

Sistemas de Telecomunicações Guiados

Licenciatura em Engenharia de Telecomunicações e Informática

3ºano, 1º Semestre , 2004/2005

- **Leccionada por:** Francisco Monteiro
 - e-mail: francisco.monteiro@iscte.pt
 - Gabinete: D637
 - Cacifo: 305
 - Telefone interno: 796371
- **WWW:** <http://radio.lx.it.pt/STG/>
- **Avaliação:**
 - A nota final será $N = \max\{0,5 \times \text{Teste1} + 0,5 \times \text{Teste2}, \text{Exame}\}$, sendo $N \geq 9,5$.
 - Nota mínima em cada teste: 8,0 valores
 - O 1º teste será um pouco depois do meio do semestre e o 2º será coincidente com o 1º exame, podendo o aluno optar por um dos esquemas de avaliação.
- **Horário Dúvidas:** quartas-feiras às 16h e sextas-feiras às 14h30

Programa

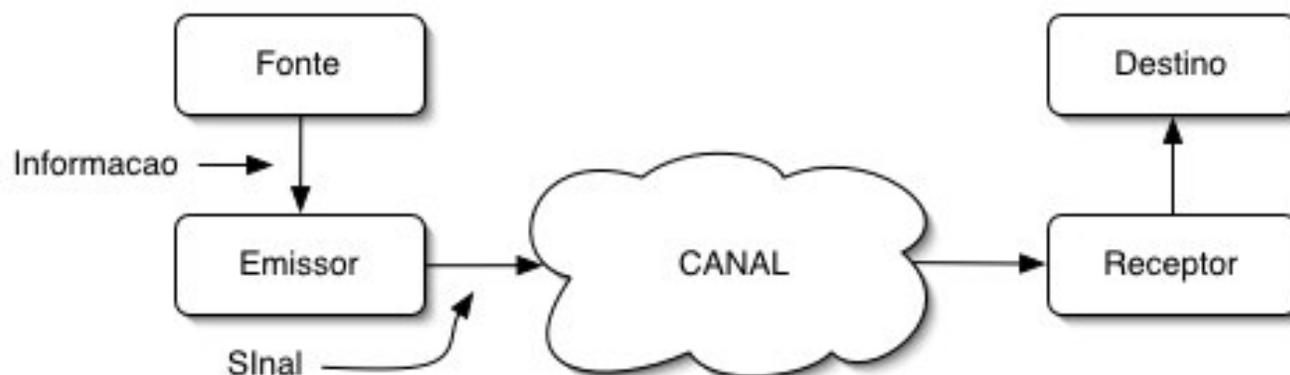
1. Introdução
2. Equipamentos e sistemas
3. Sinais e serviços
4. Caracterização das transmissão de sinais
5. Meios de transmissão guiada
6. Transmissão óptica

Material de estudo: bibliografia

- Folhas do Prof. João Pires (Um bloco sobre meios metálicos e redes e um bloco sobre sistemas de comunicações ópticas).
- Folhas do Prof. Adolfo Cartaxo (Um bloco sobre transmissão em fibras ópticas).
- Gerd Keiser, *Optical Fiber Communications*, 3ª ed., 2000, ISBN: 0-07-116468-5
- Bruce Carlson, Janet Rutledge e Paul Crilly, *Communications Systems*, 4ª ed., 2002, McGraw-Hill (ISBN 0-07-121028-8).

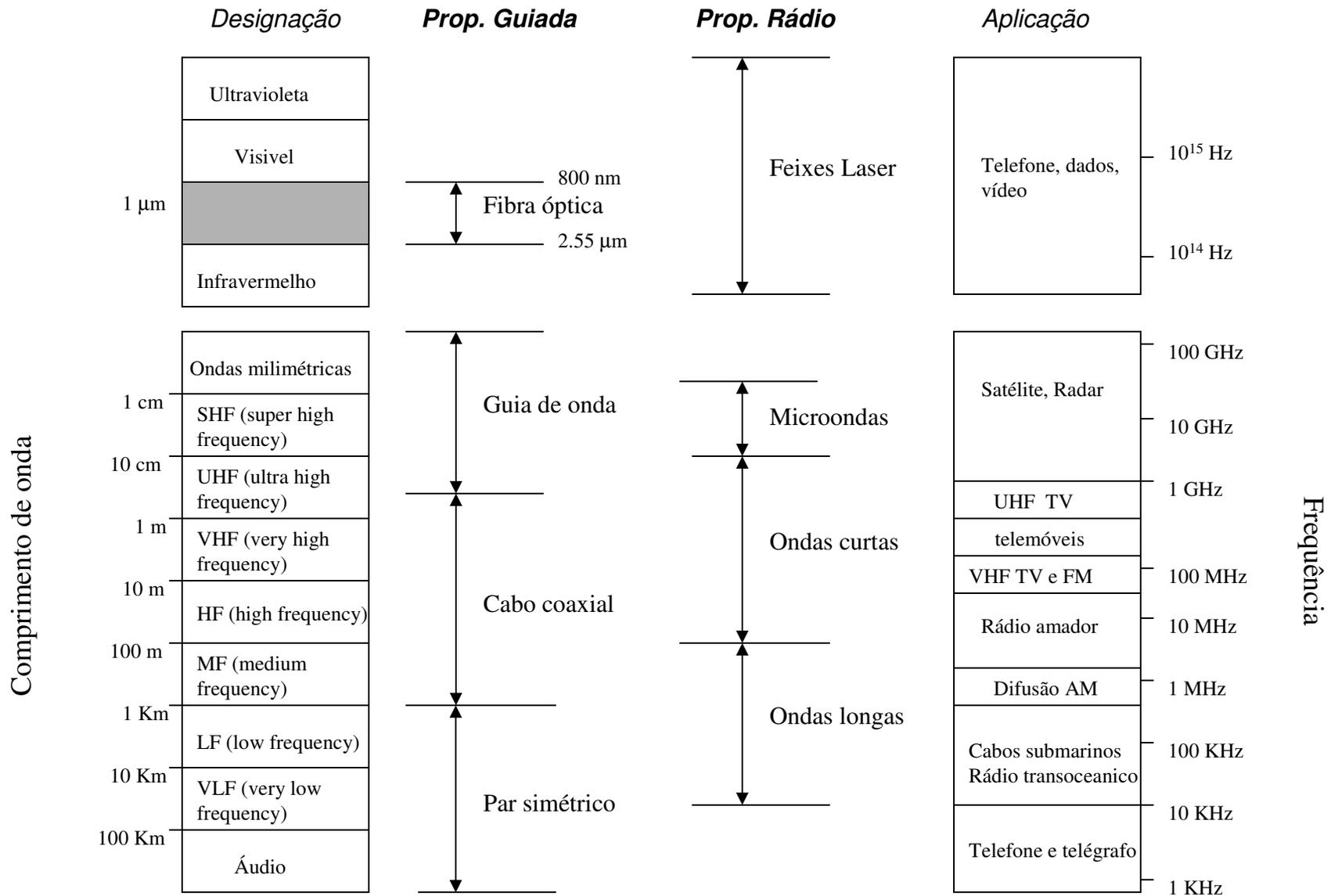
O conceito: *Sistemas de Telecomunicações Guiados*

- As telecomunicações compreendem o conjunto dos meios técnicos - *sistemas* - apropriados para codificar, transportar e encaminhar tão fielmente quanto possível informação à distância.

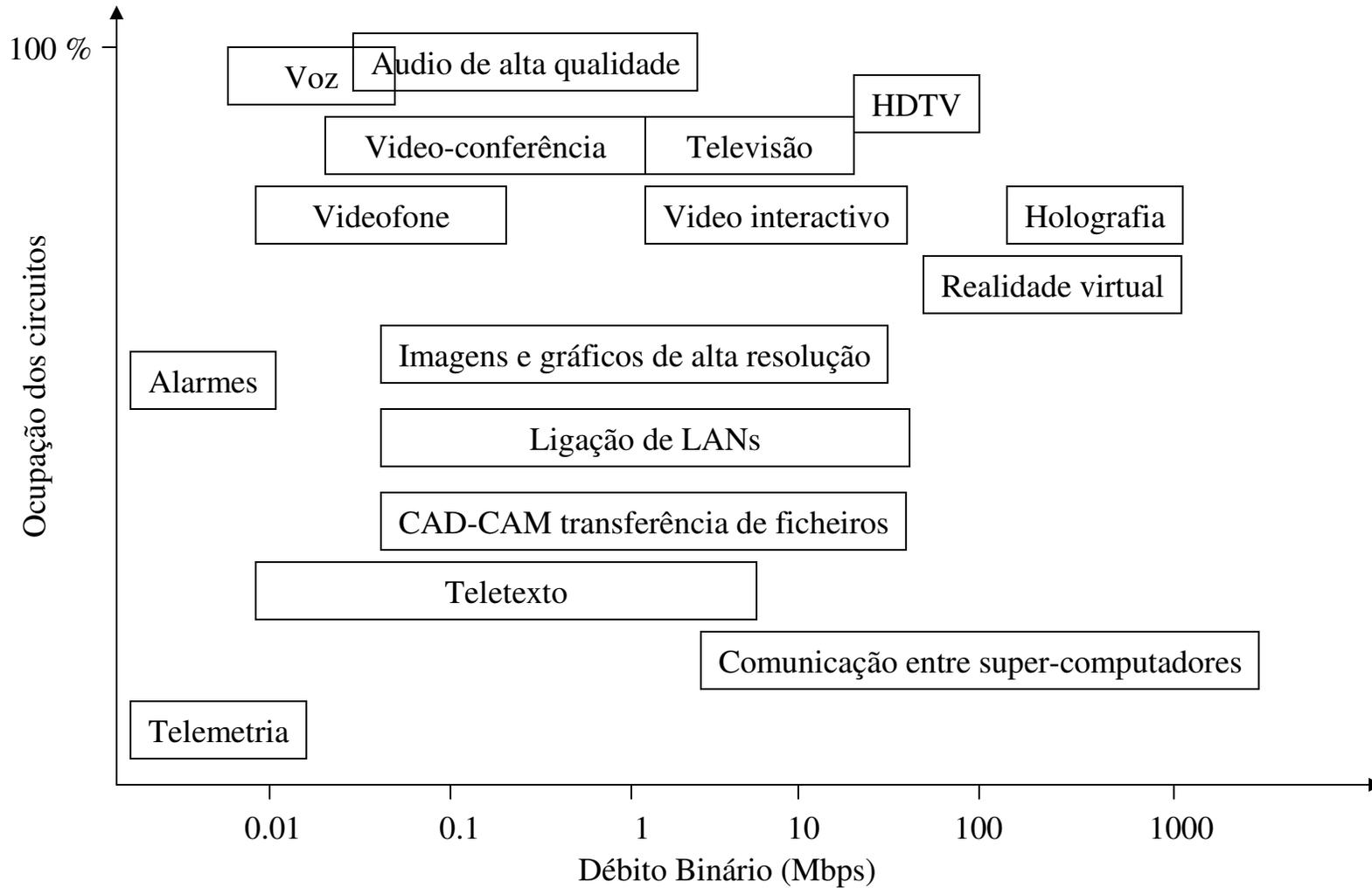


- **Fonte de informação:** natureza analógica ou digital.
- **Canal:** complexo (e.g., comutação) e imperfeito (e.g. distorção).
- **Sinais:** transportados por ondas electromagnéticas (guiado / rádio).
- **Crítérios de qualidade de serviço:** fidelidade, fiabilidade.

O espectro electromagnético



Exigências dos diferentes serviços de telecomunicações



Evolução das Telecomunicações

- 1837 - Invenção do telégrafo (Cooke e Wheastone)
- 1844 - Invenção do código de Morse (Samuel Morse)
- 1866 - 1º cabo submarino telegráfico transatlântico
- 1875 - 1º cabo submarino telegráfico entre Lisboa e Brasil
- 1876 - Invenção do telefone (Alexander Bell)
- 1891 - Invenção do primeiro comutador automático (Strowger)
- 1894 - Telegrafia sem fios (Marconi)
- 1901 – 1ª ligação rádio transatlântica
- 1926 – 1ª ligação rádio-telefónica transatlântica
- 1928 - Teoria da Amostragem (Nyquist)
- 1936 - Invenção do PCM (Reeves)

Evolução das Telecomunicações (cont.)

- 1948 - Invenção do transistor (Bell Laboratories)
- 1956 - Primeiro cabo submarino telefónico (53 repetidores, 35 circuitos)
- 1957 - Lançamento do primeiro satélite - Sputnik (Russo)
- 1959 - Invenção do laser (light amplification by stimulated emission of radiation)
- 1965 - Primeiro satélite geoestacionário (Intelsat1, 240 circuitos)
- 1966 - Proposta de usar as fibras ópticas em telecomunicações (Kao)
- 1967 - Criação da primeira rede de comutação de pacotes (ARPANET)
- 1968 - Primeira central de comutação digital (tecnologia TTL)

Evolução das Telecomunicações (cont.)

- 1984 - Satélite Intelsat V (12000 circuitos)
- 1984 - Primeiras recomendações sobre Rede Digital com Integração de Serviços (RDIS)
- 1988 - Primeiro cabo transatlântico digital em fibra óptica TAT 8 (40000 circuitos)
- 1988 - Primeira recomendação sobre RDIS de banda larga
- 1996 - Cabo submarino óptico TAT 12/13 (122 880 circuitos)
- 1997 - Satélite Intelsat VIII (22 500 circuitos)
- 1999 - Cabo submarino óptico TAT 14/15 (40 Gbps, ~ 1 milhão de circuitos)
- 2000 - Sistema experimental de transmissão por fibra óptica com 175 canais a 40 Gbps \Rightarrow 7 Tbps numa só fibra ! - DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)

http://www.ieee.org/organizations/history_center/comsoc/timelines.html

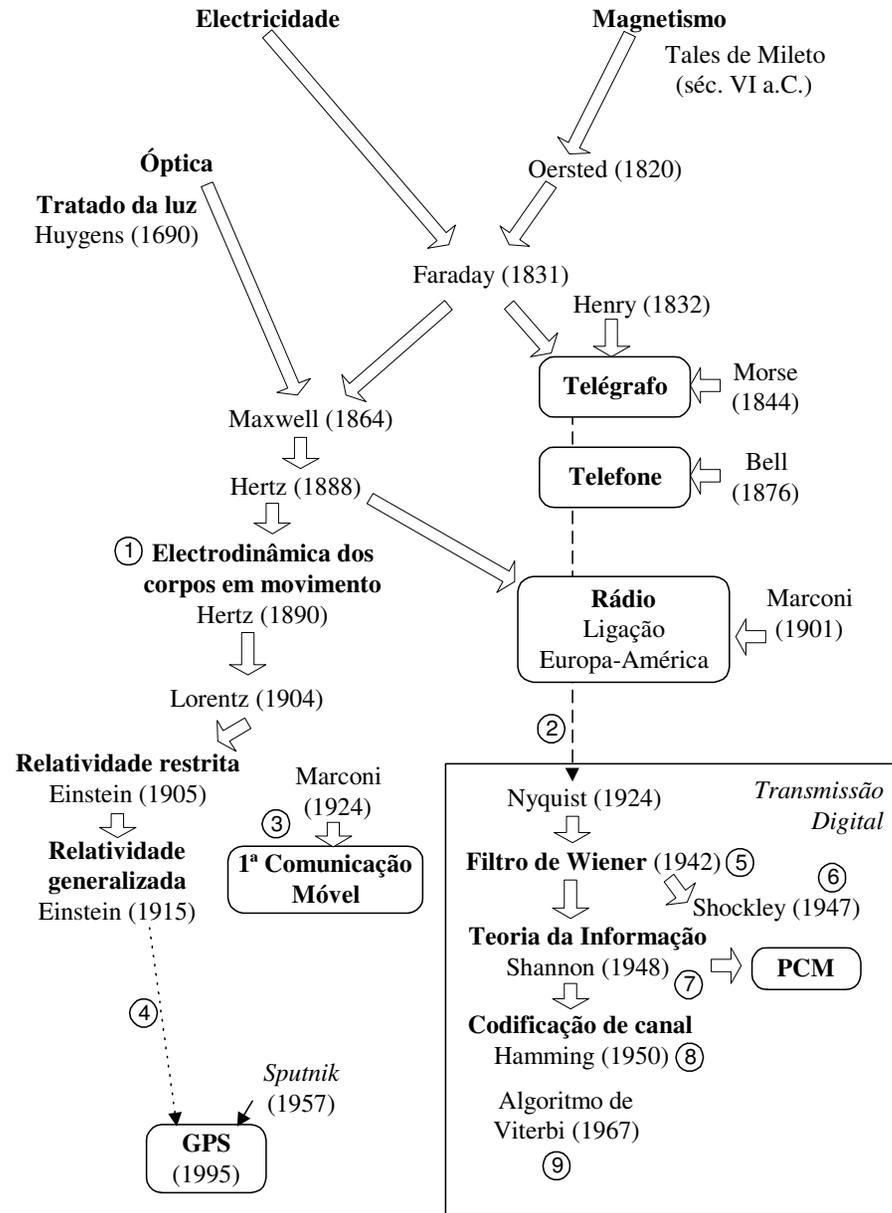
Alexander Graham Bell, nativo da Escócia, ao conduzir experiências com electricidade salpicou ácido nas calças. A sua reacção “sulfúrea”, a agora famosa “Mr. Watson, venha cá, preciso de si”, trouxe Thomas A. Watson a correr não só devido à aflição do seu empregador, mas porque as palavras tinham sido transportadas pela electricidade até ao quarto de Watson e reproduzidas claramente no seu aparelho de recepção.

(Tradução livre do original: Stephen J. Bigelow (ed.), Understanding Telephone Electronics, p. 1, Newnes, 1997)

Evolução dos computadores

- Década de 40 - Invenção dos primeiros computadores
 - A sua função principal era o processamento de dados
- Década de 50 - Comercialização da calculadora
- Década de 70 - Partilha de recursos, i.e. os serviços de um dado computador estão disponíveis para vários utilizadores
- Década de 80 - Computadores pessoais (PC's) foram possíveis devido aos avanços tecnológicos ocorridos nos microprocessadores (tecnologia VLSI - Very Large Scale Integration)
- Princípios da década de 90 -
 - redução do tamanho dos computadores \Rightarrow computadores portáteis;
 - redes de computadores mais fiáveis devido à evolução dos Sistemas Operativos e Aplicações (e.g. servidor WWW - facilidade de utilização de recursos; Mosaic - permite apresentar páginas de informação ao utilizador de uma forma bastante atractiva usando texto, imagens, som e vídeo com ligações - links - a outras páginas)
 - Explosão da utilização de serviços usando a INTERNET !

<http://history.acusd.edu/gen/recording/computer1.html>



Sistemas de Telecomunicações Guiados - ISCTE

(1) A electrodinâmica dos corpos em movimentos de Hertz tem a sua continuação com o grande Físico Feynman, nos anos 50 do século XX, na electrodinâmica quântica (QED - *quantum electrodynamics*).

(2) O facto de os resultados teóricos de Nyquist terem sido apresentados como aspectos particulares da telegrafia motivou a existência de uma conexão entre este e a transmissão digital. O telégrafo é um sistema intrinsecamente digital, mas note-se que era o único nos anos 20. Nesses artigos, Nyquist mostrou a relação entre o ritmo de transmissão e a largura de banda do sinal, assim como deduziu as características de formatação espectral que devem ser observadas (formatação de Nyquist). As demonstrações de Nyquist eram extensas e prolixas; actualmente as demonstrações desses teoremas são apresentadas nos livros de transmissão de uma forma muito mais clara e compacta.

(3) A primeira comunicação móvel ocorreu em 1924 quando Marconi telefonou, via rádio, de Inglaterra para a Austrália a bordo do seu navio *Elettra*, equipado com um laboratório experimental.

(4) Embora pouco notada, existe uma utilização da Teoria da Relatividade no *global positioning system* (GPS). A aplicação de medições temporais suportadas no uso de espalhamento de espectro por sequência directa, implica um rigor temporal refinado por correcções relativistas.

(5) Wiener abordou o problema da estimação de uma dada forma de onda $s(t)$ distorcida. Estabeleceu as equações que permitem obter o *filtro (de Wiener) óptimo* que minimiza o erro quadrático médio (EQM) da estimação.

(6) A referência a Shockley deve-se à invenção da junção semicondutora, o que permitiu o aparecimento do transístor actual. Este avanço foi fundamental para a implementação prática dos sistemas digitais (e.g. PCM - *pulse coded modulation*). Antes estes dispositivos eram implementados com tubos de vácuo, como a “válvula de De Forest” de 1906 (tríodo), surgida como um aperfeiçoamento da “válvula de Fleming” de 1904 (díodo). Lembre-se que a válvula ainda é insubstituível nos andares de amplificação de potência em RF (rádio-frequência).

(7) A contribuição de Shannon em 1948 foi dupla, feita através de dois artigos publicados nesse ano: um apresentando a *teoria matemática da comunicação*, e outro, em co-autoria, apresentando rigorosamente a modulação de impulsos codificada (PCM) (inventada por Alec Reeves em 1937). A primeira contribuição constituiu os fundamentos da actual *Teoria da Informação*, em particular dos tópicos *codificação de fonte e codificação de canal*. A segunda contribuição formalizou a concatenação de *amostragem, quantificação e codificação* como sendo o cerne da transmissão digital de sinais analógicos.

8) A codificação de canal é fruto de um elevado número de contribuições ao longo dos anos. Por ser usada neste trabalho, refira-se que a primeira referência a codificação convolucional foi feita por Elias em 1955.

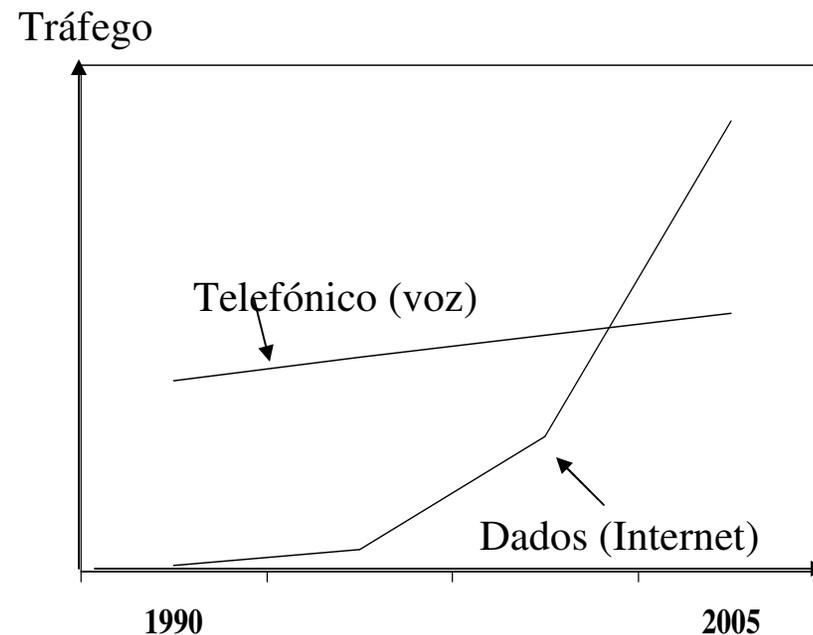
(9) O algoritmo de Viterbi é possui um vasto domínio de aplicações em telecomunicações: detecção de algumas modulações digitais com memória, descodificação de códigos convolucionais, igualação digital,...

Impacto do tráfego da Internet

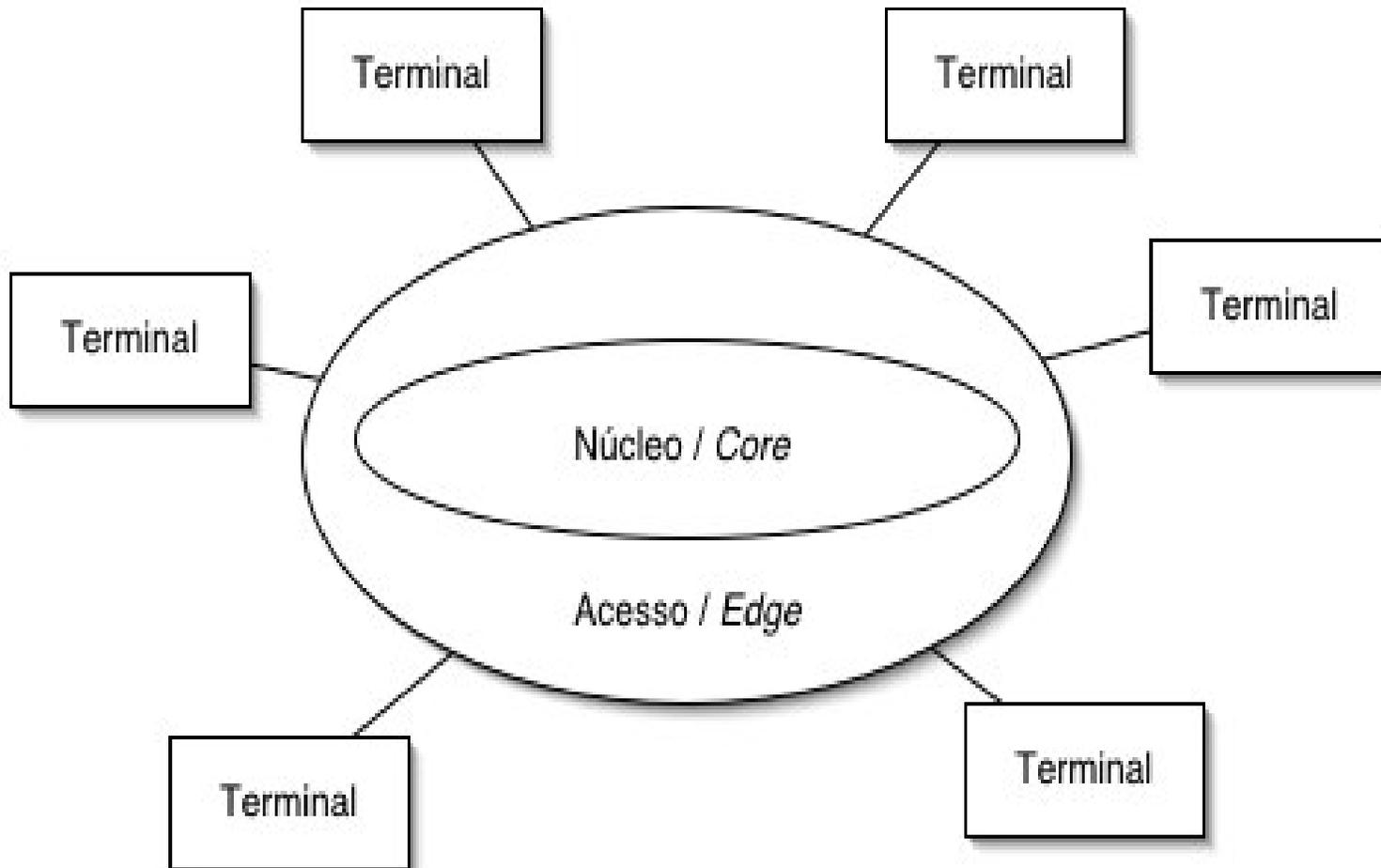
- Requisitos de tráfego
 - N° de utilizadores da Internet
 - Débito de acesso
 - Débito de tronca
- Período de duplicação
 - 12 meses
 - 6 meses
 - 4 meses
- Tecnologia
 - Gates/chip
 - Fibra óptica, bits/fibra
 - Comutação de pacotes, bits/dolar
- Período de duplicação de capacidade
 - 18 meses
 - 12 meses
 - 12 meses

Evolução do tráfego (telefónico vs dados)

- O tráfego telefónico de voz tem um crescimento entre 10 a 15% ao ano
- O tráfego de dados (Internet) tem um crescimento da ordem (ou superior) dos 500% ao ano
- Actualmente o tráfego de dados já é superior ao tráfego de voz



As redes de telecomunicações : diagrama genérico



Tipos de redes de Telecomunicações

- Rede telefónica pública comutada
- Redes de dados:
 - WANs, MANs, LANs
- Rede digital com integração de serviços
 - Voz, dados, imagem e video
- Redes de satélites
 - TV, GPS (Global Position System)
- Redes de distribuição de TV por cabo
- Redes para comunicações móveis

Ramos das Telecomunicações

- **Transmissão**

Codificação e transporte da informação.

- **Comutação**

Encaminhamento da informação (pôr em contacto dois ou mais utilizadores quaisquer, de acordo com as suas ordens).

- **Controlo e Gestão**

Garante que as redes de telecomunicações são máquinas dinâmicas, com elevado grau de fiabilidade. A sinalização constitui os meios pelos quais a gestão da rede actua sobre esta.

Normalização em Telecomunicações

- Razões da sua existência -

- Devido ao carácter internacional das telecomunicações é fundamental a normalização, nomeadamente em:
 - **aspectos técnicos:** definição da qualidade de serviço e dos parâmetros que a influenciam; especificação das interfaces, e.g. dos sinais usados na transmissão e sinalização.
 - **planificação geral da rede:** estrutura da rede internacional, plano de transmissão, distribuição dos números telefónicos, etc.
 - **problemas de exploração e gestão:** definição dos preços das chamadas internacionais, análise do tráfego, etc.

Normalização em Telecomunicações

- Razões da sua existência (cont.) -

- No plano das redes nacionais a normalização também é importante de modo a
 - garantir a compatibilidade dos sistemas provenientes de fabricantes diferentes;
 - assegurar a mesma qualidade de serviço mínimo a todos os utilizadores;
 - respeitar as convenções internacionais.

Normalização em Telecomunicações

- Organismos -

- International Telecommunication Union (ITU)
 - Organismo da ONU responsável por todos os aspectos das telecomunicações e estruturado nos seguintes órgãos permanentes:
 - ITU Development Sector (ITU-D) - responsável pela administração e publicações, incluindo as recomendações;
 - ITU Telecommunications Sector (ITU-T), antigo “Comité Consultatif Télégraphique et Téléphonique” (CCITT) - responsável por questões técnicas, métodos de operação e tarifas para as redes telefónicas, telegráficas e de dados
 - ITU Radiocommunications Sector (ITU-R), antigo “Comité Consultatif International des Radiocommunications” (CCIR) - responsável por questões técnicas e operacionais relacionadas com rádio-comunicações, incluindo ligações ponto-a-ponto, serviços móveis e radiodifusão.
 - O International Frequency Registration Board (IFRB) regula a atribuição das bandas de frequências aos diferentes serviços.
- International Standards Organization (ISO)
 - esta organização tem uma actividade de normalização em diferentes áreas, incluindo as tecnologias da informação - o modelo OSI (Open System for Interconnection) foi definido por esta organização.
Site: <http://www.iso.org/>

Normalização em Telecomunicações

- Organismos (cont.) -

- International Standards Organization (ISO)
 - esta organização tem uma actividade de normalização em diferentes áreas, incluindo as tecnologias da informação - o modelo OSI (Open System for Interconnection) foi definido por esta organização. Site: <http://www.iso.ch>
- European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
 - Criado em 1988, é uma organização não lucrativa cujo objectivo principal é produzir normas de telecomunicações para a Europa. Site: <http://www.etsi.org>
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
 - Maior organização profissional do mundo; publica jornais e revistas da especialidade e também possui um grupo que desenvolve normas na área das telecomunicações, e.g. norma IEEE 802 para redes locais (LANs) que posteriormente foi adoptada pelo ISO, dando origem à norma ISO 8802. Site: <http://www.ieee.org>
- American National Standards Institute (ANSI)
 - organização privada, não-lucrativa. As suas recomendações normalmente são adoptadas pelo ISO. Site: <http://www.ansi.org>
- Internet Research/Engineering Task Force (IRTF / IETF) - IAB
 - Aprovação de normas : *Internet Standards*
 - Documentos técnicos : *RFC Request for Comments, Internet Drafts*
 - Sites: <http://www.ietf.org/> e <http://www.irtf.org/>