

# ARTIGO Nº 9

## Representação de Quadros e de Arquiteturas

### 1 – INTRODUÇÃO

Da mesma forma do que ocorreu comigo quando iniciei a estudar redes de telecomunicações, observo que muitos colegas, nem sempre iniciantes, têm dificuldades no entendimento de figuras que representam quadros e arquiteturas.

Essa dificuldade se acentua particularmente quando os quadros são representados no formato transversal, como mostraremos adiante neste artigo.

Os quadros podem ser representados no formato longitudinal ou no formato transversal. As arquiteturas são sempre representadas no formato transversal.

A representação de um quadro pode abranger uma arquitetura de protocolos completa, ou pode restringir-se a apenas um protocolo ou mesmo a parte de um protocolo. Em qualquer hipótese, a representação de um quadro pode envolver qualquer combinação de payload com campos de cabeçalho e/ou campos de trailer.

O formato mais comum é o que engloba campos de cabeçalho e o payload, embora seja possível outras combinações. Existe um exemplo raro de um quadro contendo apenas o payload e campos de trailer, que é o quadro do protocolo AAL 5 do ATM, que não possui cabeçalho.

Na terminologia do Modelo OSI, o formato de quadro representa normalmente a PDU de um protocolo, ou apenas um ou mais campos do protocolo. O payload do quadro corresponde normalmente à SDU do protocolo representado.

**Observação importante:** A representação de quadros neste artigo objetiva somente ilustrar os modos de formatá-los, sem entrar no mérito de seus significados.

### 2 – QUADROS NO FORMATO LONGITUDINAL

Os quadros no formato longitudinal são usualmente representados na horizontal, com o cabeçalho à esquerda, o payload no centro e o trailer à direita, pressupondo-se que a transmissão dos campos do quadro e de seus octetos inicie pela esquerda.

A Figura 1 exibe um exemplo simples de formato longitudinal de um quadro.

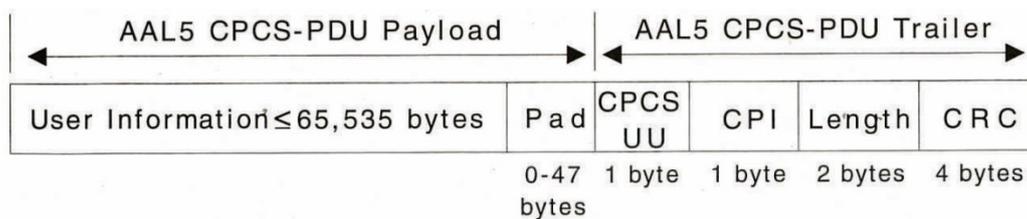
DSAP	SSAP	CONTROL	INFORMATION
8 Bits	8 Bits	8 ou 16 Bits	8 x Mbits

**Figura 1 – Formato (longitudinal) do quadro do LLC (Logical Link Control).**

Essa figura representa o quadro do protocolo LLC no formato longitudinal usual, quadro esse que é transmitido envelopado no interior de um quadro MAC. A transmissão inicia pela esquerda, sendo o campo DSAP o primeiro a ser transmitido.

O quadro do LLC representado na Figura 1 contém apenas o cabeçalho e o payload (*information*), uma vez que o protocolo LLC não possui trailer.

Existem protocolos com diferentes composições. A Figura 2, por exemplo, mostra o formato da CPCS-PDU do protocolo AAL 5 do ATM, composto pelo payload seguido pelo trailer. Esse é um exemplo raro de protocolo cujo quadro não possui cabeçalho.



**Figura 2 – Formato do quadro da subcamada CPCS (CPCS-PDU) da AAL 5.**

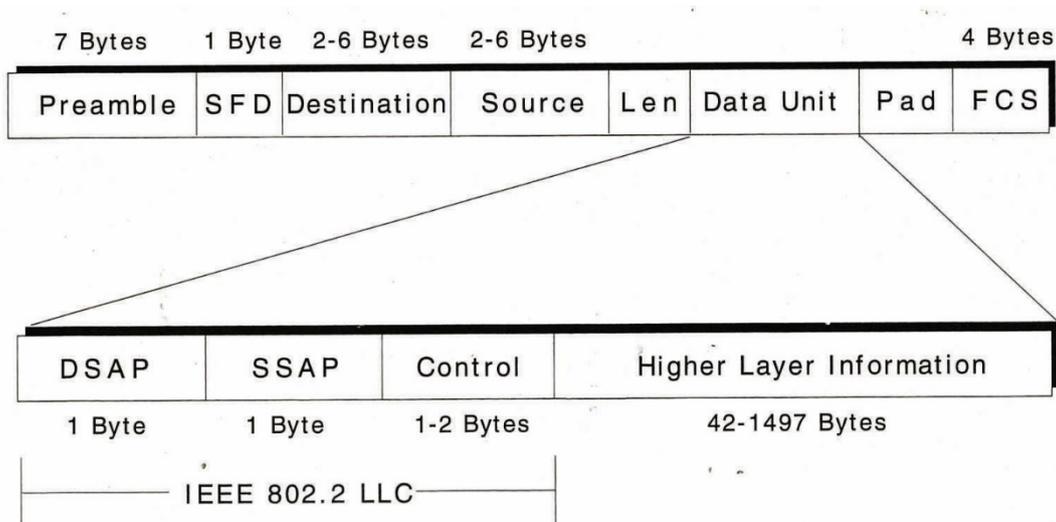
Como veremos em um exemplo adiante sobre arquiteturas, a camada AAL do ATM é composta por três subcamadas:

- Subcamada SSCS (*service specific convergence sublayer*);
- Subcamada CPCS (*common part convergence sublayer*);
- SAR (*segmentation and reassembly*).

A Figura 2 anterior representa o quadro da subcamada CPCS, ou seja, a CPCS-PDU.

Com o aumento do número de campos contidos nos quadros, a simples formatação longitudinal tornou-se de difícil representação, sendo uma linha insuficiente para todos os campos, prejudicando o entendimento pelo leitor.

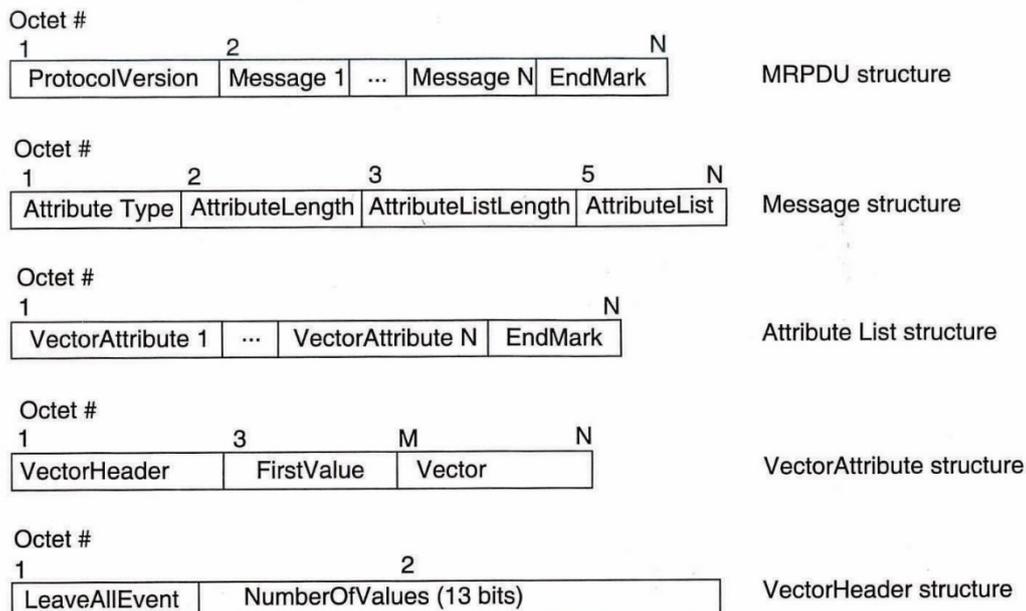
Para a eliminação desse problema, passou-se então a representar os quadros ainda na forma longitudinal usual, porém dividindo-se o quadro em duas ou mais linhas, como no exemplo da Figura 3.



**Figura 3 – Formato do quadro MAC Ethernet IEEE 802.1D - 2014.**

Como se verifica nessa figura, o payload do quadro MAC IEEE 802.1D, que é na realidade o quadro do LLC já representado na Figura 1 anterior, encontra-se representado em uma segunda linha, o que facilita o entendimento do significado da figura.

O recurso de utilização de mais linhas para facilitar o entendimento da representação de quadros longos no formato longitudinal pode utilizado de modo mais intenso, como mostra a Figura 4.



**Figura 4 – Formato das MRPDUs (Multiple Registration PDUs).**

MRPDUs são as PDUs de todos os protocolos da família MRP (*Multiple Registration Protocol*), utilizados em redes Bridged Ethernet IEEE 802.1D e Bridged Ethernet 802.1Q.

Nessa figura, constata-se a divisão sucessiva dos campos dos campos, de forma a possibilitar o entendimento dos respectivos significados.

A ordem de transmissão dos campos de um quadro e dos octetos desses campos, é independente da ordem de transmissão dos bits no interior dos octetos.

Na representação longitudinal usual de um quadro, onde a transmissão dos campos e dos octetos iniciam pela esquerda, a transmissão dos bits nos octetos pode iniciar pela esquerda ou pode iniciar pela direita. Voltaremos a esse tema adiante neste artigo.

A forma mais utilizada para a representação de quadros extensos, quando o uso da formatação longitudinal se torna de difícil entendimento, é a utilização de formatos transversais, como mostraremos a seguir neste artigo.

### **3 – QUADROS NO FORMATO TRANSVERSAL**

A forma usual de representar um quadro no formato transversal resulta do giro do quadro no formato longitudinal usual em 90 graus no sentido dos ponteiros do relógio.

Assim, o que se encontra à esquerda passa para a parte superior na figura representativa. A transmissão passa a iniciar pelo campo superior da figura, e assim sucessivamente. Caso um campo possua mais que um octeto, a transmissão inicia pelo octeto mais à esquerda nesse campo.

Observem que nada falamos no parágrafo anterior sobre a ordem de transmissão dos bits no interior dos octetos. Trataremos disso em item específico adiante neste artigo.

Exemplificando a formatação transversal de quadros, a Figura 5 mostra o formato transversal do quadro do protocolo RSTP (*rapid spanning tree protocol*), ou seja, da RSTP BPDU.

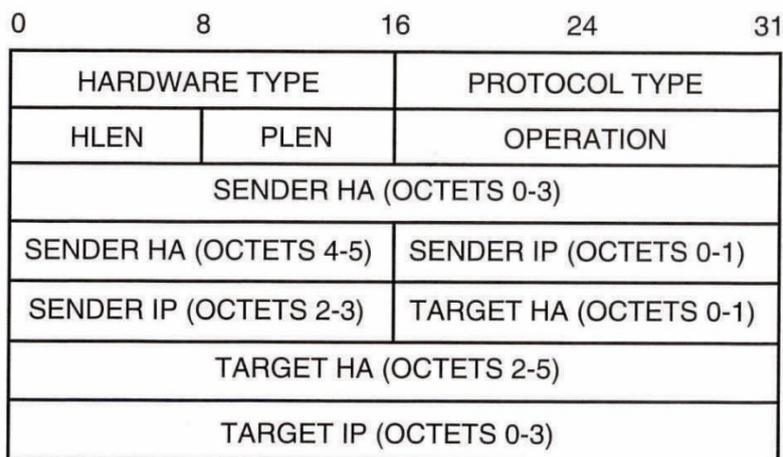
Protocol Identifier	Octet 1
Protocol Version Identifier	2
BPDU Type	3
Flags	4
Root Identifier	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
Root Path Cost	14
	15
	16
	17
Bridge Identifier	18
	19
	20
	21
	22
	23
	24
	25
Port Identifier	26
	27
Message Age	28
	29
Max Age	30
	31
Hello Time	32
	33
Forward Delay	34
	35
Version 1 Length	36

**Figura 5 – Formato da RSTP BPDU.**

Como o RSTP é um protocolo do plano de controle, a sua BPDU resume-se em um bloco de campos de controle, não se caracterizando a sua divisão em cabeçalho, payload e trailer. Essa BPDU representa a SDU de um datagrama IP que a transporta, não existindo informação de usuário em seu interior.

Nessa figura, o primeiro campo transmitido é o *Protocol Identifier*, começando pelo seu octeto superior, e assim sucessivamente quando se desce na figura até o último octeto do último campo.

É comum o uso simultâneo do formato longitudinal e do formato transversal usuais, como mostra a Figura 6.



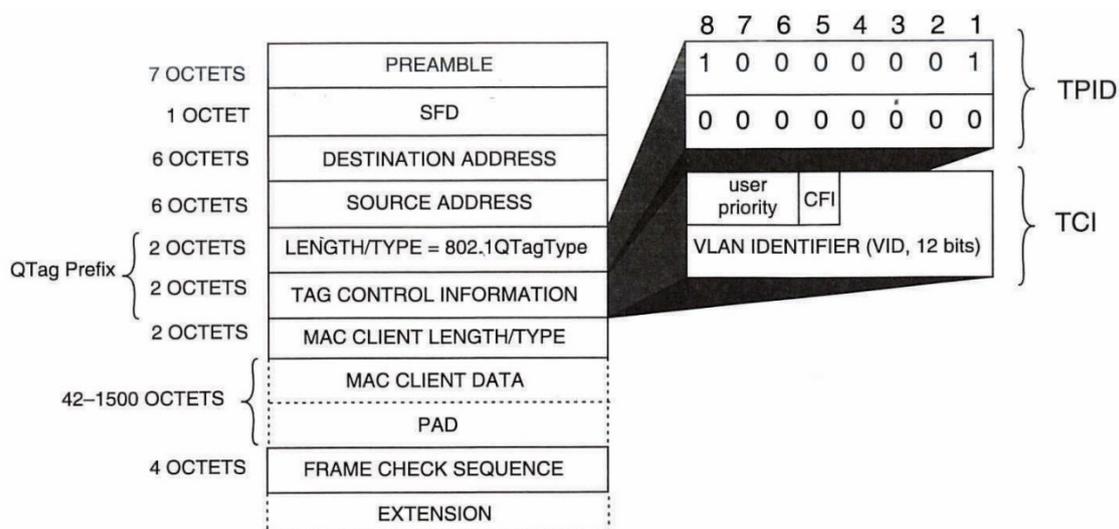
**Figura 6 – Formato dos quadros da família de protocolos ARP.**

Essa figura representa a formatação dos quadros relativos a todos os membros da família de protocolos ARP (*Address Resolution Protocol*), destinada à resolução de endereços de redes em diversas condições.

Como no caso da figura anterior, esse quadro representa um bloco de campos de controle, sem distinção entre cabeçalho, payload e trailer, por se tratar de protocolos do plano de controle.

O primeiro campo a ser transmitido é o Hardware Type, seguido pelo campo Protocol Type, depois o campo HLEN e assim sucessivamente. Nos campos, os primeiros octetos transmitidos são os que se encontram mais à esquerda.

A Figura 7 apresenta um interessante exemplo de formatação transversal de um quadro, com destaque para dois de seus campos que se encontram representados no formato misto.



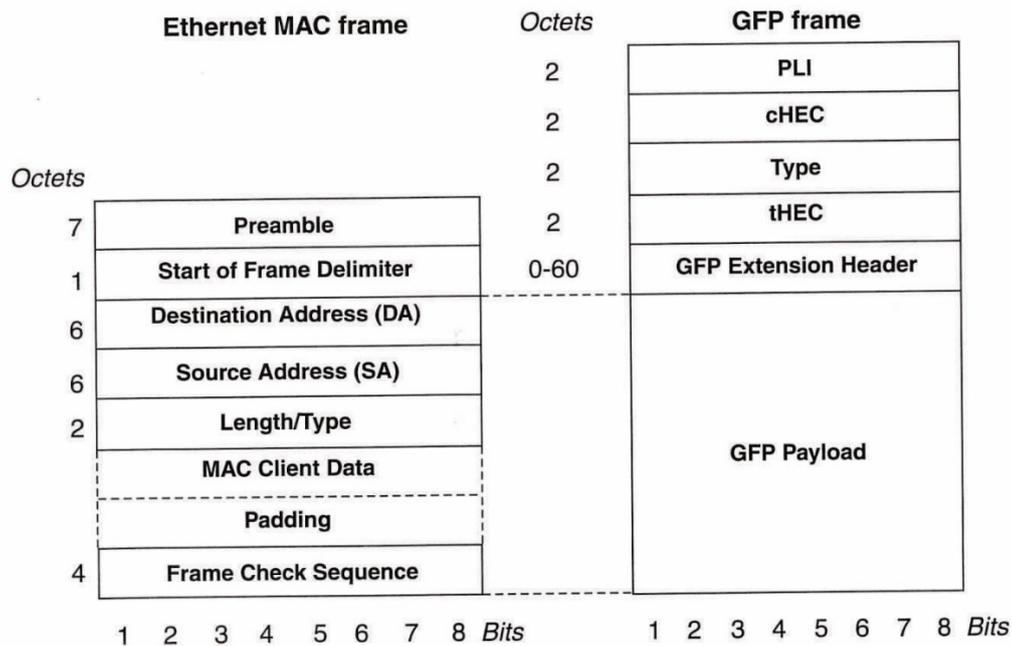
**Figura 7 – Formato e localização de VLAN tags.**

Essa figura representa o formato de um quadro MAC IEEE 802.1Q, que incorpora o conceito de VLAN (*Virtual LAN*). A operação das VLANs tem como base o campo destinado aos *VLAN tags*, cujo formato se encontra em destaque na figura.

Em se tratando de um quadro MAC de dados, observa-se a presença de seu payload (*MAC Client Data*), separando o cabeçalho, composto por diversos campos, do trailer.

O leitor certamente será capaz de entender como se processa o sequenciamento na transmissão de campos e de octetos na Figura 6 anterior, com base no que foi apresentado neste artigo até agora.

Para melhor entendimento deste artigo, apresentamos na Figura 8 mais um exemplo de quadro que mostra o envelopamento de um protocolo por um outro protocolo.



**Figura 8 – Envelopamento de Ethernet MAC em GFP-4.**

Nessa figura, verifica-se o envelopamento de um quadro MAC Ethernet em um quadro GFP-4 (*Generic Framing Procedure, Version 4*), para a sua transmissão em redes tais como SDH, OTN ou outras.

O GFP-4 pode envelopar outros tipos de rede com esse propósito, como redes IP/PPP, *Fibre Channel*, *FICON (Fibre Connection)* e *ESCON (Enterprise Systems Connection)*.

Como se verifica nessa figura, o quadro MAC ethernet é envelopado como payload no quadro GFP-4, com exceção dos campos Preâmbulo e Delimitador de Início de Quadro.

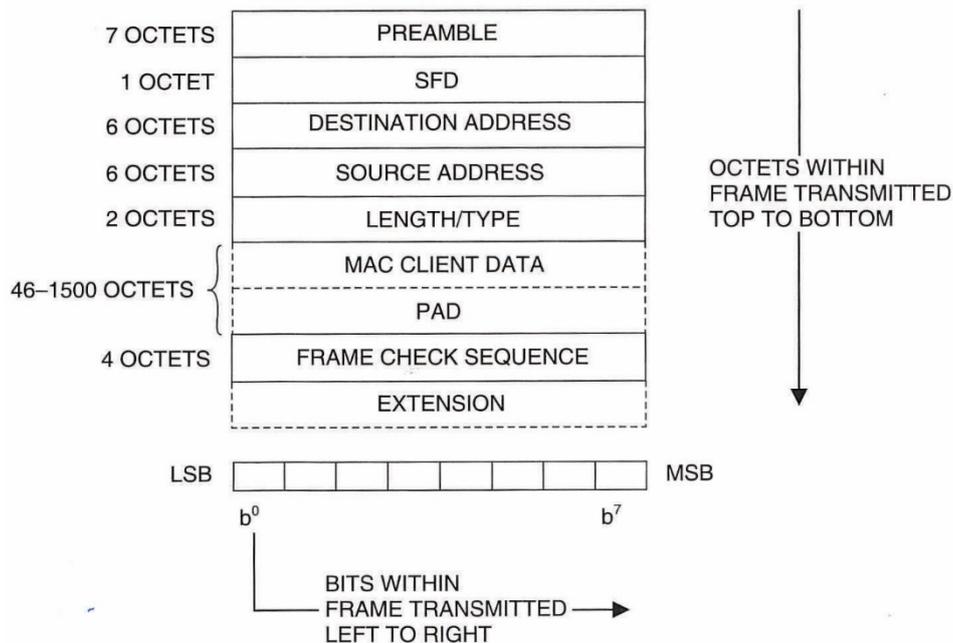
#### 4 – TRANSMISSÃO DE BITS EM OCTETOS

Existem duas formas de transmissão de uma sequência numérica de bits, como por exemplo a sequência de bits em um octeto ou em conjunto de octetos em um campo de um quadro de dados.

Em uma dessas formas, denominada transmissão *little endian*, a transmissão inicia pelo LSB (*least significant bit*) e termina no MSB (*most significant bit*) da sequência numérica. Essa forma é utilizada, por exemplo, em redes Ethernet.

Na outra forma, denominada *big endian*, a transmissão ocorre ao contrário, ou seja, a transmissão inicia pelo MSB da sequência numérica, como ocorre, por exemplo, em redes *Token-Ring*.

A Figura 9 exibe a ocorrência de transmissão *little endian* de bits em octetos nas redes Ethernet, além de mostrar também a ordem de transmissão de campos e de octetos nessas redes.



**Figura 9 - Transmissão de campos, octetos e bits em Ethernet.**

Essa figura mostra o formato transversal do quadro Ethernet MAC definido para redes Ethernet IEEE 802.1D, anterior à utilização de VLANs. Mostra também a ordem de transmissão de campos, octetos e bits nessas redes. Observa-se a transmissão bits na forma *little endian* nessa figura.

Observamos que as setas na figura indicam a ordem de transmissão, e não o sentido de transmissão.

A seta vertical está indicando que a transmissão inicia pelo campo *Preamble*, mais exatamente pelo primeiro octeto à esquerda desse campo.

A seta horizontal exibe a transmissão *little endian*, pois indica que a transmissão inicia pelo LSB dos octetos. Isso ocorre em toda a sequência de octetos contidos no campo.

Em Ethernet, os bits dos octetos são armazenados na memória na ordem numérica convencional, sendo o LSB situado na extrema direita. Assim sendo, na transmissão *little endian* torna-se necessária a inversão da ordem dos bits quando da transmissão.

E preciso que se posicione o bit com o qual se deseja iniciar a transmissão como LSB na memória, para a adequada utilização da forma *little endian*.

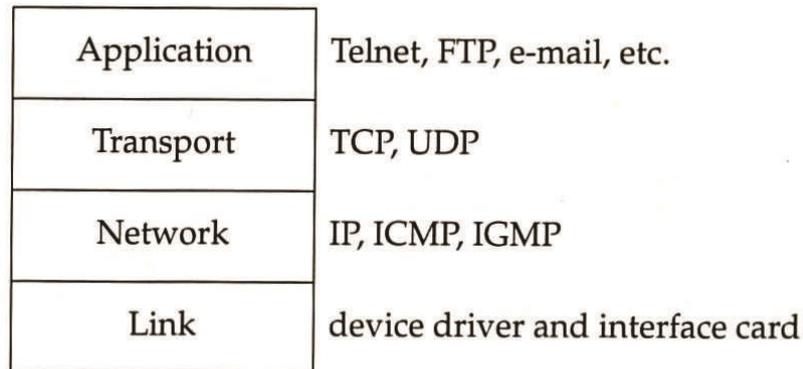
Vamos mostrar com mais clareza a transmissão *little endian* em ethernet, com o exemplo a seguir, relativo à transmissão e o armazenamento na memória de um endereço Ethernet, que como sabemos, é composto por seis octetos.



Nas pilhas que representam as arquiteturas, a proximidade à camada física é o fator determinante do posicionamento de seus componentes. Quanto mais próximo da camada física, mais inferiormente o componente é posicionado.

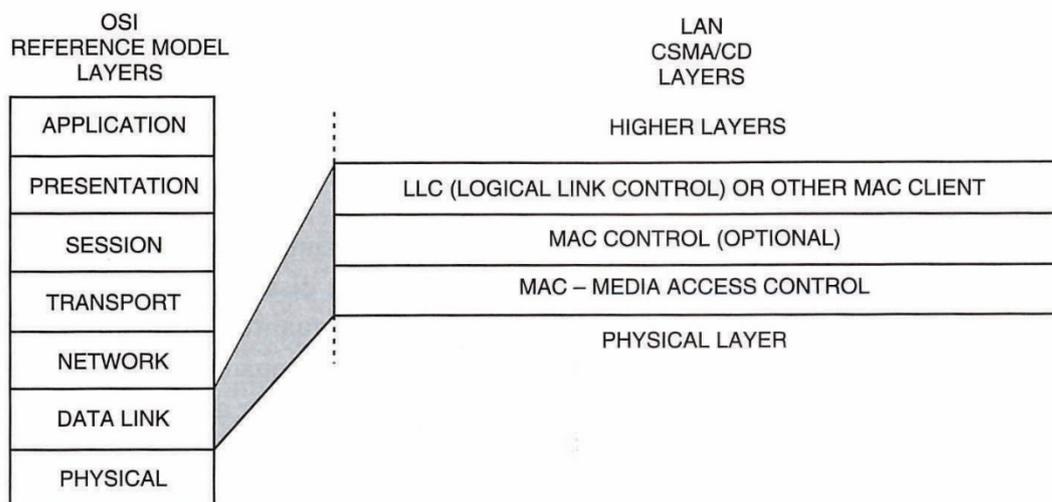
Subtende-se que o quadro de um componente envelopa os quadros dos demais componentes situados acima desse componente na arquitetura (pilha). Em consequência, esse quadro encontra-se envelopado pelos quadros dos componentes situados abaixo na arquitetura.

A Figura 12 apresenta um exemplo simples e óbvio de arquitetura de camadas, para o TCP/IP no caso.



**Figura 12 – Arquitetura de camadas no TCP/IP.**

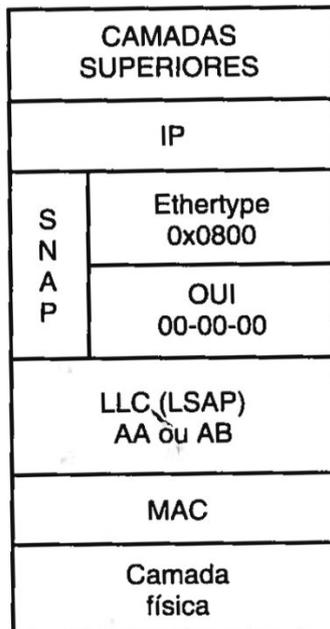
A Figura 13 exibe uma arquitetura um pouco mais detalhada, onde se encontram representadas as subcamadas da camada de enlace de redes Ethernet, constando inclusive a subcamada opcional *MAC Control*. Essa camada está localizada na arquitetura OSI no contexto da figura.



**Figura 13 – Arquitetura de LANs Ethernet incluindo a subcamada MAC Control.**

Observa-se que a função CSMA-CD está representada na figura, o que indica tratar-se da arquitetura de LANs Ethernet, sem o envolvimento de bridges (switches).

A Figura 14 representa um interessante exemplo de arquitetura, onde se encontram codificações e protocolo em associação com camadas.



**Figura 14 – Indicação do IP sobre Ethernet por meio do SNAP.**

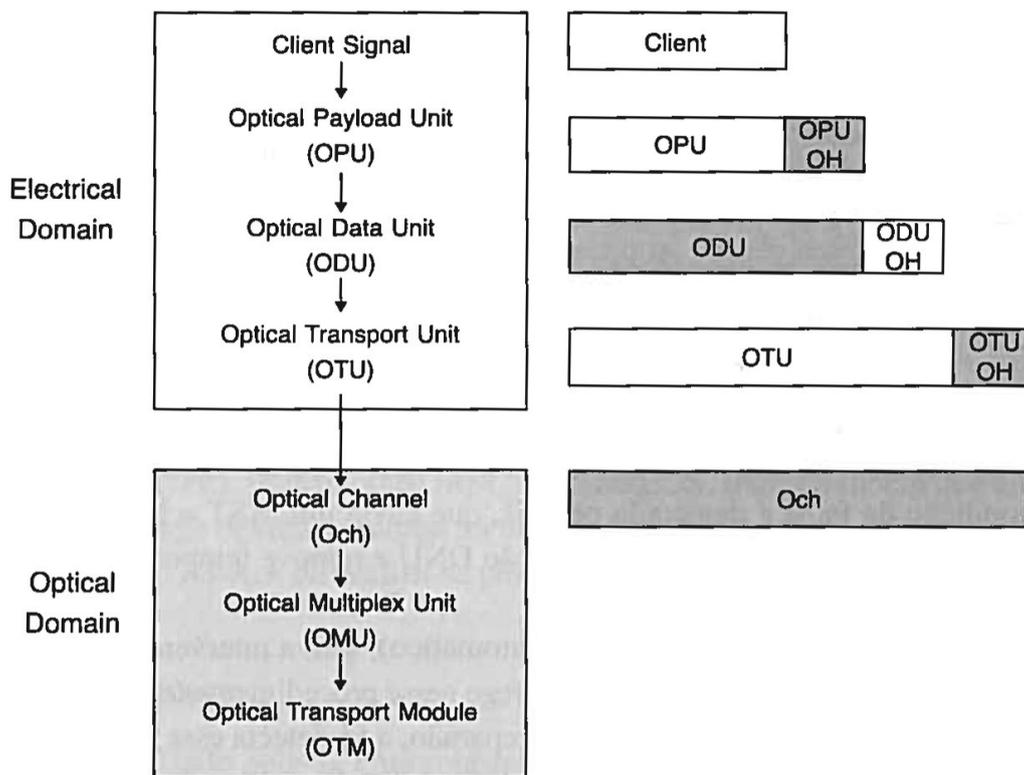
Essa figura mostra que para indicar o uso do IP (IPv4, a rigor) sobre uma rede Ethernet por meio do SNAP (*Subnetwork Access Protocol*), a codificação OUI (*Organizationally Unique Identifier*) deve utilizar o valor hexadecimal 00-00-00, o que indica a codificação EtherType.

Como se trata da indicação do IPv4, o código EtherType deve ser igual a 0x0800.

Um quadro estruturado na arquitetura OSI ou, principalmente, na arquitetura TCP/IP pode ser conduzido por uma rede de camada física também estruturada em uma arquitetura própria, caracterizando a aplicação de uma arquitetura global hierarquizada.

É o que ocorre, por exemplo, quando se transmite IP sobre OTN (*Optical Transport Network*), o que pode ocorrer diretamente ou via SDH.

O quadro da camada 2 que suporta o IP ingressa na OTN, onde transitará através da arquitetura de OTN, composta por níveis de multiplexação, conforme a Figura 15.



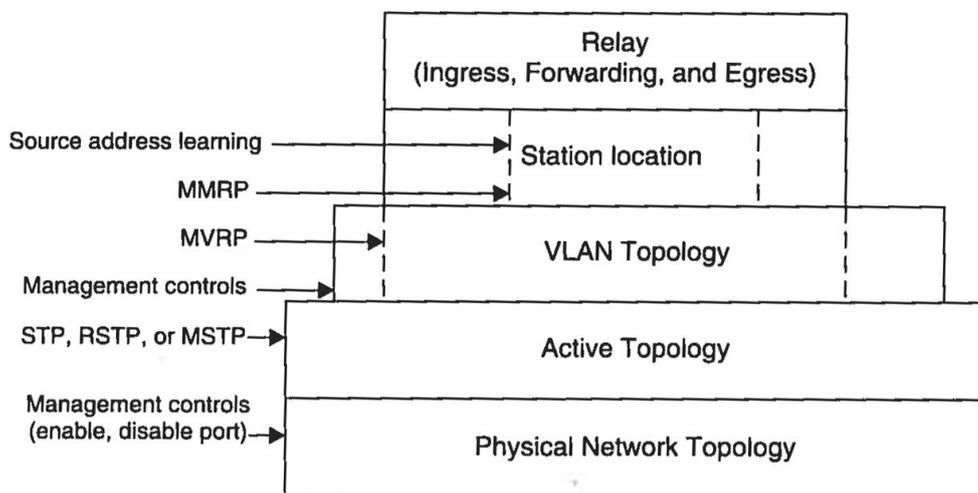
**Figura 15 – Arquitetura de OTN.**

Na entrada do *Och* (*optical channel*), os sinais elétricos são convertidos em sinais ópticos, que irão alimentar a fibra óptica (via WDM) na saída do OTM.

No outro extremo da OTN, ocorre o processo inverso, resultando o datagrama IP enviado.

Caso haja a intermediação de SDH, os quadros de dados serão submetidos também à arquitetura SDH, composta por múltiplos níveis de multiplexação TDM.

Finalmente, apresentamos na Figura 16, um exemplo de representação de uma arquitetura das funções realizadas no interior de uma VLAN bridge para a realização da função VLAN Bridging global.



## **Figura 16 – Realização da função VLAN Bridging global.**

Observa-se nessa figura que parte das funções são representadas por protocolos ou por alternativas de protocolo.

### **6 – DISTINÇÃO ENTRE QUADROS NO FORMATO TRANSVERSAL E ARQUITETURAS**

Como a formatação transversal de quadros é sempre na vertical como nas arquiteturas de camadas e de protocolos, nem sempre a distinção entre elas é evidente em uma figura representativa.

Uma primeira sugestão que faço para os leitores é de que se certifiquem com certeza da distinção ao analisar uma figura vertical, para evitar interpretações errôneas.

Para evitar erros de seus leitores, registre sempre no texto do que se trata.

Uma regra básica para a distinção é observar a posição do campo payload na figura. Em quadros de dados, o payload localiza-se normalmente no meio ou na parte inferior da figura. Nas arquiteturas, ao contrário, o payload é colocado na parte superior da figura.

Mesmo em se tratando de quadros de dados, é preciso cuidado na aplicação dessa regra, pois existem casos raros de protocolos que não possuem cabeçalhos em seus quadros, o que coloca o payload excepcionalmente na parte superior das figuras representativas.

Nos quadros de controle, onde normalmente não existem payloads explícitos, a regra acima não faz sentido, tornando a distinção mais difícil. A rigor, se não estiver explicitado no texto, a distinção é bem duvidosa. Felizmente, ainda que intuitivamente, a natureza da figura está escrita no texto.

Vamos usar como exemplo a Figura 5 anterior deste artigo, que representa transversalmente o formato da RSTP BPDU. Nada impede que os campos dessa figura sejam representados como uma arquitetura, bastando para isso inverter as posições desses campos na figura.

Se isso ocorresse, como distinguir uma coisa da outra pela simples observação das figuras? Existem na realidade alguns sinais indicativos, mas é difícil a certeza total.

Felizmente os autores, de um modo geral, não representam protocolos de controle sob a forma de arquiteturas. Além disso, dificilmente alguém deixa de especificar no texto a natureza da figura.

