Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Campus de Rio Claro – DEMAC/IGCE/UNESP**

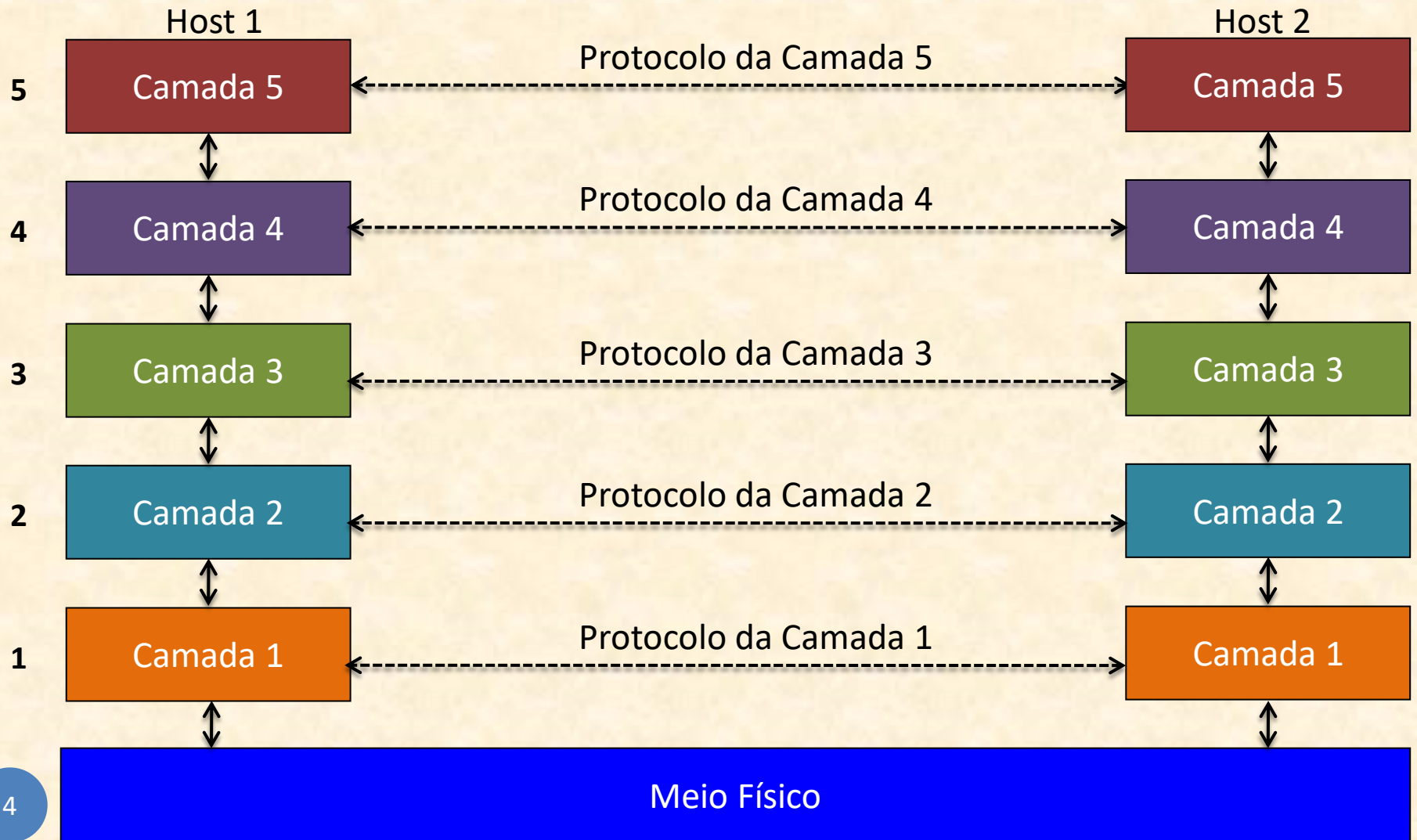
Software de Rede

- No projeto das primeiras redes de computadores o hardware foi a principal preocupação e o software ficou em segundo plano
- Atualmente o software de rede é altamente estruturado
 - Para reduzir a complexidade do projeto, a maioria das redes é organizada como uma pilha de **camadas** ou **níveis**
 - A quantidade, nomes e funções de camadas variam de uma rede para outra
 - Porém, em todas as redes o objetivo de uma camada é oferecer serviços para as camadas superiores, isolando-as dos detalhes de implementação

Hierarquia de protocolos

- Nas camadas são implementados **protocolos**
 - Protocolo é um acordo entre as partes que se comunicam, estabelecendo como se dará essa comunicação
- A camada n de uma máquina se comunica com a camada n de outra máquina
 - Na realidade, os dados não são transferidos diretamente entre as camadas n
 - Em vez disso, cada camada transfere os dados e informações de controle para a camada abaixo dela, até alcançar a camada mais baixa
 - Abaixo da camada mais baixa está o meio físico através do qual a comunicação efetivamente acontece

Hierarquia de protocolos



Interfaces

- Entre cada par de camadas adjacentes existe uma **interface**
 - Define as operações e serviços que a camada inferior tem a oferecer à camada que se encontra acima dela
 - Interfaces bem definidas simplificam a substituição da implementação de uma camada por outra totalmente diferente
 - Exemplo: Substituição de linha telefônica por sinal de satélite
 - Solução: A nova camada deve oferecer exatamente o mesmo conjunto de serviços para a camada superior

Arquitetura de Redes

- O conjunto de camadas e protocolos é chamado **arquitetura de rede**
- A arquitetura de rede deve conter informações suficientes para permitir que o hardware ou software da camada seja implementado, obedecendo ao protocolo adequado
 - Detalhes de implementação e interfaces não pertencem a arquitetura, pois ficam ocultos dentro das máquinas
- Uma lista de protocolos usados por um determinado sistema, sendo um protocolo por camada, é chamado de **pilha de protocolos**

Arquitetura de Redes

- Inicialmente, cada fabricante desenvolveu sua própria arquitetura de redes, de modo que seus computadores pudessem trocar informações entre si
 - Estas são arquiteturas proprietárias, pois são controladas por apenas uma entidade: o fabricante
 - Esta não era uma boa solução, pois não permitia a comunicação de equipamentos de diferentes fabricantes
- Para resolver este problema era necessário criar uma arquitetura única
 - Para que nenhum fabricante levasse vantagem, a arquitetura única deveria ser aberta e pública

Modelo de Referência ISO/OSI

- Modelo baseado em proposta desenvolvida pela ISO (International Standard Organization)
 - Primeiro passo em direção à padronização internacional de protocolos empregados em diversas camadas de redes
 - Chamado de *Modelo de Referência ISO OSI* (Open System Interconnection)
 - Trata da interconexão de sistemas abertos para a comunicação com outros sistemas

Modelo de Referência ISO/OSI

- Modelo bastante geral e didático
 - Características descritas em cada camada podem ser utilizadas para criar novos protocolos e comparar protocolos existentes
- Não define com exatidão protocolos e serviços
 - Especifica apenas o que cada camada deve fazer
 - Protocolos e serviços são definidos pela ISO em padrões distintos, porém são raramente utilizados na prática

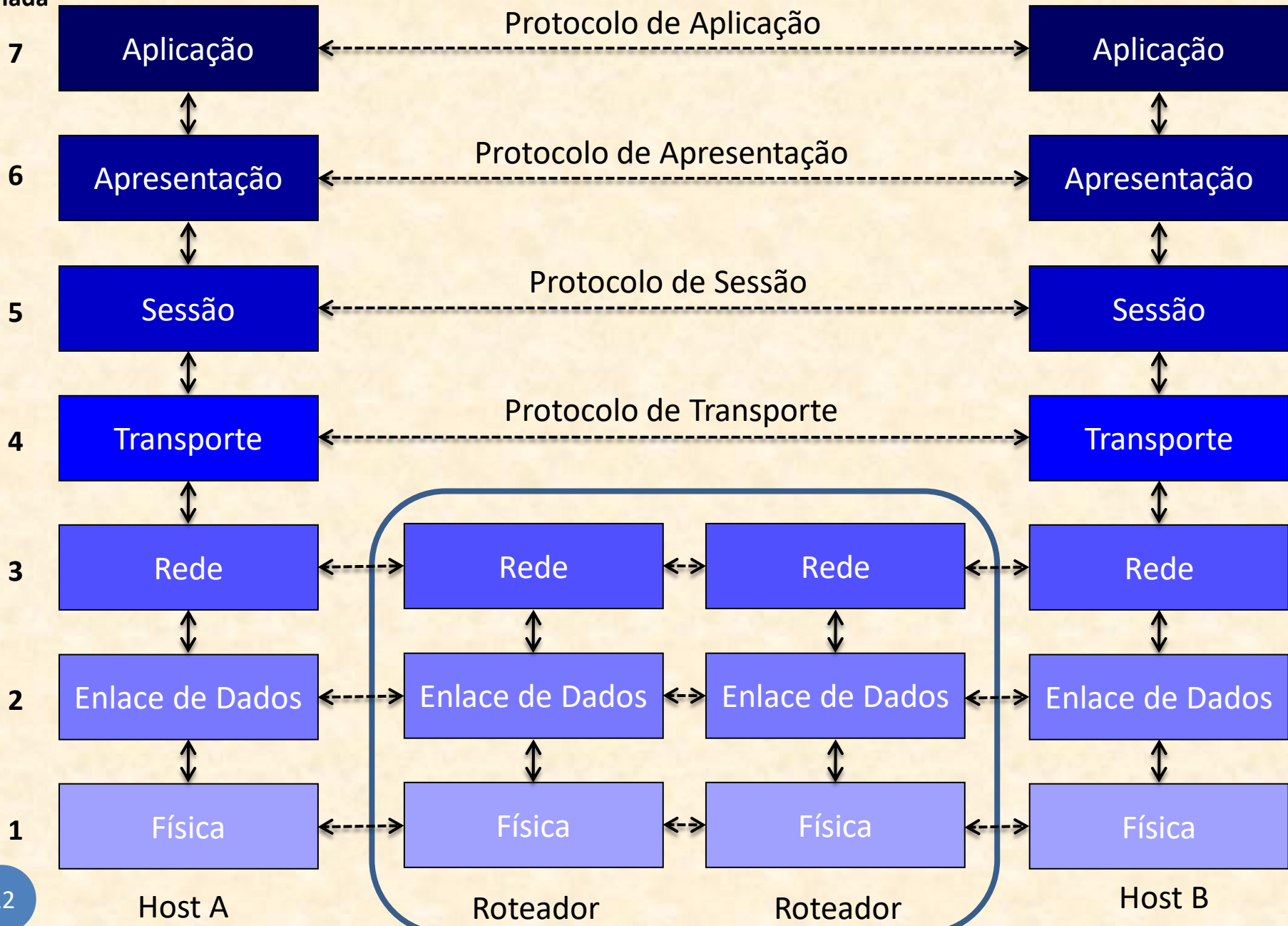
Modelo de Referência ISO/OSI

- Dividido em 7 camadas, utilizando os seguintes princípios:
 - Uma camada deve ser criada onde houver necessidade de um grau de abstração adicional
 - Cada camada deve executar uma função bem definida
 - A função de cada camada deve ser escolhida tendo em vista a definição de protocolos padronizados internacionalmente
 - Os limites de camadas devem ser escolhidos para minimizar o fluxo de informações pelas interfaces
 - O número de camadas deve ser grande o bastante para que funções distintas não precisem ser desnecessariamente colocadas na mesma camada e pequeno o suficiente para que a arquitetura não se torne difícil de controlar

Modelo ISO/OSI



Camada



Aplicação
Apresentação
Sessão
Transporte
Rede
Enlace de Dados
Física

Modelo ISO/OSI – Camada Física

- Responsável pela transmissão de bits brutos pelo canal de comunicação
 - Representação de bits 0 e 1
 - De acordo com o meio de comunicação (elétrico, óptico, etc.)
 - Duração da transmissão de cada bit
 - Intervalo de sinalização
 - Canal de comunicação
 - Simplex, Half-duplex, Full-duplex
 - Transmissão
 - Serial ou Paralela
 - Como conexão será estabelecida e desfeita
 - Tipo de conector
 - Quantidade de pinos e finalidade de cada um

Aplicação
Apresentação
Sessão
Transporte
Rede
Enlace de Dados
Física

Modelo ISO/OSI - Camada Física

- Questões de projeto lidam com:
 - Interfaces mecânicas, elétricas e de sincronização
 - Meio físico de transmissão que está abaixo da camada física
- Não é preocupação da camada física:
 - Saber o significado dos bits ou a forma em que estão agrupados
 - Tratar de problemas como erros de transmissão

Modelo ISO/OSI – Camada de Enlace de Dados

Aplicação
Apresentação
Sessão
Transporte
Rede
Enlace de Dados
Física

- Transforma um canal de transmissão bruto em uma linha que pareça livre de erros para a camada de rede
- Divide os dados de entrada em **quadros de dados**
 - Contém algumas centenas ou milhares de bytes enviados em seqüência
 - Quando o serviço é confiável, o receptor envia um **quadro de confirmação** ao receber corretamente um quadro
- Também pode cuidar do controle de fluxo
 - Evita que um transmissor muito rápido envie uma quantidade excessiva de dados para um receptor lento

Modelo ISO/OSI – Camada de Enlace de Dados

Aplicação
Apresentação
Sessão
Transporte
Rede
Enlace de Dados
Física

- Em redes de difusão, possui uma **subcamada de controle de acesso ao meio**
 - Controlam o acesso ao canal compartilhado
 - Exemplos: CSMA/CD em redes Ethernet (IEEE 802.3)
- Os pacotes de dados recebidos da camada de Rede são transformados em quadros que serão trafegados pela rede, adicionando informações de cabeçalho como:
 - Endereço da placa de rede de origem
 - Endereço da placa de rede de destino
 - Dados de controle
 - Código CRC para detecção de erros

Modelo ISO/OSI – Camada de Rede

Aplicação
Apresentação
Sessão
Transporte
Rede
Enlace de Dados
Física

- Determina como os pacotes são roteados da origem até o destino
 - Oculta da camada de transporte questões de chaveamento e roteamento
 - As rotas podem ser:
 - Estáticas (raramente alteradas)
 - Determinadas no início de cada conversação
 - Exemplo: uma sessão de terminal
 - Circuito virtual (orientado a conexões)
 - Altamente dinâmicas
 - Determinadas para cada pacote, refletindo carga atual da rede
 - Serviço de datagramas (orientado a pacotes)

Modelo ISO/OSI – Camada de Rede

Aplicação
Apresentação
Sessão
Transporte
Rede
Enlace de Dados
Física

- Também é responsável por:
 - Controle de congestionamentos
 - Se muitos pacotes estiverem na sub-rede ao mesmo tempo, podem haver gargalos
 - Qualidade de serviços
 - Retardo, tempo em trânsito, instabilidade, etc.
 - Superar problemas que podem surgir na viagem de um pacote de sua rede de origem à de destino:
 - Tipos de endereçamento diferentes
 - Limites de tamanho de pacotes diferentes
 - Protocolos diferentes

Modelo ISO/OSI – Camada de Transporte

Aplicação
Apresentação
Sessão
Transporte
Rede
Enlace de Dados
Física

- Responsável por receber os dados enviados pela camada de sessão e dividi-los em pacotes que serão transmitidos pela rede (repassados para a camada de rede)
- Assegura que todos os fragmentos cheguem corretamente à outra extremidade
- Isola as camadas superiores de mudanças de hardware
- É a primeira camada fim a fim ligando a origem ao destino
 - Nas camadas inferiores, protocolos são trocados entre cada máquina e seus vizinhos imediatos (roteadores, etc.)
 - Nas camadas de 4 a 7, o protocolo da máquina de origem se comunica diretamente com o protocolo da camada de destino

Modelo ISO/OSI – Camada de Transporte

Aplicação
Apresentação
Sessão
Transporte
Rede
Enlace de Dados
Física

- Determina que tipo de serviços devem ser fornecidos à camada de sessão e aos usuários da rede
 - Canal ponto a ponto livre de erros que entrega mensagens ou bytes na ordem em que foram enviados
 - Detecção e correção de erros, reordenação de pacotes
 - Mensagens isoladas sem nenhuma garantia de entrega
 - Difusão de mensagens para muitos destinos
- Várias conexões de transporte podem compartilhar a mesma conexão de rede (multiplexação)
- Uma conexão de transporte pode utilizar várias conexões de rede (*splitting*)
- A camada de transporte também faz controle de fluxo
 - Mais complicado que o da camada de enlace, pois o retardo da rede é bem menos previsível

Modelo ISO/OSI – Camada de Sessão

Aplicação
Apresentação
Sessão
Transporte
Rede
Enlace de Dados
Física

- Permite que usuários de diferentes máquinas estabeleçam **sessões** entre eles
 - Controle de diálogo
 - Define quem deve transmitir a cada momento
 - Gerenciamento de *token*
 - Impede que duas partes tentem executar uma operação crítica ao mesmo tempo
 - Sincronização
 - Realiza verificação periódica em transmissões longas, de forma que seja possível continuar a transmissão do ponto onde estavam se ocorrer uma falha

Modelo ISO/OSI – Camada de Apresentação

Aplicação
Apresentação
Sessão
Transporte
Rede
Enlace de Dados
Física

- Tem como finalidade incluir funções que muitos aplicativos precisam quando utilizam a rede
- Realiza transformações nos dados antes de seu envio ao nível de sessão
 - Compressão de dados
 - Criptografia
 - Conversão do padrão de caracteres (código de página)

Modelo ISO/OSI – Camada de Aplicação

Aplicação
Apresentação
Sessão
Transporte
Rede
Enlace de Dados
Física

- Oferece aos aplicativos os meios para que estas utilizem o ambiente de comunicação
- Contém uma série de protocolos comumente necessários para os aplicativos de usuários

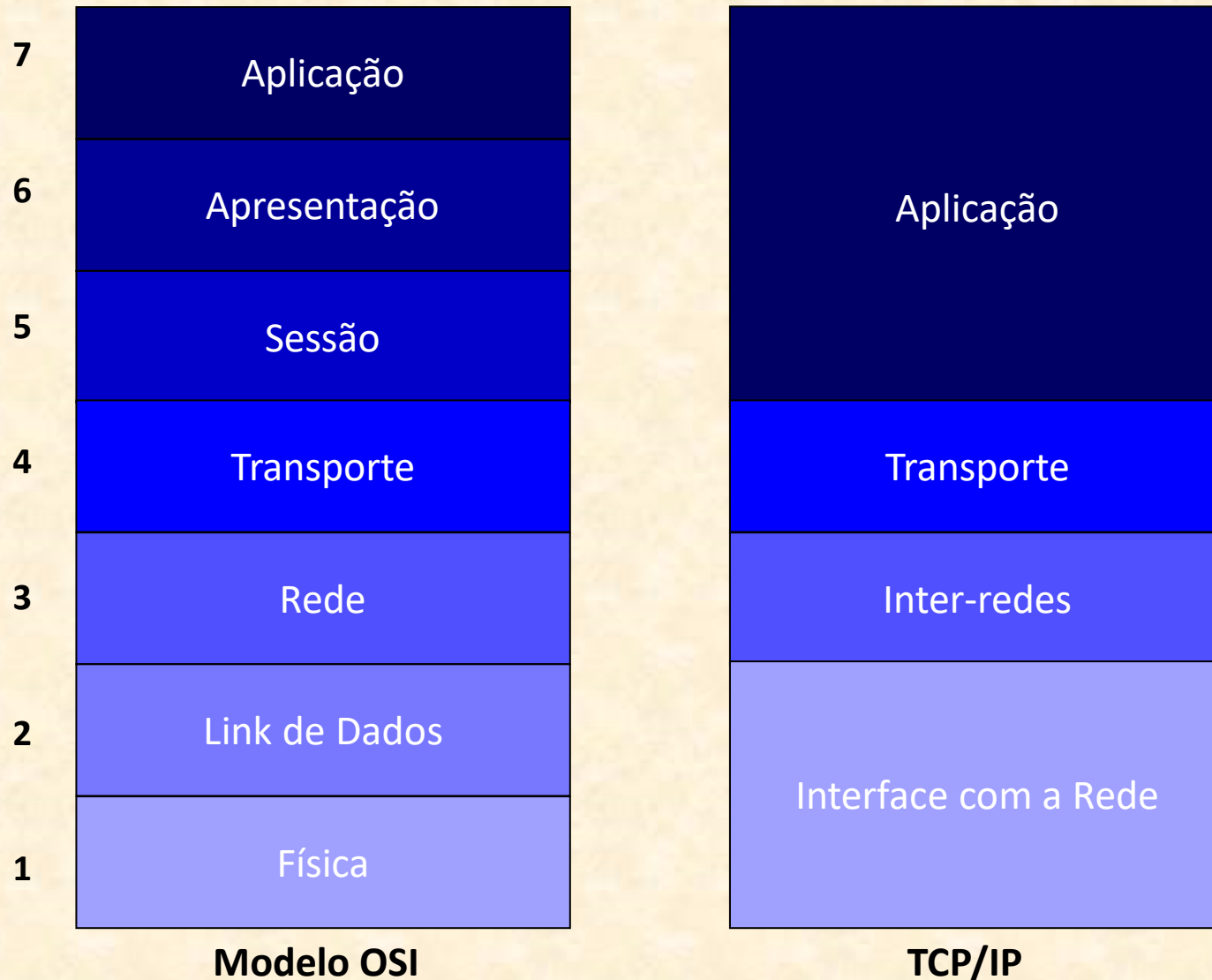
Modelo de Referência TCP/IP

- Tem suas origens na ARPANET (rede patrocinada pelo Departamento de Defesa dos EUA, predecessora da Internet)
 - Com a conexão de várias Universidades que faziam trabalhos relacionados à defesa, o crescimento da rede tornou inadequado o protocolo original e foi criada uma nova arquitetura de referência, que mais tarde ficou conhecida como **Modelo de Referência TCP/IP**
 - Tinha como requisito:
 - Ser capaz de sobreviver à perda de hardware de sub-redes, sem interromper as conversações existentes
 - Se adaptar a aplicações com requisitos divergentes
 - Exemplo: transferência de arquivos e transmissão de voz em tempo real

Modelo de Referência TCP/IP

- Arquitetura aberta
 - Qualquer fabricante pode adotar sua própria versão do TCP/IP em seu SO sem pagar direitos autorais
 - Todos os fabricantes acabaram adotando TCP/IP
 - Protocolo Universal
- Atualmente é o protocolo mais usado em redes locais
 - Principal responsável: Popularização da Internet
 - Mesmo SOs que antigamente só suportavam seu protocolo proprietário hoje suportam TCP/IP
 - IPX/SPX – Novell Netware
 - NETBEUI – IBM, Microsoft

Modelo de Referência TCP/IP



Modelo TCP/IP – Camada de Inter-redes

Aplicação
Transporte
Inter-Redes
Interface com a Rede

- Permite que os hosts injetem pacotes em qualquer rede e garante que eles trafegarão até o destino (talvez em uma rede diferente)
 - Podem seguir rotas diferentes
 - Podem chegar fora da ordem em que foram enviados
 - Cabe às camadas superiores rearranjá-los se assim for desejável
 - Análogo ao sistema de correio (convencional)
- Define um protocolo chamado **IP (Internet Protocol)**
- O roteamento de pacotes é questão de grande importância nesta camada
 - Equivalência com a camada de Rede do Modelo ISO/OSI

Modelo TCP/IP – Camada de Inter-redes

Aplicação
Transporte
Inter-Redes
Interface com a Rede

- Encapsula os pacotes da camada de transporte em datagramas IP, incluindo o cabeçalho com informações como:
 - Endereço IP de origem e destino
 - Tempo de vida do pacote (decrementado em cada roteador)
 - Número do protocolo da camada transporte
 - Etc.
- O algoritmo de roteamento é executado para saber se o datagrama pode ser entregue diretamente ou redirecionado a um *gateway*

Modelo TCP/IP – Camada de Transporte

Aplicação
Transporte
Inter-Redes
Interface com a Rede

- Permite a conversação fim a fim da mesma forma que no Modelo ISO/OSI.
- Dois protocolos foram definidos:
 - TCP (*Transmission Control Protocol*)
 - Orientado a conexões
 - Garante a entrega de dados sem erro
 - Fragmenta o fluxo de bytes de entrada e passa cada fragmento para a camada de inter-redes, e faz o processo inverso no destino.
 - Faz controle de fluxo
 - UDP (*User Datagram Protocol*)
 - Sem conexão
 - Sem garantia de entrega
 - Destinado a aplicações que não querem controle de fluxo e vão utilizar seus próprios recursos para isso
 - Também utilizado em aplicações cliente/servidor para consultas diretas com solicitação/resposta

Modelo TCP/IP – Camada de Transporte

Aplicação
Transporte
Inter-Redes
Interface com a Rede

- Ambos TCP e UDP fornecem serviço de multiplexação/demultiplexação através do uso de **portas**
 - As portas são campos incluídos no cabeçalho TCP ou UDP, cujos valores podem ser associados à aplicativos específicos (na origem e no destino)
 - Dessa forma, ao receber pacotes TCP ou UDP, a camada de transporte sabe a qual aplicativo deve entregá-lo.
 - Exemplos:
 - Servidores Web (protocolo de aplicação HTTP) normalmente se associam à porta 80
 - SMTP utiliza a porta 25
 - FTP utiliza as portas 20 (dados) e 21 (informações de controle)

Modelo TCP/IP – Camada de Aplicação

Aplicação
Transporte
Inter-Redes
Interface com a Rede

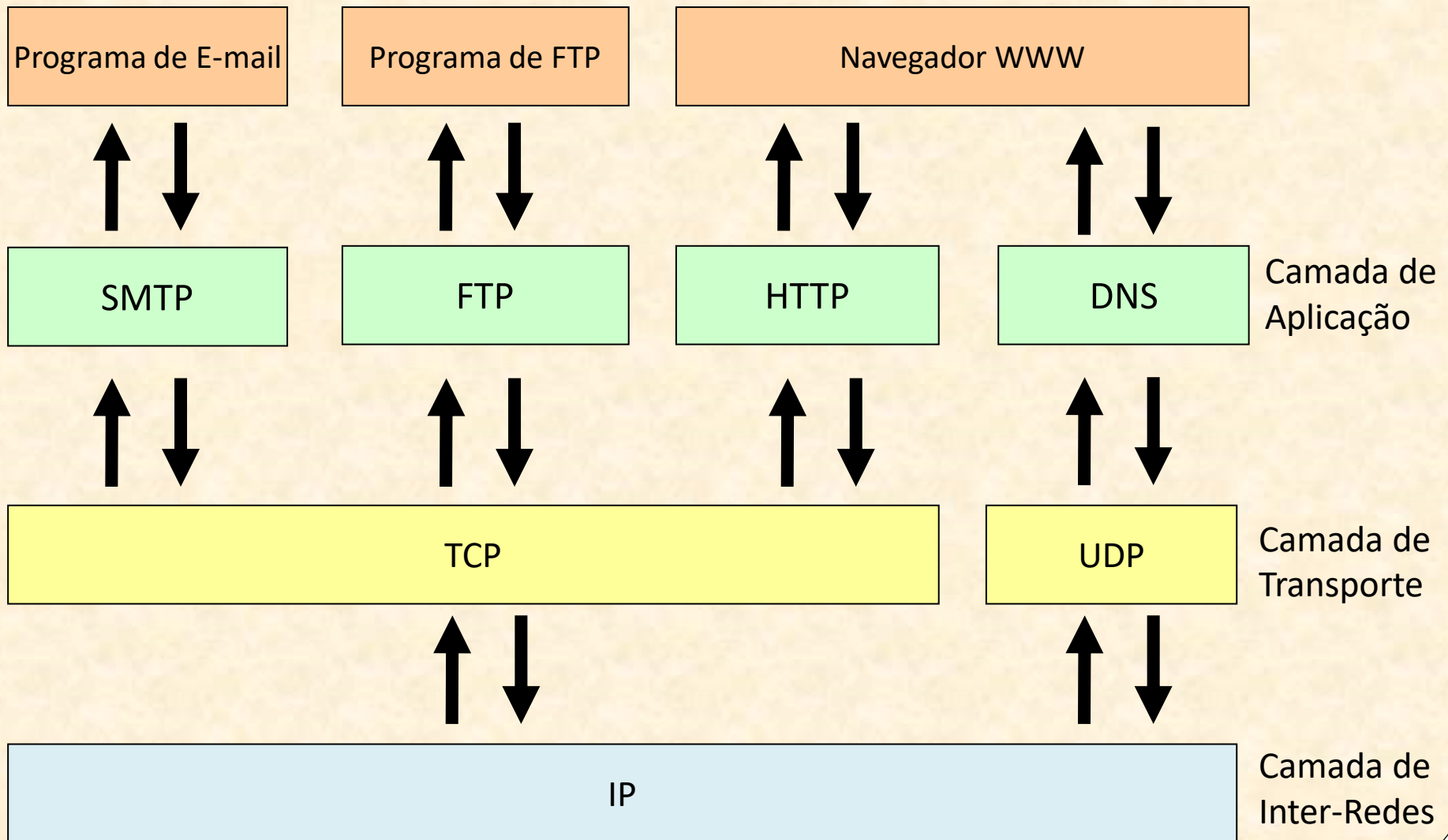
- O modelo TCP/IP não tem as camadas de sessão e apresentação
 - Os desenvolvedores do TCP/IP não perceberam necessidade de incluí-las
 - A experiência com o Modelo ISO/OSI acabou mostrando que essas camadas são realmente pouco utilizadas na maioria das aplicações
 - Os protocolos da camada de aplicação implementam as funcionalidades das camadas ausentes quando necessário

Modelo TCP/IP – Camada de Aplicação

Aplicação
Transporte
Inter-Redes
Interface com a Rede

- A camada de aplicação contém os protocolos de nível mais alto, que são utilizados pelos aplicativos:
 - FTP para transferência de arquivos
 - SMTP para envio de correio eletrônico
 - DNS para converter nomes de hosts em endereços IP
 - Etc.
- Os protocolos da camada de aplicação escolhem o transporte desejado e se comunicam com o protocolo da camada de transporte correspondente
 - TCP
 - UDP

Modelo TCP/IP – Camada de Aplicação



Modelo TCP/IP – Camada de Interface com a Rede

Aplicação
Transporte
Inter-Redes
Interface com a Rede

- O modelo de referência TCP/IP não especifica muito bem o que acontece nessa camada, exceto o fato de que o host deve se conectar à rede utilizando algum protocolo que permita enviar pacotes IP
 - Tal protocolo não é definido e varia de host para host e de rede para rede
 - Qualquer tipo de rede pode ser utilizada, bastando-se que seja desenvolvida uma interface para compatibilizar a tecnologia dessa rede com o protocolo IP
- A função desta camada é aceitar datagramas IP e transmiti-los por uma rede específica

Aplicações (Programa de E-mail, Navegador)



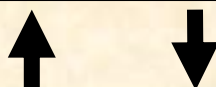
Camada de Aplicação (SMTP, HTTP, FTP, Telnet, DNS)



Camada de Transporte (TCP, UDP)



Camada de Inter-rede (IP, ICMP, ARP, RARP)



Controle do Link Lógico

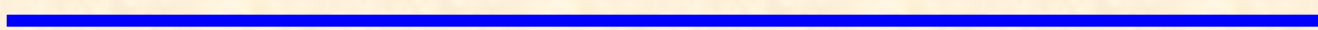
Controle do Acesso ao Meio (MAC) (IEEE 802.3)

Driver da Placa de Rede

Placa de Rede



Camada de interface com a rede



Cabo da rede

Modelo ISO/OSI versus Modelo TCP/IP

- Semelhanças
 - Ambos se baseiam no conceito de pilha de protocolos independentes
 - Apesar da diferença no número de camadas, as camadas existentes apresentam praticamente as mesmas funções
- Diferenças
 - O modelo ISO/OSI torna explícita a diferença entre serviços, interfaces e protocolos, enquanto o modelo TCP/IP original não deixava claro essas diferenças
 - Por esta razão, protocolos do modelo ISO/OSI são mais bem encapsulados que os do TCP/IP

Modelo ISO/OSI versus Modelo TCP/IP

Modelo ISO/OSI

- Concebido antes dos protocolos correspondentes serem criados, tornando-se bastante flexível e genérico
- Porém, por não terem experiência no assunto, os projetistas não tinham muita noção da funcionalidade a ser colocada em cada camada

Modelo TCP/IP

- Protocolos vieram primeiro, o modelo foi criado com base na descrição dos protocolos, tornando a adaptação perfeita
- Porém o modelo não se adapta a outras pilhas de protocolos, e não tem muita utilidade além de descrever redes que usam o TCP/IP

Modelo ISO/OSI versus Modelo TCP/IP

Modelo ISO/OSI

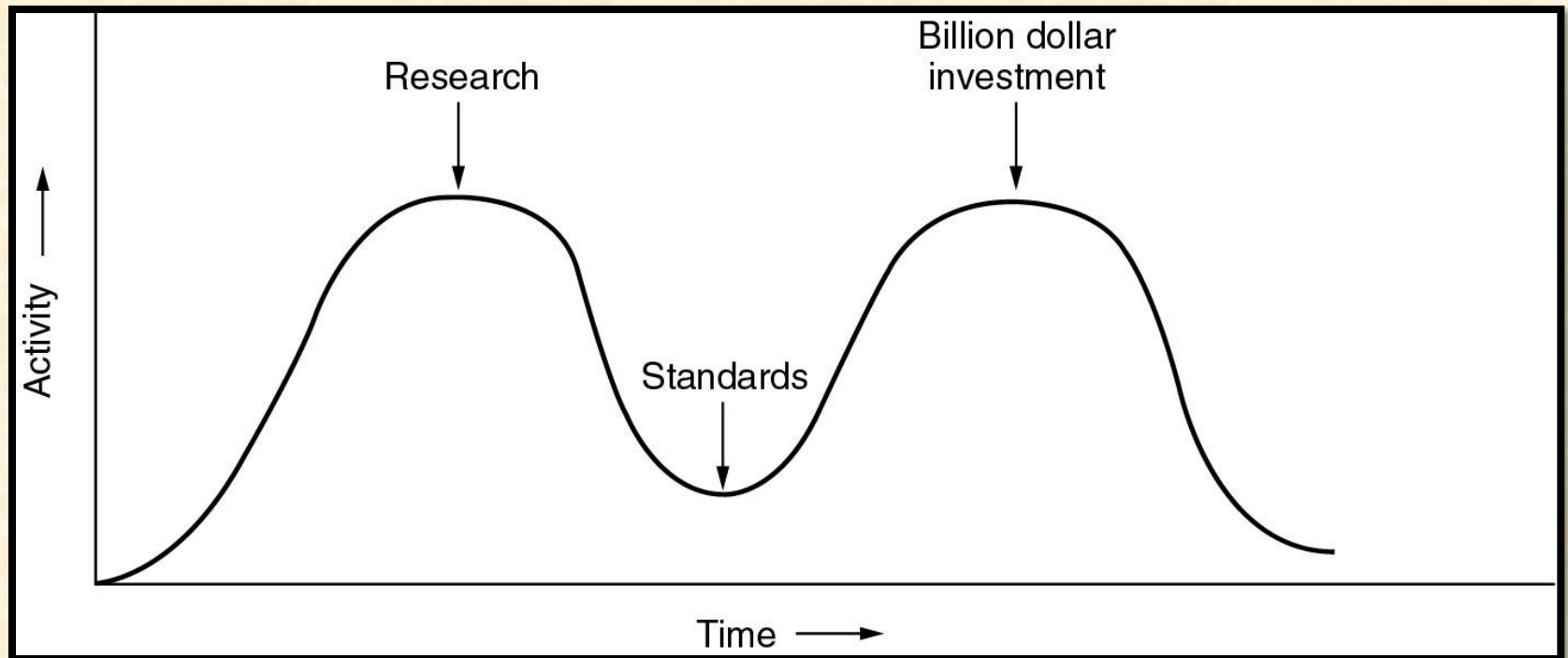
- Camada de Rede
 - Comunicação sem conexão
 - Comunicação orientada a conexões
- Camada de Transporte
 - Apenas comunicação orientada a conexões

Modelo TCP/IP

- Camada de Rede
 - Apenas comunicação sem conexão
- Camada de Transporte
 - Comunicação sem conexão
 - Comunicação orientada a conexões

Problemas do ISO/OSI

- Momento errado



Quando o ISO/OSI chegou, o TCP/IP já estava bem difundido e o mercado acadêmico já era o suficiente para as empresas começarem a oferecer produtos com cautela. Quando o ISO/OSI chegou, nenhuma empresa quis arriscar em um novo modelo e ficaram umas esperando pelas outras até que ele desapareceu.

Problemas do modelo de referência ISO/OSI

- Tecnologia Ruim
 - O modelo e os protocolos tem falhas
 - Camadas de sessão e apresentação quase vazias
 - Camadas de rede e enlace de dados sobrecarregadas
 - Endereçamento, controle de fluxo e controle de erros aparece repetidamente em várias camadas
 - Padrões complexos demais
 - Quando impresso e empilhado chega a quase um metro de altura
 - Difícil de implementar
 - Ineficientes em operação

Problemas do modelo de referência ISO/OSI

- Implementações Ruins
 - Complexidade levou a implementações grandes e lentas.
 - Acabou sendo associado com “má qualidade”.
 - Mesmo que os produtos tenham melhorado com o tempo, a imagem ficou.
 - Enquanto isso, o TCP/IP fazia parte do UNIX, era bom e gratuito.
 - A comunidade ficava cada vez maior e cada vez mais melhorias eram implementadas.

Problemas do modelo de referência ISO/OSI

- Política Ruim
 - Era visto como criação dos ministérios de telecomunicação europeus, comunidade europeia e depois como criação do governo dos EUA.
 - A ideia de um bando de burocratas do governo tentando forçar um padrão inferior aos pesquisadores e programadores não ajudou.
 - Enquanto isso, o TCP/IP era visto como parte do UNIX, que tinha grande apreciação da comunidade acadêmica.

Problemas do modelo de referência TCP/IP

- Não distingue claramente entre serviços, interfaces e protocolos.
 - O ISO/OSI faz isso com bastante cuidado.
- O modelo não serve para descrever outros protocolos.
- A camada de enlace não é verdadeiramente uma camada, mas apenas uma interface.
- Não distingue camada física e camada de enlace de dados, que tem funções bastante diferentes.

Problemas do modelo de referência TCP/IP

- TCP e IP foram projetados com cuidado e bem implementados.
 - Mas muitos outros protocolos foram feitos de maneira 'ad hoc' por estudantes de pós-graduação
 - Para resolver apenas problemas imediatos, sem grande planejamento
 - Acabavam sendo distribuídos gratuitamente, amplamente utilizados e tornaram-se difíceis de substituir
 - Exemplo: Telnet
 - O protocolo criado para proporcionar comunicação bidirecional de texto para uso em terminais virtuais é utilizado até os dias de hoje.
 - Ignora mouse, interfaces gráficas e criptografia.

Modelo ISO/OSI versus Modelo TCP/IP

Modelo ISO/OSI

- O ISO/OSI é um padrão que não vingou na prática, seus protocolos jamais se tornaram populares, mas seu modelo mostrou-se excepcionalmente útil para a discussão de redes de computadores.

Modelo TCP/IP

- O TCP/IP se tornou um padrão *de fato*. Seu modelo é praticamente inexistente (apenas descreve o funcionamento da pilha de protocolos que já existia), porém seus protocolos são usados em larga escala.

Leitura Recomendada e Complementar

- Leitura Recomendada
 - TANENBAUM, Andrew S. *Redes de Computadores*. Campus, 2003.
 - Capítulo 1.3 – Software de Rede
 - Capítulo 1.4 – Modelos de Referência
 - SOARES, Luís Fernando G. *Redes de Computadores: das LANs, MANs e WANs às redes ATM*. 2ª Edição. Campus, 1995.
 - Capítulo 5 – Arquiteturas de Redes de Computadores
- Leitura Complementar
 - TORRES, Gabriel. *Redes de Computadores: Curso Completo*. Axcel Books, 2001.
 - Capítulo 2 – Protocolos: Fundamentos
 - COMER, Douglas E. *Interligação de Redes com TCP/IP*. Volume 1: Princípios, protocolos e arquitetura. Elsevier, 2006
 - Capítulo 10 – Camada de Protocolos