

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



José Afonso Cosmo Júnior

**Métodos para a Avaliação da
Eficiência de Utilização do Espectro
Radioelétrico**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Luiz Alencar Reis da Silva Mello

Rio de Janeiro

Abril de 2006



José Afonso Cosmo Júnior

**Métodos para a Avaliação da
Eficiência de Utilização do Espectro
Radioelétrico**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Luiz Alencar Reis da Silva Mello
Orientador

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

Profa. Marlene Sabino Santos

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

Prof. Erasmus Couto Brazil de Miranda
UCP

Prof. Rodolfo Sabóia Lima de Souza

Centro de Estudos em Telecomunicações - PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro
Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 03 de abril de 2006

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

José Afonso Cosmo Júnior

Graduou-se em Engenharia Elétrica, ênfase em Telecomunicações, pela Universidade Federal de Goiás, em 1998. Trabalhou na Anatel, na fiscalização de serviços de telecomunicações e na regulamentação de condições de uso de faixas de radiofrequências. Coordenou a elaboração do regulamento sobre limitação da exposição humana à radiação não-ionizante. Participa das Comissões de Estudos 1 (Administração de Espectro) e 3 (Radiopropagação) do Setor de Radiocomunicações da UIT, desde 1998. Foi vice-coordenador da Comissão Brasileira de Comunicações 10 (Propagação e Administração de Espectro) e relator dos grupos 1A, 3K e JGRes9. É Gerente de Negócios da WiNGS Telecom.

Ficha Catalográfica

Cosmo Júnior, José Afonso

Métodos para a avaliação da eficiência de utilização do espectro radioelétrico / José Afonso Cosmo Júnior ; orientador: Luiz Alencar Reis da Silva Mello. Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Engenharia Elétrica, 2006.

150 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia Elétrica – Teses. 2. Uso eficiente do espectro. 3. Sistemas de telecomunicações. 4. Uso eficiente de radiofrequências. 5. Método de avaliação de sistemas. 6. Método de avaliação de uso eficiente. I. Mello, Luiz Alencar Reis da Silva. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título.

CDD: 621.3

Aos meus pais, José Afonso e Italita, meus avós, Marcolino e Iraci, minha irmã, Melissa, e noiva, Leidiani, por sempre acreditarem e apoiarem a elaboração e conclusão deste trabalho.

Agradecimentos

Ao meu orientador Prof. Luiz Silva Mello pelo estímulo, paciência e confiança na criação de um método inovador.

Ao CNPq e à PUC-Rio pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido concluído.

Aos meus amigos Marcio Rodrigues, Carlos Rodriguez (com "z"), Henrique e Luiz Henrique pela importante contribuição ao trabalho e pelo estímulo para que ele fosse concluído.

Aos meus pais, pela educação e amor incondicional.

À minha noiva, Leidiani, pela paciência nos momentos de ausência, dedicação e apoio para enfrentar as situações mais complicadas.

Aos amigos da WiNGS Telecom e do CETUC pelo apoio, companheirismo e confiança.

Aos professores que participaram da comissão examinadora.

A todos os amigos e familiares que de alguma forma contribuíram com a minha formação e me apoiaram para que pudesse alcançar este título.

Resumo

Afonso Cosmo Júnior, José. **Métodos para a avaliação da eficiência de utilização do espectro radioelétrico**. Rio de Janeiro, 2006. 150 p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Nesta dissertação é proposto um novo método para a avaliação da eficiência de uso do espectro a ser aplicado para os sistemas de telecomunicações ponto-área, incluindo radiodifusão, e ponto-a-ponto. A definição proposta para o índice de eficiência é baseada nos aspectos técnicos, mas outros aspectos que podem influenciar na determinação da eficiência dos sistemas de telecomunicações, como os econômicos, sociais, políticos e estratégicos também são discutidos. O método é testado com dados reais de sistemas disponibilizados pela Anatel e no sítio dos prestadores de serviços de telecomunicações no Brasil. É muito importante avaliar a eficiência dos sistemas de telecomunicações, pois sendo o espectro de radiofrequências um recurso limitado, pela tecnologia e capacidade de gerenciamento, a introdução de novos serviços de telecomunicações somente será possível com a substituição, pela realocação ou extinção, de determinadas aplicações menos eficientes. Apesar da regulamentação nacional e internacional constantemente referir-se à importância do uso eficiente das faixas de frequências, não existe um método harmonizado de avaliação, o que impede a verificação deste aspecto pelos órgãos reguladores. As novas tecnologias e as oportunidades de desenvolvimento social que elas proporcionam demonstram a necessidade da boa gerência do espectro de radiofrequências e de que cada uma de suas porções seja utilizada de forma eficiente e adequada a cada tipo de aplicação.

Palavras-chave

Uso eficiente do espectro; Sistemas de telecomunicações; Uso eficiente de radiofrequências; Método de avaliação de sistemas; Método de avaliação de uso eficiente.

Abstract

Afonso Cosmo Júnior, José. **Methods for assessment of the radio spectrum use efficiency.** Rio de Janeiro, 2006. 150 p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In this work a new method for the assessment of the spectrum use efficiency is proposed to be applied to point-area, including broadcasting, and point-to-point telecommunications systems. The proposed definition of the efficiency index is based in technical aspects, but other subjects that affect the determination of a telecommunications system efficiency, as economics, social, political and strategic issues are also discussed. The method is tested with data of real systems available from the Brazilian Regulatory Agency (Anatel) and at the telecommunications service providers web sites. It is very important to assess the telecommunications systems efficiency, because being the radio spectrum a scarce resource, limited by technology and management capacity, the introduction of new telecommunications services will only be possible by replacement, refarming or suppression of some less efficient applications. Despite national and international regulations usually refers to the importance of efficient use of the frequency bands, there is no harmonized assessment method to be applied and verified by the regulators. The new technologies and the opportunities for social development provided by them, bring to the light the need for a good radio spectrum management and how each part of it must be used efficiently and assigned properly for each type of application or telecommunications service.

Keywords

Spectrum efficient use; Telecommunication systems; Radio frequency efficient use; Methods for systems assessment; Method for efficient use assessment.

Sumário

1 . Introdução	20
1.1. Escopo da dissertação	21
1.2. Organização da dissertação	21
2 . Importância da avaliação da utilização do espectro	23
2.1. Aspectos econômicos, sociais, políticos e estratégicos	24
2.1.1. Conceito de eficiência por Burns	25
2.1.1.1. Eficiência técnica	26
2.1.1.2. Eficiência econômica	26
2.1.1.3. Eficiência funcional	27
2.1.1.4. Eficiência funcional de sistemas móveis	27
2.1.1.5. Comentários sobre a eficiência por Burns	28
2.1.2. Diretrizes da Comunidade Européia para utilização do espectro	29
2.1.2.1. Contexto: importância econômica e política do espectro de radiofrequências	30
2.1.2.2. Objetivos e questões chave: interesses no contexto da utilização do espectro de radiofrequências	30
2.1.2.3. Fatores de mudança: o contexto evolutivo da política de espectro de radiofrequências	32
2.1.2.4. Política de utilização do espectro de radiofrequências	33
2.1.2.5. Políticas de destinação, mercado e concorrência	34
2.1.3. Estudos da FCC	35
2.1.3.1. Eficiência para sistemas de comunicações	35
2.1.3.2. Eficiência de espectro	36
2.1.3.3. Eficiência técnica	36
2.1.3.4. Eficiência econômica	37
2.1.3.5. Discussão dos tipos de eficiência	38
2.1.3.6. Comentários de economistas à consulta da FCC	39
2.2. Eficiência de uso e gerência do espectro	40

2.3. Eficiência de uso e licenciamento	41
2.4. Eficiência de uso e preço do espectro	41
2.4.1. Mecanismos de Mercado para Gerência de Espectro	42
2.4.2. Regulamentação da Anatel	44
3 . Monitoração	46
3.1. Monitoração no Brasil	46
3.2. Sistema de monitoração – <i>Industry Canada</i>	47
3.2.1. Índice de saturação do espectro	47
3.2.2. Procedimento para a avaliação da saturação do espectro	48
3.2.2.1. Largura de Faixa (B)	48
3.2.2.2. Espaço geométrico (S)	48
3.2.2.3. Exclusividade (tempo negado)	49
3.2.2.4. Cálculo da Saturação do Espectro	50
3.2.3. Resultados para o índice de saturação	51
4 . Indicadores absolutos e relativos	52
4.1. Indicadores absolutos de eficiência	52
4.1.1. Indicadores da UIT para o uso eficiente do espectro	53
4.1.1.1. Conceito de utilização do espectro	53
4.1.1.2. Conceito de espaço espectral negado	54
4.1.1.3. Espaço geométrico negado	54
4.1.1.4. Faixa de freqüências negada	55
4.1.1.5. Tempo negado	55
4.1.1.6. Eficiência de utilização do espectro	55
4.1.2. Outros indicadores	56
4.1.2.1. NTIA	57
4.1.2.1.1. Definições alternativas para quantidade de informação transmitida	57
4.1.2.1.2. Considerações sobre a dimensão geométrica do uso do espectro	60
4.1.2.1.3. Outros fatores que influenciam a eficiência de uso do espectro	60
4.1.2.2. IEEE 802 – Eficiência de sistemas de acesso sem fio	62
4.2. Índices de eficiência relativa	64

4.2.1. Eficiência espectral relativa	64
4.2.2. Índice de qualidade espectral	67
5 . Método técnico para avaliação da eficiência de uso do espectro	69
5.1. Sistemas ponto-a-ponto	69
5.1.1. Quantidade de informação transferida	69
5.1.1.1. Informação transmitida (M) em sistemas analógicos	70
5.1.1.2. Informação transmitida (M) em sistemas digitais	70
5.1.2. Largura de faixa de frequências	71
5.1.3. Tempo	72
5.1.4. Espaço geométrico	72
5.1.4.1. Espaço geométrico negado pelo transmissor	73
5.1.4.2. Espaço geométrico negado pelo receptor	80
5.2. Sistemas ponto-área	83
5.2.1. Cálculo da eficiência de uso do espectro para sistemas celulares	83
5.2.1.1. Determinação da capacidade ocupada	83
5.2.1.2. Determinação da área de cobertura	84
5.2.1.3. Estimativa da EUE para sistemas celulares FDMA e TDMA	86
5.2.1.4. Estimativa da EUE para sistemas celulares CDMA	88
5.2.2. Cálculo da EUE para sistemas troncalizados	89
5.2.3. Sistemas ponto-multiponto	90
5.2.3.1. Definição da EUE para sistemas ponto-multiponto	90
5.2.3.2. Cálculo da área geométrica negada	91
5.3. Sistemas de radiodifusão	91
5.3.1. Quantidade de informação transferida (M)	92
5.3.1.1. Qualidade da programação	93
5.3.1.2. Número de canais	95
5.3.1.3. Audiência	95
5.3.1.4. Densidade de receptores	97
5.3.2. Área de cobertura e área negada	98
5.3.3. Largura de faixa de frequências (B)	105
5.3.4. Tempo (T)	106
5.3.5. Sistemas digitais de radiodifusão	107

5.3.6. Cálculo da EUE	108
5.4. Comparação entre diferentes sistemas	108
6 . Aplicação do método de avaliação da eficiência de uso do espectro	112
6.1. Aplicação dos indicadores de EUE a sistemas ponto-área	112
6.1.1. Indicadores de EUE para sistemas ponto-área	112
6.1.2. Sistema D-AMPS	115
6.1.3. Sistema AMPS	116
6.1.4. Sistemas GSM	118
6.1.5. Sistemas CDMA (IS-95)	119
6.2. Aplicação dos indicadores de EUE a sistemas ponto-a-ponto	120
6.2.1. Cálculo da EUE para sistemas ponto-a-ponto	120
6.2.1.1. Canalização e capacidade	122
6.2.1.1.1. Taxas de transmissão	122
6.2.1.1.2. Fatores de sobrecarga, f_{sc}	123
6.2.1.1.3. Número de canais de voz	124
6.2.1.1.4. Faixas de frequências, B	125
6.2.1.2. Características sistêmicas e de rádio-transceptores	125
6.2.1.2.1. Sensibilidade	126
6.2.1.2.2. Atenuação no circuito de alimentação e recepção	127
6.2.1.2.3. Margem mínima, M_m	127
6.2.1.2.4. Comprimentos mínimos para o enlace de referência	128
6.2.1.3. Máscaras de diagrama de radiação e ganhos	129
6.2.2. Exemplo de cálculo da EUE	129
6.3. Aplicação dos indicadores de EUE para sistemas de radiodifusão	133
6.3.1. Sistemas de radiodifusão em FM	133
6.3.2. Sistemas de radiodifusão de TV	138
6.3.3. Sistemas de radiodifusão de TV digital	142
7 . Conclusão e Sugestões	145
8 . Referências bibliográficas	148

Lista de figuras

Figura 1. Componentes da eficiência de uso do espectro	25
Figura 2. Grade hexagonal para cálculo da saturação do espectro	49
Figura 3. Saturação do espectro na região de Montreal	51
Figura 4. Relação entre qualidade e capacidade de sistemas	66
Figura 5. Situações de interferência entre estações fixas.	75
Figura 6. Representação dos contornos protegido e interferente	101

Lista de tabelas

Tabela 1. <i>Consumer surplus</i> para sistemas GSM e PMR	28
Tabela 2. Exclusividade em cálculos de consumo de espectro	50
Tabela 3. Faixas de frequências para o cálculo do índice de saturação	51
Tabela 4. Exemplo de índice de audiência	96
Tabela 5. Classificação das estações para requisitos máximos	102
Tabela 6. Largura de faixa e regulamentação para radiodifusão	105
Tabela 7. Parâmetros de referência para sistemas celulares (D-AMPS)	115
Tabela 8. Parâmetros do sistema celular D-AMPS	116
Tabela 9. EUE para o sistema D-AMPS	116
Tabela 10. Características típicas de equipamento AMPS	117
Tabela 11. Parâmetros do sistema AMPS típico	117
Tabela 12. EUE para o sistema AMPS típico	117
Tabela 13. Características típicas de equipamento GSM	118
Tabela 14. Parâmetros do sistema GSM típico	118
Tabela 15. EUE para o sistema GSM típico	119
Tabela 16. Parâmetros típicos do sistema CDMA IS 95	119
Tabela 17. EUE para o sistema CDMA típico	120
Tabela 18. Taxas de transmissão	122
Tabela 19. Fatores de sobrecarga (<i>overhead</i>)	124
Tabela 20. Número de canais de voz para sistemas analógicos	124
Tabela 21. Largura de faixa de frequências ocupada	125
Tabela 22. Valores de sensibilidade de receptor	127
Tabela 23. Comprimentos mínimos de enlace	128
Tabela 24. Ganhos típicos de antenas	129
Tabela 25. Taxas de transmissão bruta e fatores de sobrecarga f_{SC}	130
Tabela 26. Taxas de transmissão líquida, M , distâncias de transmissão da informação, D , e largura de faixas de frequências, B	130
Tabela 27. Abertura angular, θ	130
Tabela 28. Frequências centrais e parâmetros de sistema radiante	130
Tabela 29. Ganhos de transmissão, segundo aberturas angulares θ	131

Tabela 30. Valores de l_{eq}	131
Tabela 31. Parâmetros de degradação	131
Tabela 32. Parâmetros de interferência e raio de setores circulares	132
Tabela 33. Áreas dos setores circulares e somatório de áreas	132
Tabela 34. Eficiência de utilização do espectro	132
Tabela 35. Parâmetros para sistemas FM	133
Tabela 36. Parâmetros para a antena do sistema FM	134
Tabela 37. Diagrama de radiação e de elevação para a antena de FM	134
Tabela 38. Valores das variáveis para cálculo de M	135
Tabela 39. Penetração de receptores de radiodifusão sonora FM	136
Tabela 40. Dados sobre a cidade de Brasília	136
Tabela 41. Contornos de serviço	137
Tabela 42. Dados de projeto	137
Tabela 43. Parâmetros para sistemas de TV	139
Tabela 44. Parâmetros para a antena do sistema de TV	139
Tabela 45. Valores para cálculo de M	140
Tabela 46. Penetração de receptores de radiodifusão de TV	141
Tabela 47. Valores de intensidade de campo nos contornos de serviço	142
Tabela 48. Parâmetros para sistemas de TV digital	143
Tabela 49. Relações de proteção	144

Abreviaturas e Siglas

3G: 3ª (terceira) geração do Serviço Móvel Pessoal/Celular.

AM: Modulação em Amplitude ou Amplitude Modulada (*Amplitude Modulation*); Modalidade do Serviço de Radiodifusão Sonora que opera nas faixas entre 525 kHz a 1705 kHz, 2300 kHz a 2495 kHz, 3200 kHz a 3400 kHz, 4750 kHz a 4995 kHz, 5005 kHz a 5060 kHz, 5950 kHz a 6200 kHz, 9500 kHz a 9775 kHz, 11700 kHz a 11975 kHz, 15100 kHz a 15450 kHz, 17700 kHz a 17900 kHz, 21450 kHz a 21750 kHz e 25600 kHz a 26100 kHz.

Anatel: Agência Nacional de Telecomunicações; Tem a função de regulamentar, fiscalizar, regular o mercado e executar as políticas públicas relacionadas às telecomunicações no Brasil.

ATSC: *Advanced Television System Committee*; Padrão norte-americano de TV Digital.

C/I: Relação entre a Portadora (*Carrier*) e a Interferência.

CDMA: *Code Division Multiple Access*; Acesso Múltiplo por Divisão de Código. Padrão IS-95 definido pela EIA/TIA.

CEPT: *Conference of Postal and Telecommunications Administrations*; Organismo europeu de coordenação das organizações postais e de telecomunicações.

COFDM: *Coded Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*; Método de modulação digital.

Cost231-Hata: Grupo de trabalho do Comitê Europeu de Cooperação para a Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Técnico (*European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research*) dedicado ao desenvolvimento de modelos de propagação para comunicações móveis.

D-AMPS: *Digital Advanced Mobile Phone System*; Padrão de 2ª Geração do Serviço Móvel Pessoal/Celular, também conhecido como TDMA (Padrão IS-136, definido pela EIA/TIA).

DVB-T: *Digital Video Broadcasting – Terrestrial*; Padrão para transmissão

de TV digital terrestre definido pelo consórcio DVB.

E1: Unidade básica do sistema E-Carrier (E-Portadora) padronizado pela CEPT; Sua taxa de bits é de 2,048 Mbit/s.

CPqD: Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações localizado em Campinas-SP.

EIA: *Electronics Industries Association*; Associação da Indústria Eletrônica dos Estados Unidos da América.

e.i.r.p.: *Effective isotropically-radiated power*; potência efetiva isotropicamente radiada.

ERB: Estação Rádio Base.

FCC: *Federal Communications Commission*; Comissão Federal de Comunicações dos Estados Unidos da América.

FDMA: Frequency Division Multiple Access; Acesso Múltiplo por Divisão de Freqüência.

FEC: *Forward Error Correction*; Sistema de controle de erros para transmissão de dados.

FI: Freqüência Intermediária; É a freqüência resultante do batimento da freqüência sintonizada juntamente com a do oscilador local.

FM: Modulação em Freqüência ou Freqüência Modulada (*Frequency Modulation*); Modalidade do Serviço de Radiodifusão Sonora que opera na faixa entre 87,8 MHz a 108 MHz.

GSM: *Global System for Mobile Communication*; Sistema Global de Comunicações Móveis; Padrão definido pela *GSM Association*. Atualmente é o padrão mais utilizado no mundo para o Serviço Móvel Pessoal/Celular.

G.O.S.: *Grade of Service*; Grau de Serviço.

HF: *High Frequency*; Alta Freqüência; Porção do espectro radioelétrico compreendida entre 3 MHz e 30 MHz (comprimento de onda entre 100 m e 10 m); Caracterizam-se por ter grande alcance geográfico.

HMM: Hora de Maior Movimento; Período de 60 (sessenta) minutos consecutivos, durante o dia, em que o volume de tráfego é máximo.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do Governo Federal.

IEEE 802: Grupo do *Institute of Electrical and Electronics Engineers*

(Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos) dos Estados Unidos da América, responsável pelo desenvolvimento de padrões referentes às redes de dados locais e metropolitanas.

ISDB-T: *Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial*; O Serviço Digital de Radiodifusão Digital Terrestre é o padrão de TV digital japonês.

MEC: Ministério da Educação e Cultura do Governo Federal.

NTIA: *National Telecommunications and Information Administration*; Administração Nacional de Telecomunicações e Informação dos Estados Unidos da América.

PDH: Hierarquia Digital Plesiócrona (*Plesiochronous Digital Hierarchy*); Padrão desenvolvido pela UIT para comunicação de sinais digitais.

PMR: *Private Mobile Radio*; Serviço Móvel Privativo.

PPDUR: Preço Público pelo Direito de Uso de Radiofrequências; Definido pelo Regulamento aprovado pela Resolução n.º 387, de 3 de novembro de 2004.

PSK: *Phase-Shift Keying*; Técnica de modulação digital.

QAM: Modulação de Amplitude em Quadratura (*Quadrature Amplitude Modulation*).

Rec. BS: Recomendações da série *Broadcasting Service* (Serviço de Radiodifusão) do Setor de Radiocomunicações da União Internacional de Telecomunicações.

Rec. BT: Recomendações da série *Broadcasting Service - Television* (Serviço de Radiodifusão - Televisão) do Setor de Radiocomunicações da União Internacional de Telecomunicações.

Rec. P: Recomendações da série *Propagation* (Propagação) do Setor de Radiocomunicações da União Internacional de Telecomunicações.

Rec. SM: Recomendações da série *Spectrum Management* (Gerência de Espectro) do Setor de Radiocomunicações da União Internacional de Telecomunicações.

S/I: Relação entre o Sinal e a Interferência.

SDH: Hierarquia Digital Síncrona (*Synchronous Digital Hierarchy*); Padrão desenvolvido pela UIT para comunicação de sinais digitais (G.707 e G.708).

SDTV: *Standard-Definition Television*; Sistema de televisão que cumpre os requisitos do padrão de TV digital, porém não considera alta definição de imagem.

SGME: Sistema de Gestão e Monitoração do Espectro da Anatel.

SITAR: Sistema de Informações Técnicas e Administrativas das Radiofrequências; Banco de dados da Anatel.

SMC: Serviço Móvel Celular.

SMP: Serviço Móvel Pessoal.

STM1: O Módulo de Transmissão Síncrona 1 (*Synchronous Transmission Module*) representa a taxa básica de transmissão da hierarquia SDH e a sua taxa de bits é de 155,52 Mbit/s.

TDMA: *Time Division Multiple Access*; Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo. Padrão IS-136 definido pela EIA/TIA, também conhecido como D-AMPS.

TIA: *Telecommunications Industry Association*; Associação da Indústria de Telecomunicações dos Estados Unidos da América.

TU: Terminal de Usuário.

TV: televisão; Serviço de Radiodifusão de Sons e Imagens.

UIT: União Internacional de Telecomunicações.

UIT-R: Setor de Radiocomunicações da União Internacional de Telecomunicações.

VSF: *Vestigial Side Band*; Modulação de faixa lateral vestigial.

Mais sábio do que esse homem eu sou; é bem provável que nenhum de nós saiba nada de bom, mas ele supõe saber alguma coisa e não sabe, enquanto eu, se não sei, tampouco suponho saber. Parece que sou um pouquinho mais sábio que ele justamente em não supor que saiba o que não sei.

Sócrates