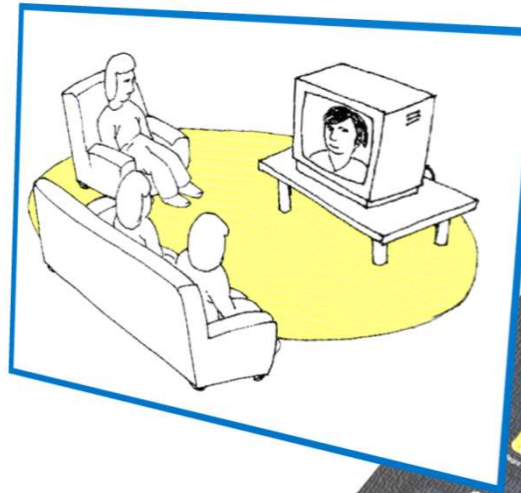




Guido Stolfi – 2025

Introdução

- Criado em 1997 como curso optativo
- Temas:
 - Conceitos de Engenharia em sistemas de Vídeo e Televisão
 - Fundamentos de percepção visual e auditiva
 - Legado dos sistemas de televisão analógica
 - Codificação, compressão e transmissão digital de TV
 - Sistemas de TV a Cabo
- Motivação:
 - Capacitar engenheiros para atuação na área de TV
 - Estado da arte na aplicação de teorias de telecomunicações
 - Digitalização demanda novo paradigma de conhecimento

Aula	Tema
1	Apresentação da disciplina; perspectivas para a evolução da TV Digital; aspectos da produção e operação de uma emissora de TV; Histórico e evolução tecnológica.
2	Elementos de Fotometria: fontes e detectores de luz; grandezas fotométricas, funções de luminância;
3	Elementos de Percepção Visual: fisiologia do olho humano, impulsos nervosos, resolução angular e temporal, adaptação à luminosidade; linearidade e correção gama;
4	Acuidade visual, percepção de movimento, cintilação, processos de percepção de distância, ilusões de percepção visual.

Aula	Tema
5	Representação de Imagens em Movimento: amostragem temporal e espacial; requisitos de resolução visual; Função de Transferência de Contraste; ocupação de banda passante para transmissão.
6	Fundamentos da Transmissão Analógica de TV: sincronismo, entrelaçamento, correção gama, vídeo composto; modulação VSB e ocupação espectral; visibilidade de artefatos da amostragem; TV de Alta Definição (HDTV, 8k) e outros padrões.
7	Fundamentos de Colorimetria: teorias da percepção e reprodução cromática; funções de cromaticidade RGB e XYZ; reprodução tricromática aditiva na TV.
8	Componentes RGB / YUV; Processos de modulação de TV a cores com compatibilidade espectral: Sistemas NTSC, PAL (-M) e SECAM; intercalamento espectral; HDR e WCG

Aula	Tema
9	Câmeras e Sensores de Imagens
10	Dispositivos de visualização: Cinescópio, LCD, projetores, Plasma, OLED, SED, micro-espelhos.
11	Sinais de teste para medidas de qualidade em sistemas de TV; demonstração de visibilidade de interferências e degradações na transmissão de sinais de vídeo.
12	Critérios e padrões de digitalização de vídeo; formatos CCIR601, SMPTE 274M, DVI, HDMI e SDI; transformações geométricas e transcrição de formatos; justificativas para compressão de dados
13	Compressão de Imagens pelo Padrão JPEG: Transformada Discreta de Cossenos, quantização, codificação RLE, codificação Huffman.

Aula	Tema
14	Outros processos de compressão de imagens: transformada de Hadamard, Walsh e Karhunen-Loève; Exemplos de visibilidade de artefatos da compressão; JPEG-2000.
15	Compressão de imagens em movimento: codificação por preditor; arquitetura do codificador MPEG-1; compensação de movimento, estruturas de macroblocos.
16	Hierarquia de dados e sintaxe do fluxo de transmissão MPEG-1; análise aprofundada do protocolo de codificação; qualidade de imagem x erros de transmissão.
17	Fluxo de Transporte; Padrões MPEG-2, Dirac, H.264 e HEVC; Multiplexação estatística em sistemas MCPC; "Broadcast Transport Stream"; Tabelas ISDB-T
18	Transmissão por Redes IP

Aula	Tema
19	Elementos de percepção auditiva: fisiologia do ouvido humano, mascaramento, percepção de direção; Áudio na TV analógica.
20	Processos de compressão de áudio: segmentação espectral, codificador MPEG-1, Dolby AC-3, MPEG AAC; codificação com canais múltiplos.
21	Compressão de Áudio Tempo-Frequência; demonstrações Auditivas; comparação MPEG x AAC.
22	Transmissão de sinais de TV: visão geral de equipamentos transmissores, combinadores, antenas.
23	Sistemas de transmissão para TV digital: DTH e radiodifusão terrestre; sistemas ATSC, DVB e ISDB-T; comparação de desempenhos e efeitos das condições de propagação; TV3.0.

- Apostilas da disciplina PTC3547 (1 – 10)
 - Em constante revisão, disponíveis no Moodle
- Referências adicionais:
 - M. Robin, M. Poulin: *Digital Television Fundamentals* - McGraw-Hill, 1998
 - Joan Mitchell: *MPEG Video Compression Standard* - Chapman & Hall, 1997
 - Andrew F. Inglis, Arch Luther: *Video Engineering* - McGraw-Hill, 1996
 - Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods: *Digital Image Processing* - Addison Wesley, 1993
 - *NAB Engineering Handbook* – National Association of Broadcasters, 1999
 - K. Blair Benson, ed.: *Video and Television Engineering* - McGraw-Hill, 2000
 - E. R. Bartlett: *Cable Television Technology and Operations* - McGraw-Hill, 1990
 - W. Ciciora: *Modern Cable Television Technology* – Morgan Kaufmann, 1999
 - Jerry Whitaker: *DTV Handbook* – McGraw-Hill, 2001
 - Charles Poynton: *Digital Video and HDTV* – Morgan Kaufmann, 2003
 - U. Reimers: *DVB – The Family of International Standards for Digital Video Broadcasting* – Springer, 2005
 - M. Wien: *High Efficiency Video Coding* – Springer, 2015

O que é Televisão?

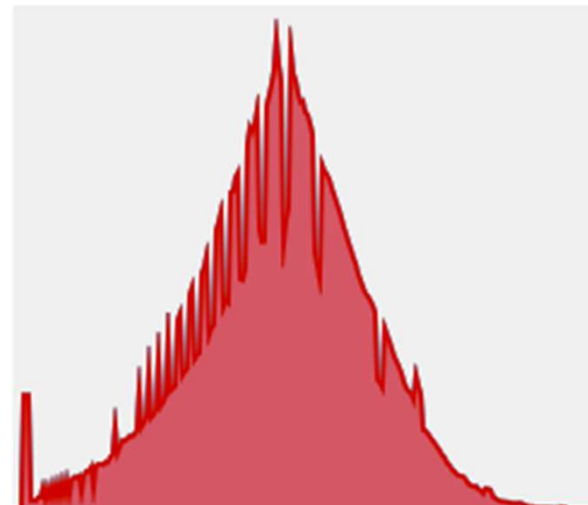
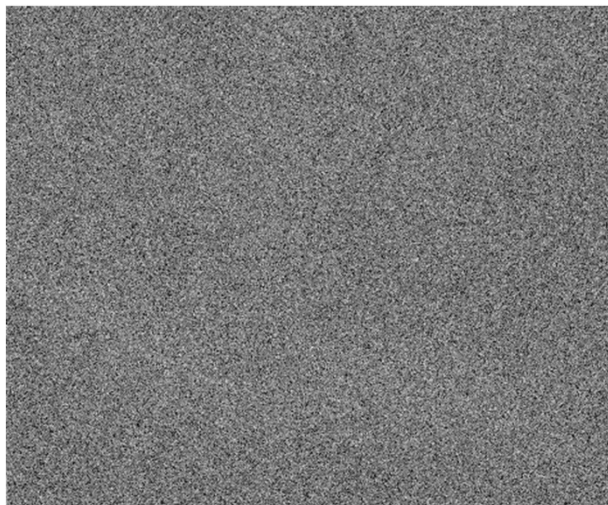
- Máquina de fazer doido
- Fonte principal de informação e lazer para a população brasileira
- Fita crepe + tinta látex
- Processamento de Imagens em Movimento

O que é uma Imagem ?

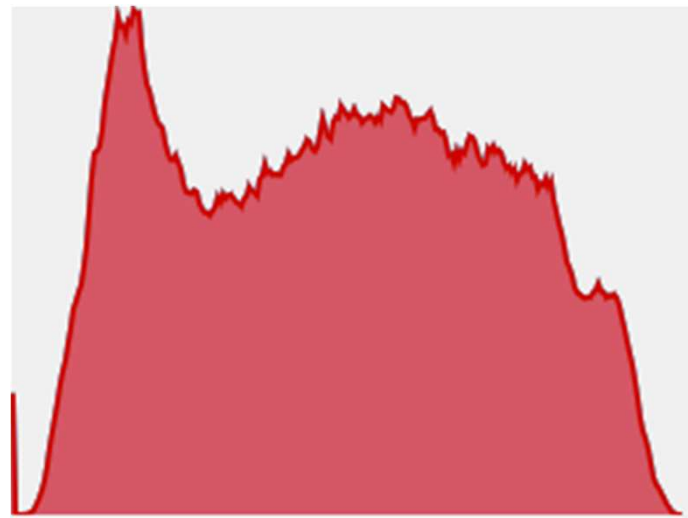


$$\text{Img} = f(x, y) \quad ?$$

Isto é uma Imagem ?



Isto é uma Imagem ?



- Implantação de emissoras, estúdios, produtoras, etc.
- Qualidade de sinal em todas as etapas da geração e distribuição de vídeo + áudio
- Gerenciamento de manutenção de equipamentos
- Eventos críticos
- Definição de diretrizes tecnológicas
- Atendimento das Normas Técnicas

Por que Digital?

- Governo (Anatel)
 - Reutilização do Espectro de UHF
 - “Inclusão Digital”
- Indústria de Eletro-eletrônicos
 - Renovação da “frota” de televisores
- Emissoras de TV
 - Serviços adicionais, interatividade
 - Exportação de Conteúdo
- Tele-espectadores
 - Qualidade de Imagem ? Custo ?

Evolução da TV Digital

Cinematógrafo	1895	
	1925	Transmissões Experimentais de TV
Cinema falado	1926	
	1930	TV Comercial
	1939	Padrão “M”
Cinema a Cores	1941	
“Wide Screen”	1952	TV a Cores NTSC
	1953	
Cinema 3-D	1954	
“IMAX”	1970	
	1986	Som Estéreo

- Patentes Expiradas
- Margens de Lucro Reduzidas
- Concorrência Acirrada
- Saturação do Espectro de Radiodifusão
- Incompatibilidade com Cinema “Wide Screen”

- Devido à susceptibilidade de interferências nos receptores, a ocupação dos canais de UHF é muito rarefeita.

Canal transmitindo	Canais com Interferência
N	N-1, N+1, N+7, N+8, N+14, N+15

- Em 1981, a FCC realoca os canais 70 a 83 de UHF (806-890 MHz) para a telefonia celular.
- Motorola reivindica mais banda para implantar serviço de telefonia móvel veicular (700-800 MHz).

- Restrições de alocação de frequências comprometem a expansão das emissoras de TV.
- FCC pretende realocar mais canais de TV para serviços de comunicação móvel.
- TV contra-ataca pedindo alocação de banda para um novo serviço: a TV de Alta Definição.

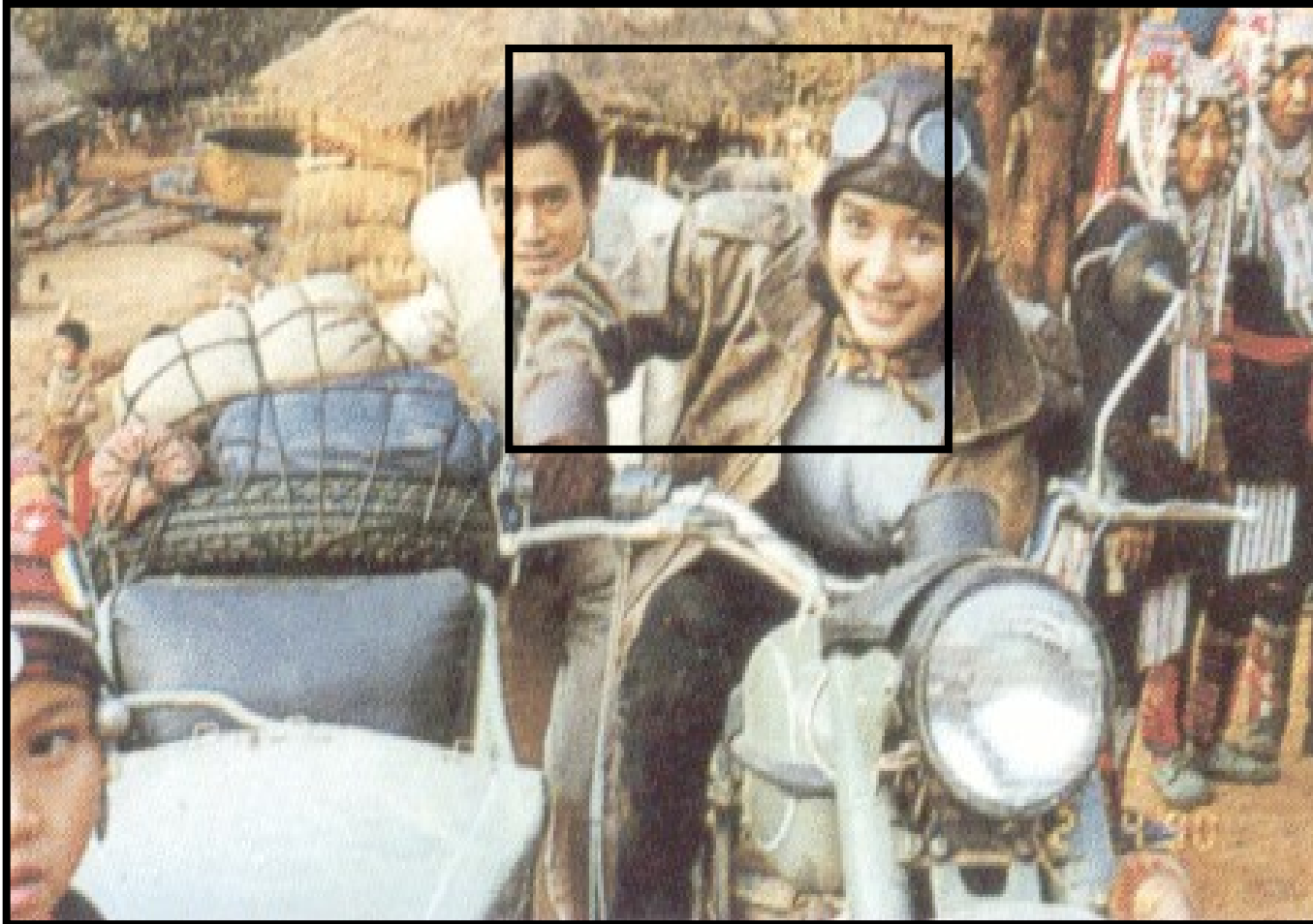
“Hi-Vision” (NHK, 1985)

LCS
EPUSP



Comparação do Campo Visual Hi-Vision x TV convencional

LCS
EPUSP



NHK

EPUSP - Guido Stolfi 23 / 121

Diferenças de Enquadramento



NHK

Hi-Vision

SDTV



- Equipamentos de produção (câmeras, VT's, efeitos, etc.)
- Cenografia, iluminação
- Direção, interpretação
- Programação adequada ao meio

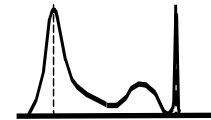
- 1 canal adicional, não contíguo, para transmissão de HDTV
- Transmissão em “Simulcast”
- Canal adicional sujeito a interferências de TV convencional
- Canal adicional não pode interferir na TV convencional.

- Propostas Analógicas de HDTV com canal adicional não tem desempenho satisfatório. O uso de processamento digital é a única saída viável para comprimir a informação de HDTV em um canal de comunicação de 6 MHz (ex.: proposta General Instruments).
- Enquanto a HDTV aguardava definições, a tecnologia desenvolvida encontrou aplicação imediata na Televisão Convencional, com atrativos como multiplicar a capacidade do canal de comunicação e permitir serviços adicionais.
- Surge o DTH (Direct to Home) Digital.

Transmissão Analógica x Digital



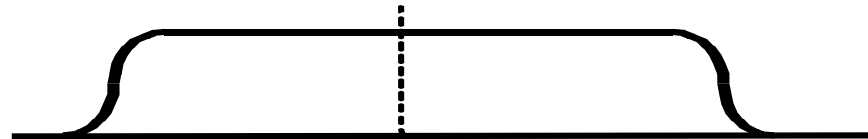
1 Programa de
TV Convencional



1 Canal analógico de 6 MHz
(AM-VSB + FM)

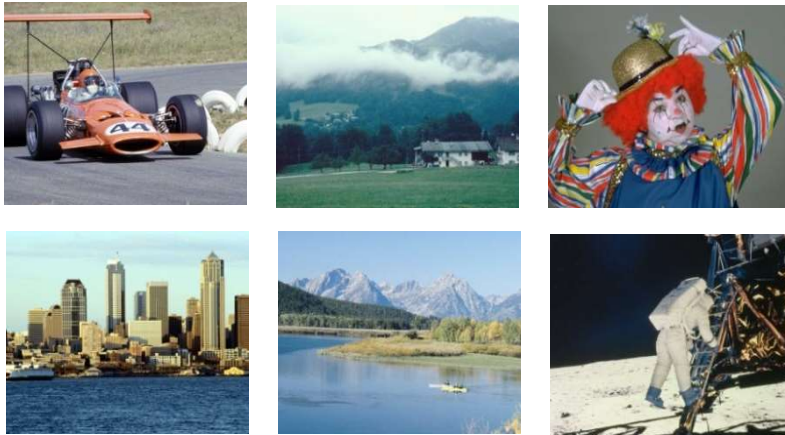


1 Programa de
TV Convencional



1 Canal digital de 25 MHz
(ex.: 64-QAM a 120 Mb/s)

Transmissão Digital com Compressão



6 Programas de TV ou



1 Programa de HDTV

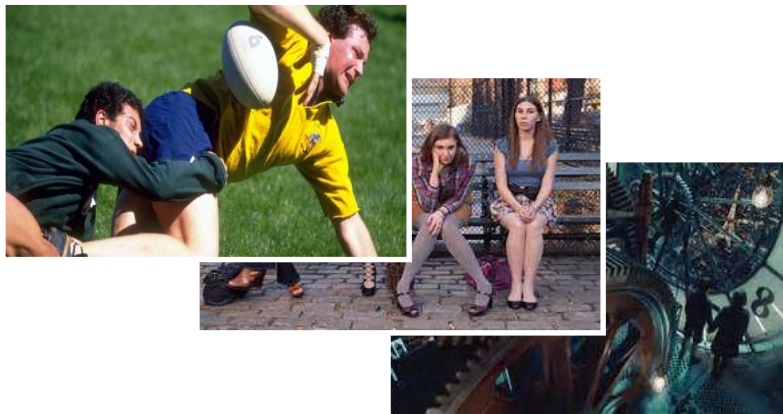


1 Canal digital
de 6 MHz a 20 Mb/s

Transmissão Digital com Compressão



15 Programas de TV ou



3 Programas de HDTV

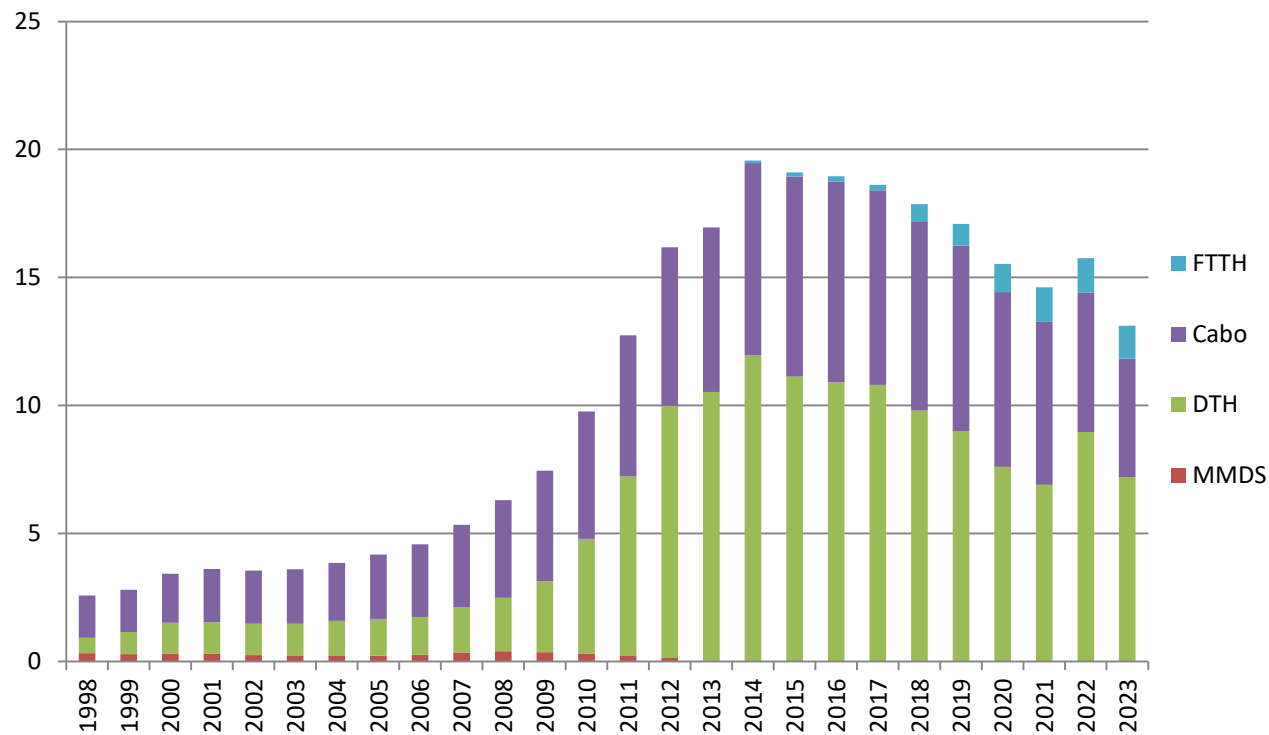


1 Transponder de
Satélite de 30 MHz
a 40 Mb/s

- TV digital movimentará mais de 10 bilhões de dólares no Brasil
- Em 5 anos, o Brasil passará de 2,5 para 10 milhões de assinantes de TV paga

(Estimativas Anatel, ~1995)

Número de Assinantes – TV Paga

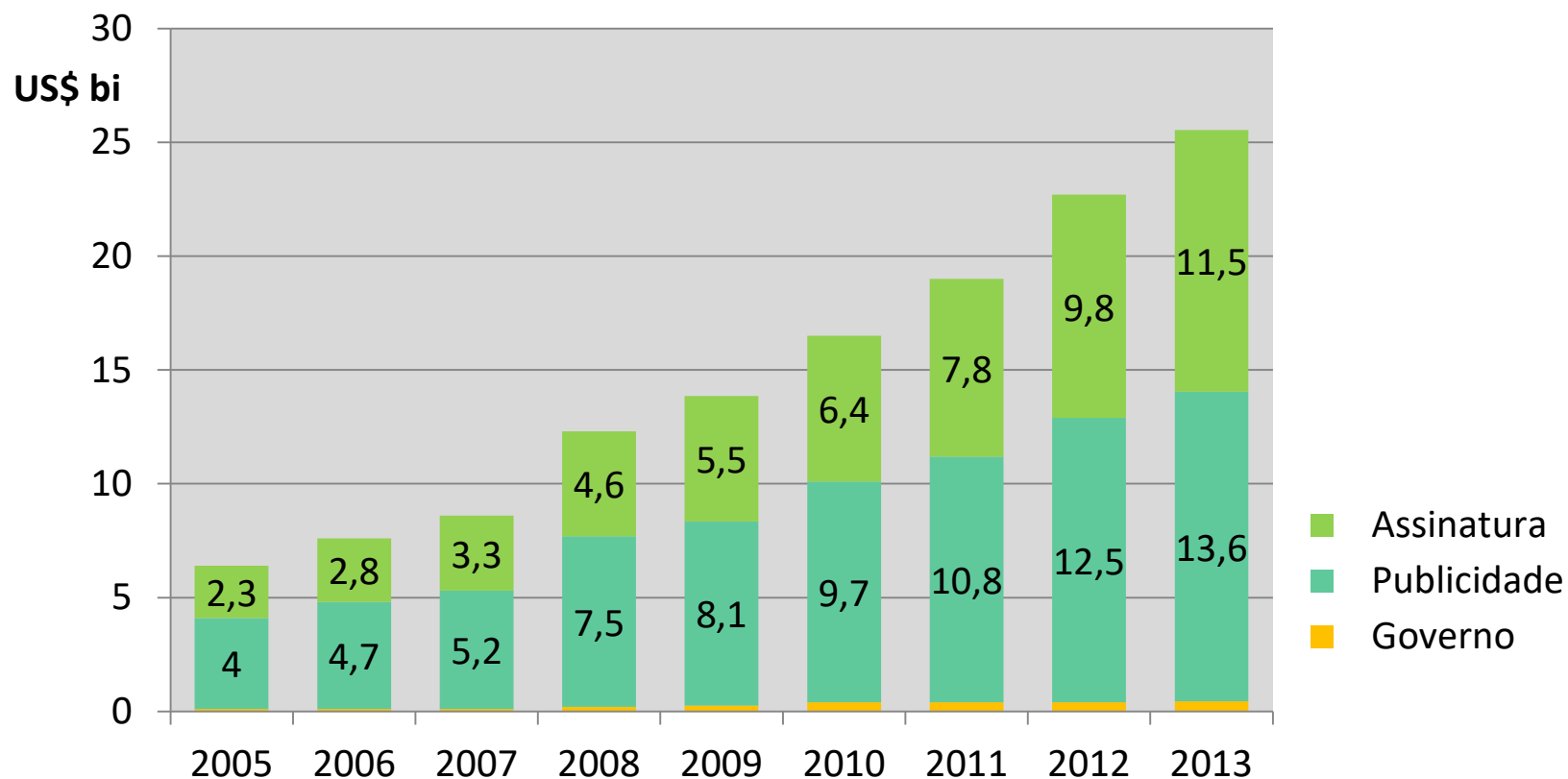


(Milhões de assinantes – Cabo, Satélite, MMDS, FTTH)

Fonte: Anatel

Mercado da TV no Brasil:

LCS
EPUSP



Fonte: IDATE

“Dentro de 3 anos não teremos mais aparelhos de TV, apenas computadores com telas de alta qualidade e programação digital, recebendo ABC, NBC, HBO, BBC e qualquer coisa que pudermos imaginar.”

(Andrew Lippman – Diretor, MIT Media Lab - 1989)

“A Internet irá revolucionar a televisão dentro de 5 anos, devido a uma explosão do conteúdo de vídeo “on-line” e pela convergência dos PCs e dos aparelhos de TV”.

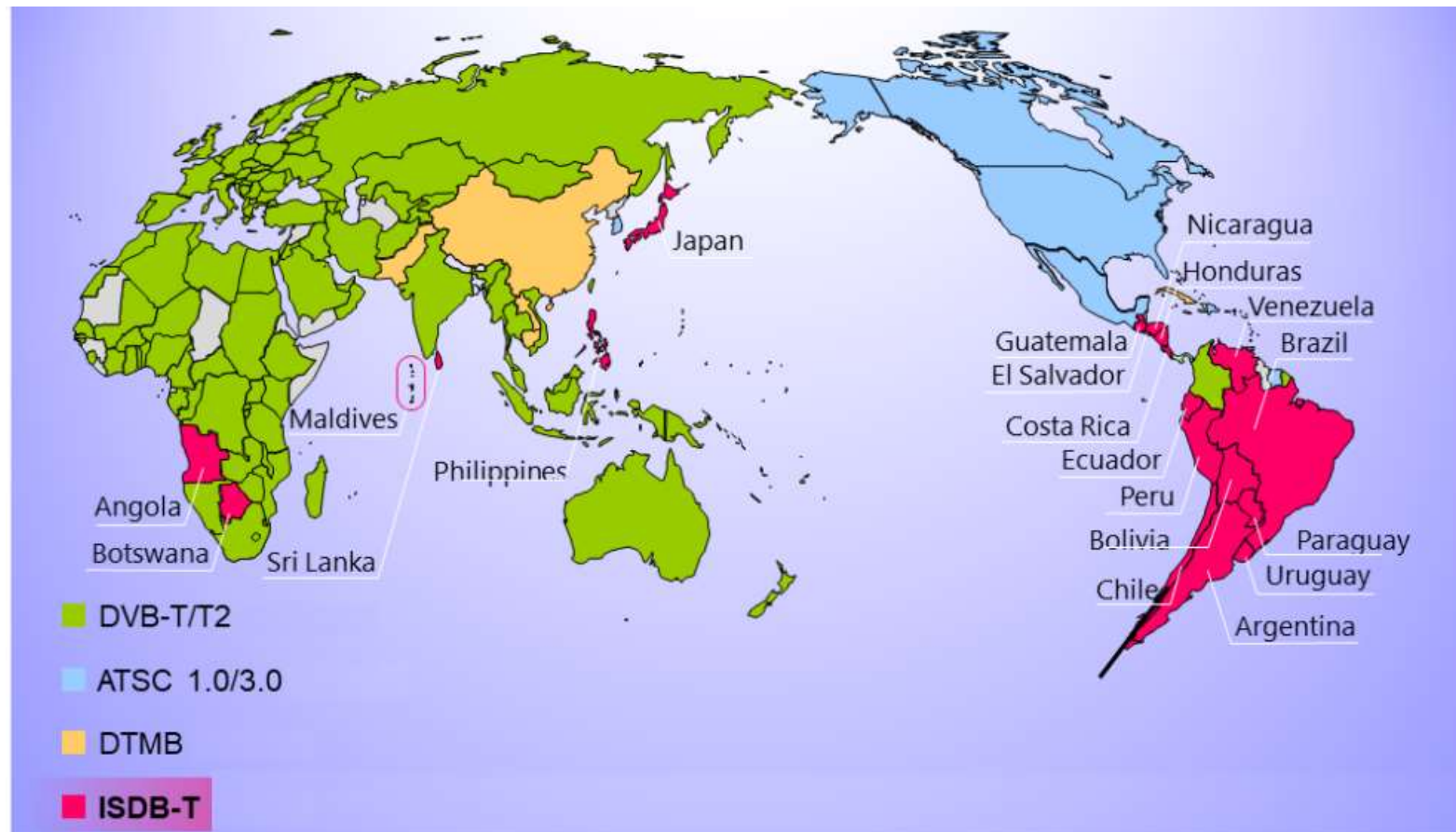
(Bill Gates, presidente da Microsoft, 2007)

“Nós teremos Televisão Digital no mesmo dia em que tivermos a máquina de anti-gravidade”.

Joe Flaherty,
vice-presidente de
Tecnologia da CBS, 1989

Sistemas de TV Digital Terrestre no Mundo

LCS
EPUSP



Fonte: DIBEG

“Embora a Televisão seja viável teórica e tecnicamente, a considero uma impossibilidade do ponto de vista comercial e financeiro; um desenvolvimento no qual não devemos perder tempo em sonhos”.

Lee DeForest, inventor do Tríodo, 1926

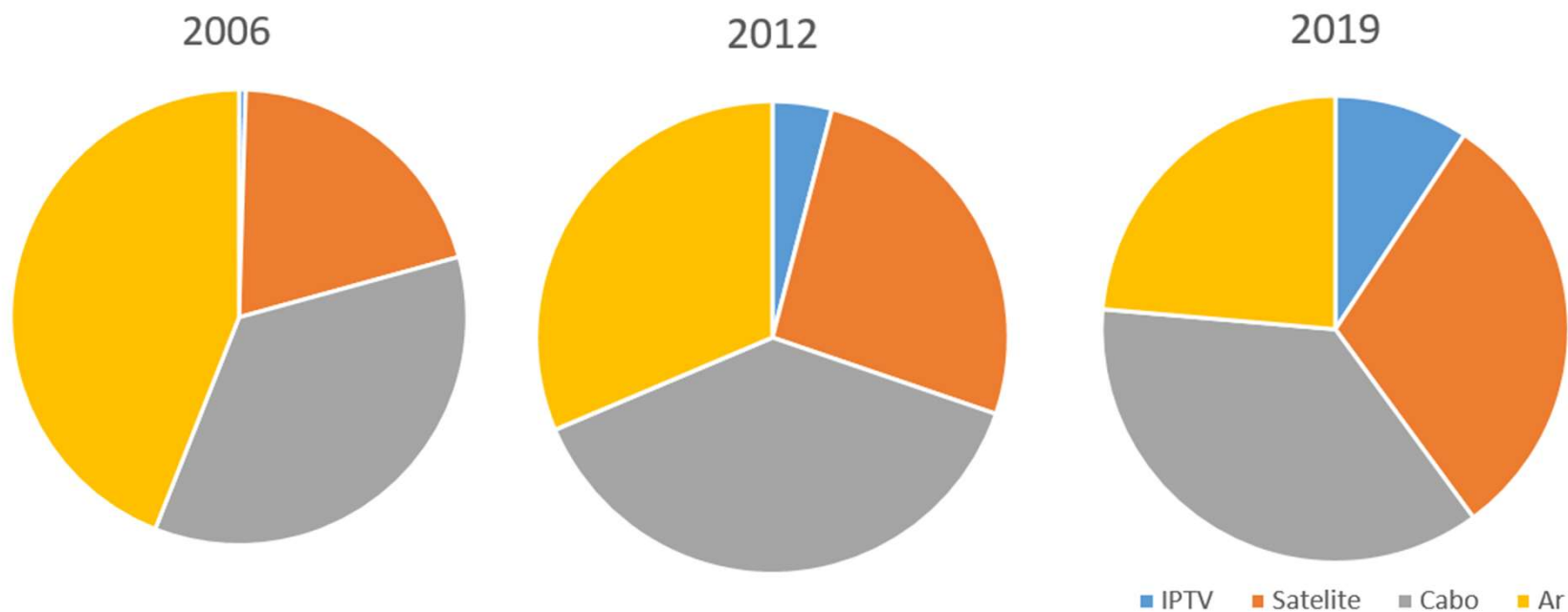
227 Bilhões de dólares

Gastos em publicidade na Televisão, no mundo, em 2022

Fonte: IMARC

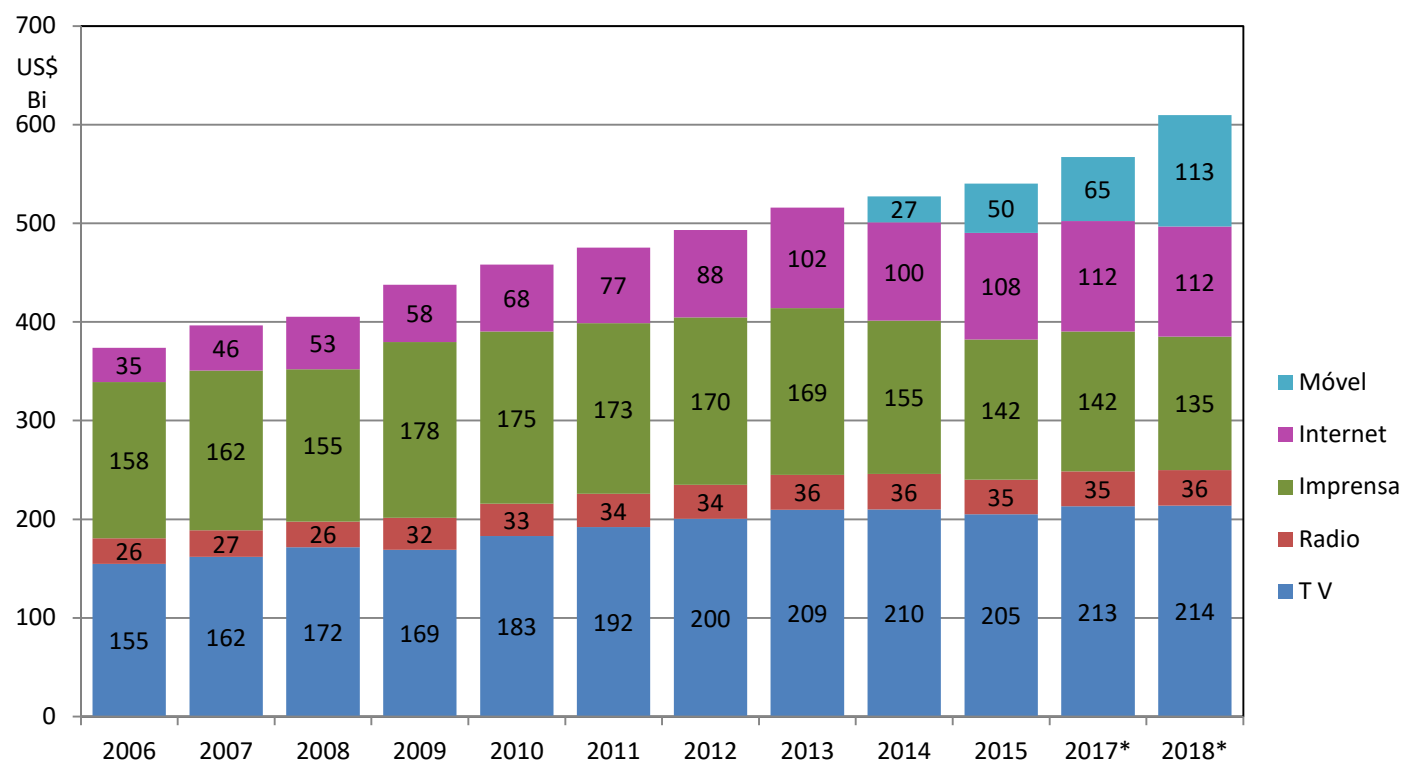
Acesso à TV no Mundo

LCS
EPUSP



Fonte: IDATE

Mercado Global da TV



Faturamento Publicitário Global

Fonte: IDATE / Zenith Optimedia

(*2017, *2018: projeção)

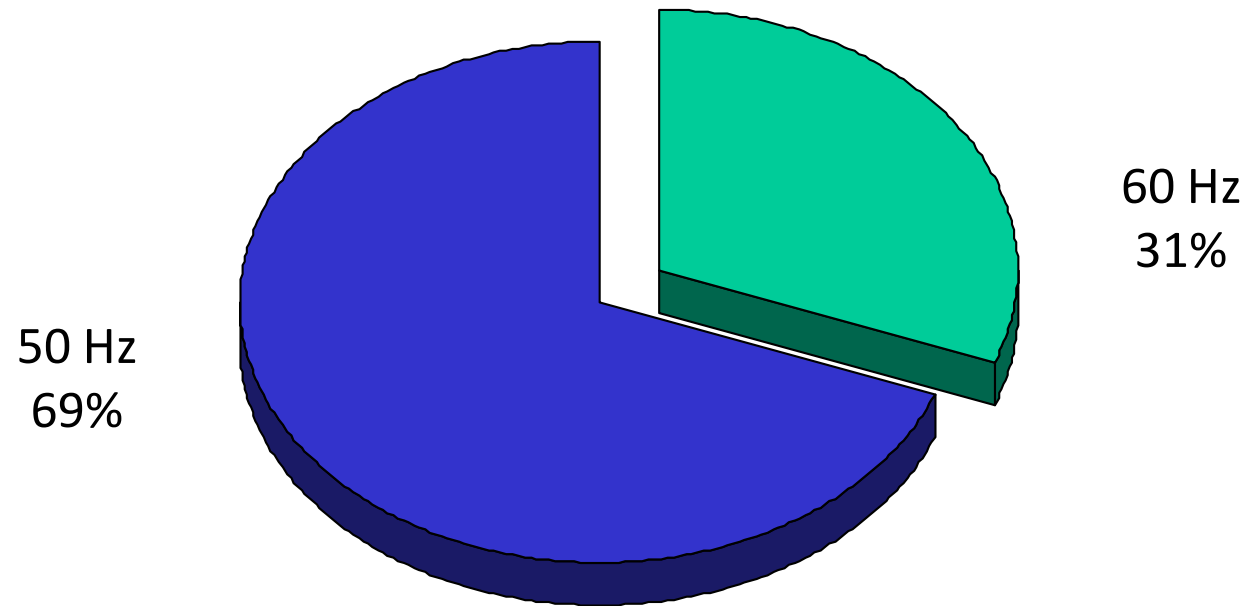
“É mais fácil o homem chegar em Marte do que transmitir voz por ondas de rádio”.

Thomas A. Edison, c. 1900

O Brasil no Mundo da TV

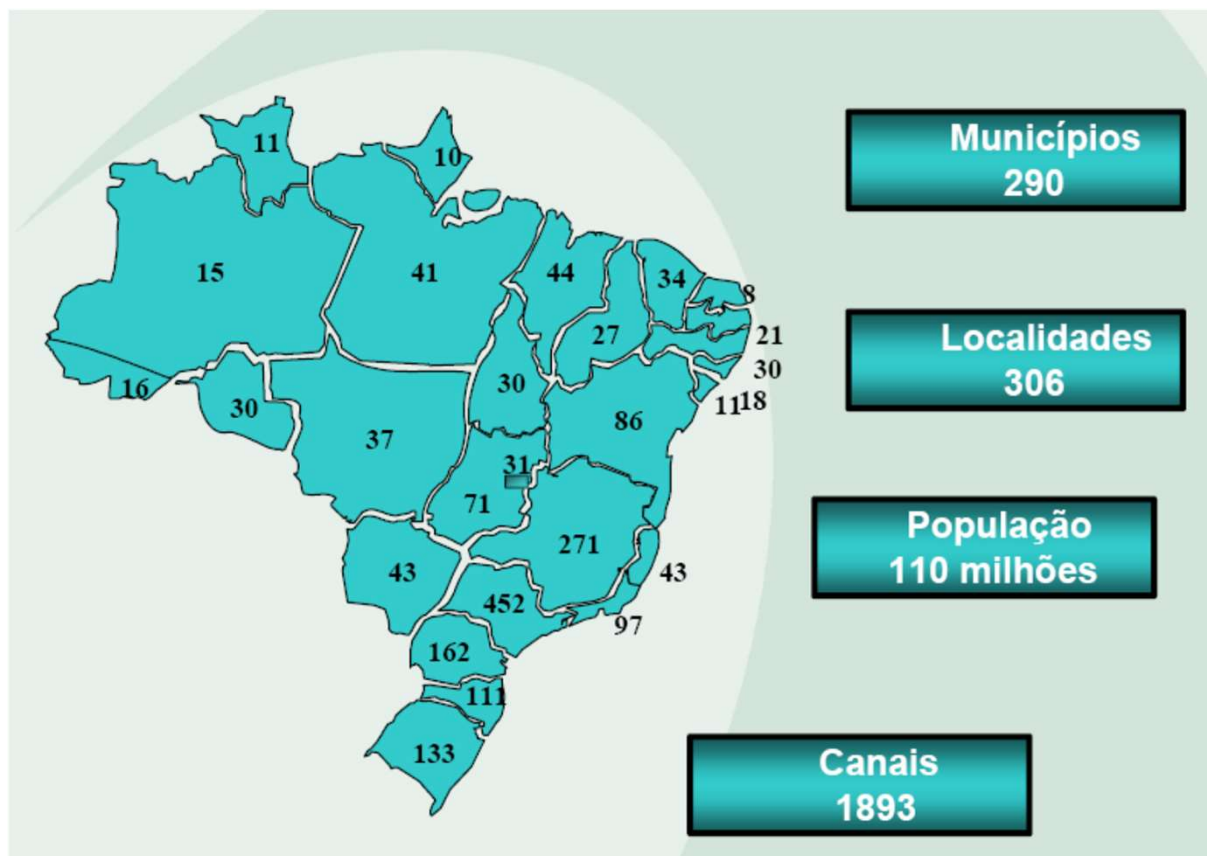
País	Aparelhos de TV/1000 hab	Aparelhos de TV	% total mundial	% total 60 Hz
China	380	502.000.000	28,4	-
Estados Unidos	854	259.600.000	14,7	47,1
Índia	98	110.940.000	6,3	-
Japão	725	92.800.000	5,2	16,8
Brasil	360	67.300.000	3,8	12,2
Rússia	421	59.800.000	3,4	-
Alemanha	586	48.000.000	2,7	-
Inglaterra	653	39.200.000	2,2	-
França	628	37.050.000	2,1	-
Indonésia	149	34.500.000	1,9	-

Sistemas de TV: Distribuição Mundial



Plano Básico de Canalização Digital (Anatel)

LCS
EPUSP



Canais Digitais Abertos em São Paulo

Canal	Emissora
10	Rede Brasil
12	TV FL
14	RBI TV
15	Mega TV
16	NGT
17	Gazeta
18	Globo
20	Record
21	Terra Viva
22	Rede 21
23	Band
24	Cultura
25	RCI
26	CNT

Canal	Emissora
27	Rede Gospel
28	SBT
29	Rede TV!
30	RIT
31	Ideal TV
32	Dede Brasil
33.1	Top TV
33.2	Kiss TV
34	Rede Vida
35	TVC São Paulo
36	Eldorado
38	TV Brasil SP
39	TV Câmara/Senado
40	TV Sul Bahia

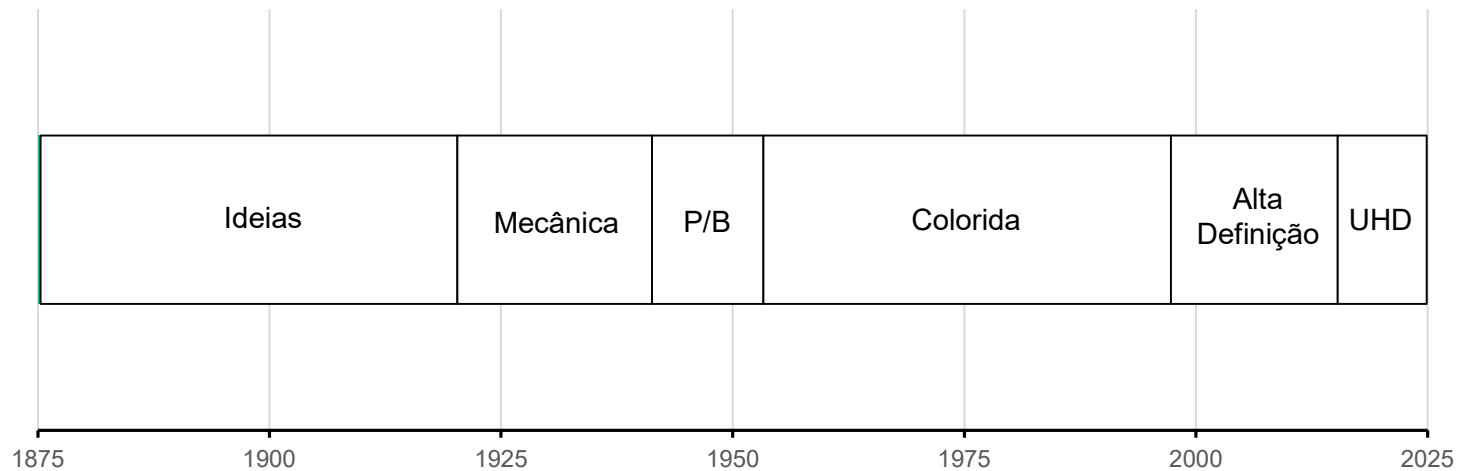
Canal	Emissora
41	TV Aparecida
42	TV Justiça
43	Record News
44	TVT
45	Boa Vontade
46	Novo Tempo
48	América
49	Canção Nova
50	Rede 10
51	Boas Novas

Televisão: Um Resumo Cronológico

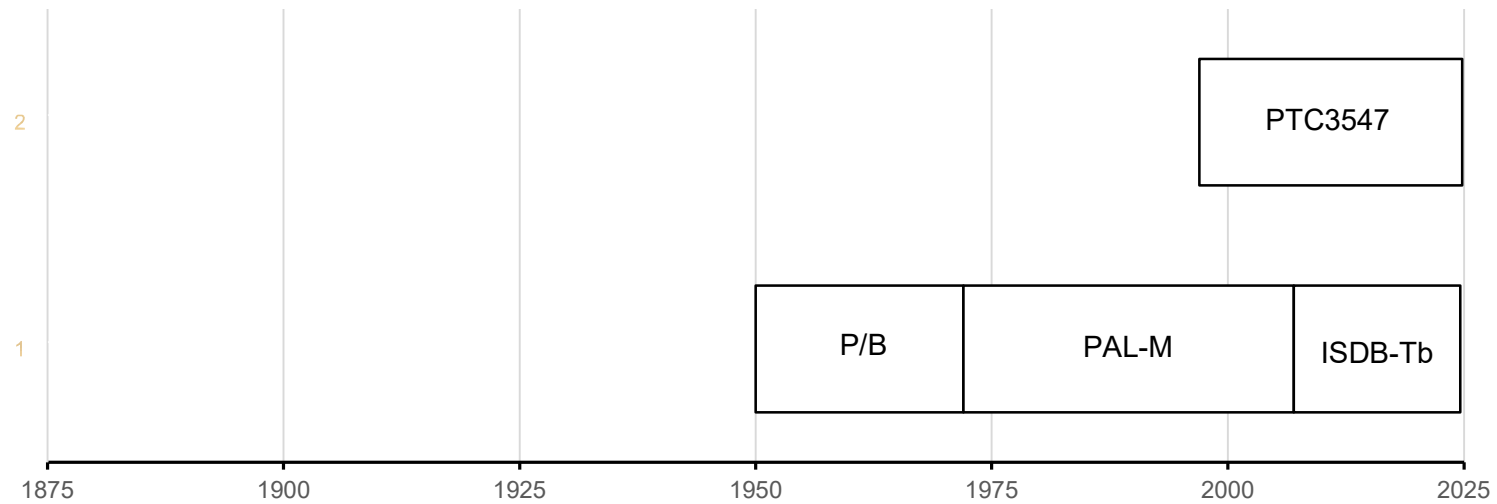


- Algumas Referências:
 - B.Bunch, A. Hellemans: *The Timetables of Technology*
 - A. Smith: *Television – An International History*
 - M. Ritchie: *Please Stand By*
 - J. Brinkley: *Defining Vision*
 - F. J. Camm: *Newnes Television and Short-Wave Handbook*
 - R. Fielding: *A technological History of Motion Pictures and Television*
 - W. Boyce, M. Scheraga, J, Roche: *Video Handbook*
 - J. Caruso, M. Arthur: *Video Editing and Post Production*

Panorama da Televisão: Tecnologias



Panorama da Televisão: no Brasil



Televisão: Um Resumo Cronológico

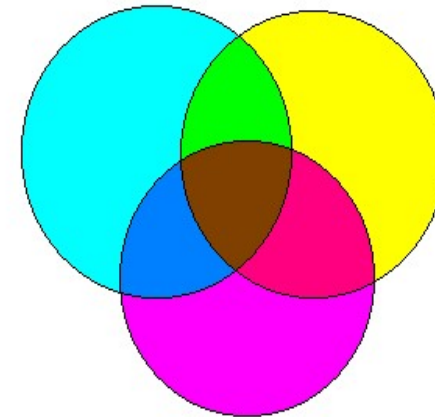
LCS
EPUSP

1669 Teoria das Cores (Isaac Newton)

1719 Processo subtrativo
de impressão a cores
(Jacob Le Blon)

1756 Teoria Tri-cromática da visão (M. V. Lomonosov)

1822 Fotografia (Joseph N. Niepce)





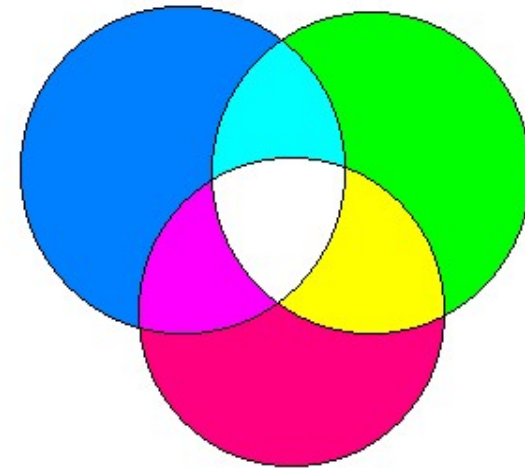
“Phenakistoscopia” gera ilusão de movimento
(*Joseph Plateau - 1832*)

Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

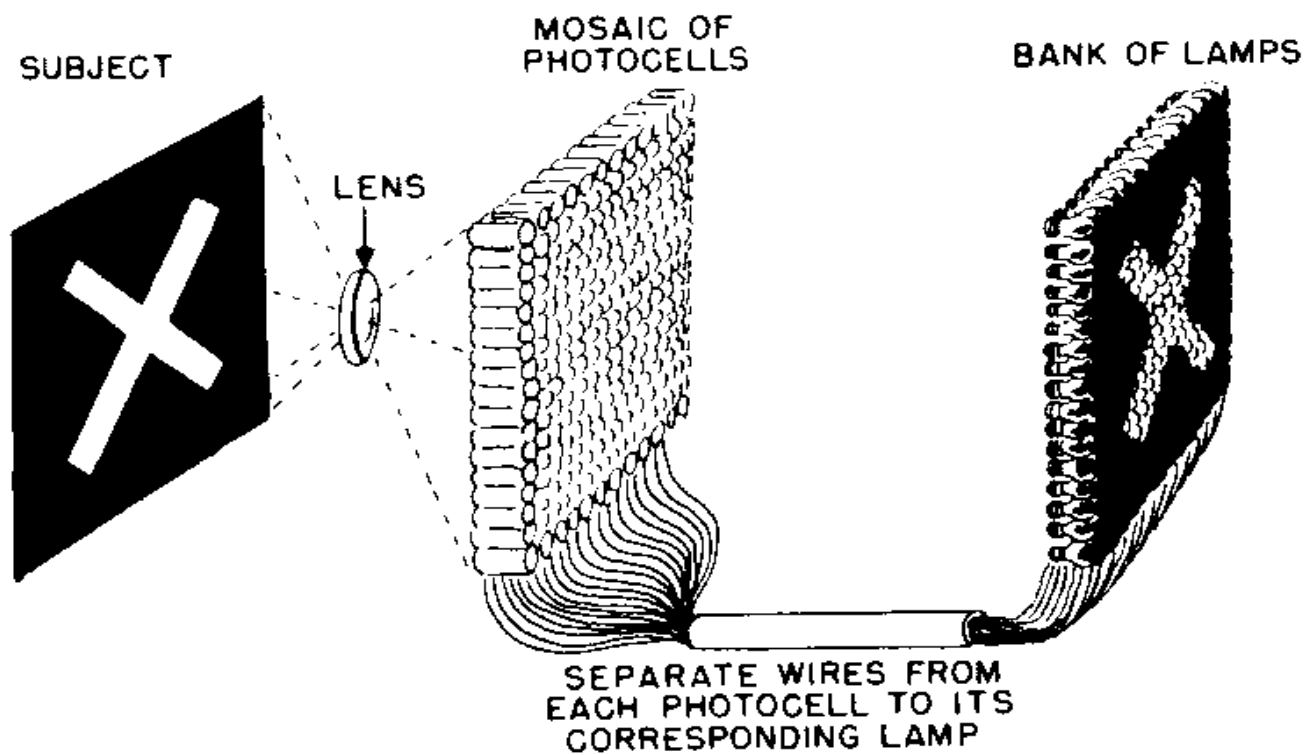
1861

Processo aditivo
de reprodução de cores
(James K. Maxwell)



1881

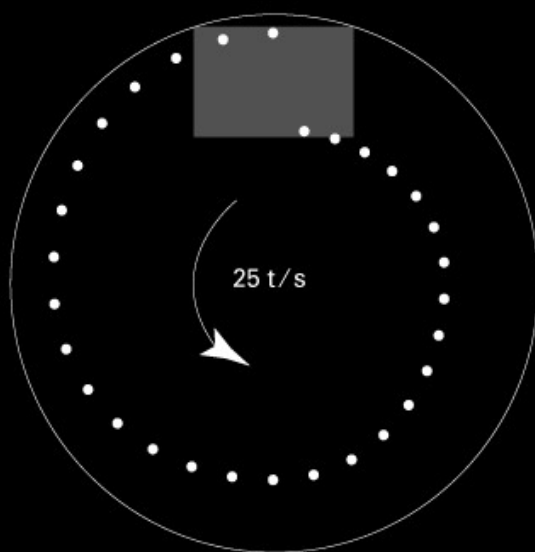
Impressão fotográfica a cores (Frederic E. Ives)



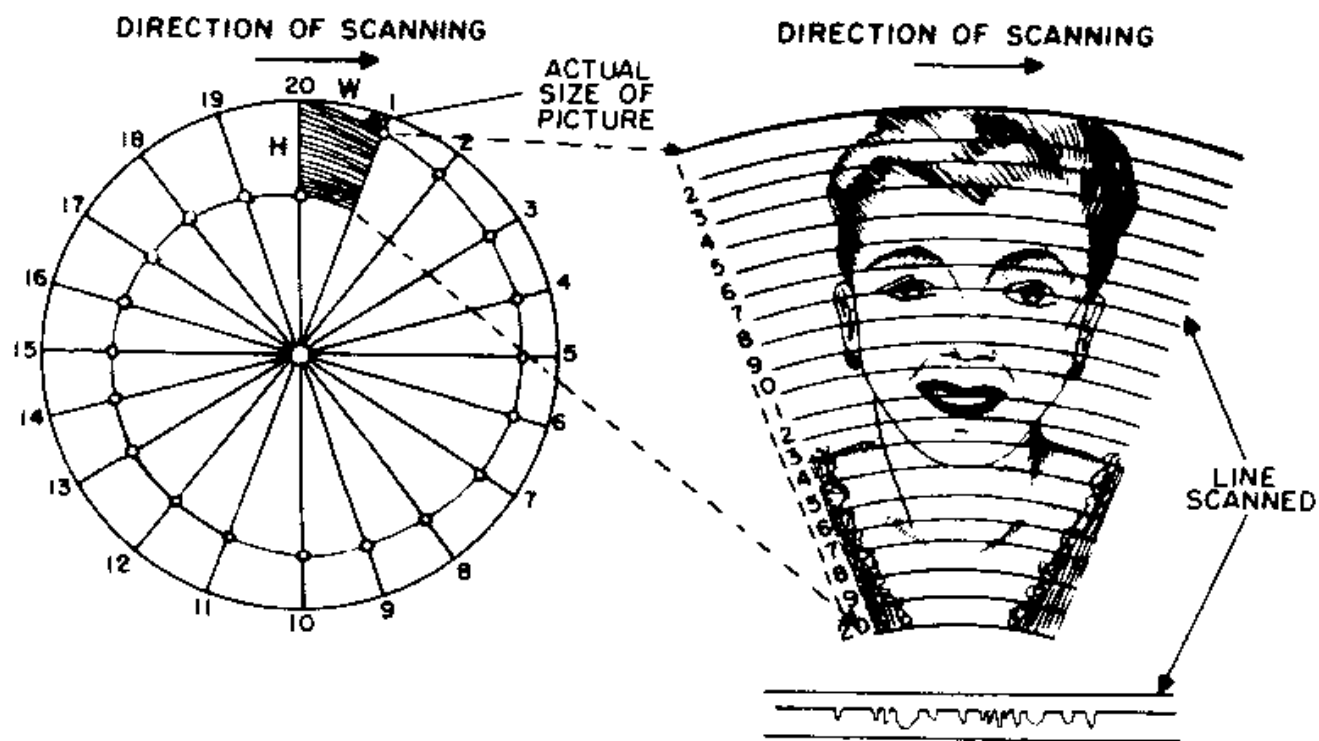
Sistema de 'Tele-Visão' (G. R. Carey, 1875)



Conceito de Videofone (“Telefonoscópio”, caricatura na revista “Punch”- 1878)



Varredura de Imagens por Disco Rotativo (Paul Nipkov -1884)



Varredura de uma Imagem por Disco de Nipkov

Televisão: Um Resumo Cronológico

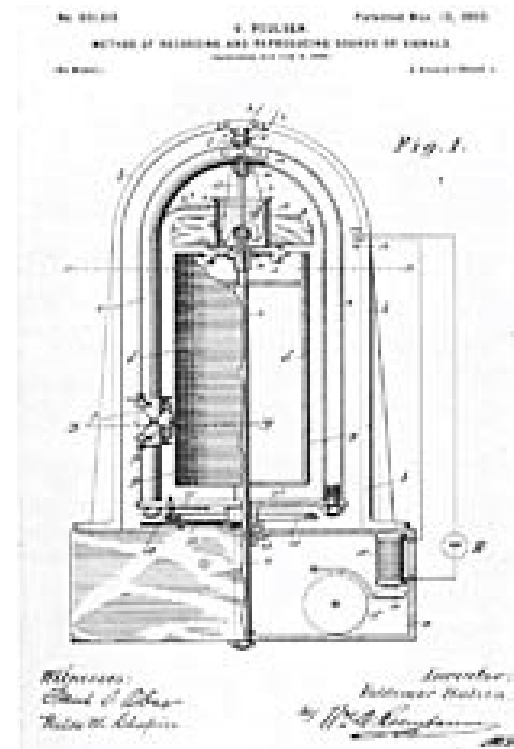
LCS
EPUSP

1888

Demonstração das propriedades das ondas eletromagnéticas
(Heinrich Hertz)

1893

Gravação magnética de áudio
(Valdemar Poulsen)



Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

1894

Transmissão de mensagens telegráficas via rádio (Guglielmo Marconi)

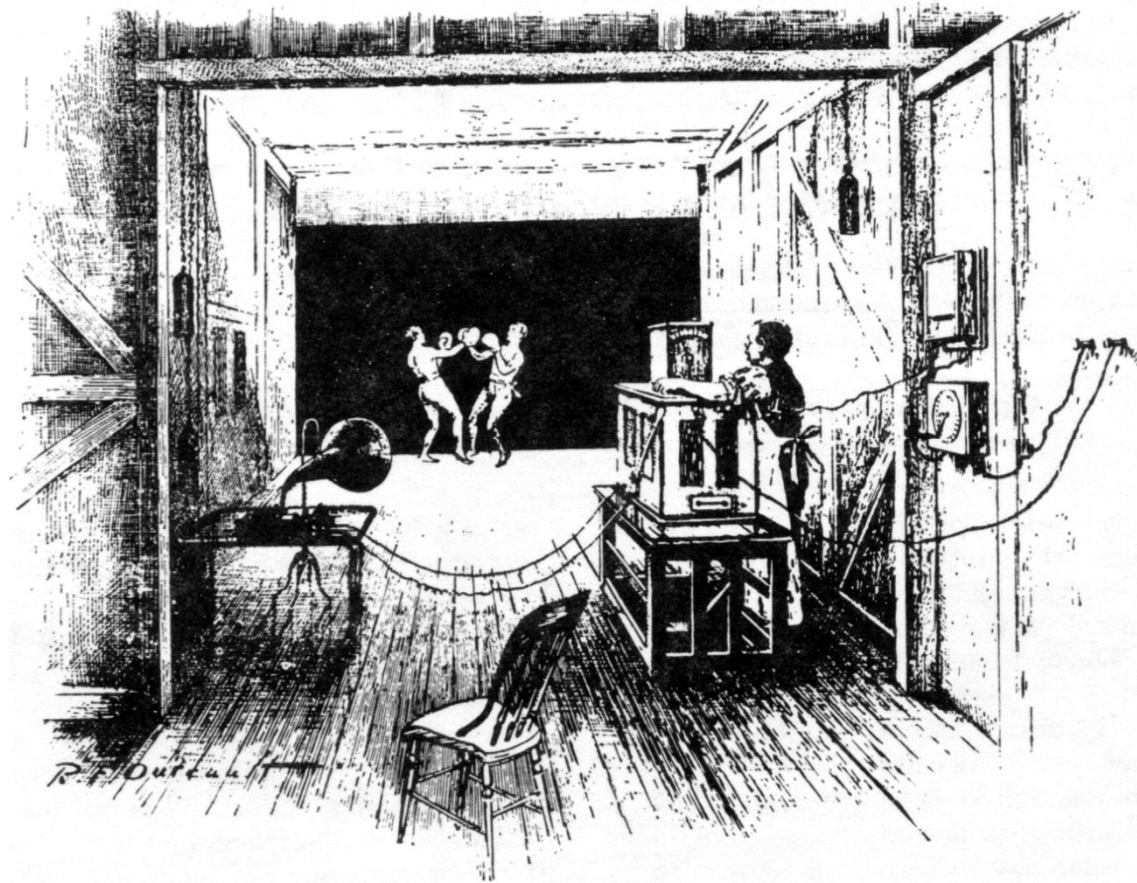


Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

1894

Cinematoscópio (Thomas Edison)



Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

1895

Cinematógrafo (Auguste e Louis Lumière)

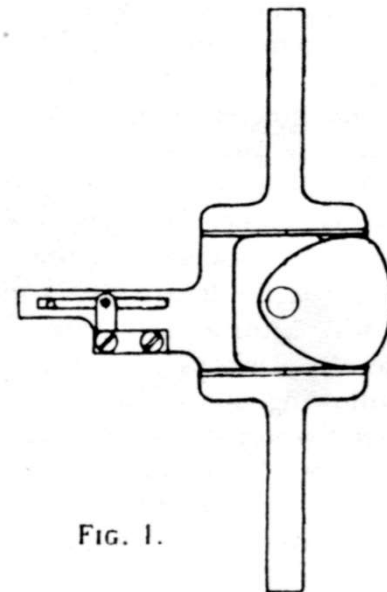
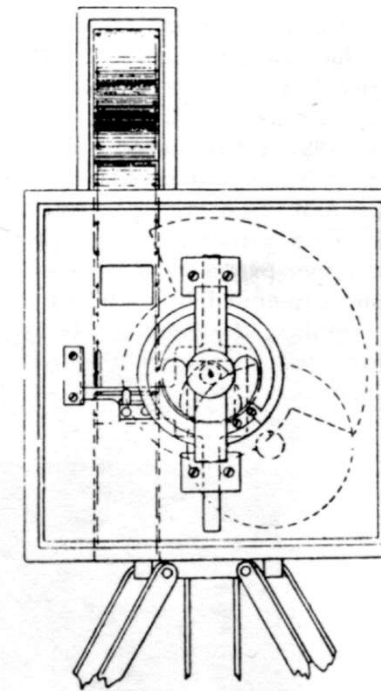


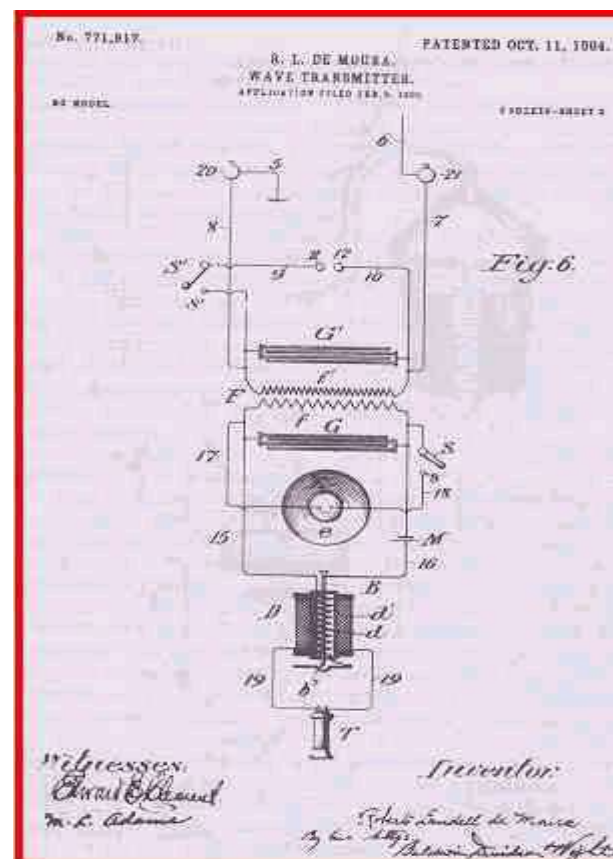
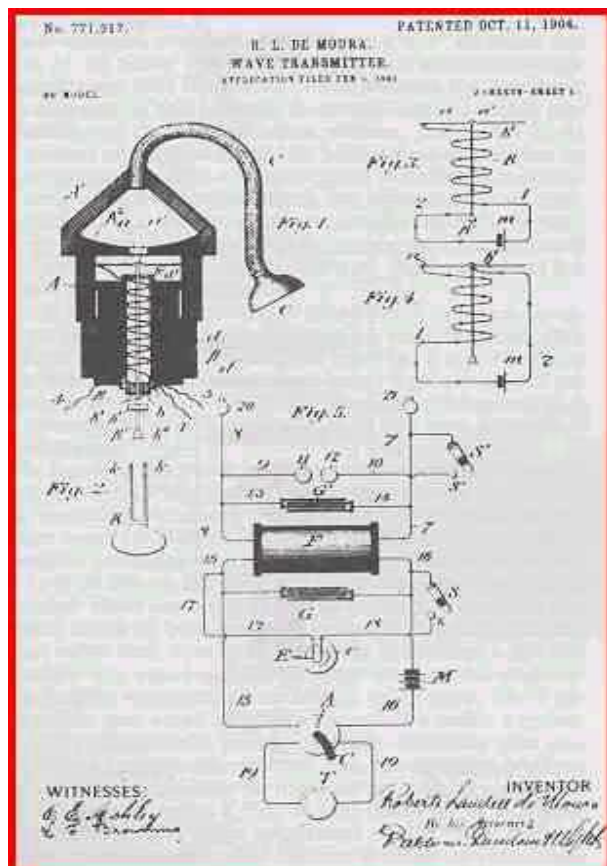
FIG. 1.



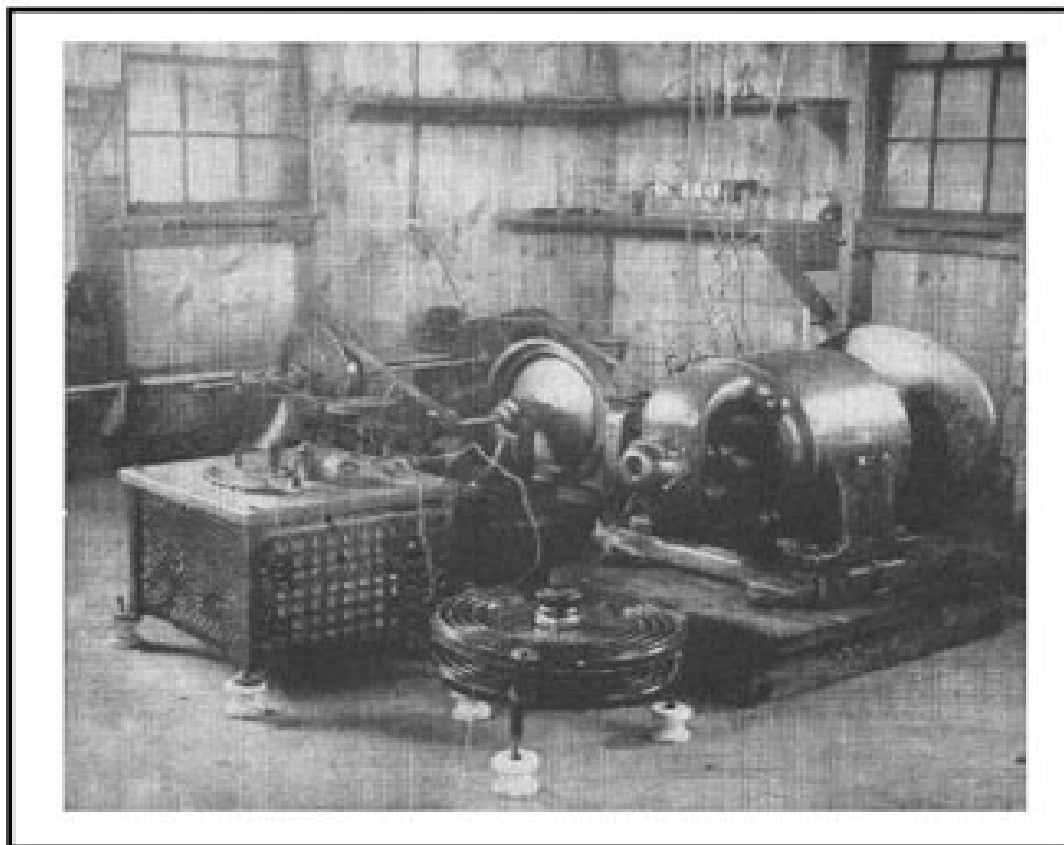
Mecanismo de “Pull-down” e obturador do cinematógrafo (Lumière)

Televisão: Um Resumo Cronológico

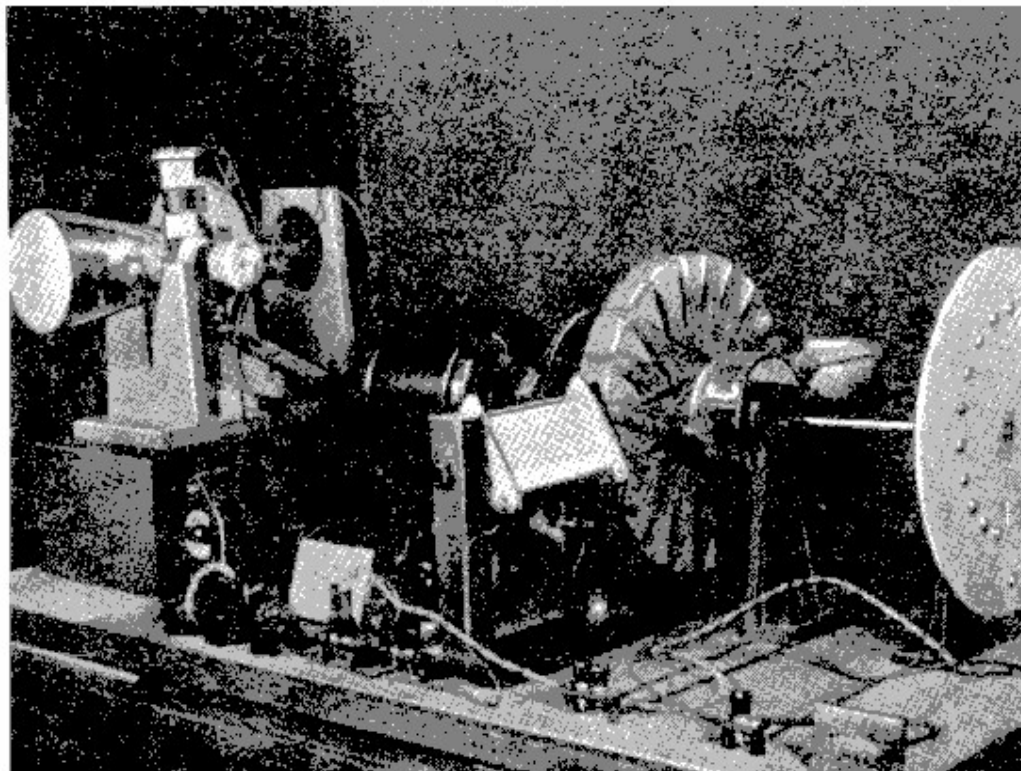
- | | |
|------|--|
| 1897 | TRC: Tubo de raios catódicos (Karl F. Braun) |
| 1900 | Conceito de “Televisão” (Constantin Persky) |
| | Transmissão de Voz via rádio (Landell de Moura) |
| 1902 | Telefoto (facsímile) por varredura (Arthur Korn) |
| 1906 | Modulação AM (Reginald A. Fessenden) |



Patentes de Transmissor de Onda Modulada (Landell de Moura, 1904)



Alternador de Alta Frequência (1 kW, 60 kHz) Modulado em AM
(Fessenden, 1906)



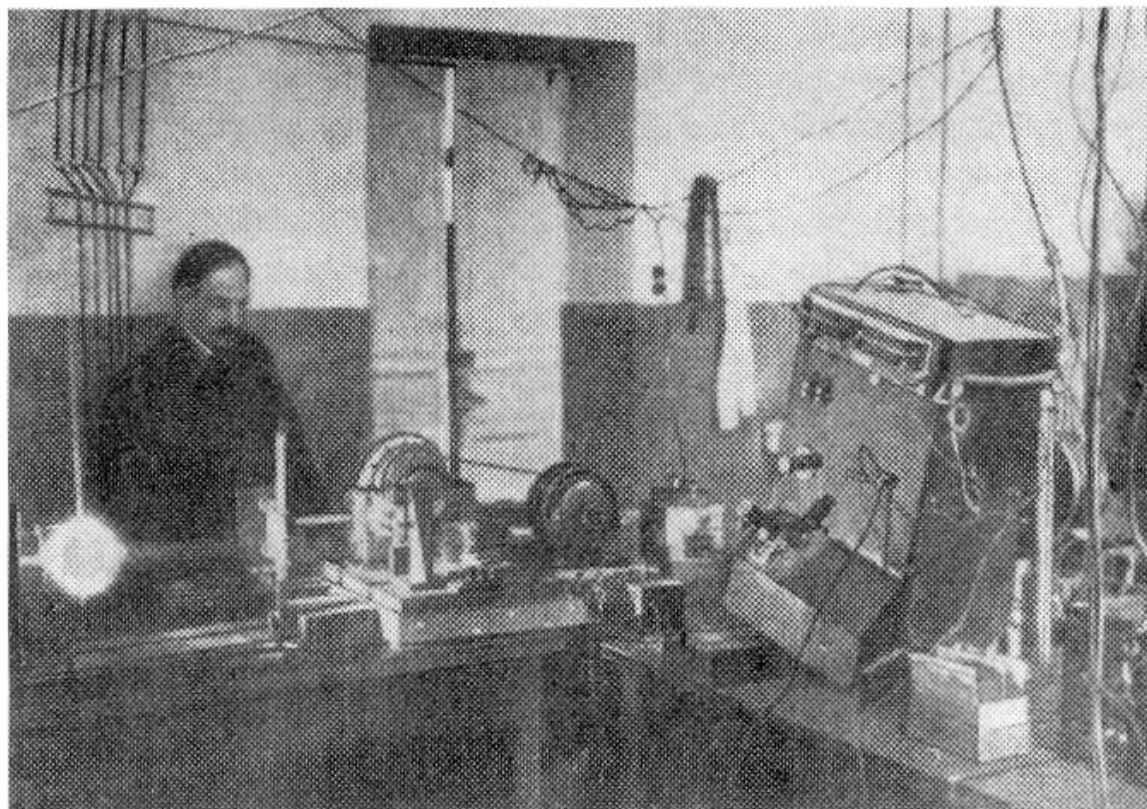
“Um método de Transmissão de Material Escrito e Desenhos
Por Meio de Tubo de Raios Catódicos”
(Patente de Max Dieckmann – Alemanha – 1906)

Televisão: Um Resumo Cronológico

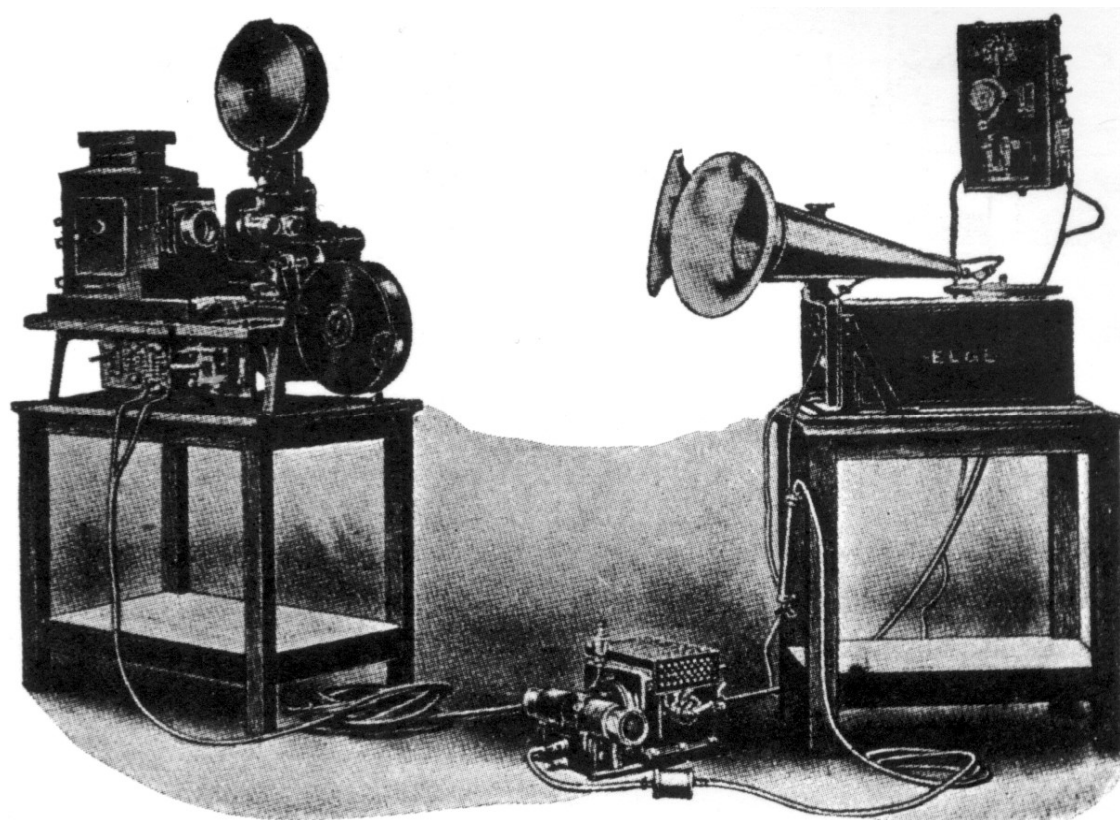
LCS
EPUSP

- | | |
|------|---|
| 1907 | Televisão com discos de Nipkov (Boris Rosing)

Tríodo termoiônico (Lee de Forest) |
| 1911 | Conceito de Televisão com TRC (A. A. Campbell Swinton) |
| 1918 | Receptor super-heteródino (Edwin Armstrong) |
| 1922 | Conceito de TV inteiramente eletrônica (Philo T. Farnsworth) |



Boris Rosing em seu laboratório (~1910)



Projeto experimental sincronizado com fonógrafo (Leon Gaumont, 1912)



Philo T. Farnsworth
e o seu “Image Dissector” (1929)

1923

Iconoscópio para câmera de TV eletrônica (Vladimir Zworykin)





Vladimir Zworykin e seus Iconoscópios

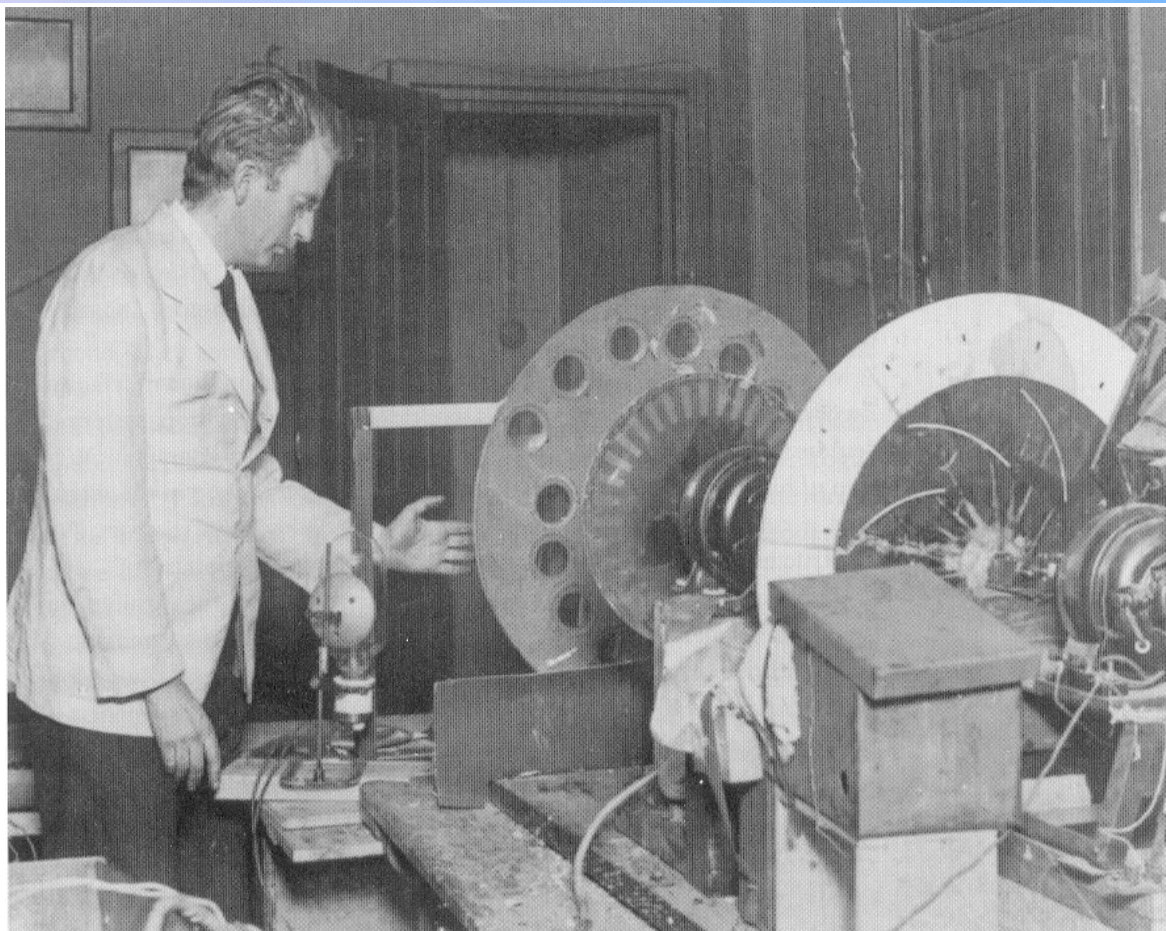
Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

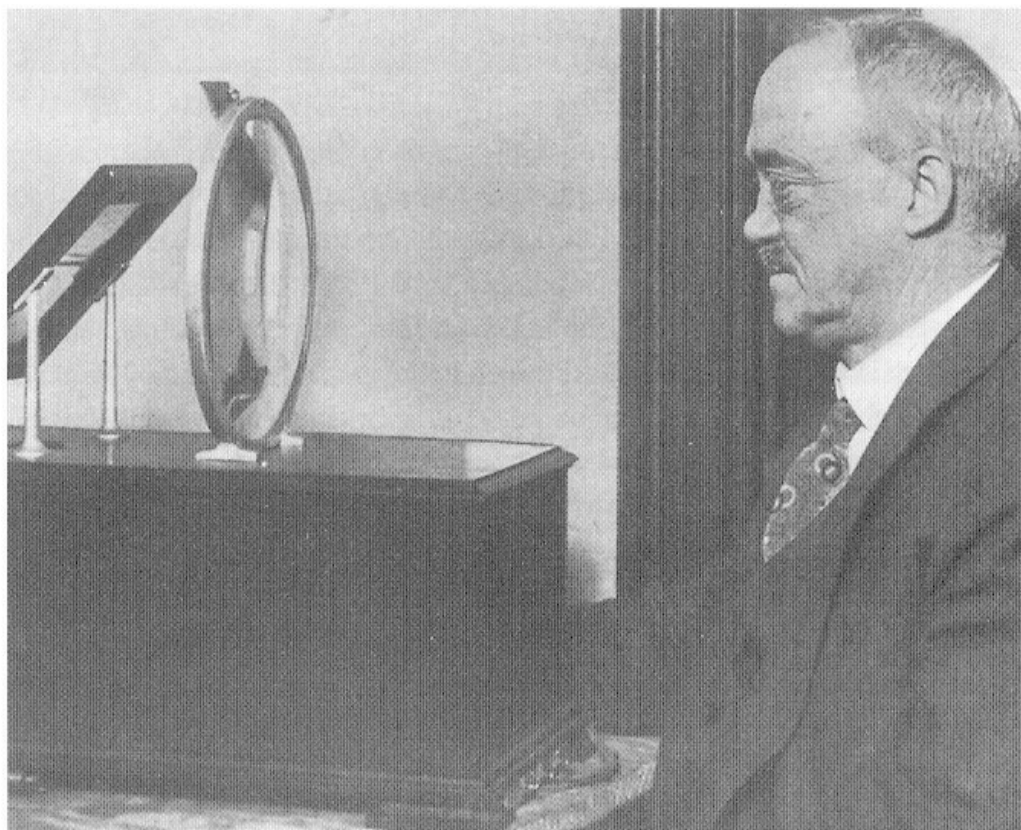
1925 Primeiras transmissões de TV (John Baird, Charles Jenkins)

1926 Estreia do cinema falado (Lee de Forest)

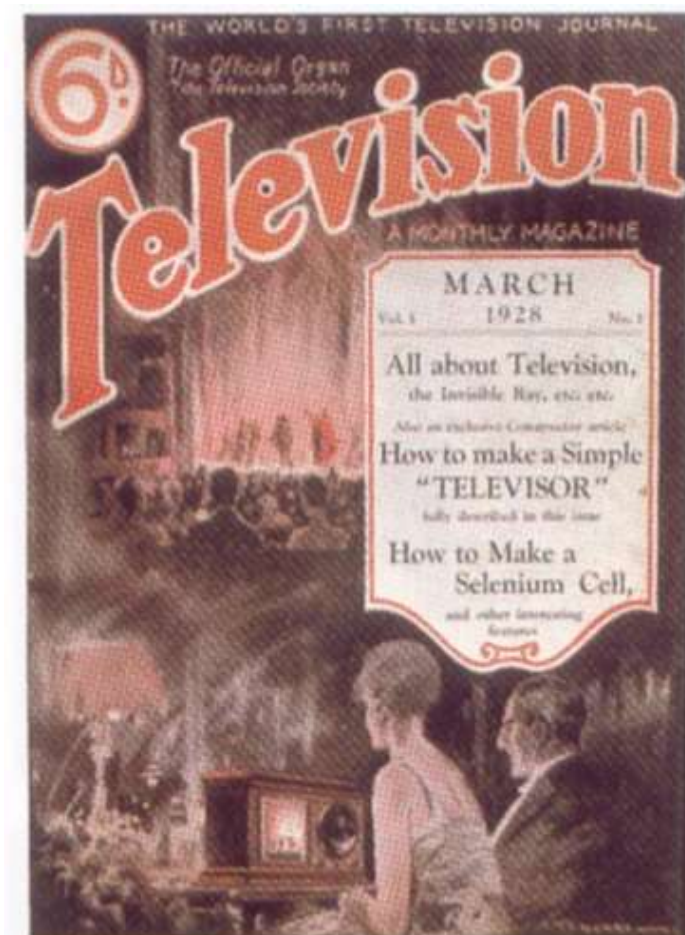
1927 Videofone com discos de Nipkov (AT&T)



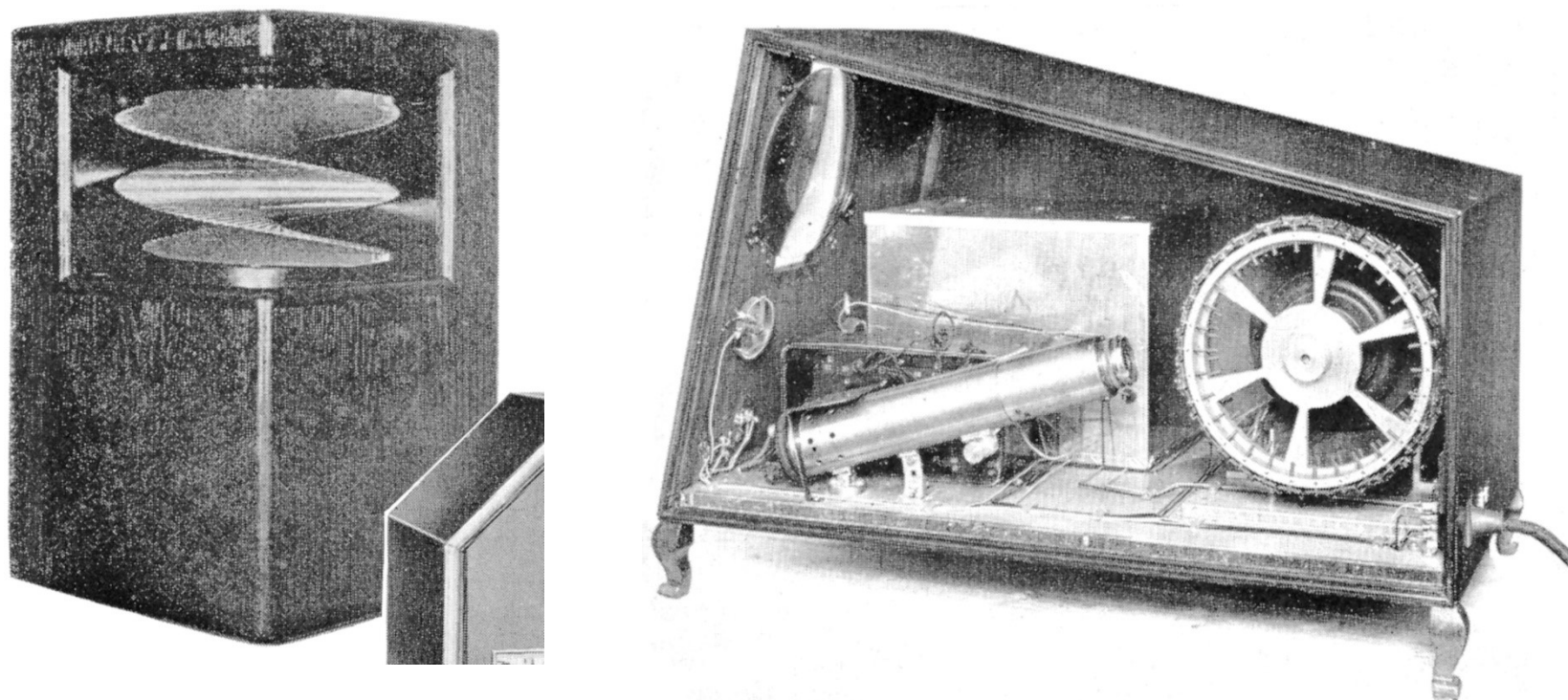
John Logie Baird com protótipo de Televisão (~1925)



Charles F. Jenkins e seu “Radiovisor” (1928)



Revista ensina “Como Fazer um Televisor” (1928)



Televisores com varredura mecânica por espelhos: “rosca” e tambor

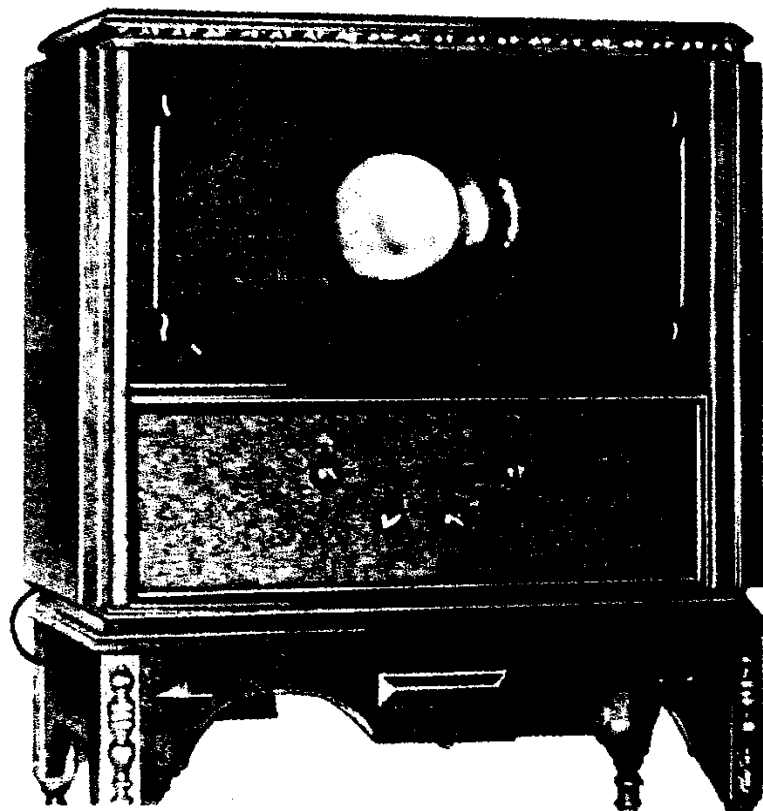
Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

- 1928 Radiodifusão comercial de TV (Hugo Gernsback)
- 1929 NBC inaugura transmissões a 20 quadros/s e 60 linhas
- 1932 Receptor de TV com cinescópio (RCA)
- 1936 BBC inicia transmissões diárias de TV com câmeras eletrônicas



Transmissão: “Gato Félix” (1930)



Receptor de TV com TRC – 200 linhas, 15 quadros por Segundo, banda de 300 kHz (Farnsworth, 1931)



Imagem de TV com TRC (Manfred von Ardenne, 1931)



Televisor Philips (1936)



Transmissão das Olimpíadas de Berlim (1936)

Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

- | | |
|------|---|
| 1938 | Modulação VSB para TV (George H. Brown) |
| 1939 | Filme colorido com internegativo (Siegrist / Fisher) |
| 1940 | Transmissão experimental de TV a cores (Peter Goldmark / CBS) |
| 1941 | Primeiras transmissões no padrão “M” a 525 linhas (NBC / CBS) |



Receptor Sequential CBS (1940)

Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

- | | |
|------|--|
| 1945 | Conceito de satélite geoestacionário (Arthur C. Clarke) |
| 1946 | Lente “Zoom” (Zoomar) |
| 1947 | Descoberta do Transistor (Brattain / Bardeen / Shockley) |
| 1948 | Padrão de 625 linhas a 25 quadros/s é adotado na Europa |
| 1948 | Primeiro sistema de TV a Cabo (Ed Parson) |

Extra-terrestrial Relays—

earth's equator, would revolve with the earth and would thus be stationary above the same spot on the planet. It would remain fixed in the sky of a whole hemisphere and unlike all other heavenly bodies would neither rise nor set. A body in a smaller orbit would revolve more quickly than the earth and so would rise in the west, as indeed happens with the inner moon of Mars.

Using material ferried up by rockets, it would be possible to construct a "space-station" in such an orbit. The station could be provided with living quarters, laboratories and everything needed for the comfort of its crew, who would be relieved and provisioned by a regular rocket service. This project might be undertaken for purely scientific reasons as it would contribute enormously to our knowledge of astronomy, physics and meteorology. A good deal of literature has already been written on the subject.²

Although such an undertaking may seem fantastic, it requires

Fig. 2. Typical extra-terrestrial relay services. Transmission from A being relayed to point B and area C; transmission from D being relayed to whole hemisphere.

for its fulfilment rockets only twice as fast as those already in the design stage. Since the gravitational stresses involved in the structure are negligible, only the very lightest materials would be necessary and the station could be as large as required.

Let us now suppose that such a station were built in this orbit. It could be provided with receiving and transmitting equipment (the problem of power will be discussed later) and could act as a repeater to relay transmissions between any two points on the hemisphere beneath, using any frequency which will penetrate the ionosphere. If directive arrays were used, the power require-

ments would be very small, as direct line of sight transmission would be used. There is the further important point that arrays on the earth, once set up, could remain fixed indefinitely.

Moreover, a transmission received from any point on the hemisphere could be broadcast to the whole of the visible face of

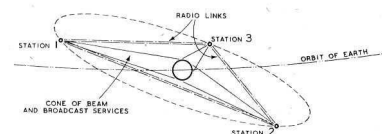


Fig. 3. Three satellite stations would ensure complete coverage of the globe.

the globe, and thus the requirements of all possible services would be met (Fig. 3).

It may be argued that we have as yet no direct evidence of radio waves passing between the surface

layer and echoes have been received from meteors in or above the F layer. It seems fairly certain that frequencies from, say, 50 Mc/s to 100,000 Mc/s could be used without undue absorption in the atmosphere or the ionosphere.

A single station could only provide coverage to half the globe, and for a world service three would be required, though more could be readily utilised. Fig. 3 shows the simplest arrangement. The stations would be arranged approximately equidistantly around the earth, and the following longitudes appear to be suitable:

30° E—Africa and Europe.
150° E—China and Oceania.
90° W—The Americas.

The stations in the chain would be linked by radio or optical beams, and thus any conceivable beam or broadcast service could be provided.

The technical problems involved in the design of such stations are extremely interesting,³ but only a few can be gone into here. Batteries of parabolic reflectors would be provided, of apertures depending on the frequencies employed. Assuming the use of 3,000 Mc/s waves, mirrors about 2 metres across would beam almost all the power on to the earth. Larger reflectors could be used to illuminate single countries or regions for the more restricted services, with con-

of the earth and outer space; all we can say with certainty is that the shorter wavelengths are not reflected back to the earth. Direct evidence of field strength above the earth's atmosphere could be obtained by V₂ rocket technique, and it is to be hoped that someone will do something about this soon as there must be quite a surplus stock somewhere! Alternatively, given sufficient transmitting power, we might obtain the

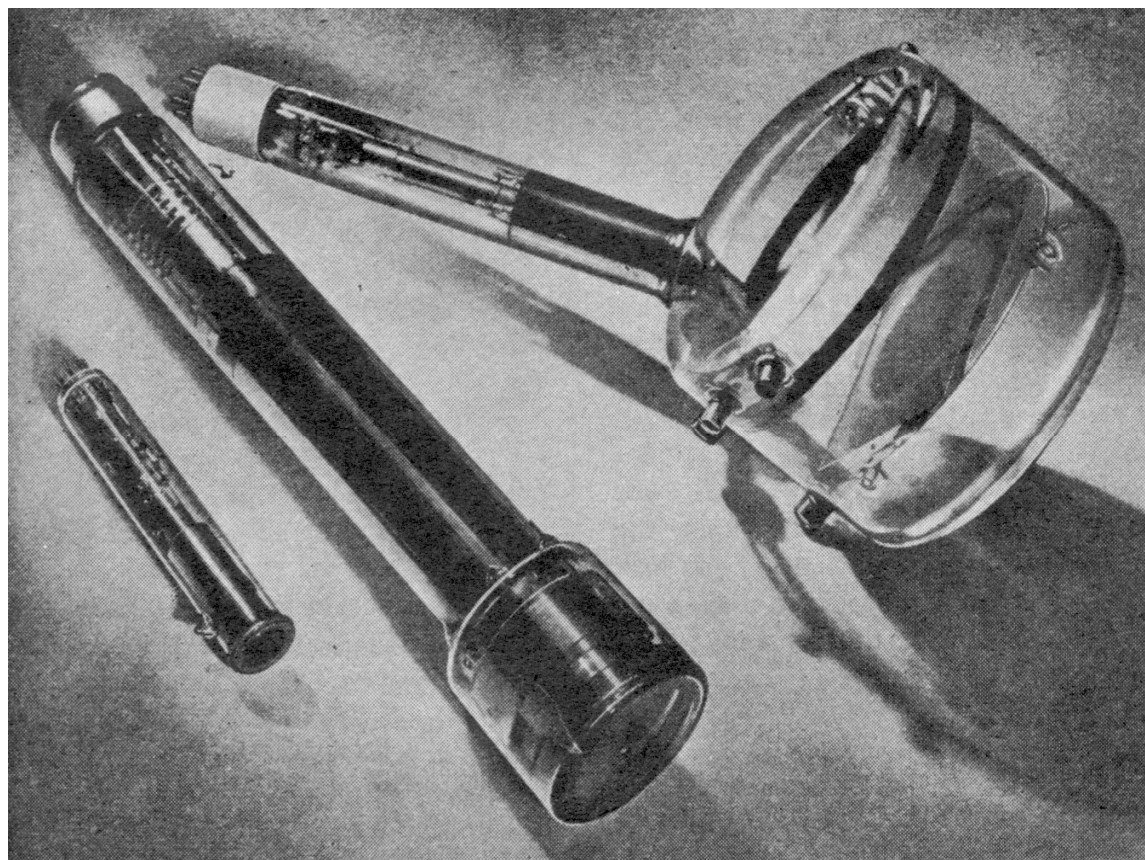
Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

1949 Teoria da Informação (Claude Shannon)

1950 “Vidicon” (Weimwer / Forge / Goodrich) substitui o “Orthicon” e o Iconoscópio

Início da Televisão no Brasil: TV Tupi de São Paulo
(Assis Chateaubriand – Diários Associados – 18/09/50)



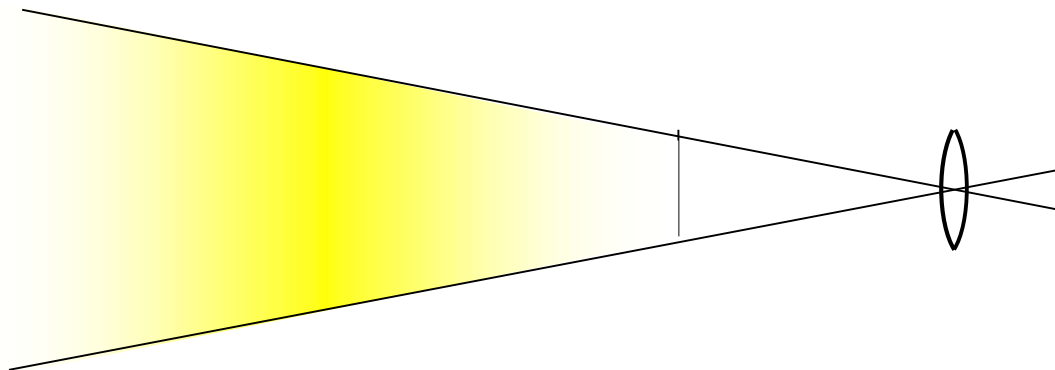
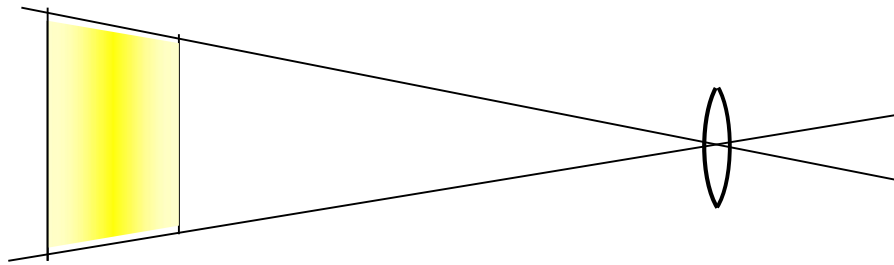
Vidicon, Orthicon e Iconoscópio



Estúdio de Gravação (~1949): Problema da Profundidade de Foco

Profundidade de Foco

LCS
EPUSP



Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

1951

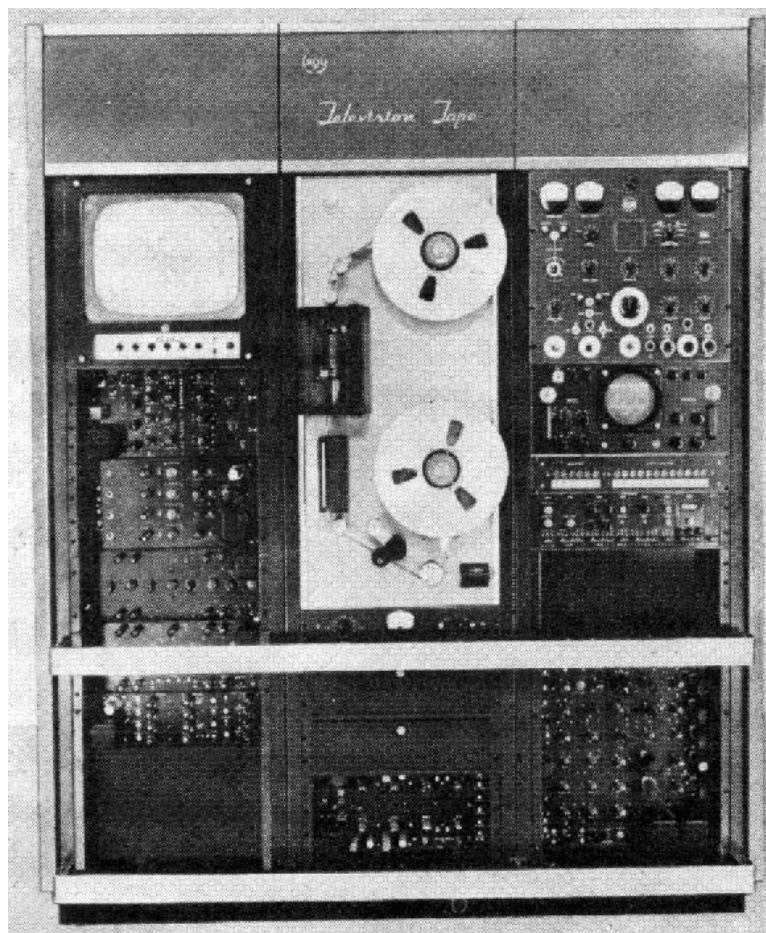
Gravador de VT (Ampex)

Cinema “Wide screen” (Cinerama) (Fred Walker)

Cinescópio a cores com máscara de sombra (H. Law)



Gravador de VT Ampex VR-1000 (1956)



Gravador Quadruplex, fita de 2" (Ampex – 1960)

Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

- 1952 Cinema em 3 dimensões com polarizadores (Natural Vision)
- Cinema “wide screen” com projeção anamórfica (CinemaScope)
- Transmissão de TV em UHF é autorizada (canais 14-83)
- 1953 Transmissão de TV a cores padrão NTSC (RCA)
- 1955 Fibra Óptica (Narinder Kapany)



“Stratovision” – Link Transcontinental Aéreo (~1953)

Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

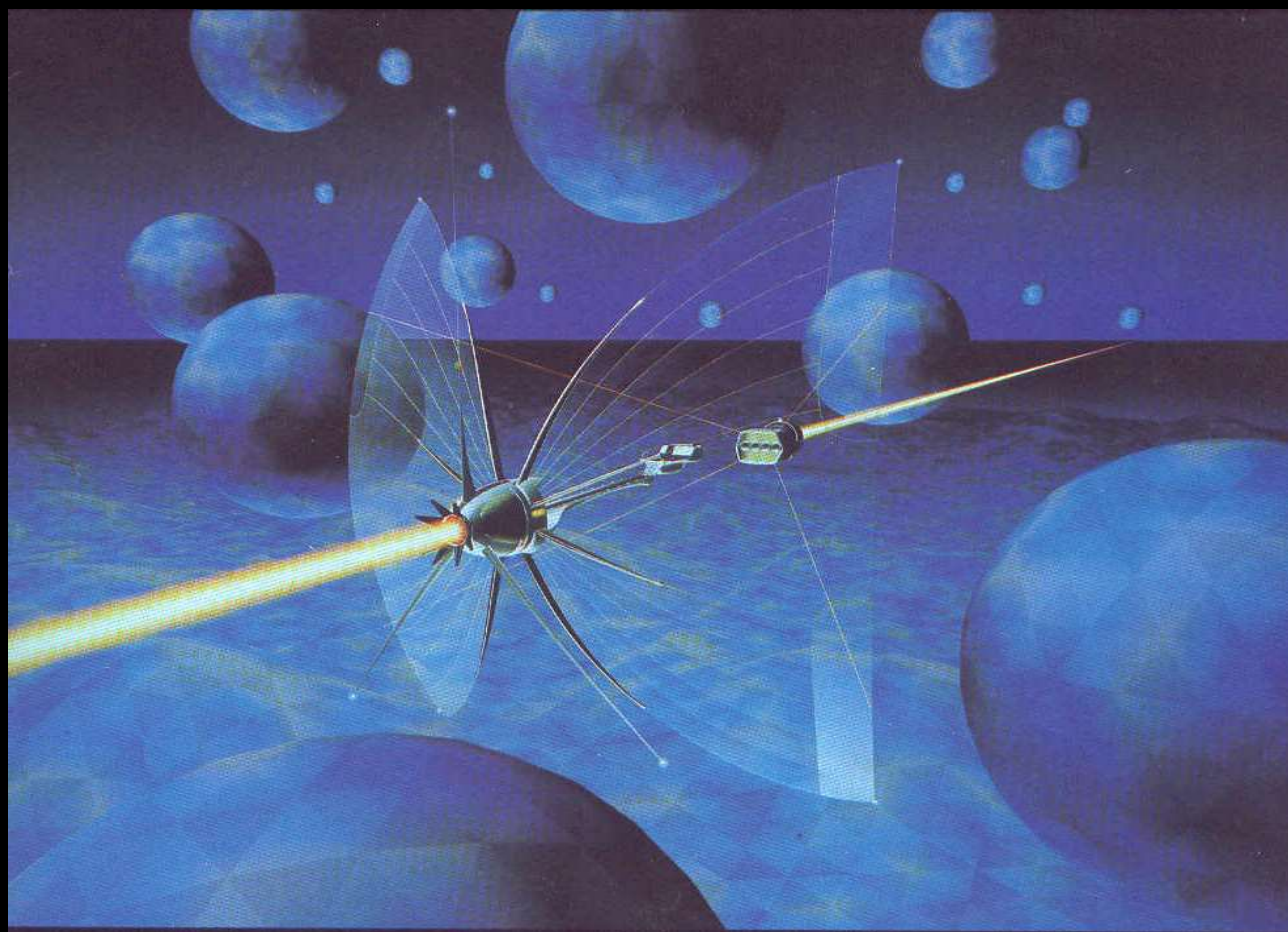
- | | |
|------|--|
| 1962 | Transmissões intercontinentais de TV via satélite (Telstar) |
| 1965 | Introdução do “Camcorder” (Sony)

Sistema PAL de TV a cores (Alemanha) |
| 1966 | Sistema SECAM de TV a cores (França / URSS) |
| 1972 | Videodisco a Laser (Philips) |

Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

- | | |
|------|---|
| 1972 | Brasil inicia transmissões de TV a cores no sistema PAL-M (desenvolvido na USP) |
| 1974 | Demonstração de sistema HDTV com 1125 linhas (Panasonic) |
| 1976 | Formato VHS para VT (JVC) |
| 1977 | Uso de fibras ópticas para telecomunicações (AT&T) |
| 1980 | Câmera de TV estado sólido com CCD |



"TRON" (1982) – Primeiro longa metragem em Computação Gráfica

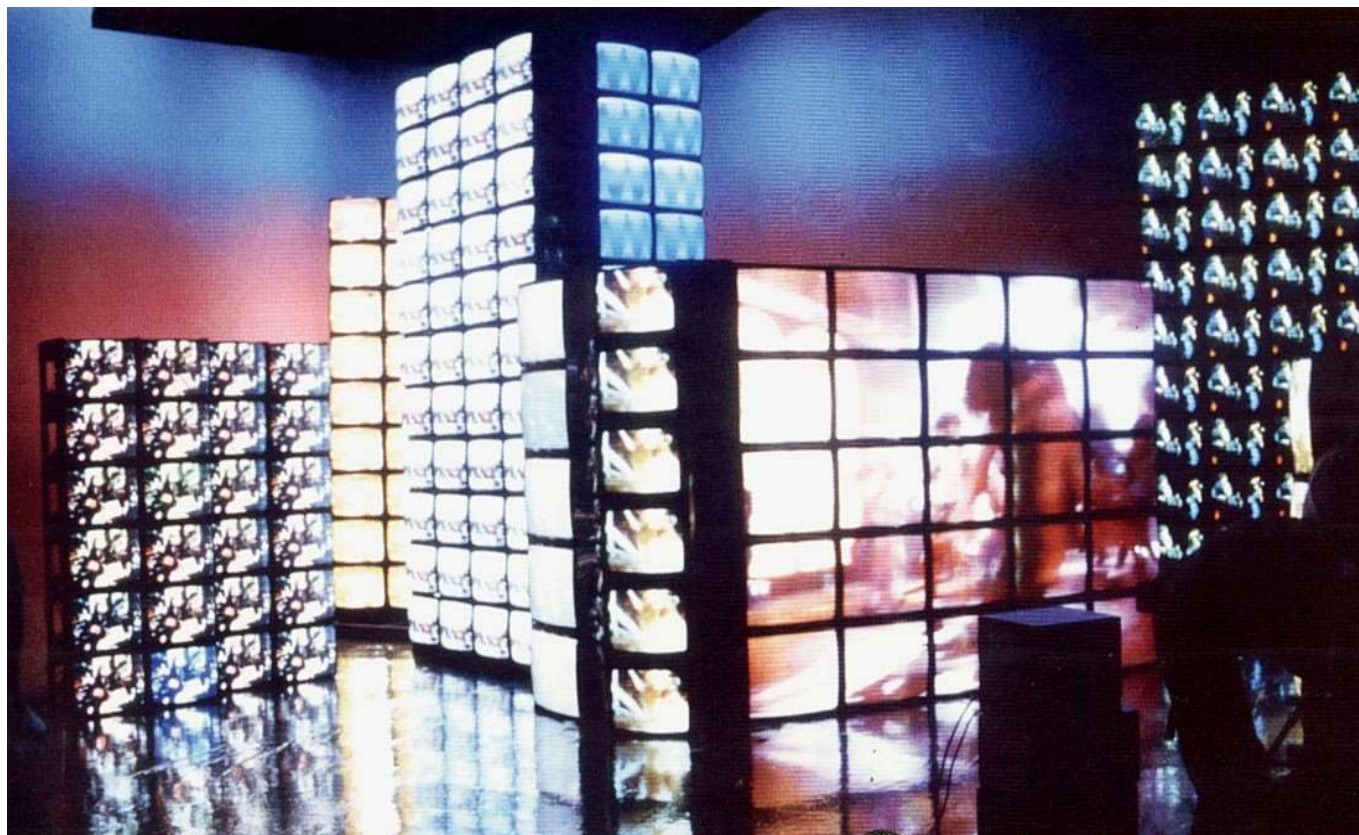
Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

- | | |
|------|---|
| 1985 | Televisor com tela de cristal líquido (Seiko / Epson) |
| 1987 | Comissão de TV Avançada (ATSC) inicia trabalhos nos EUA |
| 1988 | Iniciados os trabalhos do comitê MPEG-1 (ISO / IEC) |
| 1989 | Transmissões regulares em HDTV analógica (NHK) |

Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP



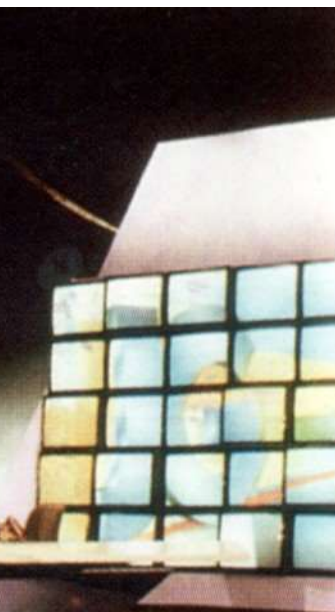
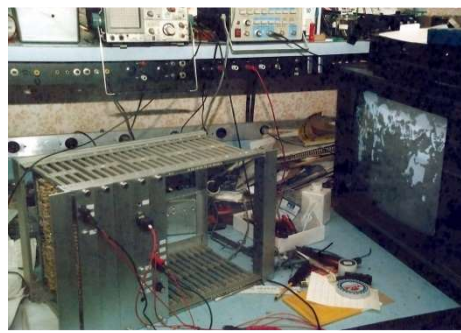
"Videowall" (G.S. - 1987)

Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP



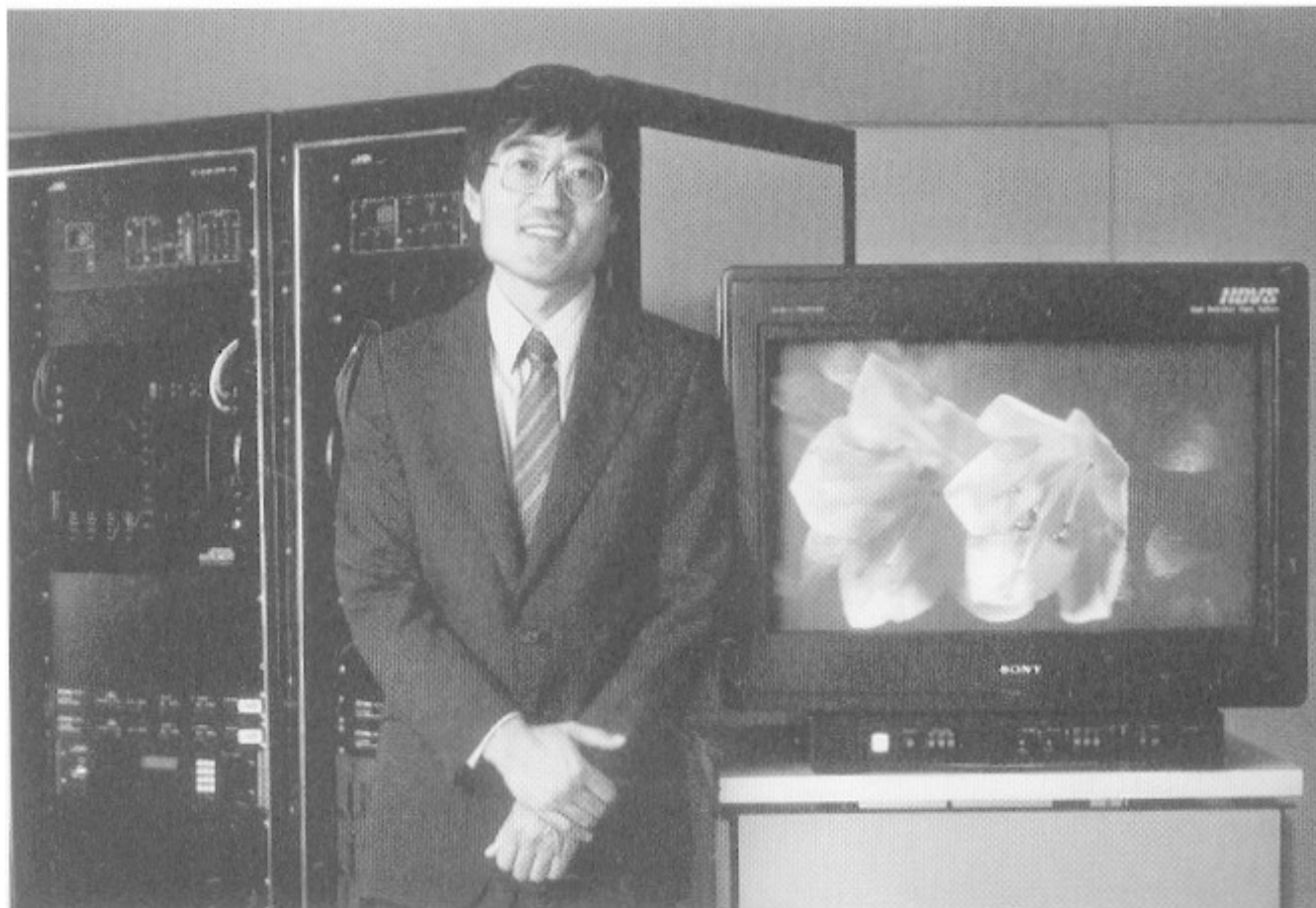
"Videowall" (G.S. - 1987)



1991

Protótipo de HDTV digital (Woo Paik / General Instruments)

Padrão JPEG de compressão de imagens (ISO / CCITT)

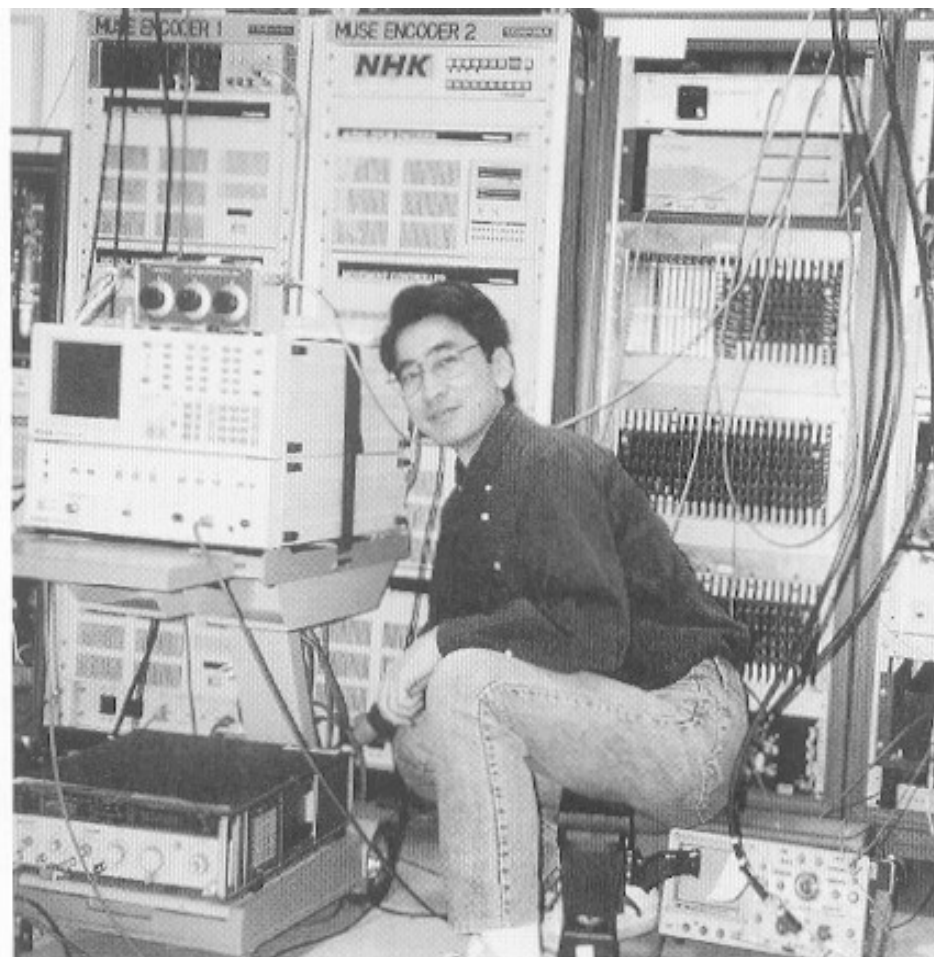


Woo Paik e o Codificador DigiCipher HD (General Instruments)

Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

- | | |
|------|--|
| 1994 | Sistema “Direct to Home” de satélite para TV digital (DirecTV) |
| 1995 | Definido padrão ATSC para radiodifusão de TV digital nos EUA |



Engenheiro da NHK ajusta o Codificador MUSE HDTV

Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

- | | |
|------|---|
| 1995 | Primeiro programa de TV transmitido pela Internet (Computer Chronicles) |
| 1997 | Curso de TV Digital na EPUSP |
| 1998 | Início de radiodifusão experimental de HDTV digital nos EUA |
| | Sistema DVB-T utiliza modulação OFDM para TV digital na Europa |
| 2000 | Brasil testa 3 sistemas de radiodifusão de TV digital (SET / ABERT) |

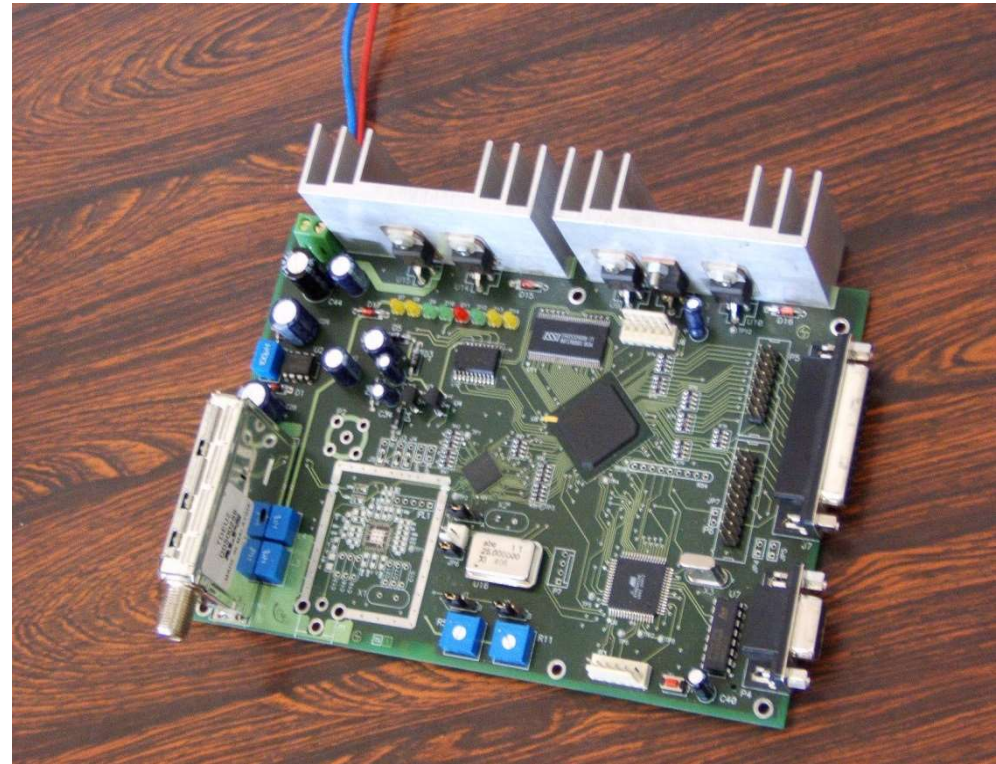
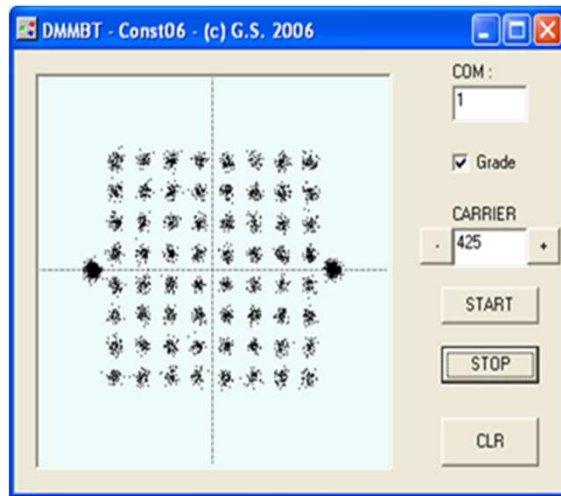
Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

- | | |
|------|---|
| 2003 | Não há mais transmissões de TV Analógica em Berlim |
| | Aprovado padrão de Compressão ITU-T H.264 (ISO/IEC 14496-10) |
| 2004 | Japão inicia transmissões HDTV Digital no sistema ISDB-T |
| 2005 | Início Projetos FINEP para Sistema Brasileiro de Televisão Digital |
| | No Japão, vendas de TV's LCD e Plasma superam as de TV's com cinescópio |
| | Demonstração de Sistema UHDTV 8k (NHK) |

Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP



- Protótipo de Receptor para o Sistema Brasileiro de TV Digital (LCS/EPUSP – Mackenzie)

Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP



Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

- | | |
|------|--|
| 2006 | Brasil escolhe sistema ISDB-T |
| 2007 | Iniciam transmissões em TV Digital (SP/RJ) |
| 2009 | TV Digital no resto do Brasil

EUA encerram transmissões de TV analógica |
| 2010 | Indústria aposta na Televisão em 3-D |
| 2011 | Fracasso do sistema DVB-H |

Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

2011 Sistema ISDB-Tb adotado na América do Sul e em Botswana

2012 Fracasso da Televisão 3D

Japão testa a convivência da Televisão digital e do LTE na faixa de UHF

2013 TV aberta recupera-se nos EUA

Finalizado padrão ITU-T H.265/HEVC (ISO/IEC 23008-2)

Indústria aposta na Televisão 4k



Televisores de Tela Curva (2014)

Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

2015 Brasil inicia “switch-off” (desligamento da TV analógica) nas capitais
Decreto 8.061, 30/07/2013

2016 Brasil encerra TV analógica
Decreto 5.820, 29/06/2006
(Rio Verde – GO – 03/2016)

2017 349 municípios desligados
Portaria 1714, 28/04/2016
(São Paulo: 29/03)
3,6 milhões de decodificadores
distribuídos gratuitamente



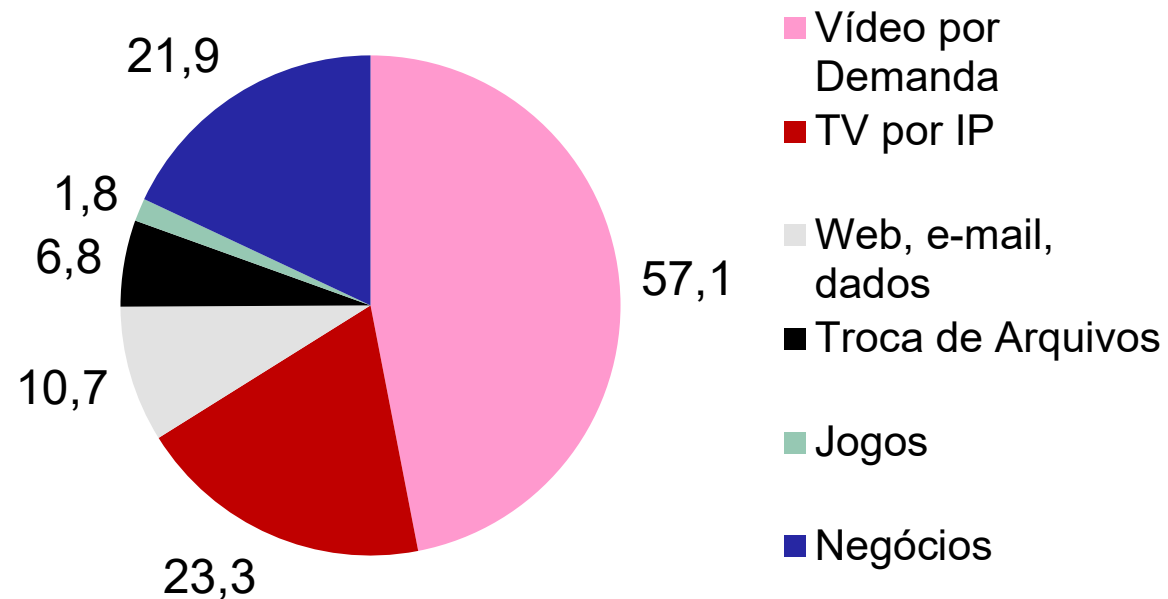
Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

2017

Vídeo ultrapassa 2/3 do tráfego global da Internet

ExaBytes por mês:



Fonte: Cisco Visual Networking Index - 2017

Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

2017

Realidade Virtual: o futuro da TV?



Televisão: Um Resumo Cronológico

LCS
EPUSP

2019 2/3 da população brasileira (~1400 municípios) assistem TV pelo sinal digital;
Sinal 4G em 700 MHz disponível em todo o Brasil

2021 CNPQ / MinCom promovem testes preliminares de 4 tecnologias candidatas para o futuro padrão de TV Digital Brasileiro:

- Advanced ISDB-T (Japão)
- ATSC 3.0 (EUA)
- 5G Broadcast / EnTV (Europa)
- DTMB-A (China)

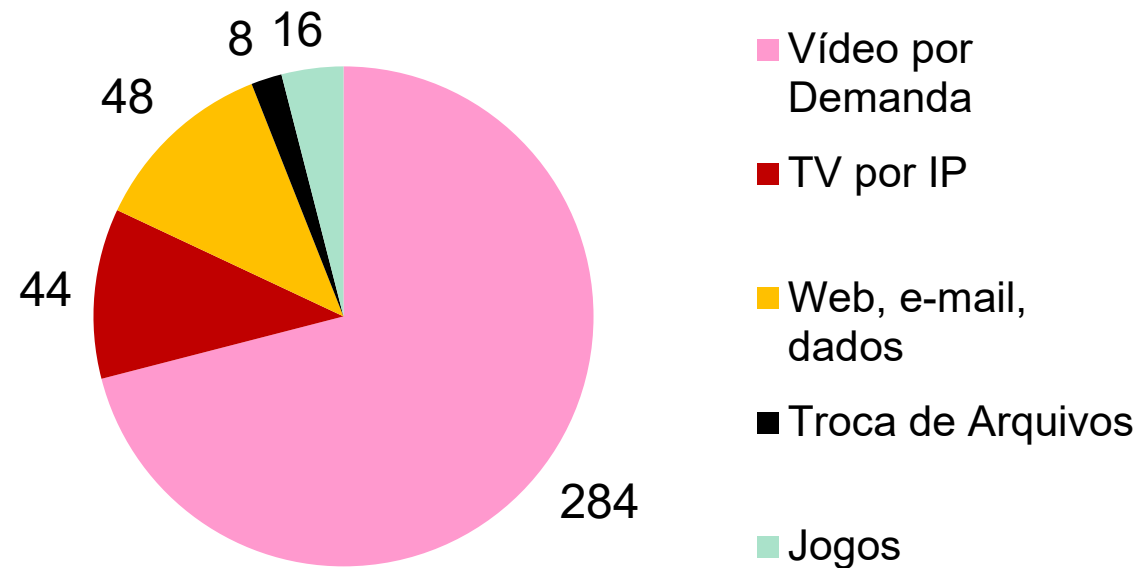
Estimativa de 1 bilhão de câmeras de vigilância instaladas no mundo.

Televisão: Um Resumo Cronológico

2022

Vídeo representa 80% do tráfego global da Internet

ExaBytes por mês:



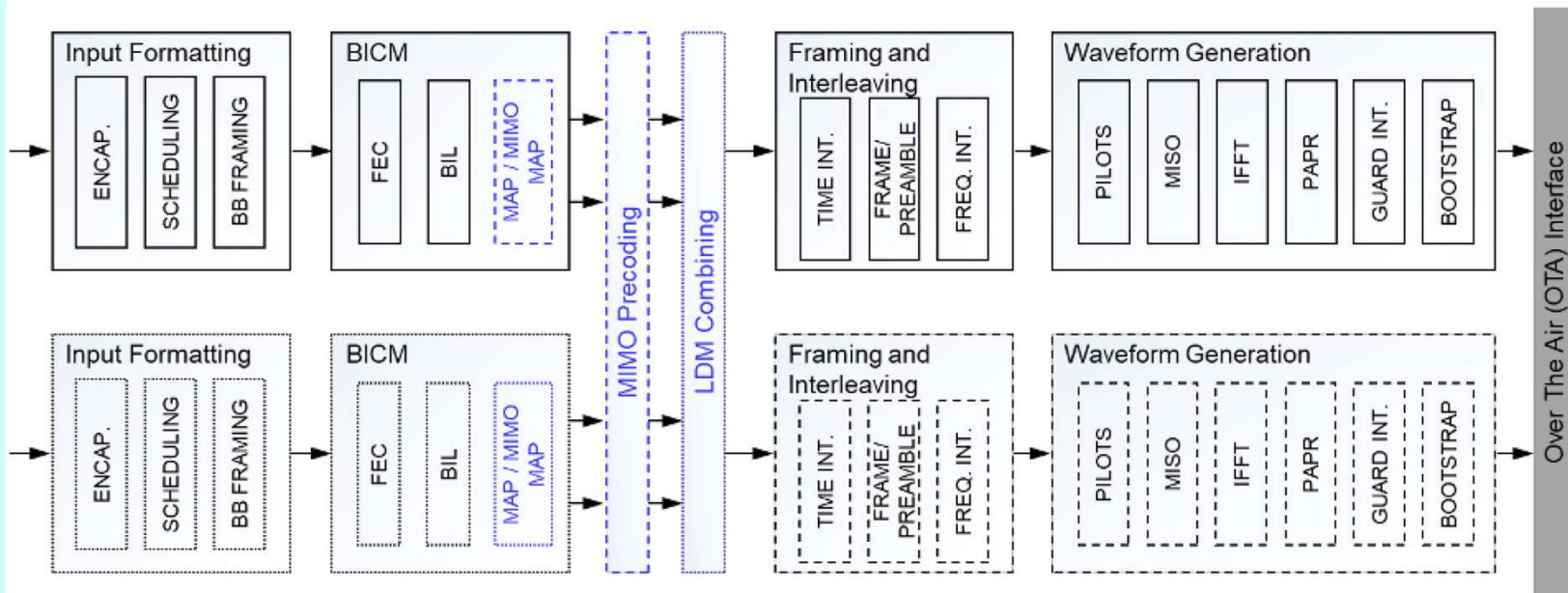
Fonte: Cisco Visual Networking Index - 2022

Televisão: Um Resumo Cronológico

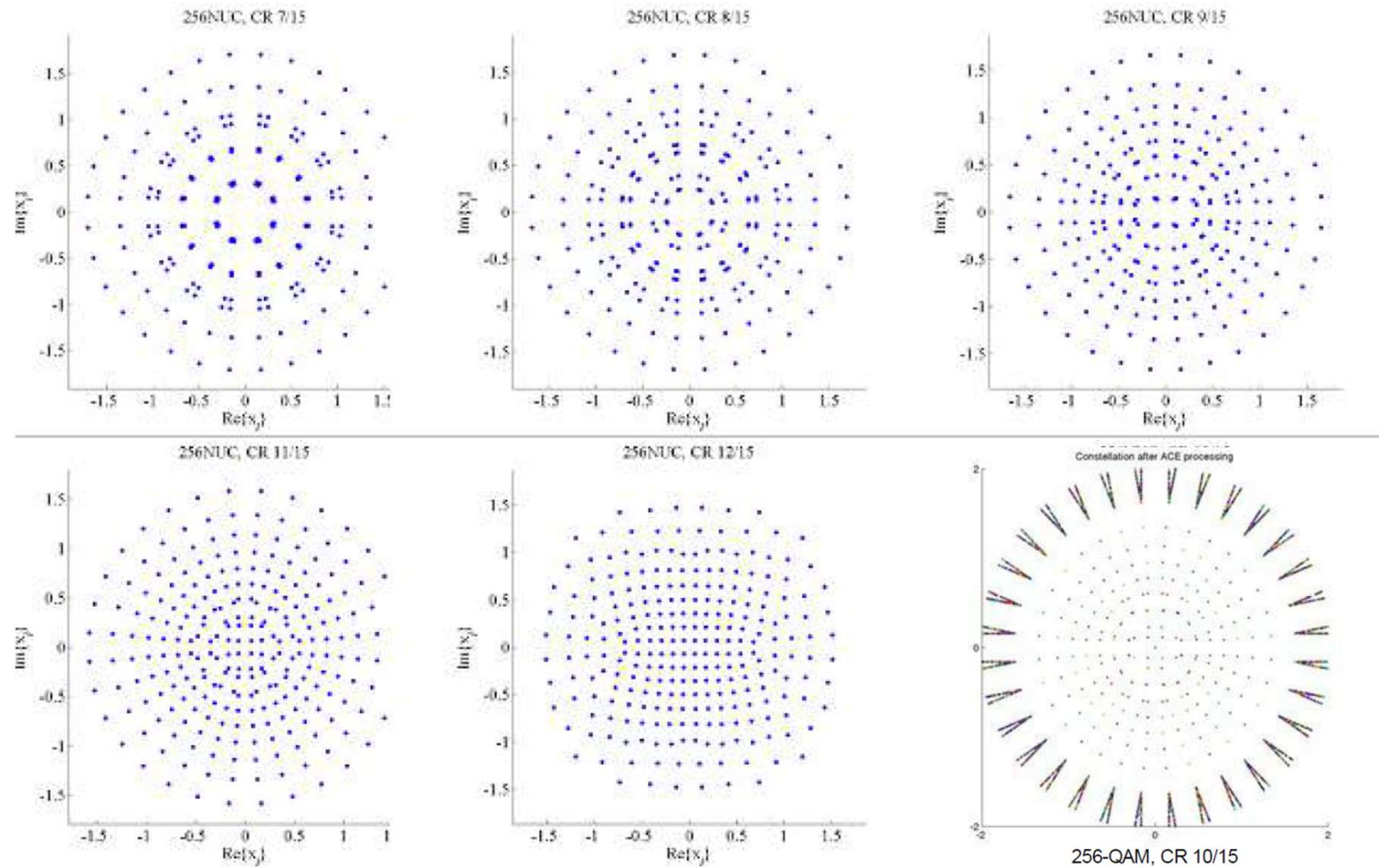
LCS
EPUSP

2024

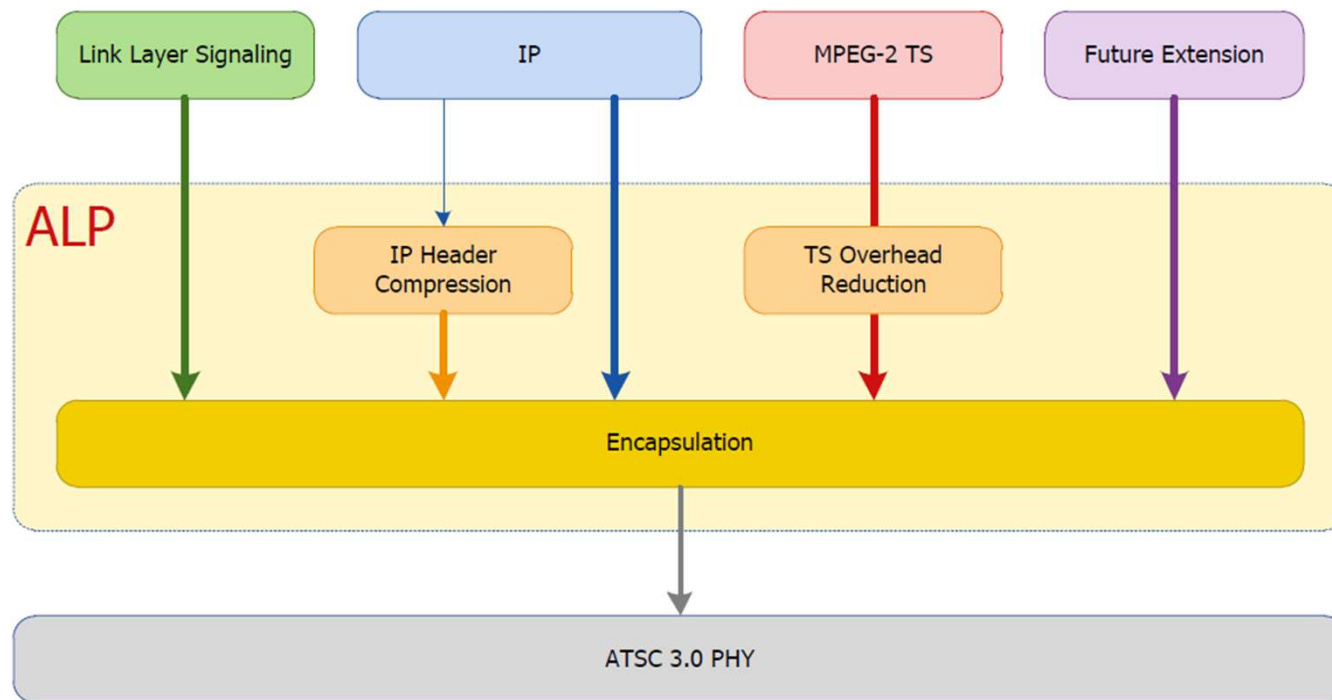
Proposta da Televisão 3.0 (baseada no sistema ATSC 3.0)



TV 3.0: Constelações não-uniformes e PAPR



TV 3.0: Camada de Enlace MPEG+IP



As Aventuras de um Engenheiro de TV

LCS
EPUSP



Photo by Vincent Laforet / The New York Times