

Panorama das Telecomunicações 2019

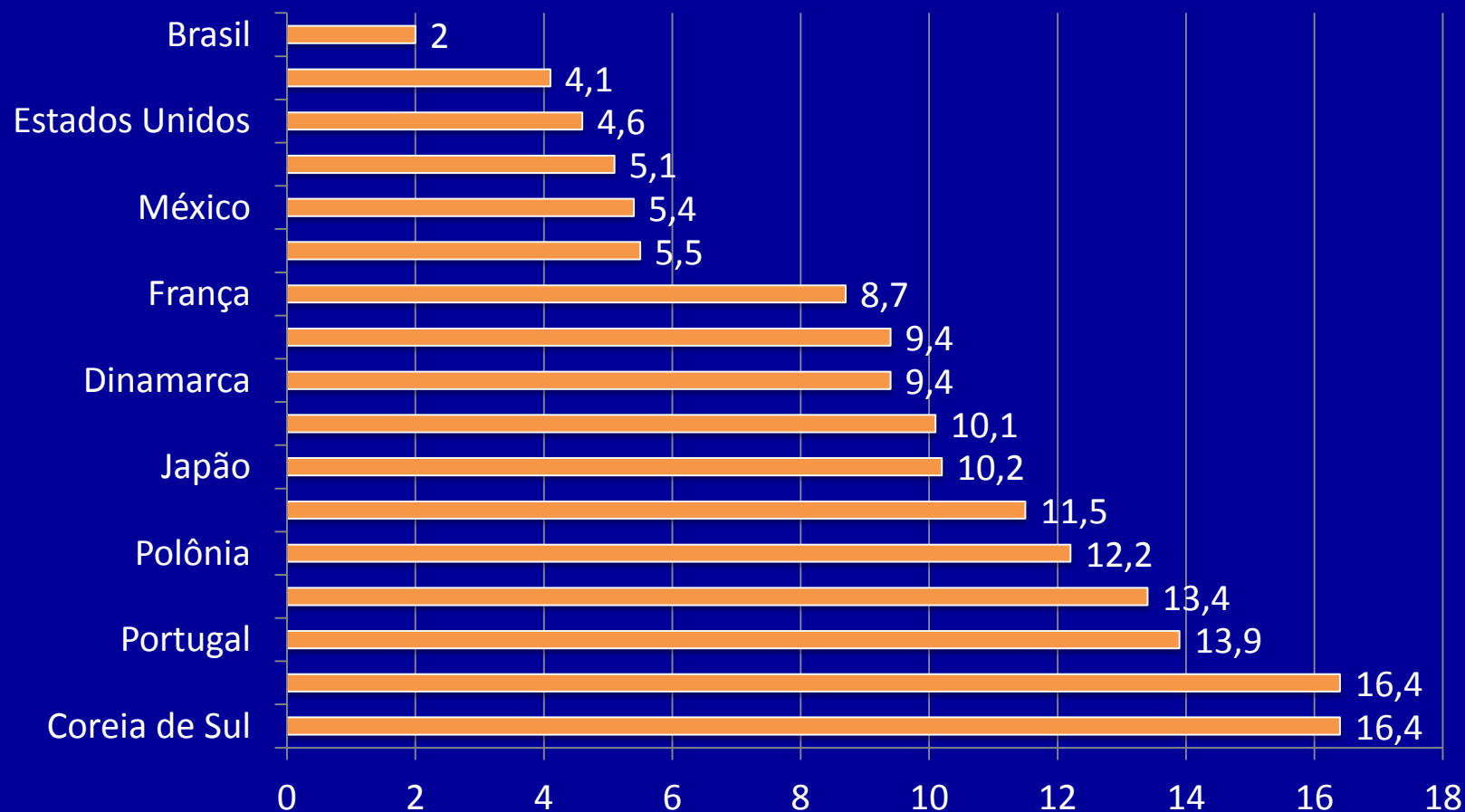
Murilo Araujo Romero
Departamento de Engenharia Elétrica e Computação da
EESC-USP

Disciplinas SEL-EESC

Postos de trabalho

FORMAÇÃO PROFISSIONAL

Graduados em Engenharia para cada 10 mil habitantes



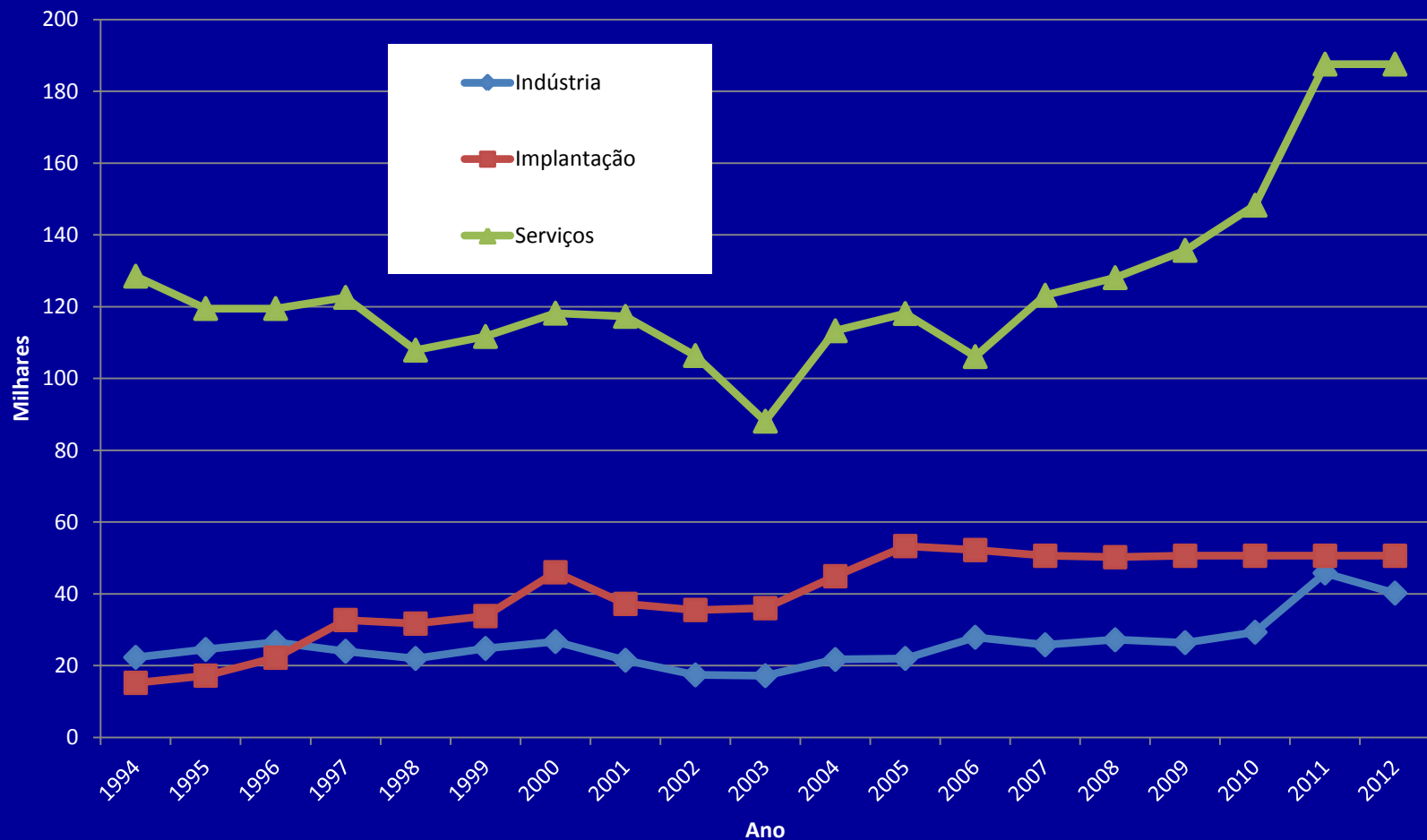
Fonte: CNI/Iedi (2010); UOL economia 21/5/2013

Salário médio mensal Engenharias maio 2017

Cargo e área engenharia/engenheiro(a)	Salário médio mensal (R\$)
de petróleo	15.126
de segurança no trabalho	8.024
de minas	7.768
naval	7.559
mecânico	7.546
civil	7.325
de produção	7.312
de telecomunicações	7.080
eletricista	7.043
químico	7.009
agrícola	6.897
de software	6.648
industrial	6.571
mecatrônico	6.310
ambiental	6.234
de controle e automação	5.992
florestal	5.966
aeronáutica	5.526
de alimentos	4.878
sanitarista	4.628

<http://www.infomoney.com.br/carreira/salarios/noticia/6429724/quais-salarios-engenheiros-areas-diferentes-brasil>

Empregados no setor de telecomunicações



Fonte: <http://www.telebrasil.org.br/estatisticas/panorama-do-setor>, p. 76

Telecomunicações: História e carreira

The History of Telecommunications (In Just 3 Minutes) - HPMatter

<https://www.youtube.com/watch?v=dLzgRU25tXM>

A brief overview of Telecommunication History

https://www.youtube.com/watch?v=3DxFCC_FDW4

A Career in Telecommunications (JTJS82013)

<https://www.youtube.com/watch?v=iaxx3Cg2Kbs>

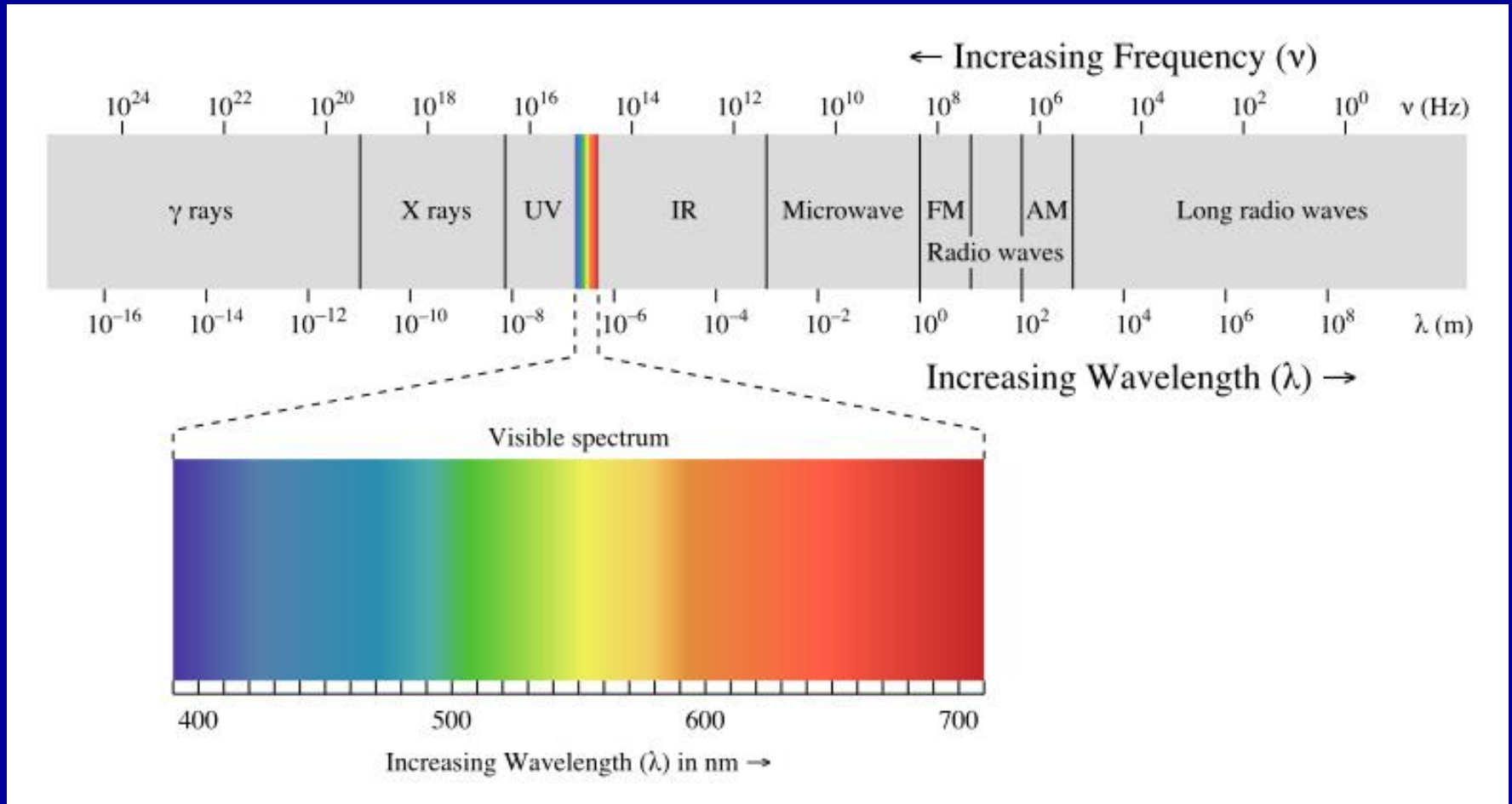
Disciplinas da área de Telecomunicações

Sigla (SEL)	Nome	Créditos
310	Ondas eletromagnéticas	4
360	Princípios de comunicação	3
346	Comunicação digital I	2
347	Comunicação digital II	2
385	Serviços de Telecomunicações e Redes Faixa Larga	3

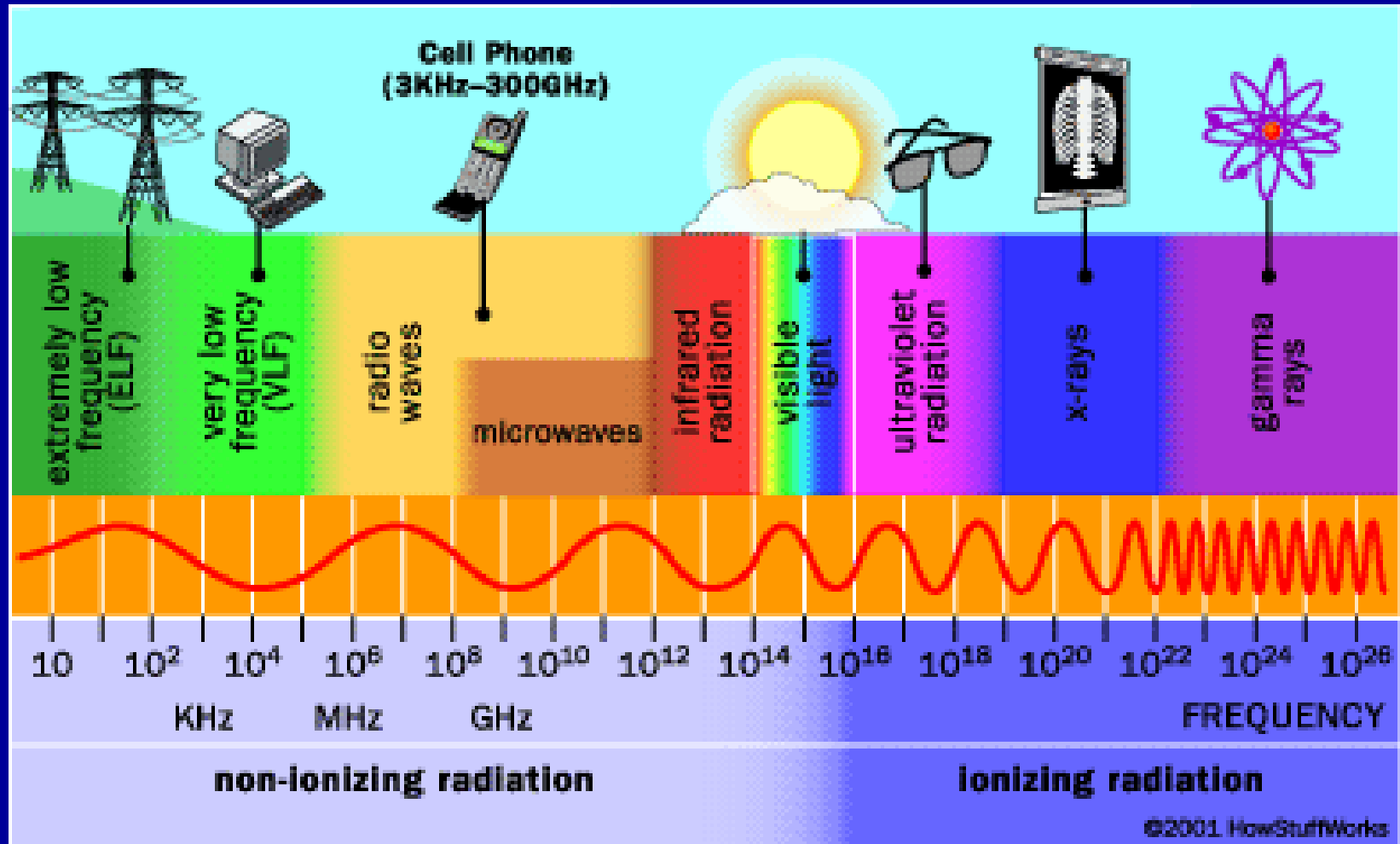
Disciplinas da área de Telecomunicações

	Código (SEL)	Nome	Créditos
	344	Antenas	4
	366	Comunicações ópticas	3
	361	Laboratório de Telecomunicações	3
	369	Micro-ondas	2
	370	Redes fixas de comunicação	2
	386	Redes móveis de comunicação	2
	371	Sistemas de comunicação	4
	387	Computação móvel	2

Espectro eletromagnético



Espectro eletromagnético



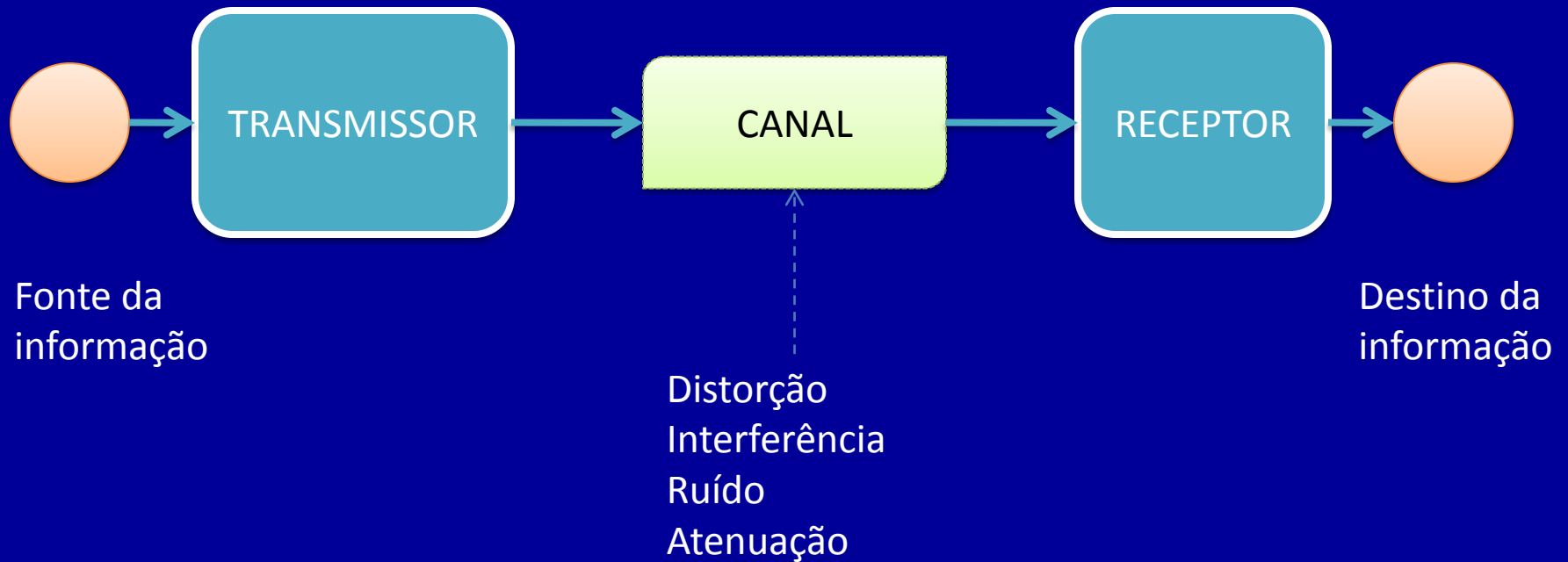
Limites de exposição

Frequência	Densidade de potência de onda plana equivalente (W/m ²)	
	Público em geral	População ocupacional
850 MHz	4,25	21,25
1800 MHz	9,00	45,00
2450 MHz	12,25	61,25

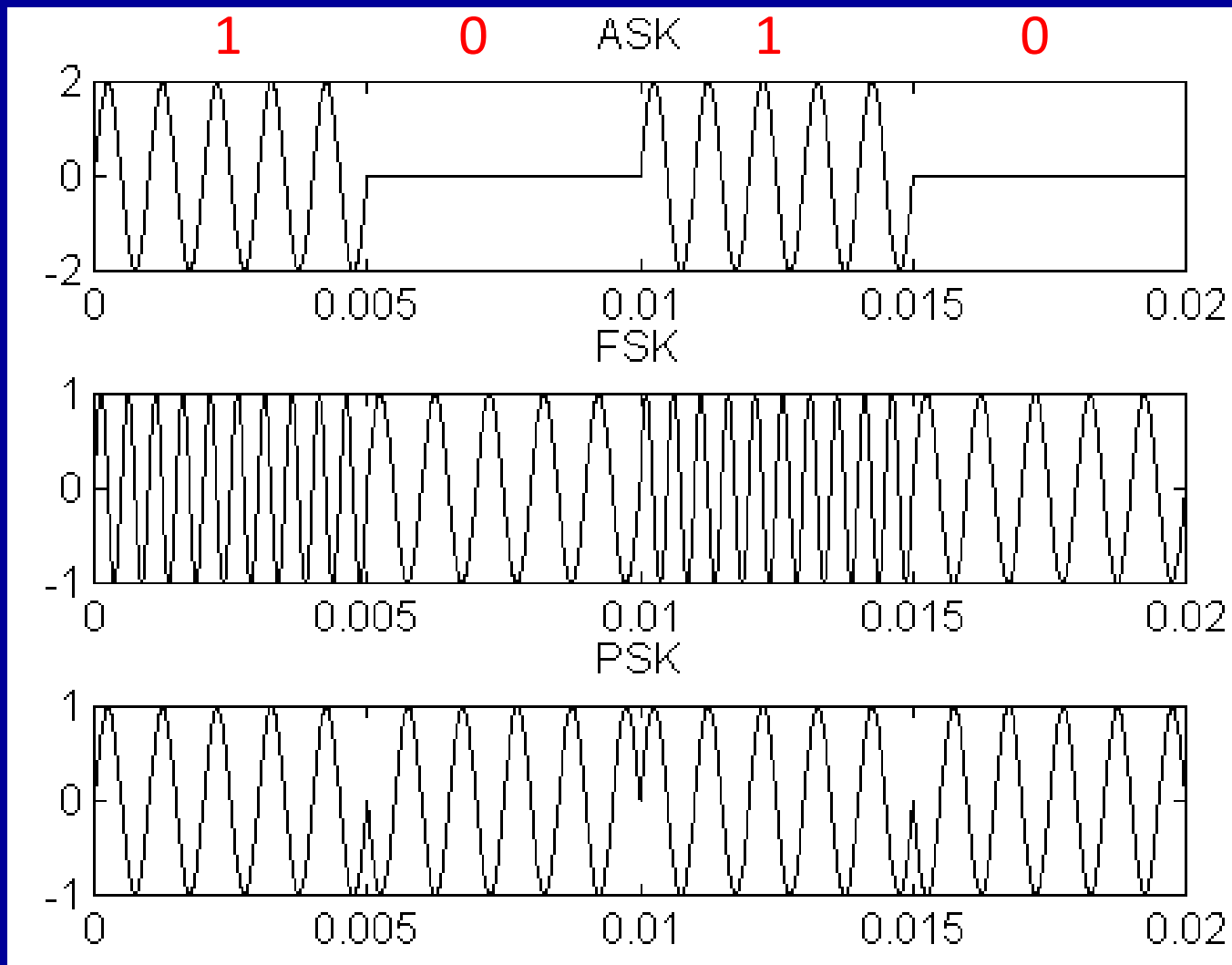
Característica da exposição	Faixa de frequências	Taxa de absorção específica-SAR (W/kg)		
		SAR média de corpo inteiro	SAR localizada (cabeça e tronco)	SAR localizada (membros)
ocupacional	100 kHz a 10 MHz	0,4	10	20
	10 MHz a 10 GHz	0,4	10	20
Público em geral	100 kHz a 10 MHz	0,08	2	4
	10 MHz a 10 GHz	0,08	2	4

Ref.: "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Field (up to 300 GHz)", Health Physics, vol. 74, nº 4, pp. 494-522, 1998.

Sistema de comunicação



Técnicas de modulação de sinais



Gerações da telefonia móvel celular

5G

Internet das coisas (IoT)

TEMAS ATUAIS

As gerações da telefonia móvel celular

- ✓ 1G: tecnologia analógica, baixa eficiência espectral e segurança
- ✓ 2G: tecnologia digital, segurança, mensagem de texto, taxa baixa de transmissão de dados
- ✓ 3G: principal característica é o aumento da taxa de transmissão de dados (14 Mbps)
- ✓ 4G: tecnologia baseada em IP, taxas de transmissão elevadas (até 1 Gbps)

Geração, ano de lançamento e foco

Geração	Ano de lançamento (aproximado)	Foco
1G	1979	Voz
2G	1991	Voz
3G	2001	Faixa larga
4G	2009	Faixa larga
5G	2020 (esperado)	Conectividade onipresente

Especificações 5G



5G is expected to handle new applications such as Machine-to-Machine (MtM) communication, Internet of Things (IoT), Virtual Reality (VR), industrial control, Unmanned Aerial Vehicle (UAV) control, etc.

These applications are driving the 5G requirements, especially for high data rates and low latency, as presented by 3GPP on the TS22.261 document.

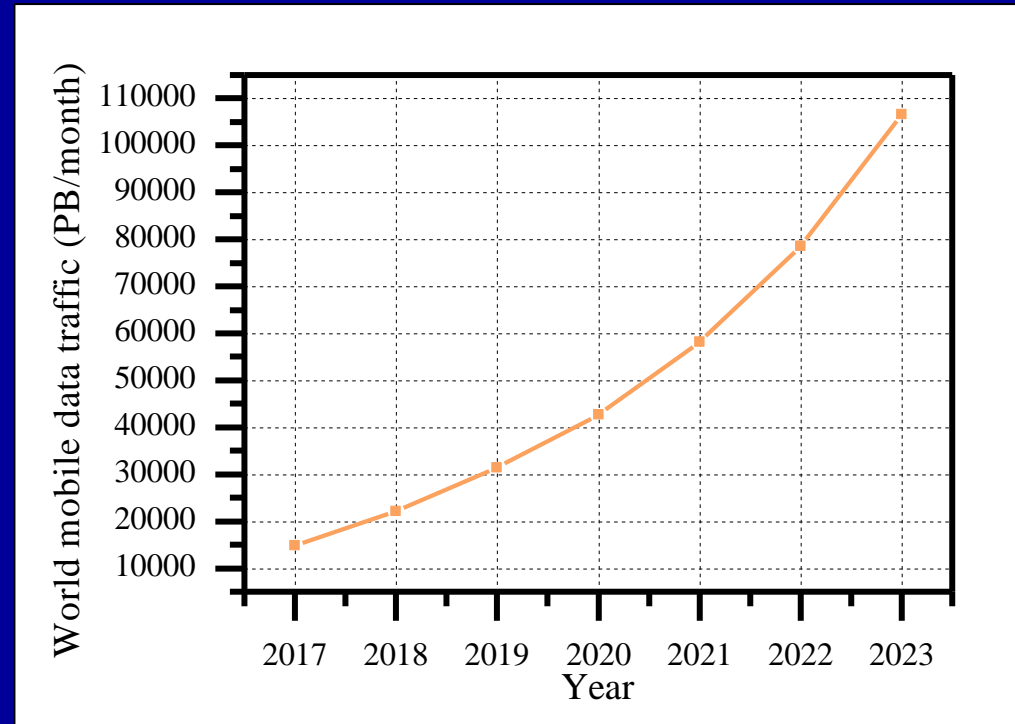
Some 5G scenarios/applications and their requirements.

Scenario / Application	Requirement
Urban coverage	50 Mbps (DL), 25 Mbps (UL)
Dense urban coverage	300 Mbps (DL), 50 Mbps (UL)
Rural coverage	50 Mbps (DL), 25 Mbps (UL)
Indoor coverage	1 Gbps (DL), 500 Mbps (UL)
High-speed train coverage (up to 500 km/h)	50 Mbps (DL), 25 Mbps (UL)
Discrete automation control	1 ms end-to-end latency
Automation for high voltage electricity distribution	5 ms end-to-end latency
Intelligent transport systems	10 ms end-to-end latency
Tactile interaction	0.5 ms end-to-end latency

Tráfego de Telecomunicações



- According to the Mobility Report published by Ericsson [1] in June 2018, smartphones world data traffic is expected to increase from 14,872 PB/month in 2017 to 106,535 PB/month in 2022.
- Although LTE (4G) coverage has a perspective to become the dominant mobile technology by the end of 2018, 3rd Generation Partnership Project (3GPP) is already developing a Fifth Generation (5G) standard.



[1] "Ericsson Mobility Report, June 2018". Internet: <https://www.ericsson.com/en/mobility-report>

Ordens de grandeza em bytes

Nome		Número de bytes		Quantidade de texto
quilobyte	kB	2^{10}	1.024	½ página
megabyte	MB	2^{20}	1.024^2	500 páginas ou 1 livro ⁽¹⁾
gigabyte	GB	2^{30}	1.024^3	500 mil pg ou 1.000 livros
terabyte	TB	2^{40}	1.024^4	1 milhão de livros
petabyte	PB	2^{50}	1.024^5	180 × Biblioteca do Congresso ⁽²⁾
exabyte	EB	2^{60}	1.024^6	180 mil × Biblioteca do Congresso
zettabyte	ZB	2^{70}	1.024^7	180 milhões × Biblioteca do Congresso
yottabyte	YB	2^{80}	1.024^8	180 bilhões × Biblioteca do Congresso

⁽¹⁾1 livro de ~200 pgs; ⁽²⁾ Biblioteca do Congresso dos EUA, Washington D.C.

28 milhões de volumes; 200 páginas em média por volume;

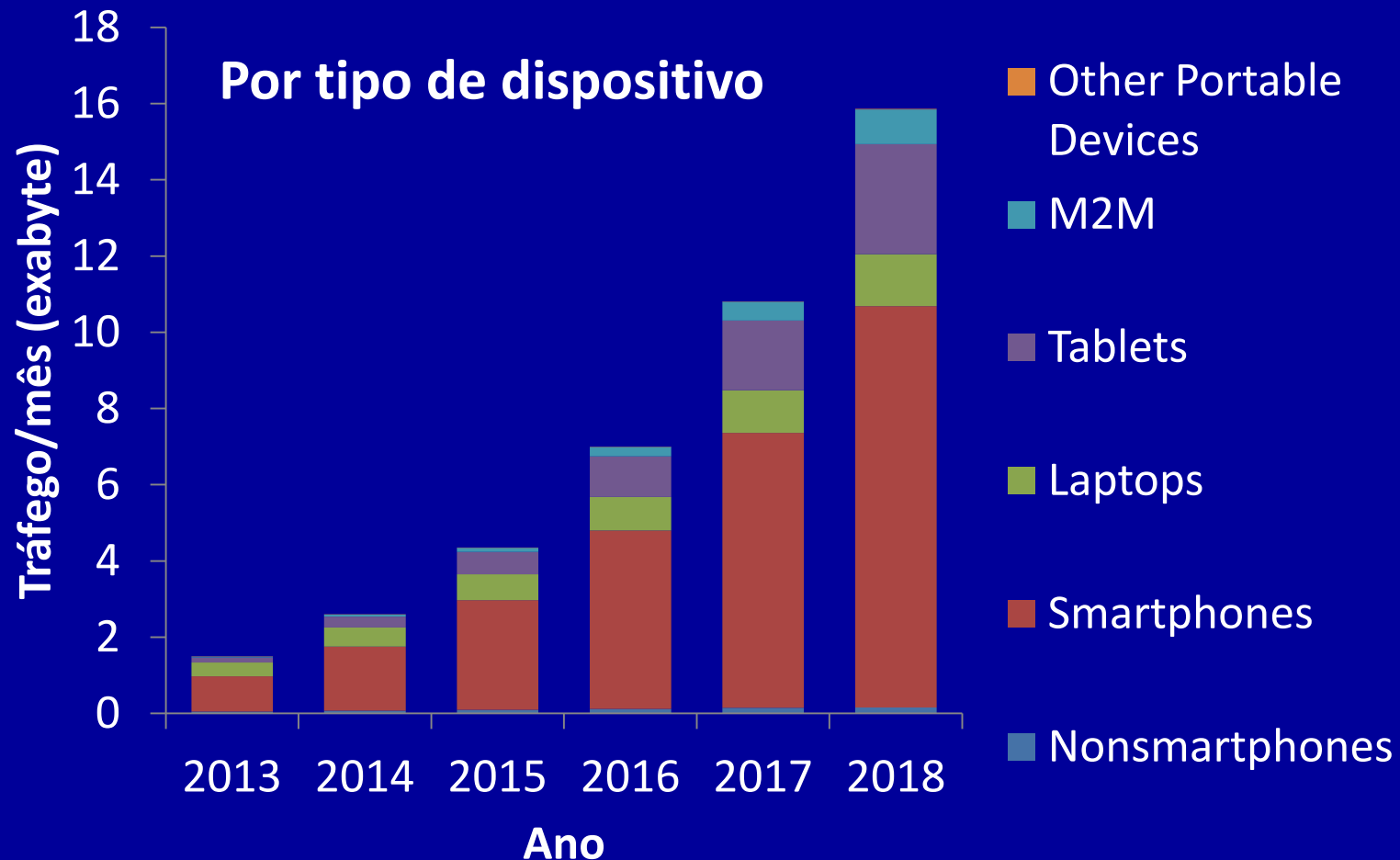
28 TB para armazenar tudo.

1 byte corresponde a 8 bits.

Ref.: www.wisegeek.org/how-much-text-is-in-a-kilobyte-or-megabyte.htm

<http://en.wikipedia.org/wiki/Byte>

Global Mobile Data Traffic, 2013–2018



exa: 10^{18}

M2M: machine to machine

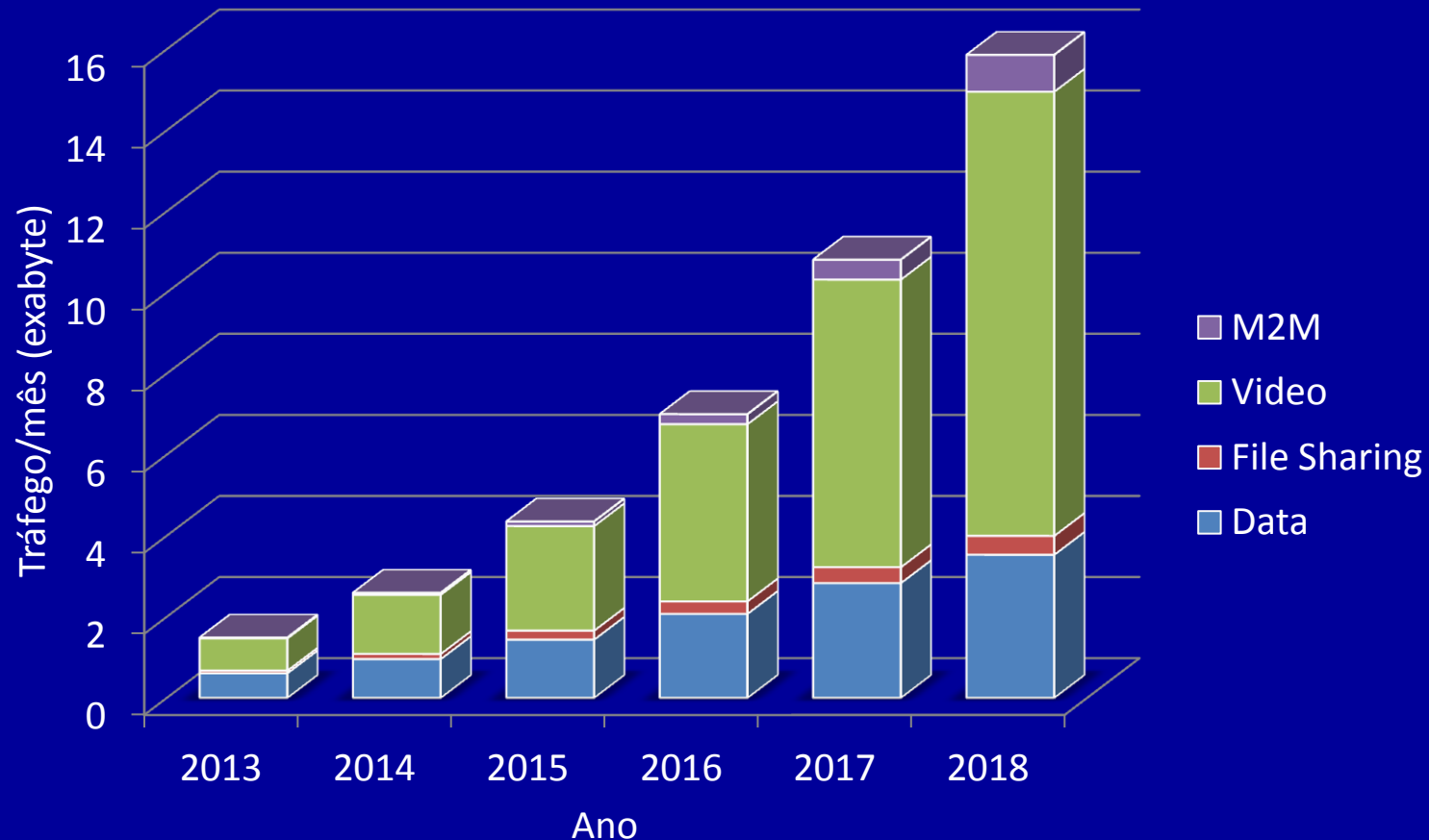
Ref.: Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2013–2018

Cisco Hyperconnectivity and the Approaching Zettabyte Era

www.cisco.com/c/en/us/solutions/service-provider/visual-networking-index-vni/index.html

Global Mobile Data Traffic, 2013–2018

por categoria de aplicação



exa: 10^{18}

M2M: machine to machine

Ref.: Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2013–2018

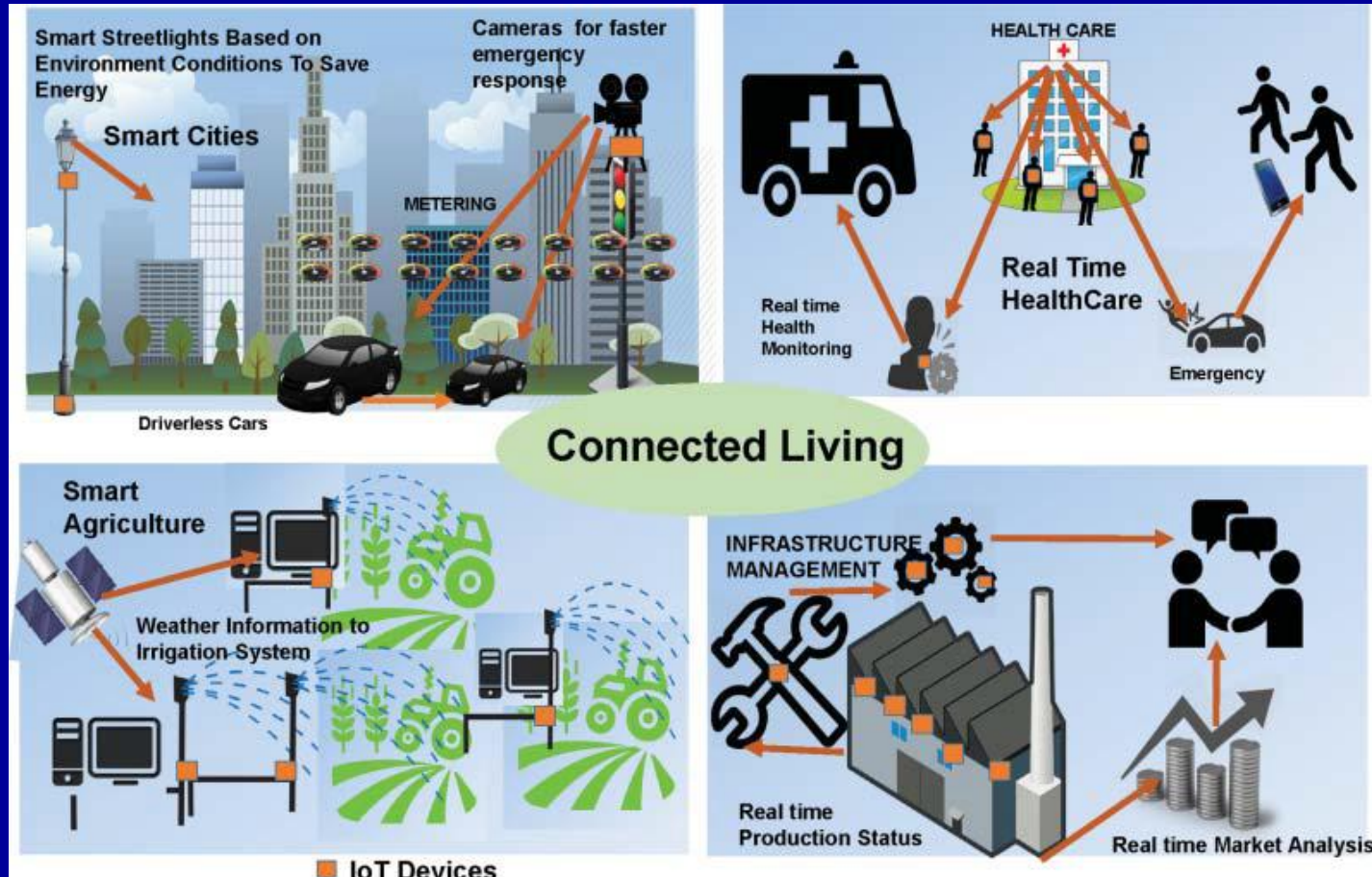
Cisco Hyperconnectivity and the Approaching Zettabyte Era

www.cisco.com/c/en/us/solutions/service-provider/visual-networking-index-vni/index.html

Internet das Coisas (IoT)

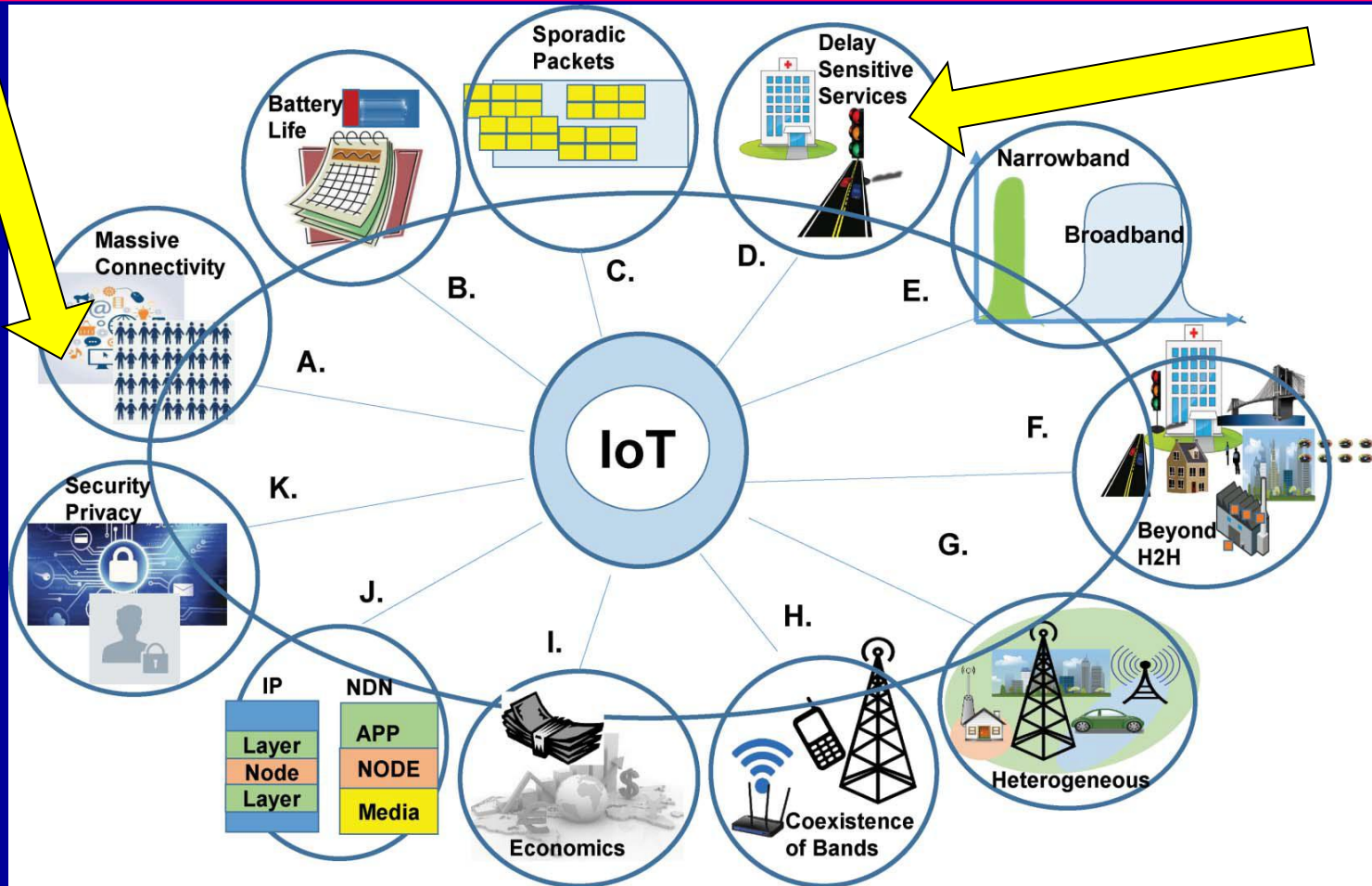
- ✓ Conexão em rede de qualquer tipo de dispositivo
- ✓ Sistema de automação e análise que explora a tecnologia de rede, sensoriamento, big data e inteligência artificial para fornecer sistemas completos para um produto ou serviço
- ✓ Pode ser aplicada em todos os setores graças à sua flexibilidade e capacidade de ser adequada em qualquer ambiente
- ✓ Aprimora a coleta de dados, a automação, as operações por meio de dispositivos inteligentes e tecnologia de descoberta e ativação
- ✓ Conexão máquina-máquina (M2M)

IoT: machine-to-machine (M2M) data communication without human intervention (3GPP TS 22.368)



[2] Figura Extraída de M. AGIWAL ET AL.: TOWARDS CONNECTED LIVING: 5G ENABLED INTERNET OF THINGS (IOT), IETE Technical Review, Maio 2018

Requisitos para IoT x Compatibilidade com o LTE-4G



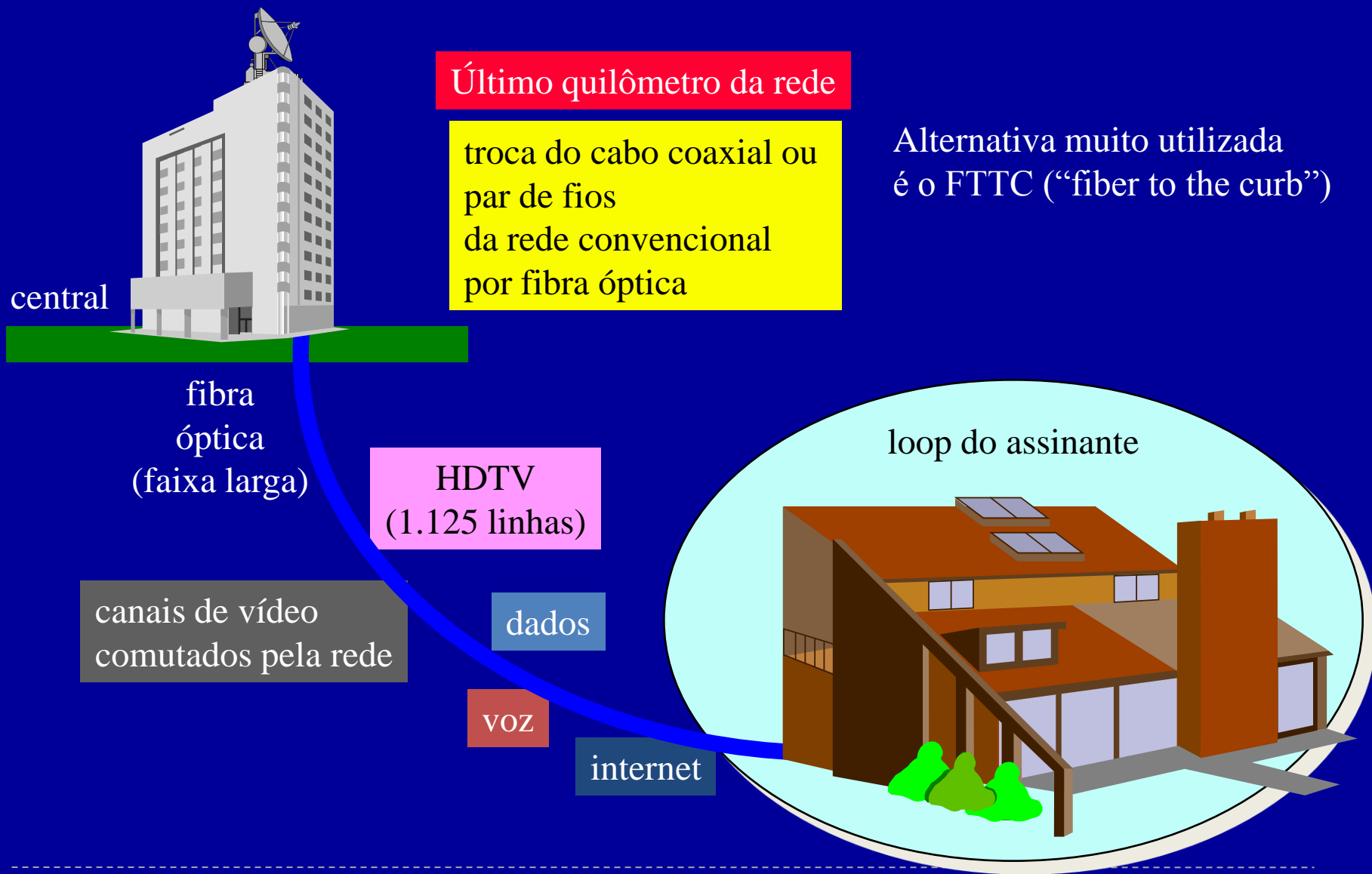
[2] Figura Extraída de M. AGI WAL ET AL.: TOWARDS CONNECTED LIVING: 5G ENABLED INTERNET OF THINGS (IOT), IETE Technical Review, Maio 2018

APLICAÇÕES E BANDA LARGA

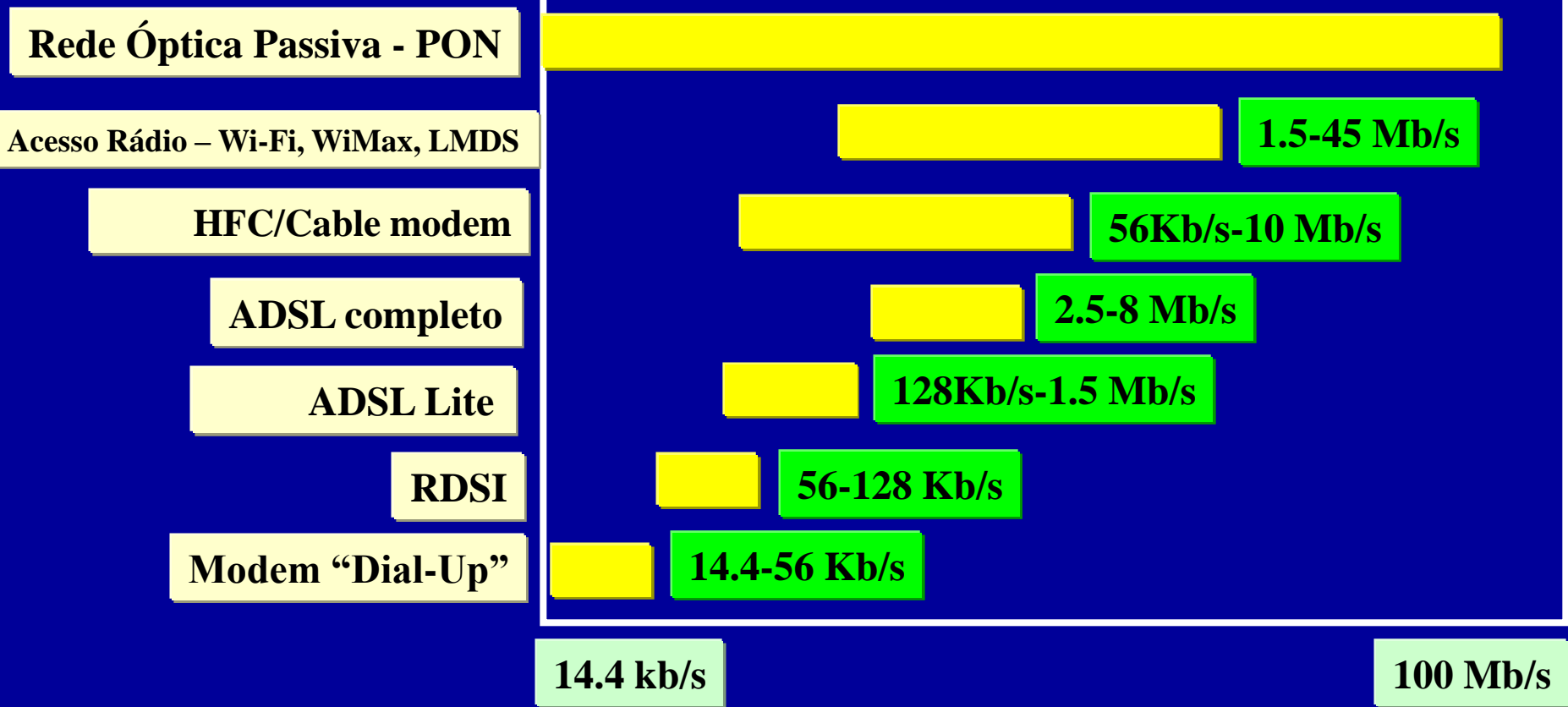
Requisitos típicos de largura de banda para várias aplicações

Aplicação	Sentido Downstream
VoIP	80 Kbps
Videofone	124 Kbps – 2Mbps
Jogos on-line	256 Kbps
TV (MPEG-2)	3-5 Mbps
TV (MPEG-4)	2-4 Mbps
HDTV (MPEG-2)	18-20 Mbps
HDTV (MPEG-4)	8-15 Mbps

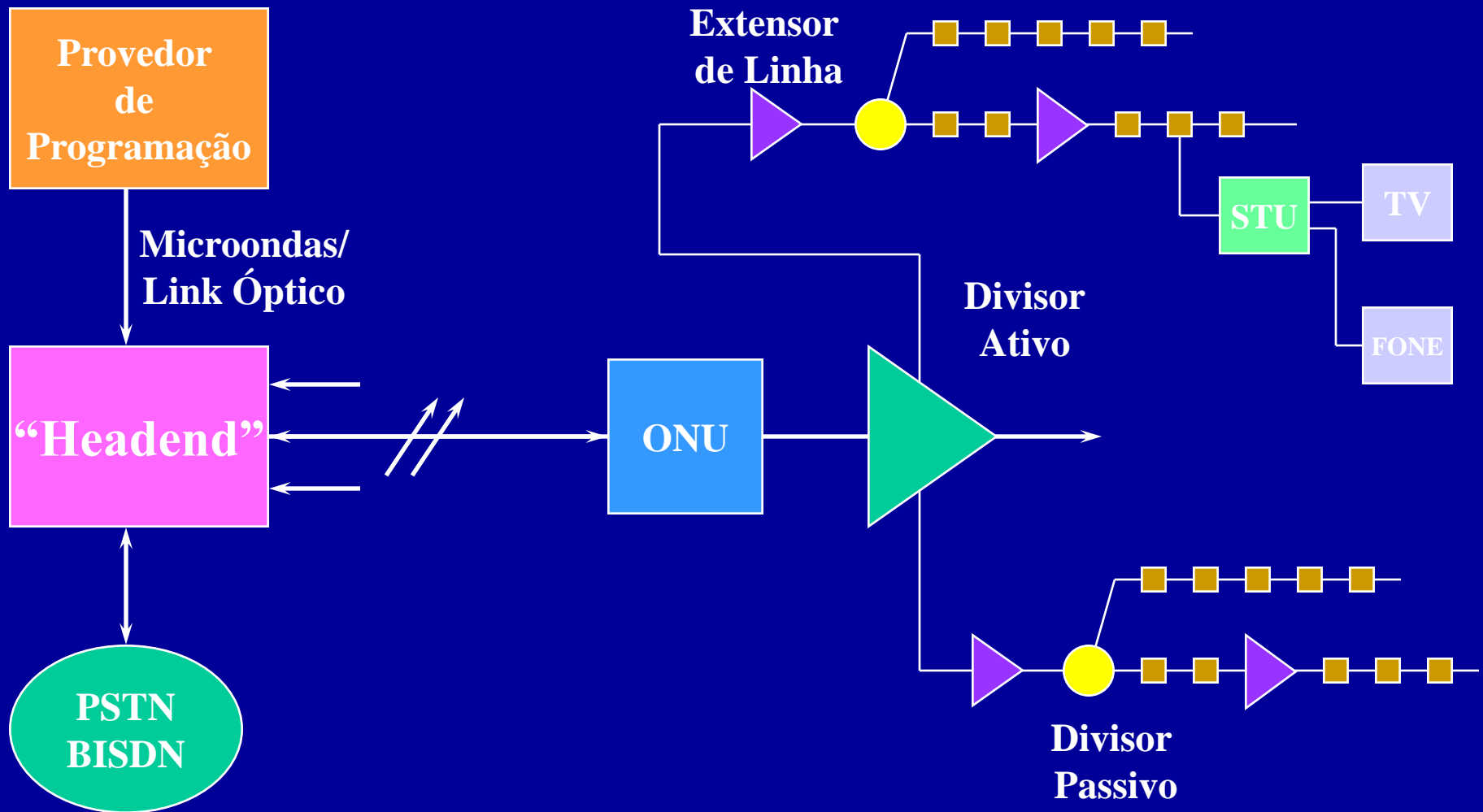
Fibra até a residência (FTTH - “fiber to the home”)



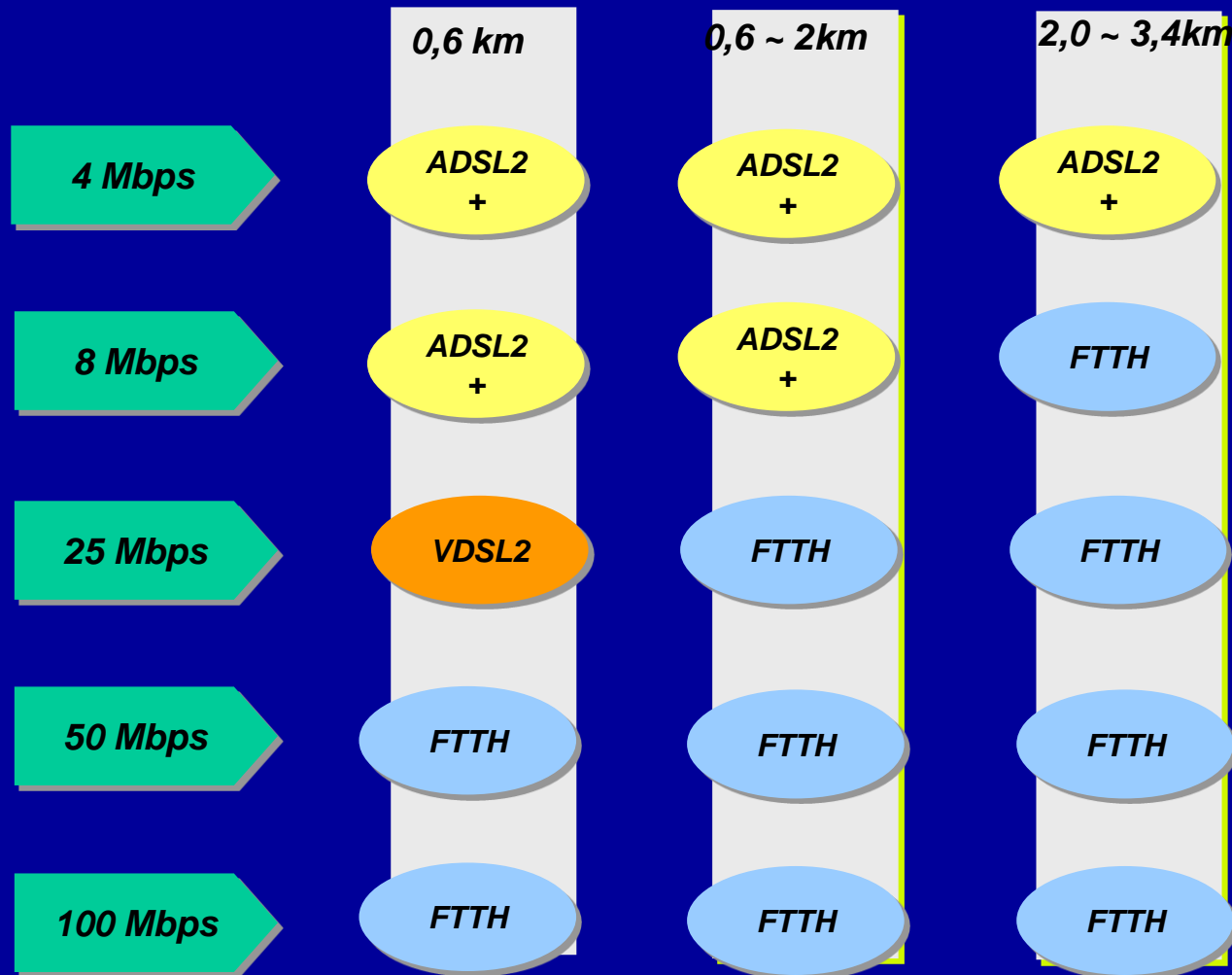
Tecnologias para Redes de Acesso (“Subscriber Loop”)



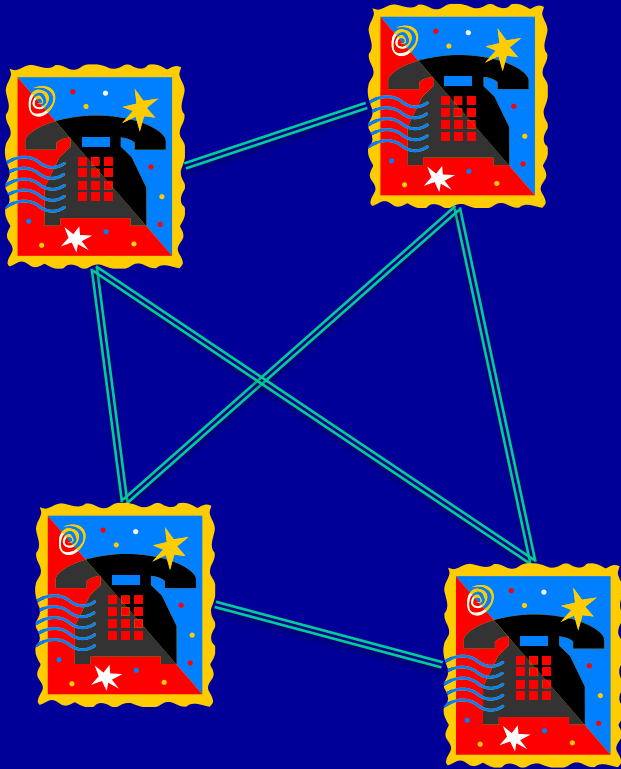
Arquitetura de Rede de CATV



Esquemas de Última/Primeira Milha: Distância Coberta e Largura de Banda Disponível



O problema da Comutação em Telecom



nº de pares de fios necessários para interconectar n usuários **2 a 2** :

$$n_p = n(n - 1) / 2$$

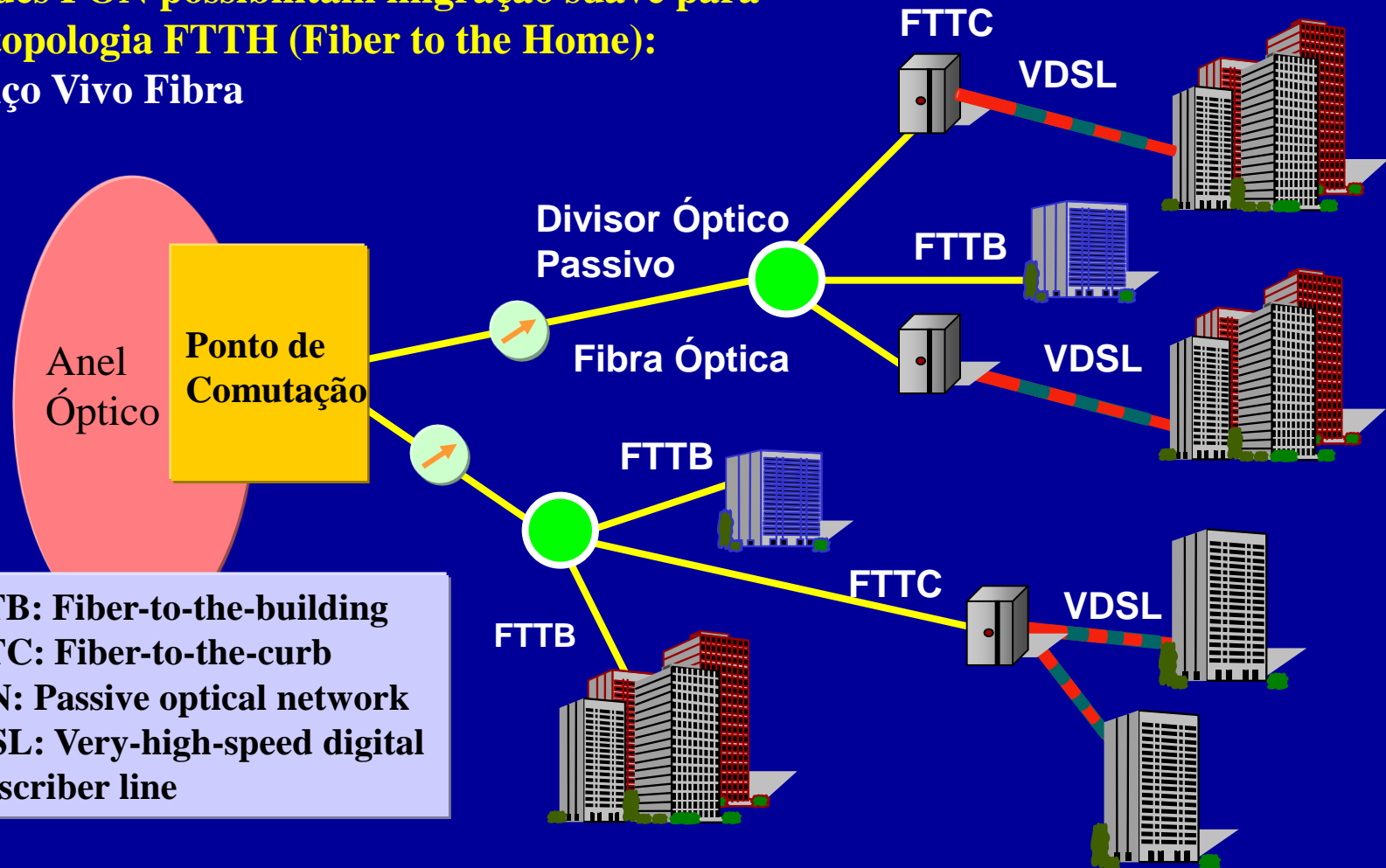
Número de assinantes (n)	Número de pares de fios (n_p)
4	6
100	4.950
10.000	49.995.000

Solução?

Arquitetura de Redes Ópticas Passivas (PON) com Derivação VDSL

As redes PON possibilitam migração suave para uma topologia FTTH (Fiber to the Home):

Serviço Vivo Fibra



FTTB: Fiber-to-the-building
FTTC: Fiber-to-the-curb
PON: Passive optical network
VDSL: Very-high-speed digital subscriber line

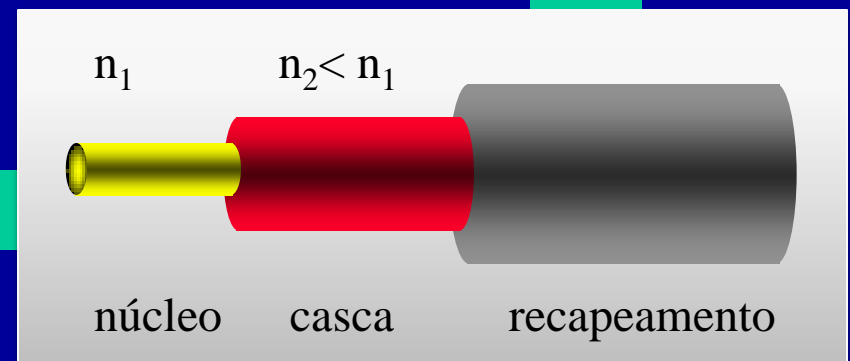


COMUNICAÇÕES ÓPTICAS

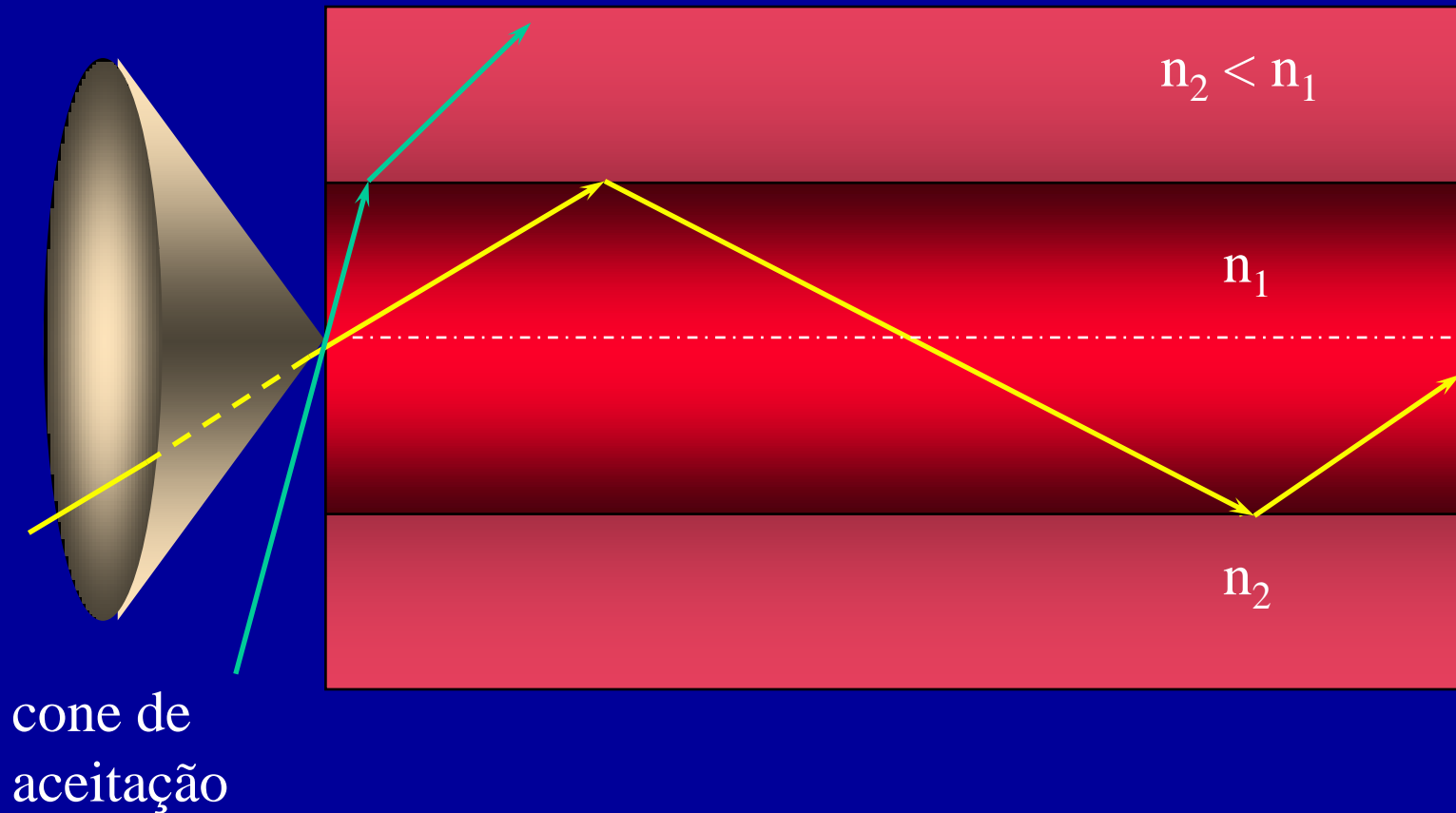


Estrutura da fibra óptica

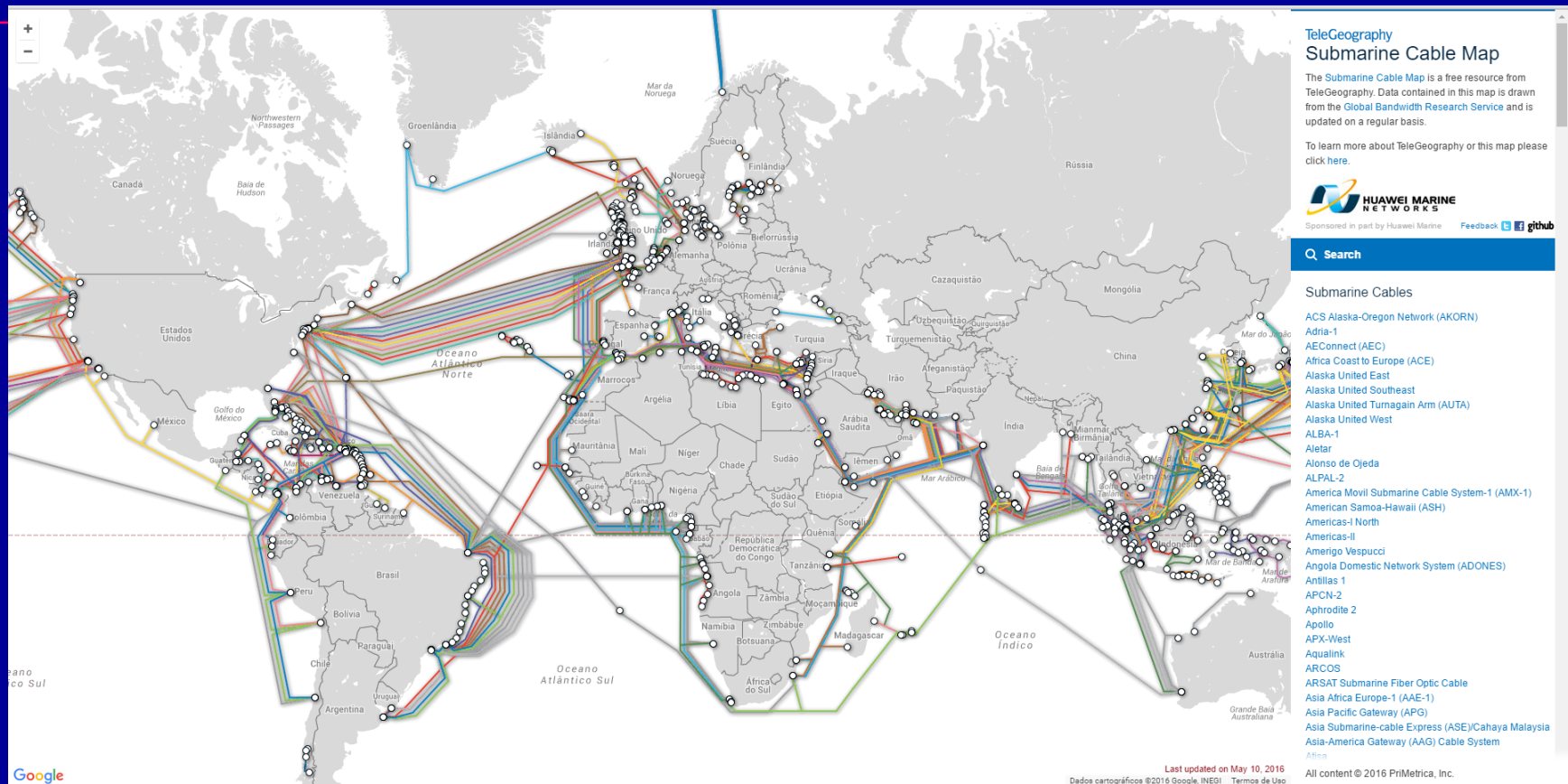
- ▣ Fibra de média e baixa perdas
- ▣ núcleo de vidro
- ▣ casca de vidro ou plástico
- ▣ Fibra de alta perdas
- ▣ núcleo e casca de plástico
- ▣ Recapeamento de plástico
- ▣ elástico e resistente



Cone de aceitação



Mapa: cabos de fibra óptica



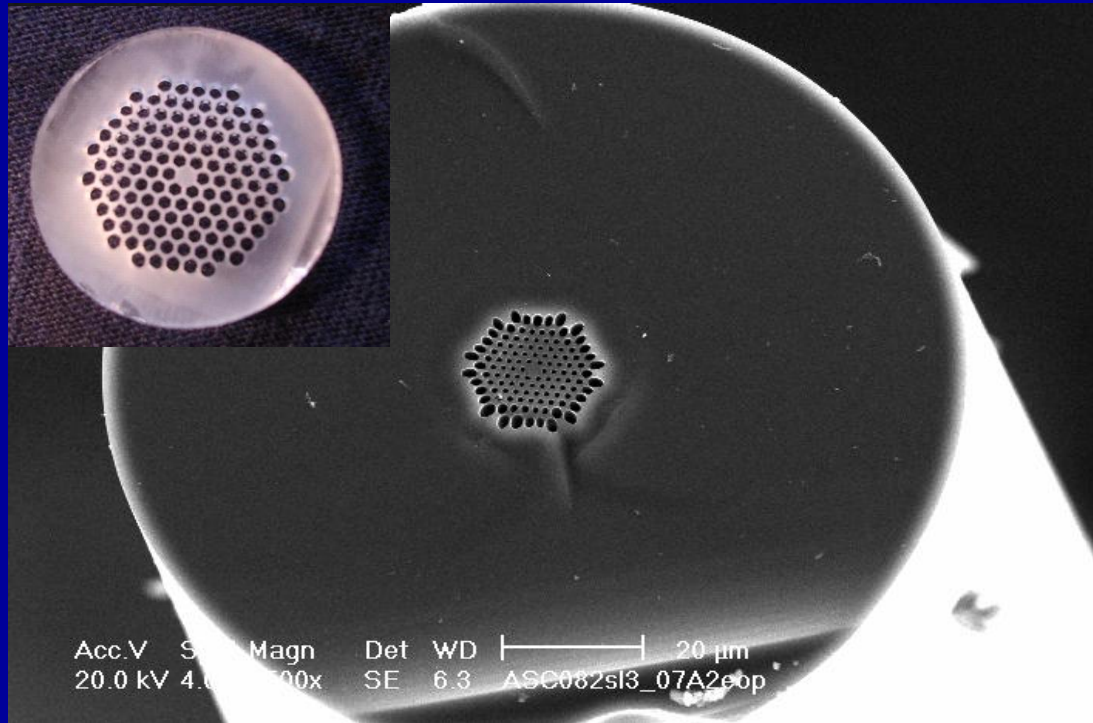
<http://www.submarinecablemap.com/>

<http://www.cablemap.info/>

<http://submarine-cable-map-2014.telegeography.com/>



Fibras Ópticas Microestruturadas

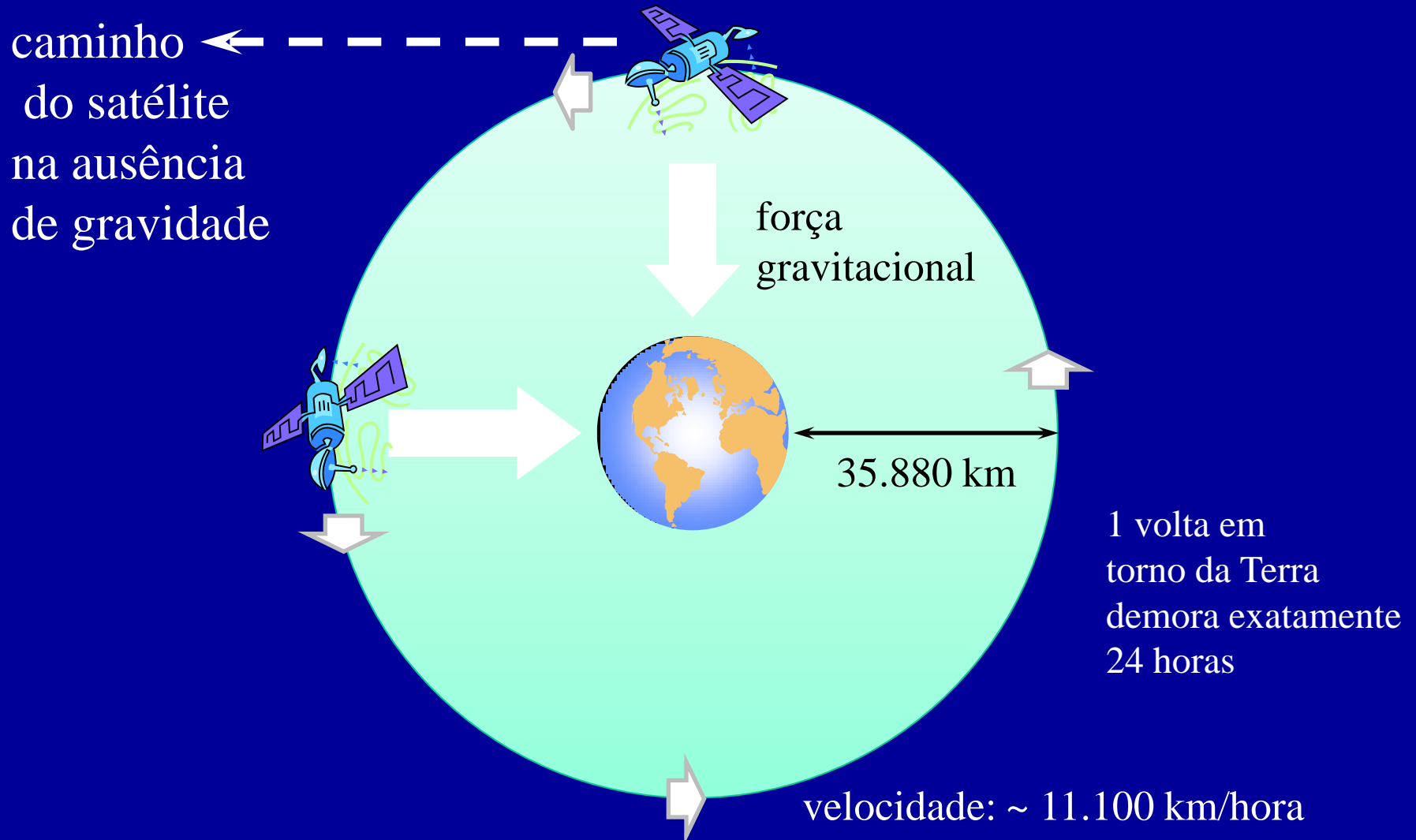


- Colaboração com a Universidade de Sidney no âmbito do Projeto Giga (CPqD/RNP):
- “Desenvolvimento de Compensadores de Dispersão e Amplificadores Ópticos para
- Sistemas de 10Gb/s Utilizando Fibras Ópticas Microestruturadas”

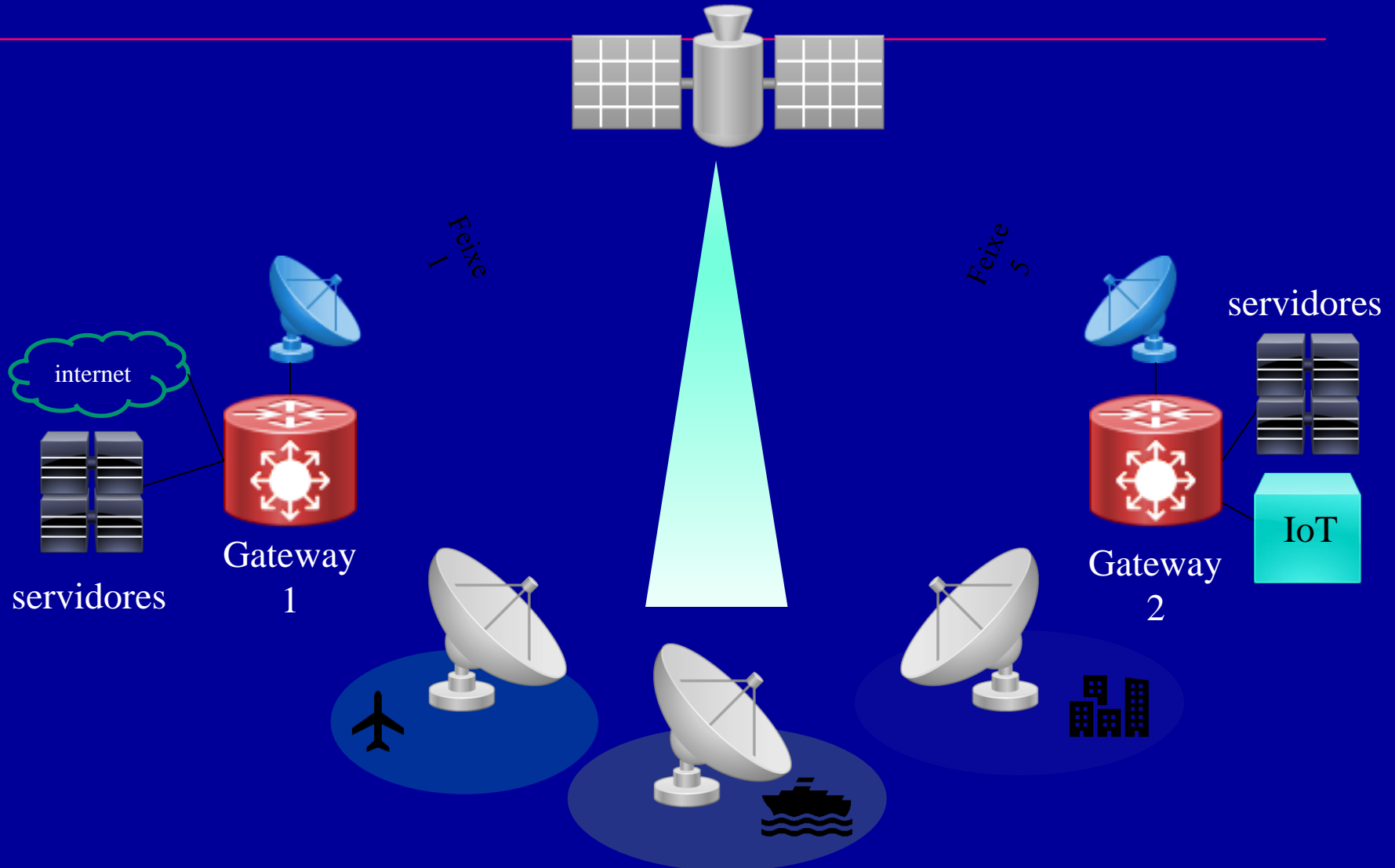
COMUNICAÇÕES VIA SATÉLITE



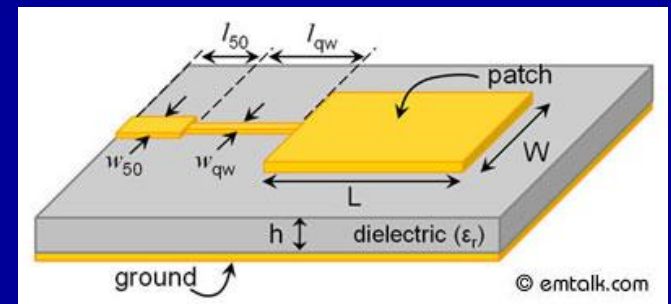
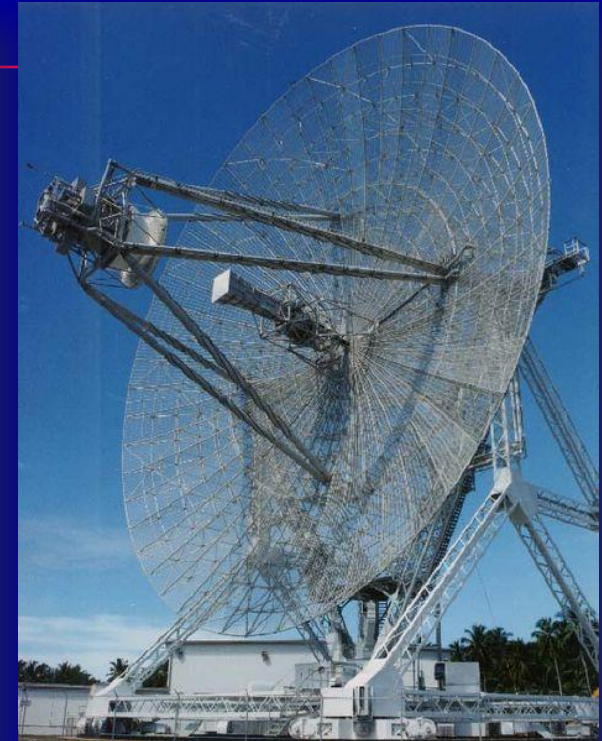
Órbita de satélite geoestacionário



Gateway: exemplo de enlace satélite



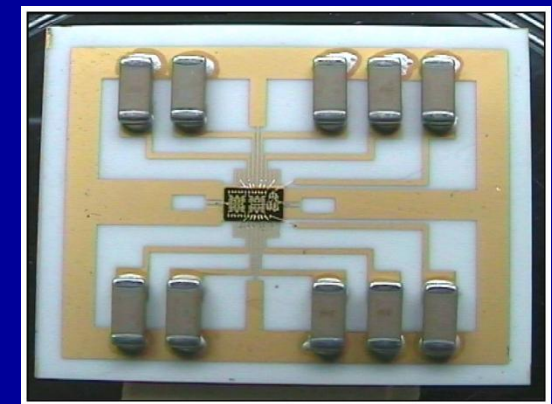
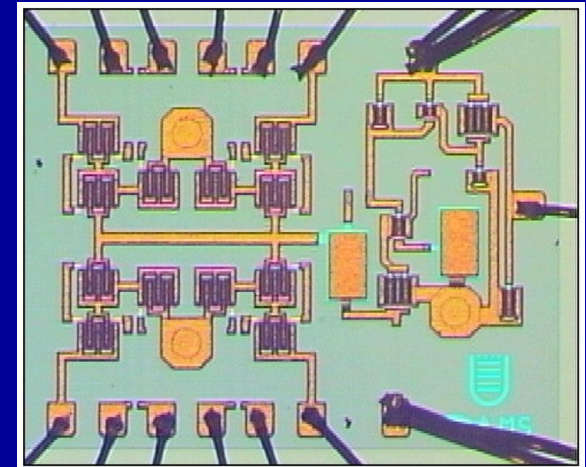
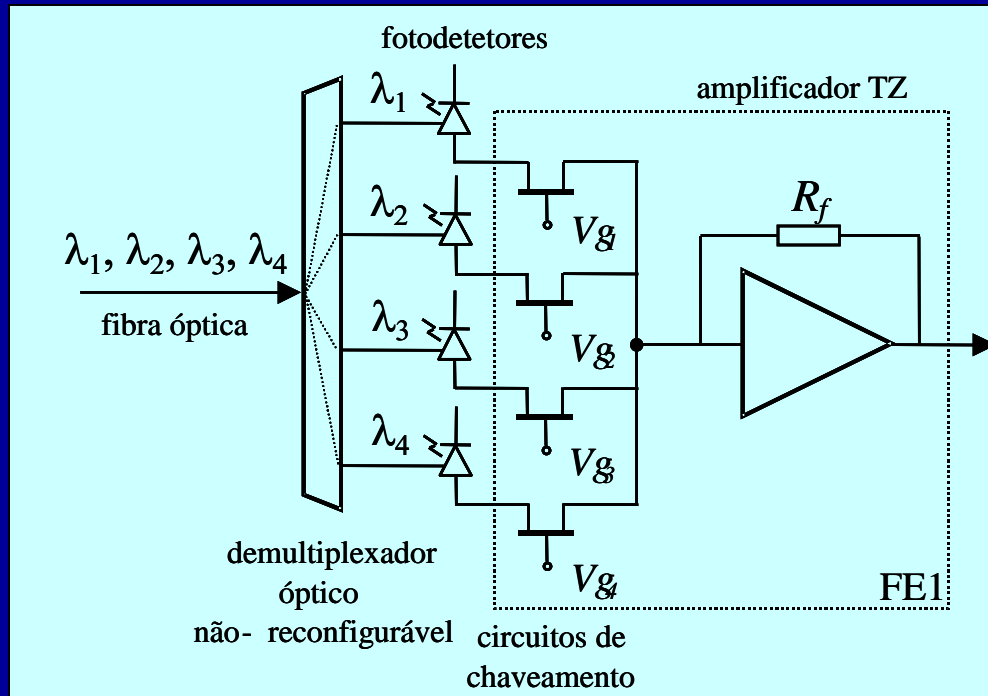
Antenas



ENGENHARIA DE MICROONDAS



Receptor Óptico Integrado

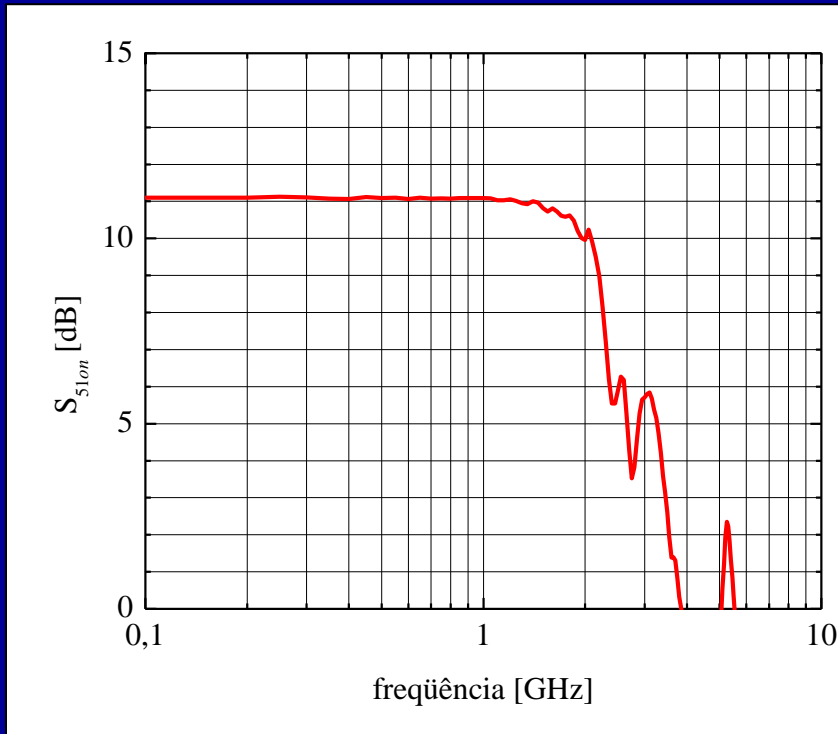


Receptor Óptico Proposto

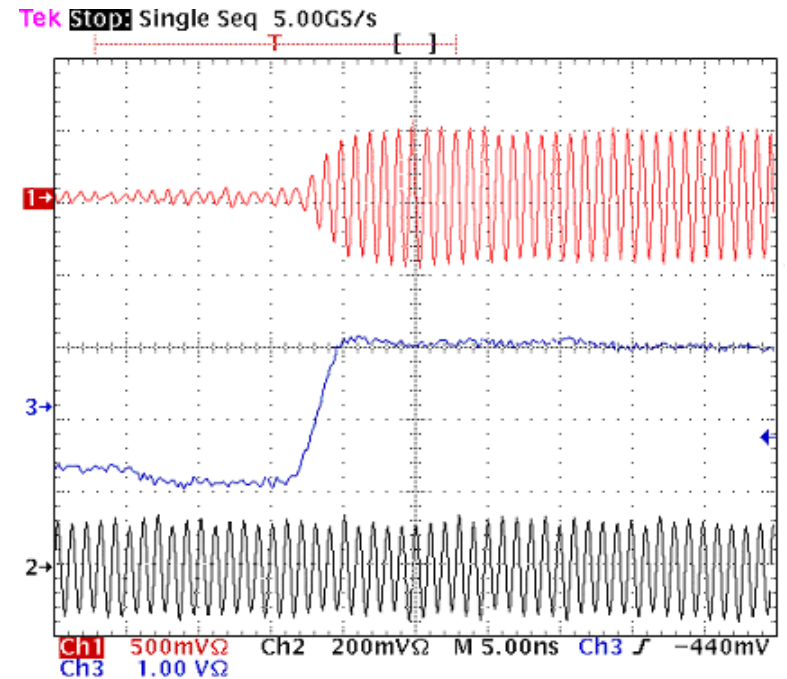
Tese de Doutorado de S.K. Manfrin, encerrada, colaboração com a Univ. Roma, Tor Vergata

Implementação FE₁

Resultados



Resposta em Frequência



Canal 1, FE2: (Ch 1) saída chaveada, (Ch 2) sinal de entrada de 1 GHz e (Ch 3) sinal de controle de aproximadamente 10 MHz. Base de tempo do osciloscópio de 5 ns/div.

CONTATO

Prof. Dr. Murilo A. Romero
Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Av. Dr. Carlos Botelho 1465
São Carlos - SP - 13564-250

Endereço Eletrônico: murilo.romero@usp.br
Telefone: (16) 3373-8140