

Sistemas de Conectividade

Aula 05 - Modelos de comunicação em redes:
RM-OSI e TCP/IP - parte 1

Apresentação

Nesta aula, você vai estudar um assunto muito importante, que vai lhe ajudar inclusive no processo de aprendizagem sobre redes. Estudaremos o modelo de referência OSI. Como você verá, ele divide as funções de uma rede em grupos, os quais são chamados de camadas. Sempre que se comenta sobre algum protocolo de rede ou sobre algum equipamento é comum se fazer referência a qual camada do modelo OSI ele trabalha. Desse modo, já se sabe um pouco sobre as funções que ele desempenha. Essa estruturação em camadas facilita bastante o processo de entendimento do funcionamento de uma rede.



Vídeo 01 - Apresentação

Objetivos

- Entender o que é o modelo de referência OSI.
- Identificar as funções específicas de cada camada.
- Identificar em qual camada do modelo OSI cada equipamento de rede trabalha.

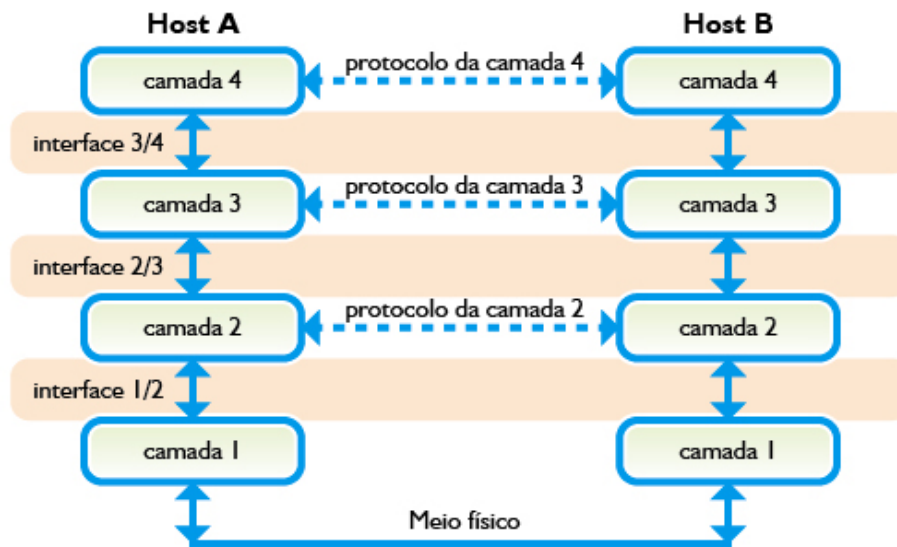
Visão da Estrutura em Camadas do RM-OSI

O funcionamento de uma rede exige uma série de cuidados para permitir que as informações sejam transmitidas e recebidas de maneira correta. Por exemplo, detecção e correção de erros de transmissão, já que a maioria dos meios de transmissão podem sofrer interferências; roteamento de mensagens entre sua origem e seu destino, uma vez que uma mensagem pode passar por várias redes intermediárias até chegar ao seu destino; definição da sintaxe e semântica das informações transmitidas, de modo que quando uma aplicação transmite um dado com um determinado tipo, esse dado seja interpretado com o tipo correto pela aplicação receptora etc.

Tudo isso torna o projeto de uma rede em uma tarefa complexa, que demanda que diversas funções sejam realizadas. Para lidar com essa complexidade, normalmente, se utiliza uma divisão em camadas, em que cada uma delas é responsável por um conjunto de funcionalidades específicas. As camadas são construídas umas sobre as outras, e uma camada oferece seus serviços para a camada superior utilizando-se dos serviços oferecidos pela camada inferior. Essa divisão em camadas nos permite discutir uma parcela específica de um problema complexo, e esconder da camada superior como os serviços oferecidos são implementados na camada inferior.

Quando tratamos da comunicação em rede, dizemos que cada camada de um nó transmissor se comunica com a mesma camada do nó receptor, em outras palavras, a camada N em uma máquina estabelece uma conversação com a camada N em outra máquina. As regras dessa conversação são chamadas de [protocolo](#) (Um protocolo define o formato e a ordem das mensagens trocadas.) da camada N. Uma camada pode ser implementada em software, em hardware ou em uma combinação dos dois. A **Figura 1** ilustra estes conceitos para uma rede estruturada em 4 camadas.

Figura 01 - Exemplo de uma rede estruturada em 4 camadas. Host significa computador ligado a rede.



A comunicação entre as camadas N de duas máquinas não acontece diretamente, mas através de suas camadas inferiores. Quando uma camada N deseja enviar uma informação, ela é enviada para a camada imediatamente abaixo. Isso vai se repetindo até a informação chegar ao meio físico, em que é transmitida para a máquina destino e percorre o caminho inverso.

Ter uma arquitetura baseada em camadas é útil para entendermos sistemas complexos, pois ela provê modularidade, tornando muito mais fácil resolver problemas e modificar a forma como os serviços são implementados por cada camada. Modificações podem ser feitas em uma camada, mas ela deve continuar fornecendo o mesmo serviço para a camada superior e usando os mesmos serviços que são oferecidos pela camada inferior. O interessante de tudo isso é que o restante do sistema permanece inalterado, nem mesmo precisa tomar conhecimento das mudanças.

Essa organização em camadas foi seguida por diversos fabricantes de equipamentos de rede, com cada fabricante definindo seu próprio conjunto de protocolos e camadas. Com isso, computadores de fabricantes diferentes não poderiam se comunicar. Para lidar com esse problema, a *International Standard Organization* (ISO) propôs o **modelo de referência *Open Systems Interconnection***

(OSI) para a interconexão de sistemas abertos – no sentido de que não impõe a utilização de nenhuma implementação ou tecnologia específica. Para simplificar, de agora em diante, chamaremos esse modelo apenas de OSI.



Vídeo 02 - RM-OSI

O modelo OSI divide todas as tarefas relacionadas às redes em sete camadas, conforme vemos no **Quadro 1**. Cada camada é responsável por um subconjunto das funções que devem ser realizadas por uma rede. Para isso, cada camada tem seus próprios protocolos e manipula uma unidade de dados conhecida como Unit Protocol Data (PDU, em português, Unidade de Dados do Protocolo). Entenda a PDU como o conjunto de informações, ou o pacote, gerado por uma camada.

No	Camada	PDU
7	Aplicação	Mensagem
6	Apresentação	Mensagem
5	Sessão	Mensagem
4	Transporte	Segmento
3	Rede	Pacote
2	Enlace	Quadro
1	Físico	<i>Bit</i>

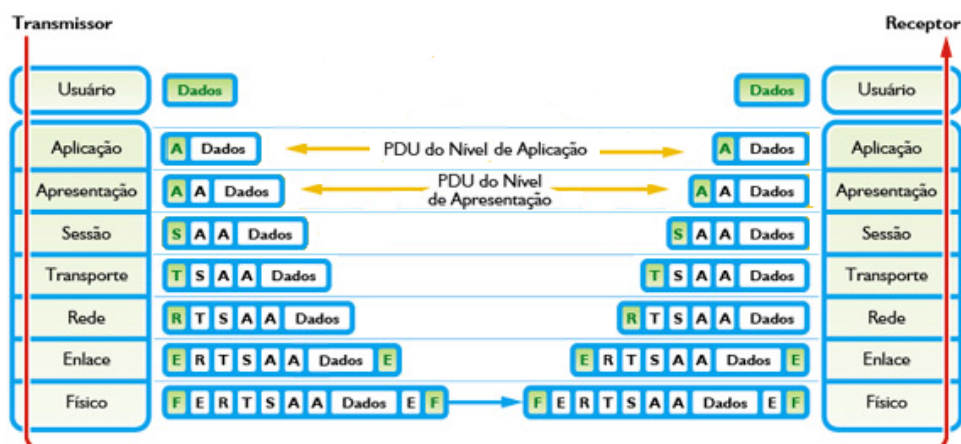
Quadro 1 - Camadas do modelo de referência OSI com suas respectivas **PDUs**

No transmissor, as informações descem da camada 7 até a camada 1 e no receptor elas são recebidas pela camada 1 e sobem até a camada 7. À medida que os dados descem nas camadas, a camada inferior trata os dados recebidos da camada superior como uma caixa preta, colocando-os no seu campo de dados. Desse modo, a PDU é formada por um campo de dados que corresponde aos dados recebidos da camada superior, acrescido de alguns campos adicionais que são inseridos pela própria camada para que possa realizar suas tarefas. Esses campos adicionais são chamados de cabeçalhos.

Na máquina receptora, à medida que as informações sobem nas camadas, cada camada lê as informações do cabeçalho da sua PDU (gerada pela mesma camada na origem), processa essas informações, e as retira do pacote passando apenas o conteúdo de parte de dados para a camada superior. O conteúdo desse campo de dados é, evidentemente, a PDU da camada superior. Explicaremos quais informações são exatamente esses cabeçalhos quando descrevermos cada camada individualmente.

A **Figura 2** ilustra as PDUs ao lado de cada camada. Observe que os cabeçalhos adicionados por cada camada são representados por um retângulo verde no início da PDU com a letra inicial da camada. A parte branca (sem nenhuma cor) de cada PDU corresponde ao seu campo de dados. Veja que eles são exatamente a PDU da camada superior. Isso mostra que quando uma PDU é passada para uma camada inferior, seu conteúdo é tratado apenas como uma sequência de bytes a serem transferidos por essa camada, sem que ela se preocupe com seu significado.

Figura 02 - Transmissão de dados no modelo OSI



Fonte: autoria própria

Vamos ver agora quais são as funções de cada uma das camadas do modelo OSI. Mas antes é importante você saber que algumas camadas são relacionadas ao *hardware* (as camadas 1 e 2) e outras a *software* (3 a 7). Os equipamentos de rede implementam uma ou mais dessas camadas. Fique sabendo que quando se diz que um dado equipamento implementa a camada X, na verdade, ele implementa as camadas de 1 a X. Costuma-se dizer que “o equipamento é da camada X”. Também é comum usar a palavra nível como sinônimo de camada, e usar o número da camada ao invés do seu nome. Desse modo, “camada 1”, “camada física”, “nível 1” e “nível físico” significam todos a mesma coisa.

É importante perceber que o modelo OSI propriamente dito não é uma arquitetura de rede, já que não especifica os serviços e os protocolos exatos que devem ser usados em cada camada. Ele apenas informa o que cada camada deve fazer e não como deve fazer. Na próxima aula, veremos rapidamente uma arquitetura de redes, a TCP/IP.

Camada Física

A **camada física** é a camada mais baixa na hierarquia do modelo de referência OSI, conforme você viu na **Figura 2**. É na camada física em que ocorre realmente todo o processo de transmissão de dados. Essa camada é a responsável por transformar os *bits* (0s e 1s) que representam as informações a serem transmitidas pelos meios de transmissão (cabos de par trançado, cabos coaxiais etc.) em forma de pulsos elétricos ou em forma de sinais de luz (caso das fibras ópticas). No receptor, a camada física desfaz o processo, ou seja, transforma esses sinais recebidos em *bits* novamente. Como foi mostrado no **Quadro 1**, a PDU da camada física é o *bit*, pois essa camada se preocupa apenas em transmitir os *bits* individualmente, sem se importar com o que eles significam em conjunto.

Como as principais funções da camada física, podemos citar:

1. Definir como os *bits* 0 e 1 serão representados no enlace durante a transmissão;
2. Definir a quantidade de tempo dado em nano segundos que um *bit* deve durar;

3. Especificar se a transmissão pode ocorrer nos dois sentidos, simultaneamente, conforme você aprendeu na Aula 2;
4. Definir a quantidade de pinos dos conectores, e qual será a finalidade de cada pino etc.

Desse modo, como a camada física é responsável por essas questões, a especificação dos tipos de cabeamento e conectores que podem ser utilizados em uma dada rede é determinado por essa camada. Saiba que o esquema de codificação e decodificação dos *bits*, ou seja, a forma como os 0s e 1s são representados através dos sinais elétricos ou pulsos de luz, tem influência direta na taxa de transmissão da rede. Na próxima aula, vamos estudar os padrões Ethernet e você verá que existem diferentes possíveis implementações de nível físico para essas redes, tanto para suportarem tipos de cabos diferentes quanto para oferecerem taxas de transmissão mais elevadas.

O repetidor, equipamento visto na Aula 3, é um equipamento da camada Física, pois ele apenas transmite *bits*. O mesmo se pode dizer do *hub* (até porque o *hub* é um repetidor multiporta).

Atividade 01

1. Pesquise sobre o padrão RS232 e descubra para que ele é utilizado.
2. O que é feito quando uma unidade de informação é mandada de uma camada para outra?

Camada de Enlace

Você já sabe que uma rede consiste de algum mecanismo para permitir que diversas máquinas enviem informações umas para as outras, e que o nível físico é capaz de enviar *bits* através de um enlace. Lembre-se também de que os serviços de uma camada no modelo OSI são construídos utilizando os serviços oferecidos pela

camada inferior. Portanto, a **camada de enlace** irá utilizar os serviços de transmissão de *bits* oferecidos pela camada física para fornecer seus próprios serviços. A camada de enlace, juntamente com a camada física, é responsável por permitir a troca de informações entre máquinas, de modo que elas duas juntas constituem uma tecnologia de rede.

Quais são as funções que você acha que uma tecnologia de rede deve realizar para permitir essa troca de informações? Pense um pouco e vamos então estudar quais são essas funções.

Suponha que uma máquina A queira enviar a mensagem “Boa Noite” para uma máquina B. Será que basta enviar apenas os *bits* referentes a esse texto pelo cabo? Isso, o nível físico seria capaz de fazer! Portanto, a resposta é não! Junto com a mensagem propriamente dita que desejamos enviar, no caso, “Boa Noite”, precisamos transmitir também informações adicionais que indicam onde a mensagem começa na sequência de *bits* transmitidos e onde ela termina, quem está transmitindo e para quem a mensagem é destinada. Mas não é só isso. E se ocorrerem erros durante a transmissão dos *bits* pelo nível físico? Nesse caso precisamos detectar se isso aconteceu. Para isso, se considerarmos os *bits* a serem transmitidos como um grupo de *bits*, é possível inserir *bits* de redundância que permitem a detecção e eventual correção de erros.

Dessa forma, as redes transmitem as suas informações em quadros, que são compostos de diversos campos. O quadro é o nome dado a PDU da camada de enlace, e o termo campo corresponde a uma determinada informação contida na PDU. O número e o tipo desses campos são específicos para cada tecnologia de rede, mas tipicamente existe um campo de dados, que contém a mensagem que se deseja transmitir, e vários campos com informações para permitir que a camada de enlace realize suas funções, como campos de endereço e um campo para verificação de erros.

Quando a camada de enlace recebe informações da camada de rede para serem transmitidas, essas informações podem ser colocadas em apenas um quadro ou serem divididas em vários quadros. A camada de enlace é que toma essa decisão e realiza a montagem dos quadros.



Vídeo 03 - RM-OSI

Quando a placa de rede termina de montar um quadro, é natural pensarmos que ela vai enviar o quadro no meio de transmissão (cabo ou o ar). Isso está correto, mas será que ela o envia imediatamente após criá-lo? A resposta vai depender do tipo de rede, pois o enlace pode ser compartilhado por diversas outras máquinas.

Desse modo, é necessário que existam regras que determinem o instante em que uma dada placa (ou seja, a camada de enlace) possa enviar um quadro no enlace. Sem essas regras, várias máquinas poderiam transmitir ao mesmo tempo e os sinais enviados por cada uma delas iria interferir nos demais, de modo que nenhuma das transmissões seria bem sucedida. Essas regras são denominadas de *protocolo de acesso ao meio*, e cada tecnologia de rede possui o seu próprio *protocolo*. Estudaremos alguns desses *protocolos* nas próximas aulas.

Você acha que o formato do quadro tem algum impacto na velocidade da rede? Tem sim! É claro que a taxa de transmissão em termos de *bits* por segundo não muda. Mas o que realmente importa é quanto da taxa de transmissão de uma rede é utilizada para transmitir os dados dos usuários. Ter uma rede de 100Mbps significa que ela transmite 100.000.000 de *bits* por segundo, mas uma parte desses *bits* corresponde aos cabeçalhos dos quadros. Portanto, quanto maior o tamanho dos cabeçalhos, menos banda de rede disponível sobra para os dados dos usuários.

Fazendo uma conta simples, se a soma do tamanho dos campos de cabeçalhos para uma dada rede fosse 40 bytes, e o tamanho do campo de dados fosse também 40 bytes, a velocidade realmente disponível para o usuário seria reduzida pela metade. Para a rede de 100Mbps, essa velocidade seria de apenas de 50Mbps! E olha que estamos falando apenas dos cabeçalhos da camada de enlace, mas na verdade os cabeçalhos de todas as outras camadas também precisam entrar nessa conta. Por isso, é importante que o tamanho do campo de dados seja bem maior que o tamanho de todos os cabeçalhos somados.

Os campos de endereço que citamos há pouco indicam que a camada de enlace precisa definir um endereço para cada máquina. Na verdade, como a camada de enlace é implementada quase na sua totalidade na placa de rede, o endereço de enlace é um endereço contido na placa de rede. Realmente, precisa ser assim, porque máquinas que pertencem a mais de uma rede precisam ter uma placa de rede (e um endereço) para cada rede. Cada tecnologia de rede utiliza seu próprio formato de endereço, mas lembre-se de que ele é apenas um identificador para cada placa de rede existente. Para ler mais sobre esse identificador único de cada placa de rede, visite o site <https://pt.wikipedia.org/wiki/Endere%C3%A7o_MAC>.

Controle de Erros

Quando explicamos a tarefa de criação dos quadros, dissemos que a camada de enlace insere um campo no quadro com *bits* de redundância, de modo que possa detectar se ocorreram erros durante a transmissão dos quadros pelo nível físico. Esse campo se chama genericamente de *Frame Check Sequence* (FCS), mas pode assumir outros nomes de acordo com o algoritmo utilizado, como é o caso das redes Ethernet, onde ele é chamado de *Cyclic Redundancy Check* (CRC, em português, Checagem de Redundância Cíclica).

O procedimento de controle de erros consiste em calcular um valor que depende dos *bits* do quadro e inserir esse valor no campo FCS. O cálculo normalmente é aplicado sobre o campo de dados e os campos de cabeçalhos. Quando uma máquina recebe o quadro, ela recalcula o valor considerando os mesmos campos utilizados para o cálculo pelo transmissor e compara o resultado obtido com o valor do campo FCS. Se forem iguais, não houve erro, se forem diferentes, algum erro aconteceu. Nesse caso, o quadro é descartado.

Você acabou de ver que é possível saber se um quadro foi recebido com erro ou não. Isso permite a camada de enlace ter um serviço confiável ou não, ou seja, ela pode garantir que seus quadros são entregues sem erros ou apenas tentar entregá-los. Chamamos isso de serviço confiável e serviço não-confiável, respectivamente.

No serviço confiável, o receptor envia quadros especiais informando se o quadro foi recebido com sucesso ou não. Essas confirmações podem ser para cada quadro individualmente, ou feitas por grupos de quadros de cada vez, para reduzir o tráfego adicional gerado na rede. Já o serviço não-confiável, não informa se os quadros foram recebidos com sucesso ou com erros. O receptor apenas descarta os quadros com erro. Em princípio, você pode estar achando que uma rede assim não vai funcionar, mas lembre-se de que existem as camadas superiores e em alguma delas alguém vai se preocupar em tornar o serviço confiável, quando isso for necessário.

A tecnologia de rede Ethernet, que será estudada nas próximas aulas, provê um serviço de transmissão **não-confiável**, e o campo CRC de seu cabeçalho serve para verificar se o quadro está com erro e, conseqüentemente, deve ser descartado.

Controle de Fluxo

Quando os quadros são recebidos pela camada de enlace, eles ficam armazenados até que sejam processados. Embora isso ocorra rapidamente, pode acontecer dos quadros estarem chegando pela rede mais rapidamente do que são processados. Isso implica na falta de espaço para armazená-los. Para evitar tal situação, o receptor pode informar ao transmissor para reduzir a frequência com que está enviando os quadros (ou até mesmo suspender temporariamente o envio). À medida que os quadros vão sendo processados, o receptor informa ao transmissor para aumentar a frequência de envio deles.

Esse processo chama-se controle de fluxo e é de fundamental importância quando existem máquinas na rede com velocidades de transmissão diferentes ou quando uma determinada máquina é o destino dos quadros enviados por diversas outras.

Embora seja muito importante, essa característica não é obrigatória para a camada de enlace. Existem redes que não a implementam. Nessas redes, quando não existe mais espaço de armazenamento no receptor, os quadros são

descartados.

As *bridges* e os *switches*, equipamentos que vocês estudaram na Aula 3, são equipamentos da camada de enlace.

Camada de Rede

Como você viu anteriormente, as camadas físicas e de enlace juntas formam uma rede, ou seja, permitem que diferentes máquinas se comuniquem. Naturalmente, diferentes empresas possuem cada uma sua própria rede, e é natural que diferentes empresas precisem que suas redes estejam interligadas, pois elas podem desejar trocar informações entre si. Como já mencionamos, a Internet nada mais é do que a interconexão de diversas redes.

Você acha que podemos interligar as redes de duas empresas com um *switch*? Não podemos, uma vez que assim elas formariam uma única rede. Para não restar dúvidas sobre isso, lembre-se de que, se qualquer máquina enviasse um quadro para o endereço de [protocolo](#) (Processo pelo qual se transmite ou difunde determinada informação para todos os dispositivos da rede ao mesmo tempo.), ele atingiria todas as máquinas das duas empresas.

Assim, precisamos de um equipamento que separe o tráfego das diferentes redes interconectadas, deixando passar para outra rede apenas o que for realmente destinado a ela. Esse equipamento também deve permitir a interligação de redes com tecnologias (níveis físico e de enlace) diferentes.

Além disso, se estendermos o problema para várias empresas, podemos ter várias redes ligadas umas as outras. Portanto, o equipamento precisa também ser capaz de encontrar o caminho até a rede de destino. Mas que equipamento é esse? Na Aula 3, você estudou que o equipamento utilizado para fazer a ligação entre redes é o **roteador**. Agora, você entenderá que ele consegue realizar essa tarefa porque implementa protocolos da camada de rede. Desse modo, podemos dizer que as principais funções da camada de rede são:

- interconectar redes diferentes (que podem ser da mesma tecnologia ou não);
- localizar o caminho até uma determinada rede;
- encaminhar os dados entre duas redes quaisquer.

Observe que o nível de enlace permite que duas máquinas se comuniquem desde que estejam ligadas ao mesmo enlace físico. O nível de rede deve permitir que as máquinas estejam separadas por diversas redes, de modo que precisa estabelecer um caminho através de diversos enlaces. Isso pode ser feito utilizando-se comutação de circuitos ou pacotes, conforme você já estudou na Aula 4.

Nesse momento, deve estar claro para você que para que as máquinas de diversas redes possam se comunicar, elas precisam “falar o mesmo protocolo” na camada de rede, incluindo aí os roteadores que interligam as redes. Dissemos que a camada de rede permite que redes de tecnologias diferentes (camadas física e enlace) se comuniquem. Mas, se as redes usarem tecnologias diferentes, como uma máquina vai dizer para quem ela quer enviar as informações, se ela não conhece nem o formato do endereço da rede de destino?

A camada de rede define um novo tipo de endereço, chamado de **endereço lógico**, e este é completamente diferente do endereço da camada de enlace, que é chamado de **endereço físico**.

O usuário informa o endereço de rede da máquina com a qual quer se comunicar e existem protocolos que automaticamente traduzem o endereço de rede para o endereço de enlace da máquina de destino. Os pacotes (PDUs da camada de rede) são, então, enviados dentro da parte de dados do quadro de enlace.

Caso a máquina de destino esteja em uma rede diferente da máquina de origem, o pacote é enviado para o roteador da rede de origem e será encaminhado de roteador em roteador até atingir a máquina de destino. Em cada roteador

intermediário, a placa de rede extrai o pacote (PDU da camada de rede), analisa o endereço de rede do destino e calcula qual o próximo roteador no caminho.

O pacote é então colocado novamente em outro quadro da camada de enlace e encaminhado até o roteador escolhido. Observe que o quadro entra por uma interface de rede e sai por outra, que é a interface que conecta o roteador processando o quadro ao próximo roteador no caminho. Observe que a mesma PDU que foi gerada na camada de rede da origem chega até a camada de rede do destino. Ao longo do caminho, ela é transmitida dentro de quadros da camada de enlace que liga cada par de **roteadores** vizinhos.

Os **roteadores** são equipamentos da camada de rede.

Atividade 02

1. Você viu que os switches são equipamentos da camada de enlace (camada 2). Mas, existem no mercado switches que são chamados de equipamentos de camada 3. Pesquise na Internet e descubra qual a característica que este switch possui para ser chamado desta forma.

Resumo

Nesta aula, você aprendeu que as funções de uma rede são divididas em sete camadas através do modelo de referência OSI da ISO. Viu que esse modelo foi criado principalmente para facilitar o desenvolvimento de novos padrões de rede, uma vez que torna as tarefas mais independentes uma das outras. Estudou que cada camada não determina como as coisas devem ser feitas, mas apenas limita o que deve ser feito em cada camada. E viu as funções das três primeiras camadas: Física, Enlace e Rede. Na próxima aula, continuaremos a estudar as outras camadas e o modelo de protocolos TCP/IP.

Autoavaliação

1. Quais os objetivos de se organizar as funções de uma rede em camadas?
2. Relacione os equipamentos de rede que você conhece e a camada do modelo OSI com a qual eles trabalham.
3. O que é uma PDU? Qual o nome da PDU de cada camada proposta no modelo OSI?
4. Por que o modelo TCP/IP não especifica as camadas física e de enlace?
5. Cite as principais funções de cada camada do modelo OSI.

Referências

FOROUZAN, B. **Comunicação de dados e redes de computadores**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

KUROSE, J.; ROSS, K. **Redes de computadores e a internet**. 5. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2010.

SOARES, I. F. G. **Redes de computadores das LANs, MANs e WANs às redes ATM**. 2. ed. São Paulo: Editora Campus, 1995.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de computadores**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2003.