

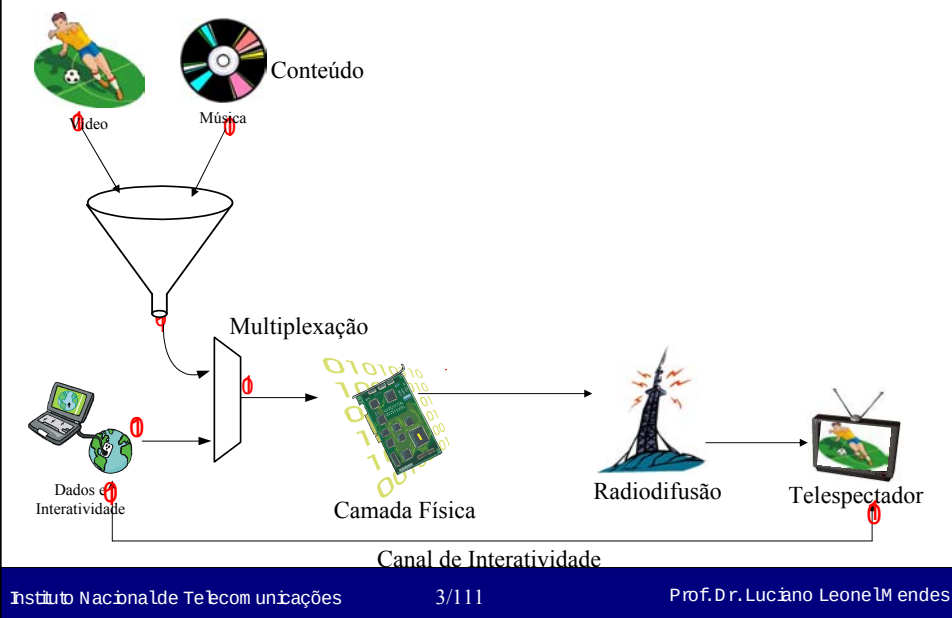
TV Digital – Fundamentos e o Padrão ISDB-T_B

Prof. Dr. Luciano Leonel Mendes

Agenda

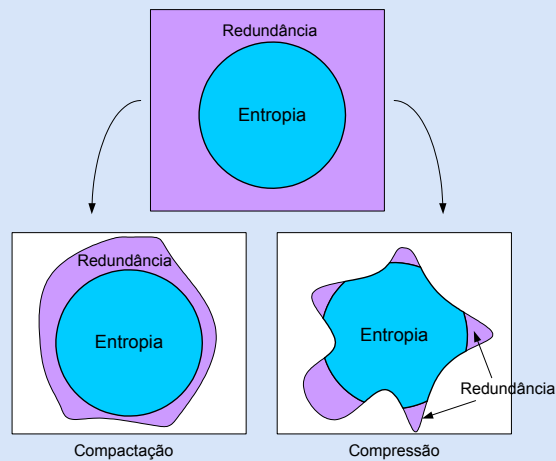
- Camadas de um padrão de TV Digital.
- Revisão sobre *Transport Stream* MPEG.
- Princípios da TV Digital.
- Arquitetura dos padrões de TV Digital.
- OFDM.
- Características do ISDB-T.
- Multiplexação e IIS.
- Negócios para a TV Móvel.
- Interatividade na TV Digital.

Camadas da TV Digital



MPEG

- Objetivo: reduzir as redundância, introduzindo distorções controladas na informação.



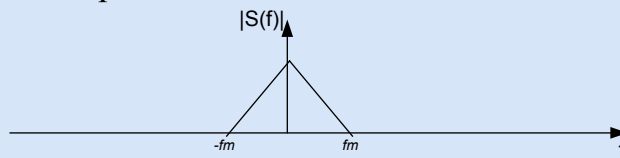
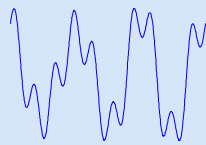
- Exemplo de compactação: amostragem.

Teorema de Nyquist: “Todo sinal analógico limitado em banda pode ser perfeitamente representada por suas amostras, desde que estas sejam tomadas a taxa de amostragem dada por

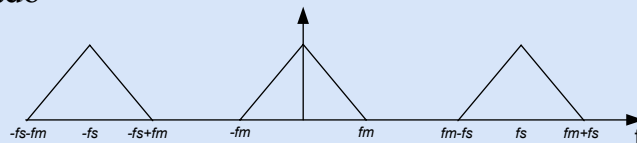
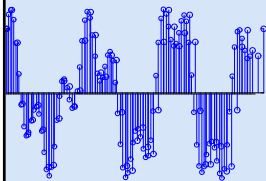
$$f_s \geq 2f_{max}$$

onde f_s é a frequência de amostragem e f_{max} é a máxima frequência do sinal analógico.”

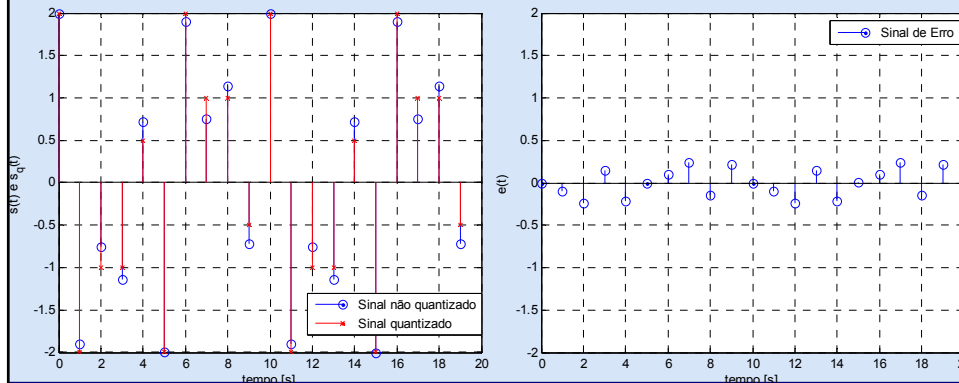
- Sinal limitado em frequência:



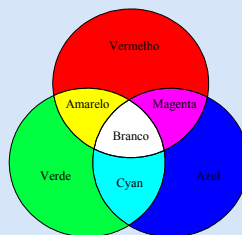
- Sinal Amostrado



- Exemplo de compressão: quantização.
- Ruído de quantização: erro introduzido pelo arredondamento das amostras que não pode ser removido.



- Representação do sinal de vídeo colorido: RGB



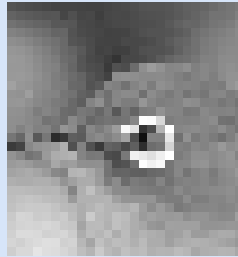
- Sinais de vídeo componente: criados para manter a retro-compatibilidade com as TV P&B, que utilizam apenas o sinal de luminância.

$$Y = 0,299R' + 0,587G' + 0,114B'$$

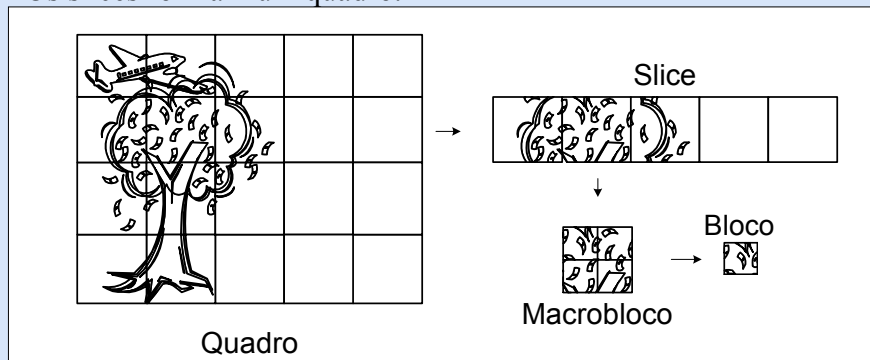
$$C1 = c_{11}R' + c_{12}G' + c_{13}B'$$

$$C2 = c_{21}R' + c_{22}G' + c_{23}B'$$

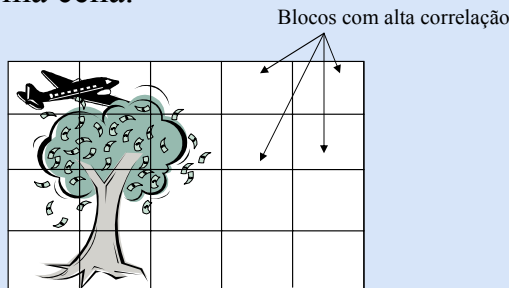
- Pixels: os sinais Y C_1 C_2 são amostrados, formando pontos na tela denominados de pixels.
- O pixel é a menor unidade da imagem. Cada componente do pixel é quantizada empregando 8 bits.
- O número total de bits para representar um pixel é 24 bits.



- Os pixels são organizados em blocos de 8x8 pixels, que é a unidade básica de tratamento do MPEG.
- Os blocos são organizados em macroblocos, formados por 4 blocos.
- Os macroblocos são organizados em linhas, chamadas de Slice.
- Os slices formam um quadro.

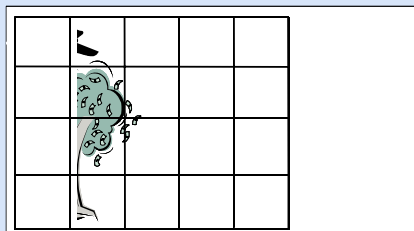


- Tipos de compressão: espacial e temporal.
- Compressão Espacial: reduzir as redundâncias entre as partes de uma mesma cena.

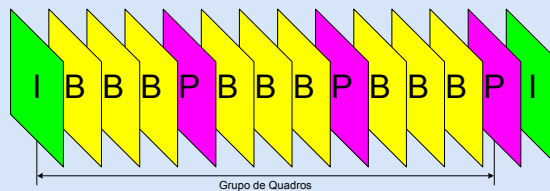


- Essa correlação é removida da cena empregando-se a Transformada Discreta de Fourier em Cossenos - DCT.

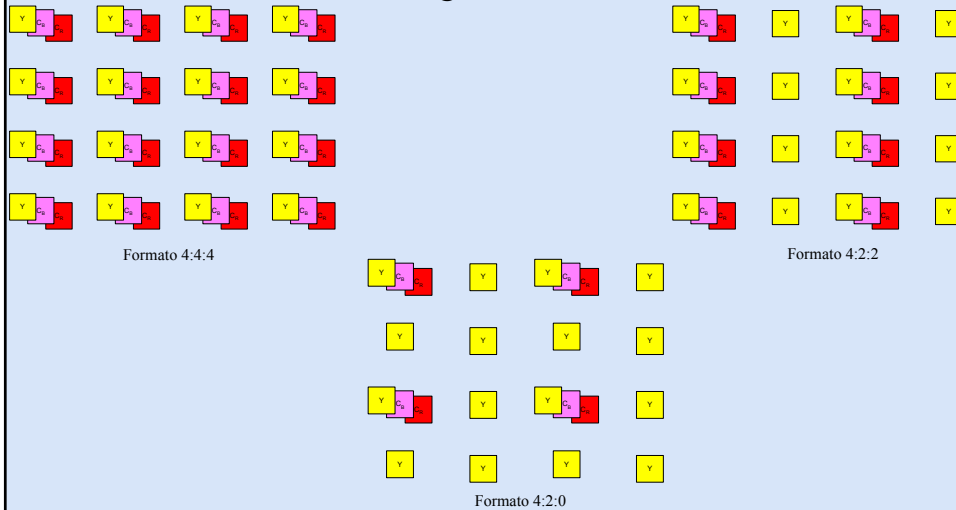
- Compressão temporal: reduzir as redundâncias entre as cenas sucessivas.



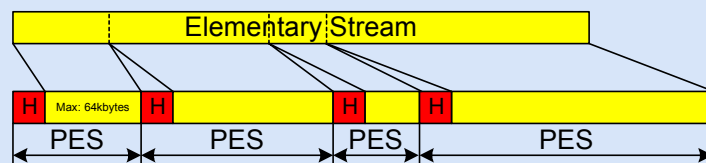
- GOP: Estrutura de quadros para realizar a compressão temporal.



- Formatos de sub-amostragem de cor.

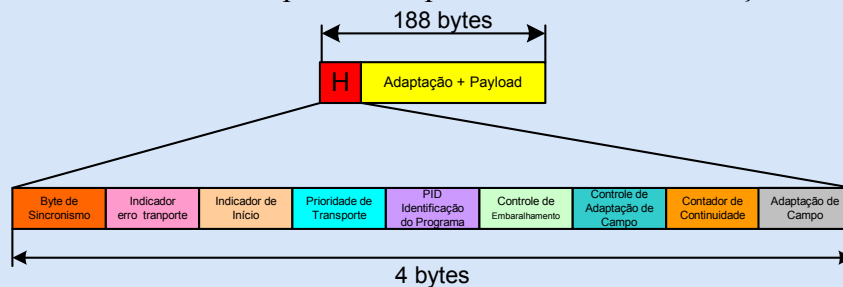


- *Elementary Stream* (ES): são os bits provenientes do codificador de áudio ou vídeo.
- *Packetized Elementary Stream* (PES): são pacotes de dados formados a partir dos ES's. Esses pacotes possuem tamanho variável, dependendo de como as informações são arranjadas em um determinado codificador.
- Por exemplo, um codificador pode colocar um quadro inteiro dentro de um pacote. Cada pacote possui um cabeçalho que traz a identificação do payload, informações de sincronismo, etc.



- Camadas de transporte: existem duas formas de enviar os dados de áudio e vídeo comprimidos para os usuários:
 - 1) *Program Stream* (PS): necessita de uma base de tempo comum e é recomendada para ambiente livre de erros.
 - 2) *Transport Stream* (TS): não necessita de base de tempo para transportar diversos programas distintos. É designado para o uso em canais ruidosos.
- O DVD utiliza o *Program Stream*, pois a mídia óptica pode ser considerada um meio confiável, onde a probabilidade de erro é baixa.
- Os sistemas de difusão (cabo, terrestre ou satélite) utilizam o *Transport Stream*, uma vez que todos esses meios são considerados canais ruidosos.

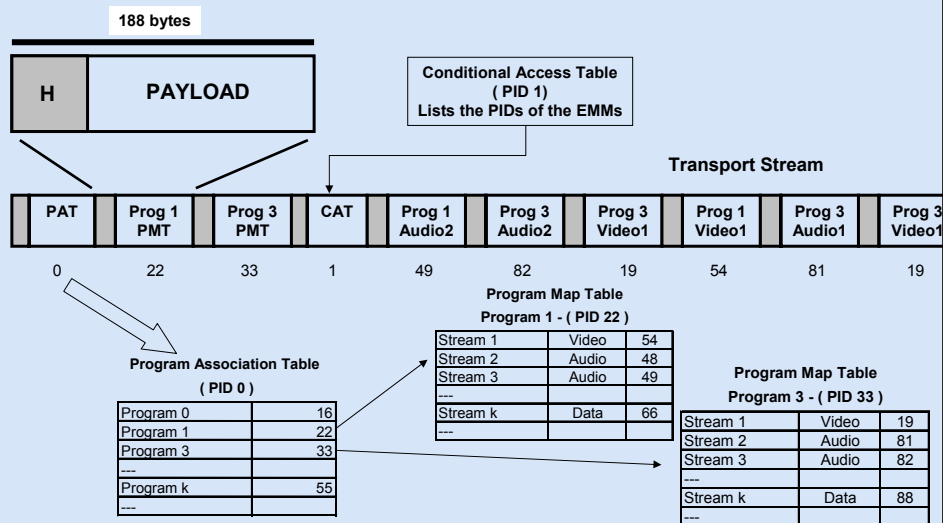
- TS: consiste em uma estrutura de multiplexação e transporte que permite a transmissão de diversos programas distintos em um meio não confiável.
- Emprega pacotes pequenos de 188 bytes, o que facilita o uso de códigos corretores de erro.
- O MPEG não define o código de correção de erro, uma vez que este parâmetro do sistema depende do tipo de canal de comunicação.



MPEG – Tabelas de Mux

- **PID: Program Identification** – é usado para identificar cada pacote de 188 bytes no fluxo do TS.
- **PMT: Program Map Table** – esta tabela lista todos os PID's associados a um programa específico, incluindo o vídeo, áudio principal, áudio secundário, dados, legendas, etc.
- **PAT: Program Association Table** – esta tabela carrega os PID's de todas as PMT's existentes no fluxo de dados do TS. A PAT possui sempre PID=0.
- **NIT: Network Identification Table** – tabela contendo os dados referentes ao radiodifusor.
- **CAT: Conditional Access Table** – tabela contendo informações referente ao acesso condicional. Somente os decodificadores habilitados com a chave de decodificação possuem acesso aos PID's apontados por esta tabela.

MPEG – Tabelas de Mux

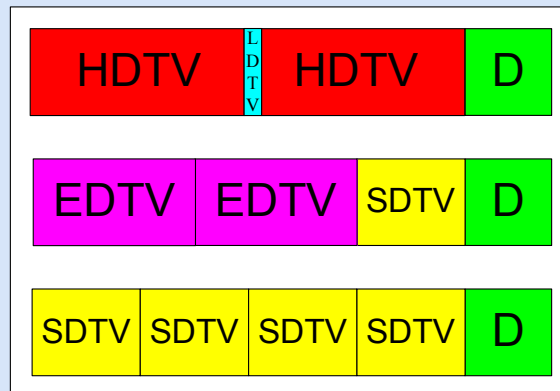


Resoluções da TV Digital

- SDTV- 4:3 e 640 x 480
- EDTV - 16:9 e 1280 x 720
- HDTV - 16:9 e 1920 x 1080
- LDTV- 4:3 e 320 x 240



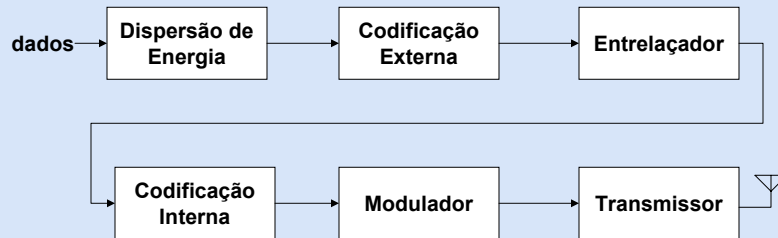
Resoluções da TV Digital



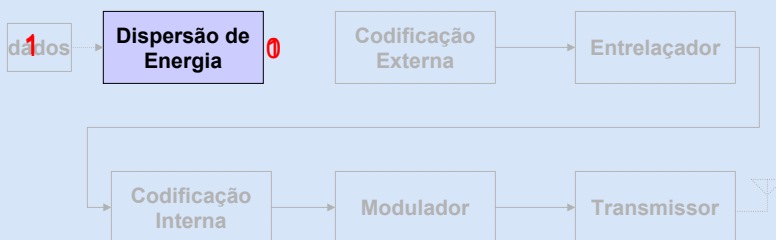
Algumas possíveis combinações de TV Digital na banda disponível

Arquitetura da TV Digital

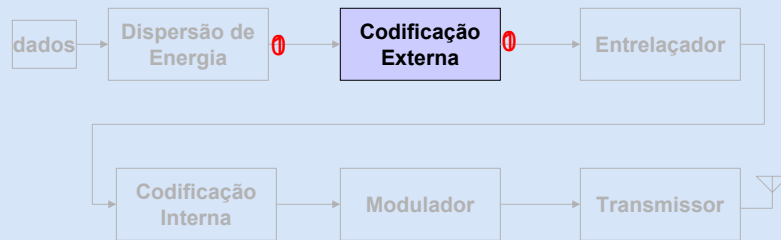
- A camada física é praticamente a mesma para todos os padrões.



Arquitetura da TV Digital



Função: aleatorizar os dados de entrada (pacotes MPEG-2).
O embaralhador realiza uma operação XOR dos bits de entrada com os bits de uma sequência pseudo-aleatória.



É realizada sobre cada pacote MPEG-2.
Emprega um codificador do tipo Reed-Solomon.
Esses codificadores trabalham com pacotes de M bytes, aos quais adicionam outros N bytes de paridade.

- Como funciona a codificação de canal?

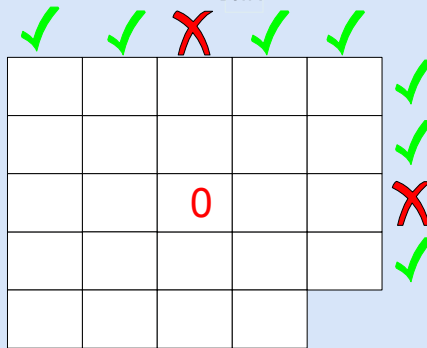
1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0

				0
				0
				0
				0
0	0	0	0	

Codificação de Canal

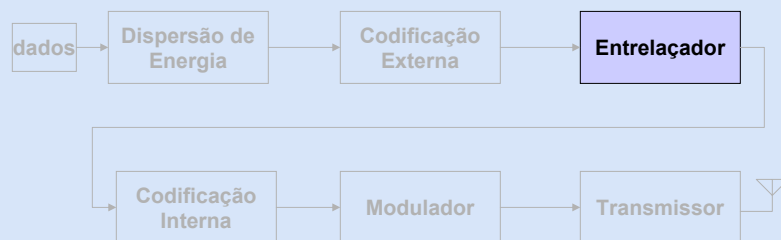
- Sequência transmitida

1 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0



1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0

Arquitetura da TV Digital



Função: quebrar longas cadeias de erros de transmissão – que não poderiam ser corrigidas pelos decodificadores.

Utiliza-se um entrelaçador de bytes do tipo convolucional. A característica desse circuito influenciará a capacidade do sistema de lidar com rajadas de erros provocadas por ruídos impulsivos no canal.

Sem Entrelaçador

Símbolos Transmitidos

S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Interferência

Símbolos Recebidos

S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Erros em rajada

Com Entrelaçador

Símbolos Transmitidos

S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Símbolos Entrelaçados

S2	S7	S5	S1	S6	S9	S4	S3	S8	S0
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Interferência

Símbolos Recebidos

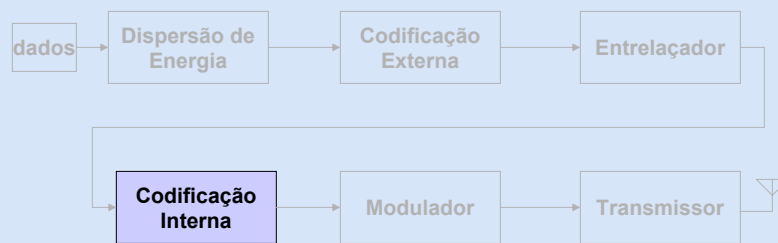
S2	S7	S5	S1	S6	S9	S4	S3	S8	S0
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Erros em rajada

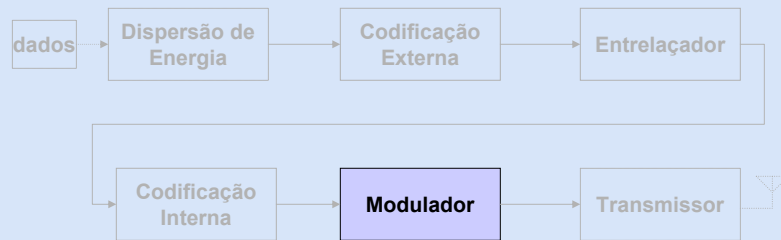
Símbolos desentrelaçados

S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

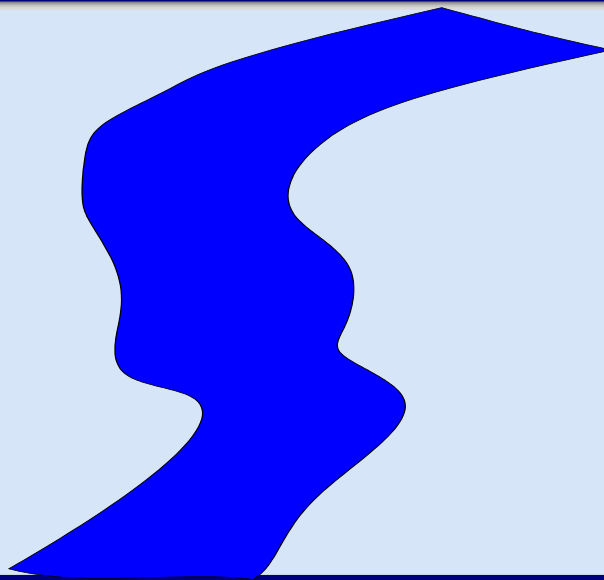
Erros dispersos



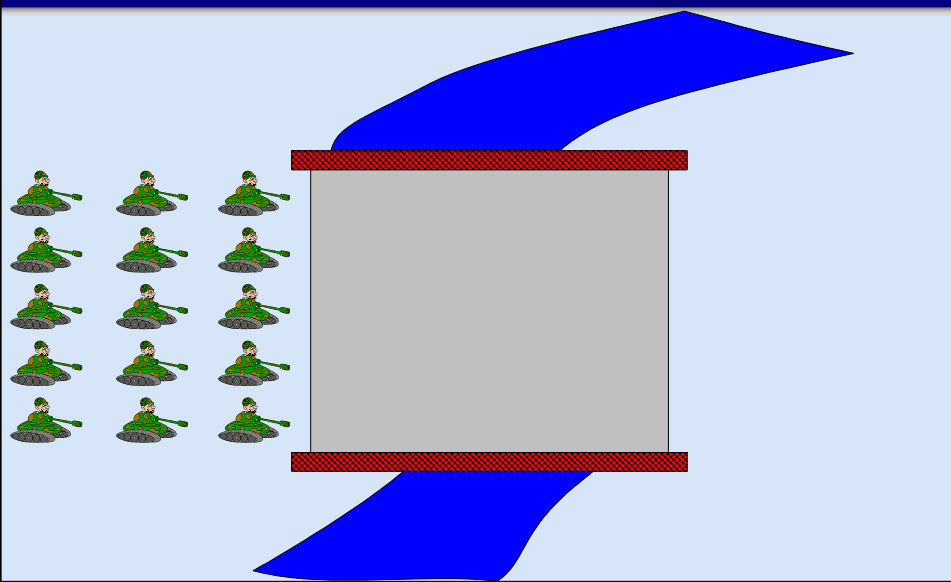
Utilizados para proteger os bits na transmissão – devido ao entrelaçador de dados não existe mais a noção de pacotes MPEG-2.
Os codificadores utilizados são em treliça – TCM (Trellis Coded Modulation), ou códigos em bloco (Block Code).



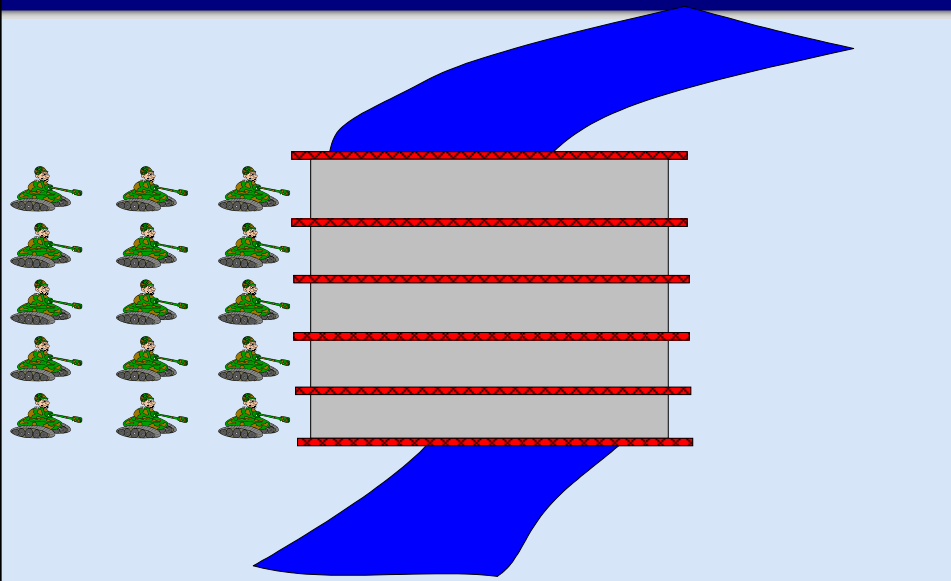
É a grande diferença entre os sistemas.
Modulação empregada na interface aérea: portadora única ou múltiplas portadoras.



Múltiplas ou apenas uma?



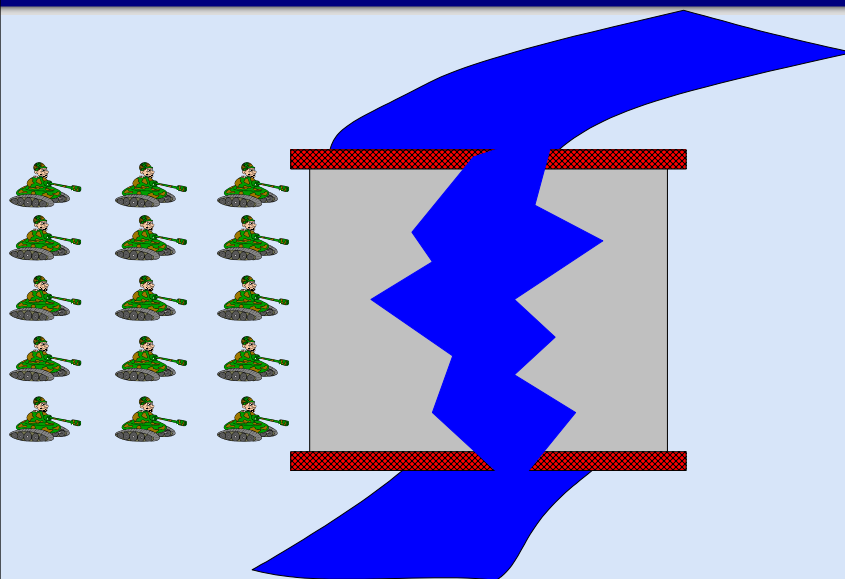
Múltiplas ou apenas uma?



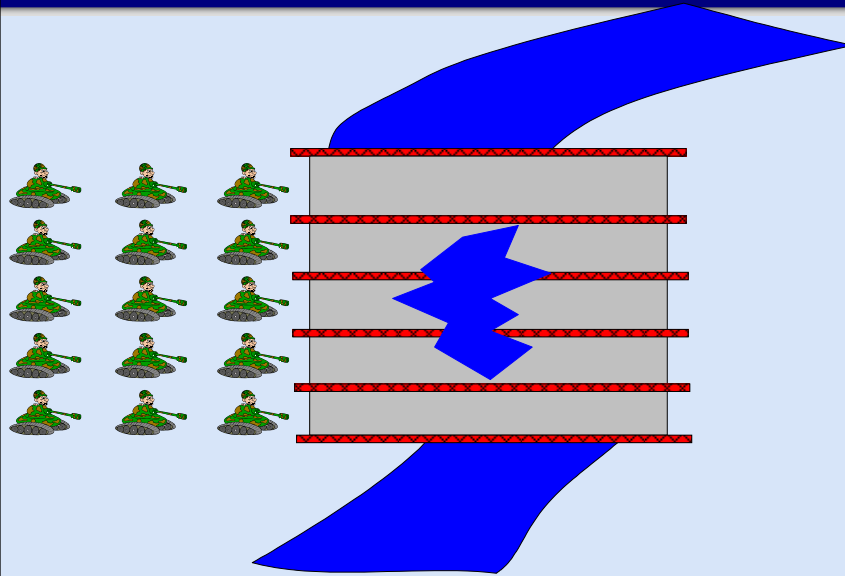
Múltiplas ou apenas uma?

- Qual é a melhor solução?
- Em tempos de paz, ambas as soluções são equivalentes!
- Mas o que acontece em tempos de guerra?

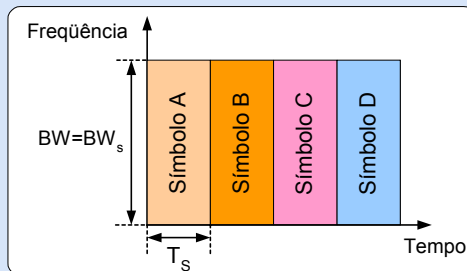
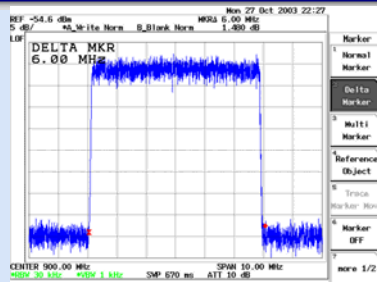
Múltiplas ou apenas uma?



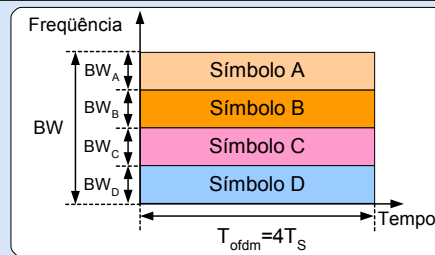
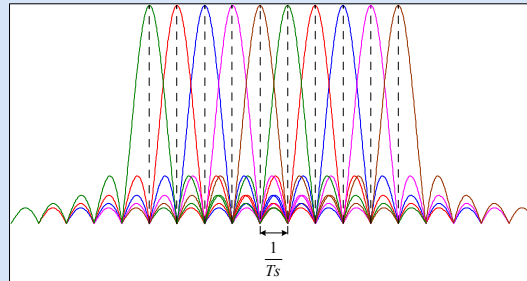
Múltiplas ou apenas uma?



Portadora Única

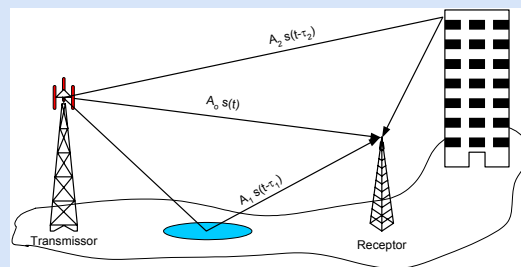


Múltiplas Portadoras



Canais para Radiodifusão

- Modelo para um canal de radiodifusão.



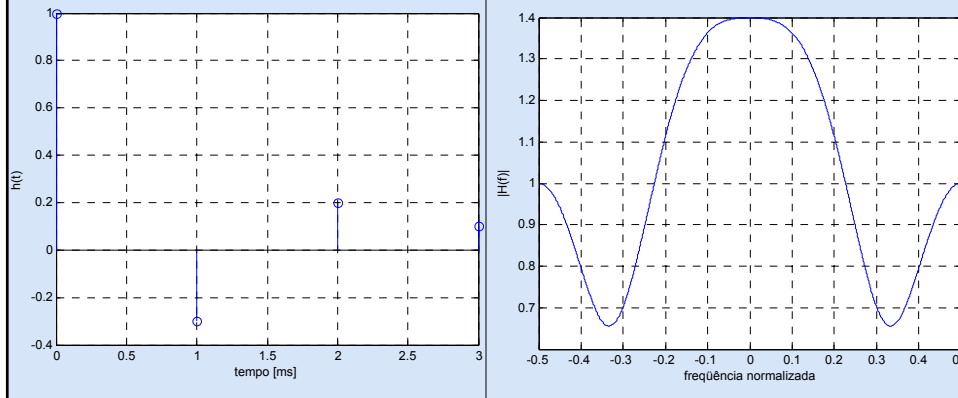
- Resposta ao impulso do canal
- Resposta em frequência

$$h_c(t) = \sum_{i=0}^{I-1} a_i \delta(t - \tau_i)$$

$$H(f) = \sum_{i=0}^{I-1} a_i \exp(-j2\pi f \tau_i)$$

Canais para Radiodifusão

- Resposta ao impulso e resposta em frequência do canal.



Banda de Coerência

- A banda de coerência de um canal de comunicação é definida como sendo a largura de faixa dentro da qual o canal pode ser considerado plano.

$$BW_c = \frac{1}{50 \times T_{RMS}}$$

$$T_{RMS} = \sqrt{T_2 - T_1^2}$$

$$T_1 = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} |a_i|^2 \times \tau_i}{\sum_{i=0}^{L-1} |a_i|^2}$$

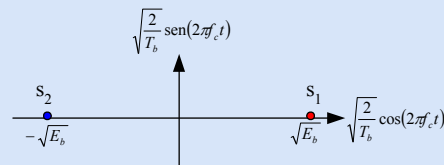
$$T_2 = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} |a_i|^2 \times \tau_i^2}{\sum_{i=0}^{L-1} |a_i|^2}$$

- Canal seletivo: $BW_s > BW_c$
- Canal plano: $BW_s < BW_c$

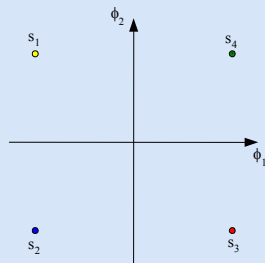
- No caso de sistemas de transmissão que necessitam de altas taxas de dados, a largura de faixa do sinal é maior do que a banda de coerência do canal.
 - O sinal irá sofrer desvanecimento seletivo, o que pode inviabilizar a recepção do sinal.
 - Simulação - Desvanecimento Seletivo QPSK.vsm.
- Comparar os resultados da simulação com e sem o canal seletivo. Alterar a resposta ao impulso do canal para verificar a influência no sinal recebido.

- Objetivo: mapear k bits de informação em um dos 2^k símbolos da constelação.

- BPSK: $k = 1$ bit.

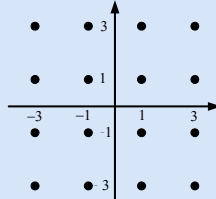


- QPSK: $k = 2$ bits

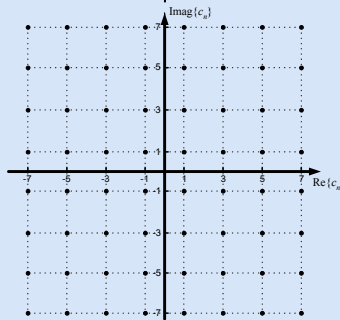


Mapeamento M -QAM

- 16-QAM: $k = 4$ bits.



- 64-QAM: $k = 6$ bits



OFDM

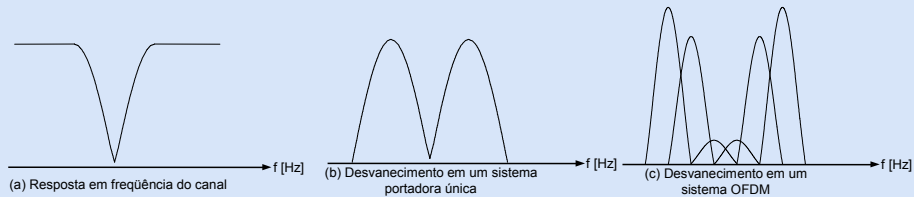
- A largura de faixa ocupada por um sinal depende da taxa de bits e do número de bits por símbolo.

$$BW_{s_{min}} = \frac{R_b}{k} = \frac{R_b}{\log_2(M)}$$

- Redução de banda em um sistema de portadora única:
 - a) Reduzir a taxa de bits, o que compromete a Qualidade de Serviço ou;
 - b) Aumentar o número de bits por símbolo, o que implica em um aumento de potência que pode ser proibitivo.
- Pode-se solucionar o problema dividindo os dados em N feixes.

$$BW_{MC} = \frac{BW_s}{N}$$

- Se o número de subportadoras for alto o suficiente, então $BW_{MC} < BW_C$ e cada subportadora irá sofrer um desvanecimento plano.



- No sistema de portadora singela, toda a informação transmitida é perdida.
- No sistema com múltiplas portadoras, apenas as informações transmitidas nas portadoras mais afetadas são perdidas. As informações transmitidas nas demais portadoras são recuperadas com sucesso..

- Condição de ortogonalidade entre duas portadoras:

$$\int_0^T \cos(\omega_i t) \cdot \cos(\omega_j t) dt = 0 \rightarrow i \neq j$$

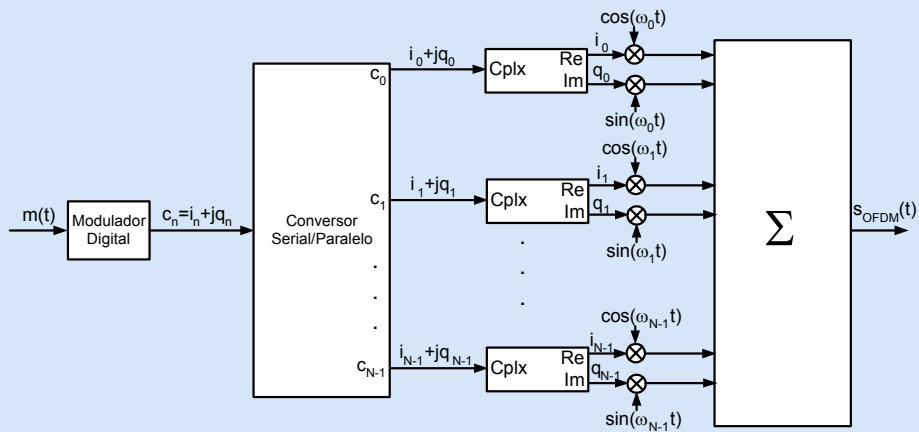
- Espaçamento de frequência que garante a ortogonalidade entre as subportadoras:

$$\Delta f = f_k - f_{k-1} = \frac{1}{R_{MC}} \quad R_{MC} = \frac{R_s}{N}$$

- Na década de 60, o pesquisador R. Chang apresentou uma maneira de gerar e detectar símbolos OFDM que ficou conhecida como método da Força Bruta.

OFDM

- Transmissor OFDM utilizando o método da força bruta.



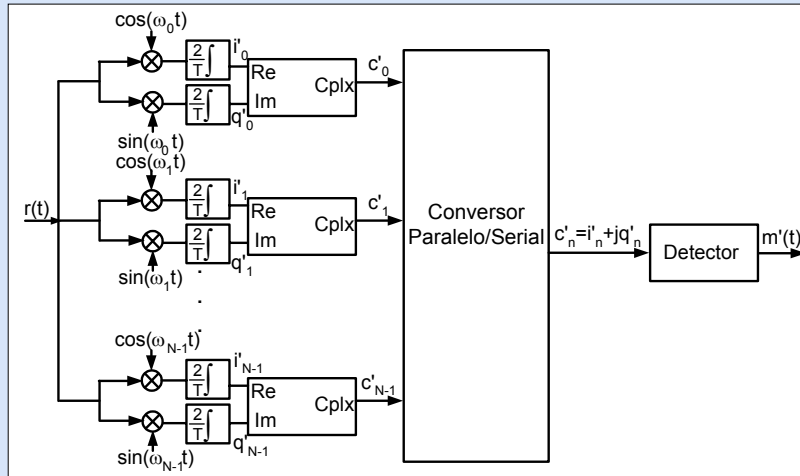
OFDM

- O símbolo OFDM gerado pode ser expresso através da soma ponderada das N senóides e cossenóides pelos símbolos complexos $c_n = i_n + jq_n$.

$$s_{OFDM}(t) = \sum_{n=0}^{N-1} [i_n \cos(\omega_n t) + q_n \sin(\omega_n t)]$$

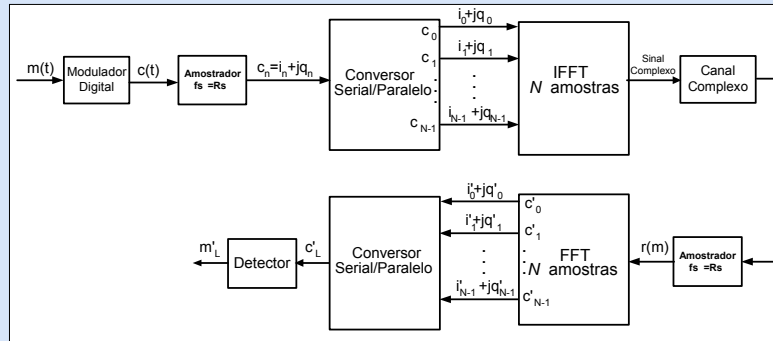
- Note que o tempo do símbolo OFDM é N vezes maior que o tempo de sinalização serial.
- A detecção dos símbolos OFDM é feita utilizando correladores, aproveitando o fato das portadoras serem ortogonais entre si.

- Receptor OFDM utilizando o método da Força Bruta



- Problemas para a implementação do método da Força Bruta:
 - Sincronizar os N osciladores complexos no transmissor, para evitar a interferência entre as subportadoras;
 - Sincronizar os N osciladores do transmissor com os N osciladores do receptor.
- Solução do problema: utilizar a Transformada Rápida de Fourier para gerar e detectar os símbolos OFDM.
- A Transformada Rápida de Fourier Inversa (IFFT) é utilizada para gerar os símbolos e a Transformada Rápida de Fourier (FFT) é utilizada para detectar os mesmos.

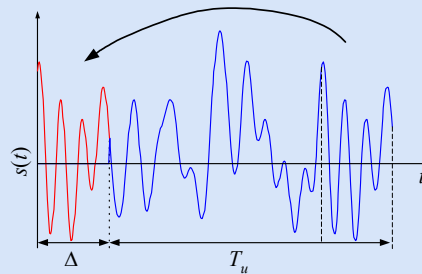
- Sistema OFDM utilizando a IFFT/FFT.



- A IFFT/FFT é mais eficiente se o número de portadoras for um número de base 2:

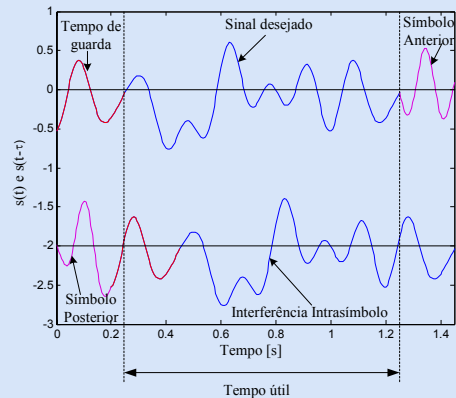
$$N = 2^p$$

- Tempo de guarda: aumentar a robustez frente aos múltiplos percursos e interferência intersimbólica (ISI).
- Este intervalo de tempo consiste em uma cópia do final do símbolo para seu início.
- O valor da última amostra do símbolo OFDM é igual ao valor da primeira amostra.



OFDM – Tempo de Guarda

- Proteção do símbolo desejado através do uso do tempo de guarda.



- A inserção do tempo de guarda reduz a vazão do sistema. Quanto maior for o tempo de guarda, maior pode ser o espalhamento temporal inserido pelo canal, porém menor será a vazão do sistema.

ATSC

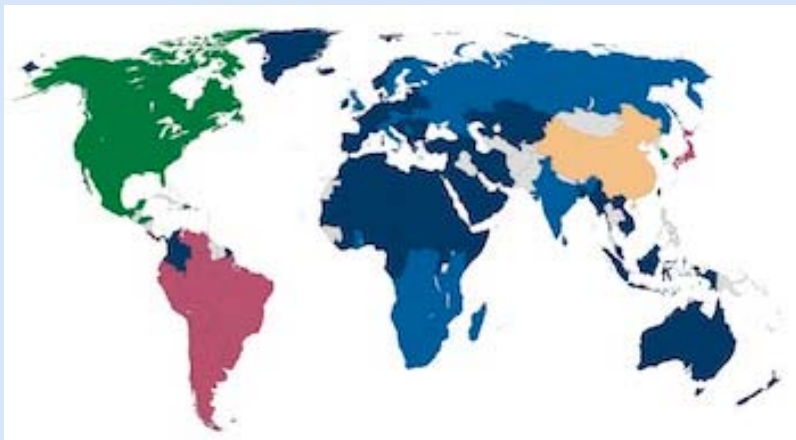
Advanced Television System Committee

- País de origem: EUA.
- Desenvolvido por um grupo de empresas denominado de Grande Aliança.
- Foi adotado como o padrão americano em 1994.
- O objetivo deste sistema é garantir maior qualidade de imagem e som.

Principais Características

- Não possui flexibilidade: há apenas um modo de transmissão.
- Vazão de dados suficiente para suportar alta definição.
- Emprega sistema de portadora única com banda lateral vestigial: 8-VSB.
- Baixo desempenho em canais com múltiplos percursos.
- Não oferece suporte para mobilidade.

Mapa da TV Digital no Mundo



Digital Video Broadcasting - Terrestrial

- Origem: Europa.
- Resultado de um estudo conjunto de diversas empresas europeias, com o apoio de vários governos.
- Visava o desenvolvimento de um sistema de TV Digital que atendesse as necessidades de todos os países participantes.
- Sucesso de implantação na Europa, Ásia e Oceania.
- Suporta alta-definição, dependendo do modo de configuração.

Principais Características

- Bastante flexível: diversos modos de operação permitem escolher entre robustez e vazão.
- Emprega sistema com múltiplas portadoras - COFDM.
- Bom desempenho em canais com múltiplos percursos.
- Oferece suporte à mobilidade quando empregado juntamente com o DVB-H.
- Modulação Hierárquica: permite que até dois feixes de dados distintos sejam transmitidos simultaneamente.

Integrated Service Digital Broadcasting - Terrestrial

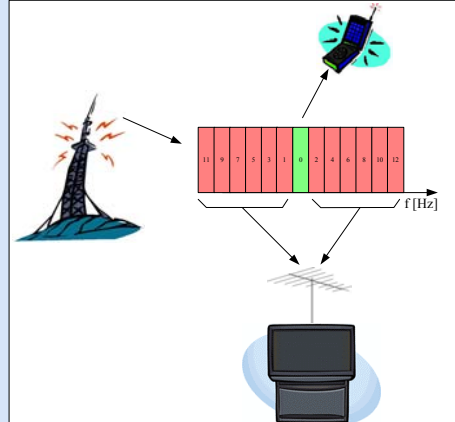
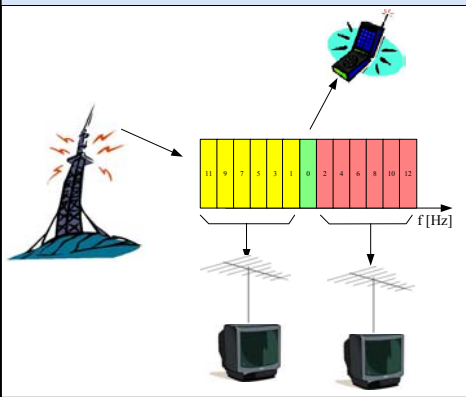
- Origem: Japão.
- Trata-se de uma evolução do padrão DVB-T, desenvolvido na Europa.
- Visa ser um padrão mundial, atendendo diferentes demandas diferentes países.
- Empregado em diversos países na Ásia, América do Sul e estudado como solução para alguns países na África e América Central.
- Mercado em crescimento acelerado.

Principais Características

- Bastante flexível: diversos modos de operação permitem escolher entre robustez e vazão.
- Emprega sistema com múltiplas portadoras - COFDM.
- Bom desempenho em canais com múltiplos percursos.
- Oferece suporte à mobilidade.
- Modulação Hierárquica: transmite até três camadas independentes empregando segmentação de banda.

ISDB-T_B

- O ISDB-T possui 13 segmentos que podem ser configurados de modo independente.
- O DVB-T emprega no mínimo 1/3 da banda para a segunda camada. No ISDB-T pode-se dedicar para apenas 1/13 da banda.



ISDB-T_B

- Diagrama em Blocos do Transmissor ISDB-T.

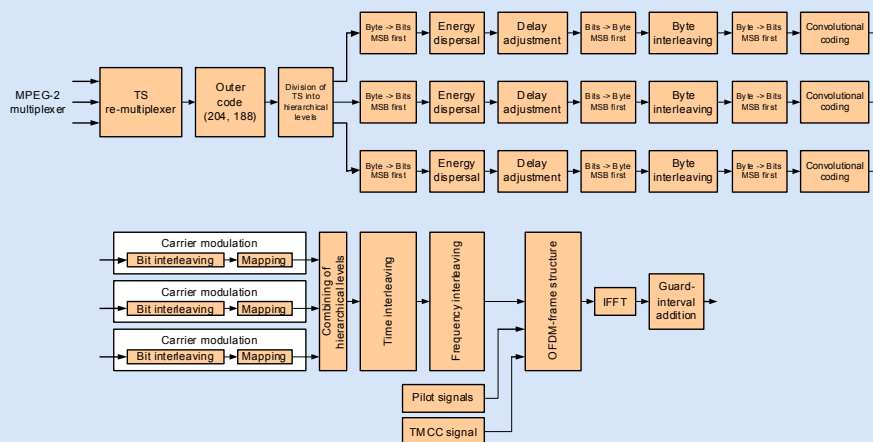
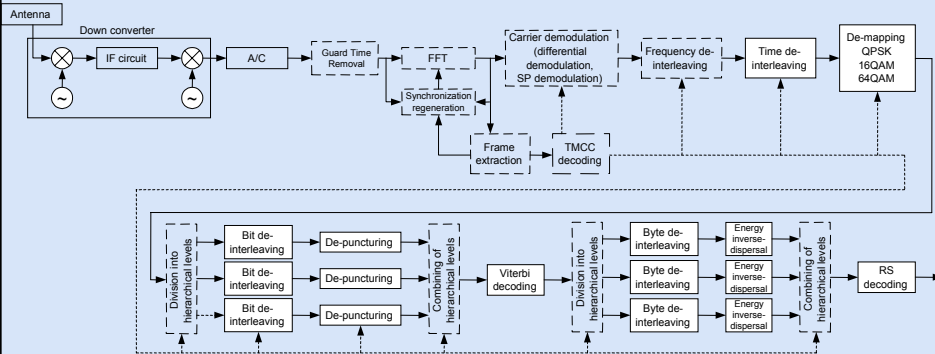
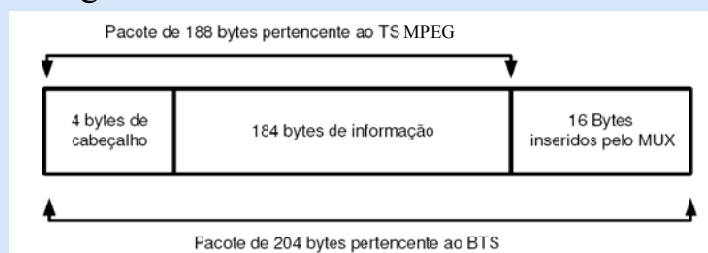


Figura desenvolvida pelo Eng. Alexandre Carvalho Ferreira.

- Diagrama em Blocos do Receptor ISDB-T.



- A função deste bloco é identificar para qual camada cada um dos pacotes MPEG-2 TS deve ser direcionado.
- Essa informação é inserida utilizando 16 bytes no final do pacote TS – Dummy Bytes, que é exclusivo do SBTVD.
- O feixe de saída do multiplexador é chamado de Broadcasting TS – BTS.

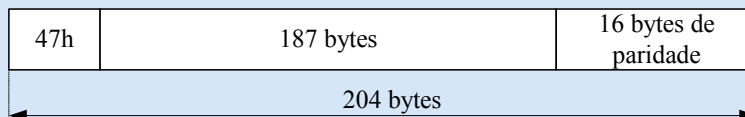


- Os 16 bytes introduzidos pelo MUX são divididos em dois grupos:
 - 8 bytes de informações de multiplexagem;
 - 8 bytes de redundância (RS) opcionais.
- Dos 8 bytes de informação de multiplexagem, 2 bytes são mandatórios e 6 bytes são opcionais.
- Os 2 bytes mandatórios servem para identificar em qual camada (A, B ou C) aquele pacote deve ser transmitido.
- Os 6 bytes opcionais podem ser usados para transmitir informações extras nas portadoras auxiliares (4 bytes). 2 bytes são reservados.

- Esse bloco também insere informações de configuração de sistema, tais como:
 - Ordem de modulação.
 - Taxa de codificação.
 - Modo de operação.
 - Profundidade do entrelaçador.
- Essas informações são inseridas em um pacote TS especial chamado de IIP.

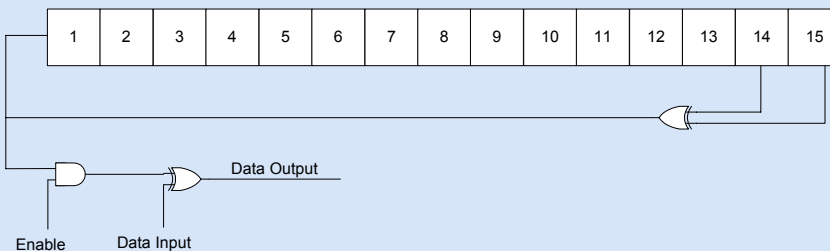
- Os pacotes IIP possuem duas funções primordiais:
 - Transmitir as informações referente ao modo de operação para o transmissor.
 - Permitir o sincronismo de diversos transmissores para operação em SFN.
- O pacote IIP é inserido em cada quadro de Multiplexação.
- Um quadro de multiplexação carrega uma quantidade de bits suficiente para preencher 204 símbolos OFDM, que forma um quadro ISDB-T.

- A função do código externo é aumentar a robustez do sistema frente ao ruído e interferências introduzidas pelo canal.
- Código empregado: Reed Solomon (204,188,8).
- Este código deve ser aplicado aos 188 bytes do TS para gerar os 16 bytes de paridade.



Padrão ISDB-T – Dispersão de Energia

- O objetivo é distribuir a energia do sinal em toda a banda disponível.
- A dispersão de energia é feita através da operação ou-exclusivo entre os dados de entrada e uma sequência PN.
- O byte de sincronismo não sofre o processo de dispersão de energia.
- O aleatorizador é reinicializado a cada quadro OFDM (204 símbolos OFDM) com uma semente conhecida.



Padrão ISDB-T – Entrelaçador Externo

- No ISDB-T, os dados fornecidos pelo codificador RS devem ser aplicados a um entrelaçador convolucional de 12 braços ($I=12$).

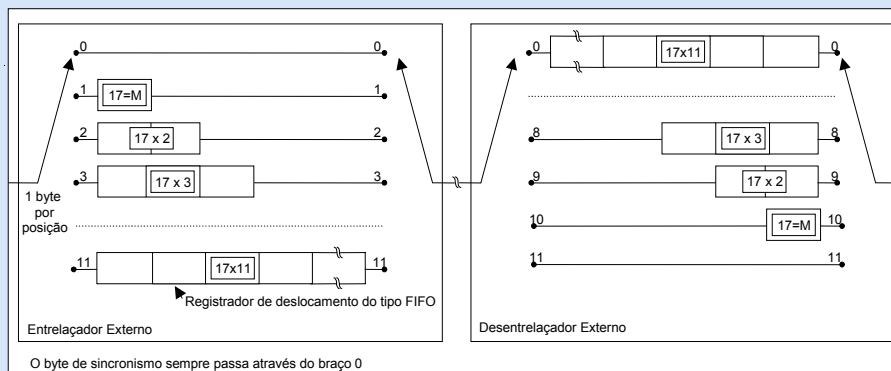
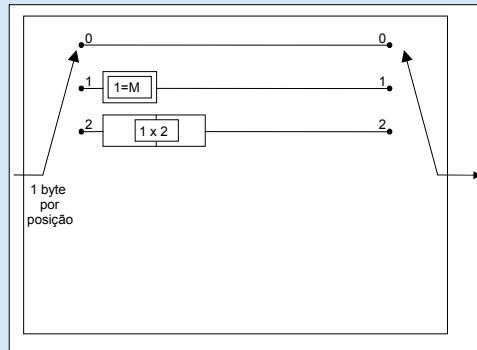


Figura desenvolvida pelo Prof. Sandro Adriano Fasolo.

- Exercício: Encontre a saída do entrelaçador simplificado abaixo, para uma sequência de entrada dada por:

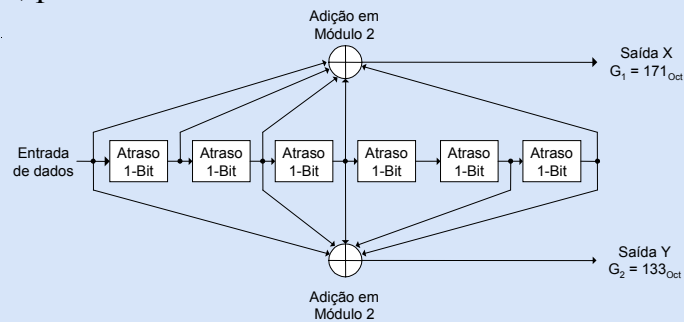
47_H 85_H AB_H 16_H 22_H 65_H FF_H 31_H 98_H 11_H 77_H 43_H.



- No padrão ISDB-T, o sistema pode selecionar uma faixa de códigos convolucionais punccionados, baseados em um código convolucional mãe de taxa 1/2 com 64 estados. Os polinômios geradores para o código mãe são dados por

$$G1(X)=1+X+X^2+X^3+X^6$$

$$G2(Y)=1+Y^2+Y^3+Y^5+Y^6$$



- A tabela abaixo apresenta os padrões de funcionamento, bem como as taxas de codificação que podem ser obtidas.

Taxa de código r	Padrão de Funcionamento	Sequência de Transmissão
1/2	X: 1 Y: 1	$X_1 Y_1$
2/3	X: 1 0 Y: 1 1	$X_1 Y_1 Y_2$
3/4	X: 1 0 1 Y: 1 1 0	$X_1 Y_1 Y_2 X_3$
5/6	X: 1 0 1 0 1 Y: 1 1 0 1 0	$X_1 Y_1 Y_2 X_3 Y_4 X_5$
7/8	X: 1 0 0 0 1 0 1 Y: 1 1 1 1 0 1 0	$X_1 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 X_5 Y_6 X_7$

- Exercício: Qual é a sequência codificada para o seguinte feixe de dados
101110

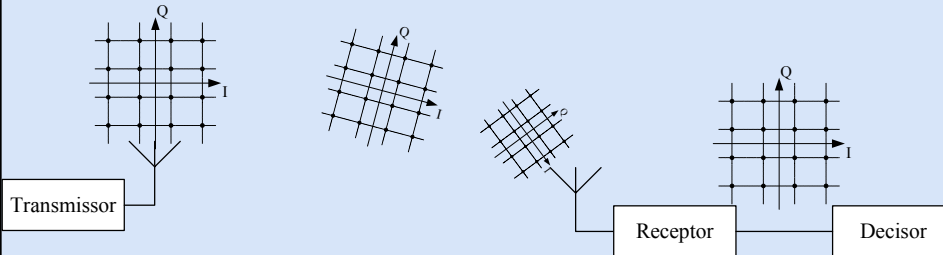
considerando

- $R=1/2$
- $R=2/3$
- $R=7/8$

- O ISDB-T emprega 4 tipos diferentes de modulações digitais:
 - a) DQPSK: Differential QPSK – a transição de fase transmite 2 bits de informação.
 - b) QPSK: a fase da portadora transmite 2 bits por símbolo.
 - c) 16 QAM: utiliza tanto a fase quanto a amplitude da portadora para transmitir 4 bits por símbolo.
 - d) 64 QAM: utiliza tanto a fase quanto a amplitude da portadora para transmitir 6 bits por símbolo.

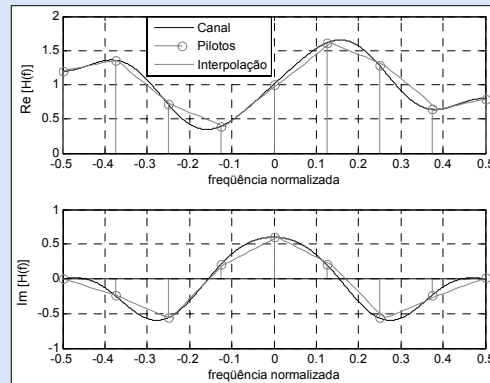
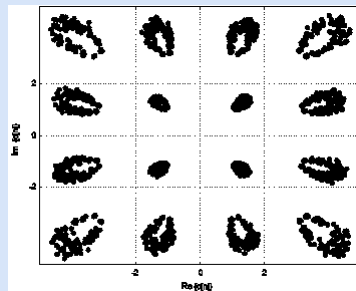
- Quadro: conjunto de 204 símbolos OFDM.
- As informações de configuração empregadas no transmissor são transmitidas ciclicamente ao receptor a cada quadro.
- Portadoras úteis por símbolo
 - a) Modo 1: 1405 portadoras ativas – 2048 portadoras – $T_s = 252\mu s$.
 - b) Modo 2: 2809 portadoras ativas – 4096 portadoras – $T_s = 504\mu s$.
 - c) Modo 3: 5617 portadoras ativas – 8192 portadoras – $T_s = 1008\mu s$.
- Possíveis tempos de guarda para o símbolo OFDM: $1/4$; $1/8$; $1/16$ e $1/32$.
- Quanto menor for esta relação maior é a taxa de transmissão útil e menor é a proteção do sinal contra os múltiplos percursos.

- A estimação do canal é necessária para compensar as atenuações e rotações de fase sofridas pelas sub-portadoras ao passar pelo canal de comunicação.

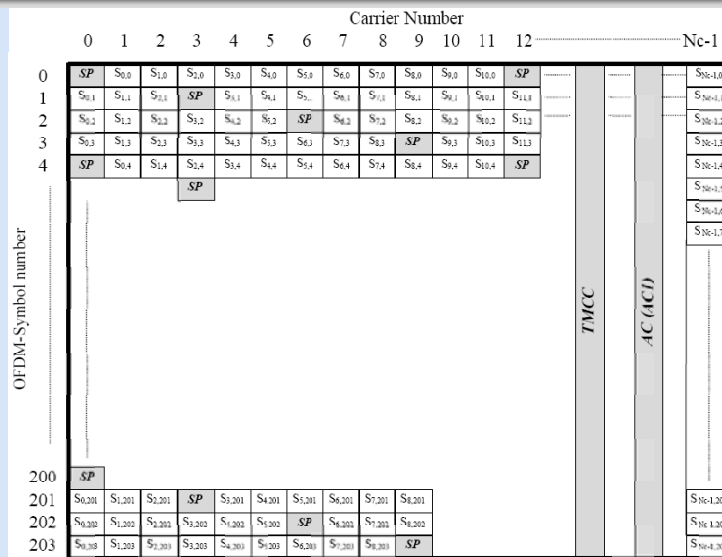
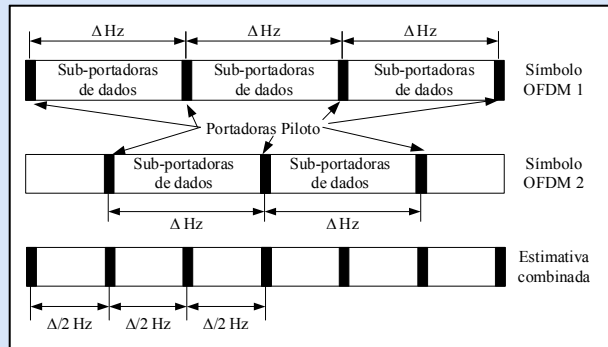


- Esse efeito deve ser compensado pelo receptor para que o processo de decisão possa ser realizado.
- A estimação do canal para as portadoras de dados é realizada através de uma interpolação das portadoras piloto.

- As portadoras piloto não carregam dados de usuário e o valor da sua amplitude e fase são sempre conhecidas no receptor.
- A estimação do canal para as portadoras de dados é feita através da interpolação entre as portadoras piloto.
- O uso de interpolação resulta em um erro na estimação.



- O erro de estimação pode ser reduzido empregando mais portadoras piloto, mas isso reduz a vazão do sistema.
- Se o canal for considerado lento durante vários símbolos OFDM, então as portadoras piloto podem saltar de posição de símbolo em símbolo, dentro do quadro OFDM.



- As portadoras de sinalização dos parâmetros de transmissão informam ao receptor as configurações utilizadas na transmissão do sinal.
- As informações transmitidas são:
 - 1) Profundidade do entrelaçador.
 - 2) Taxa do código interno.
 - 3) Tempo de guarda.
 - 4) Modo de operação.
 - 5) Modulação.
- No modo 1 existem 13 portadoras TMCC (1 por seg.). No modo 2 existem 26 (2 por seg.) e no modo 3 existem 52 portadoras (4 por seg.).
- A modulação empregada nas portadoras TMCC é a DBPSK, o que permite que o receptor decodifique estes dados independentemente das configurações empregadas.

- Os dados transmitidos nas portadoras TMCC são retirados dos pacotes IIP.
- A modulação empregada nas portadoras TMCC é sempre a DBPSK, de modo que o receptor possa sempre recuperar os parâmetros empregados no transmissor automaticamente, mesmo que haja mudança abrupta nos parâmetros de transmissão.
- As informações transmitidas nas TMCC são ciclicamente repetidas a cada quadro OFDM (204 símbolos).
- Portadoras auxiliares também estão disponíveis em cada segmento de acordo com o modo de operação. A modulação das AC's é exatamente a mesma empregada nas TMCC's.
 - Modo 1: 26 portadoras AC (2 por segmento)
 - Modo 2: 52 portadoras AC (4 por segmento)
 - Modo 3: 104 portadoras AC (8 por segmento)

Padrão ISDB-T – Parâmetros

Modo	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Número de segmentos OFDM, N_s	13		
Largura de faixa, $B = N_s B_s + \Delta f$	5,575... MHz	5,573... MHz	5,572... MHz
Número de portadoras	Total, N_p	$108 \cdot N_s + 1 = 1405$	$216 \cdot N_s + 1 = 2809$
	Dados, N_{pd}	$96 \cdot N_s = 1248$	$192 \cdot N_s = 2496$
	Piloto, N_{pp}	$9 \cdot N_s$	$18 \cdot N_s$
	Controle, N_{pc}	$1 \cdot N_s$	$2 \cdot N_s$
	Auxiliares, N_{pa}	$2 \cdot N_s$	$4 \cdot N_s$
			$8 \cdot N_s$
Esquemas de modulação	QPSK, 16-QAM, 64-QAM		
Simbolos por quadro, N_q	204		
Intervalo de símbolo efetivo, T_e	252 μ s	504 μ s	1008 μ s
Intervalo de guarda, T_g	63 μ s (1/4)	126 μ s (1/4)	252 μ s (1/4)
	31,5 μ s (1/8)	63 μ s (1/8)	126 μ s (1/8)
	15,75 μ s (1/16)	31,5 μ s (1/16)	63 μ s (1/16)
	7,875 μ s (1/32)	15,75 μ s (1/32)	31,5 μ s (1/32)
Intervalo de quadro, $T_q = N_q (T_e + T_g)$	64,26 ms (1/4)	128,52 ms (1/4)	257,04 ms (1/4)
	57,384 ms (1/8)	115,668 ms (1/8)	231,336 ms (1/8)
	54,621 ms (1/16)	109,242 ms (1/16)	218,484 ms (1/16)
	53,0145 ms (1/32)	106,029 ms (1/32)	212,058 ms (1/32)
Código interno	Convolutacional ($n = 9792$; $r = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8$)		
Código externo	Reed-Solomon ($n = 204$, $k = 188$)		

Padrão ISDB-T – Parâmetros

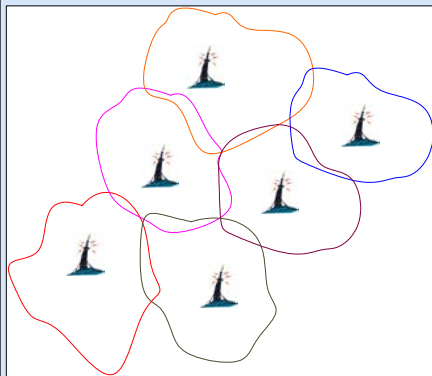
- Vazão assumindo que todos os segmentos sejam configurados igualmente.

Modulação	Código Convolutacional	Número de TSPs (Modo 1/2/3)	Taxa de informação (Mbps)			
			Tempo de Guarda (1/4)	Tempo de Guarda (1/8)	Tempo de Guarda (1/16)	Tempo de Guarda (1/32)
DQPSK	1/2	156/312/624	3,651	4,056	4,295	4,425
	2/3	208/216/832	4,868	5,409	5,727	5,900
	3/4	234/468/936	5,476	6,085	6,443	6,638
	5/6	260/520/1040	6,085	6,761	7,159	7,376
	7/8	273/546/1092	6,389	7,099	7,517	7,744
16QAM	1/2	312/624/1248	7,302	8,113	8,590	8,851
	2/3	416/832/1664	9,736	10,818	11,454	11,801
	3/4	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	5/6	520/1040/2080	12,170	13,522	14,318	14,752
	7/8	546/1092/2184	12,779	14,198	15,034	15,489
64QAM	1/2	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	2/3	624/1248/2496	14,604	16,227	17,181	17,702
	3/4	702/1404/2808	16,430	18,255	19,329	19,915
	5/6	780/1560/3120	18,255	20,284	21,477	22,128
	7/8	819/1638/3276	19,168	21,298	22,551	23,234

- Vazão por segmento.

Esquema de Modulação	Taxa do Código interno	Nº de TSPs por quadro (Modos 1/2/3)	Taxa de transmissão (kbps)			
			Guarda: 1/4	Guarda: 1/8	Guarda: 1/16	Guarda: 1/32
QPSK	1/2	12/24/48	280,85	312,06	330,42	340,43
	2/3	16/32/64	374,47	416,08	440,56	453,91
	3/4	18/36/72	421,28	468,09	495,63	510,65
	5/6	20/40/80	468,09	520,10	550,70	567,39
	7/8	21/42/84	491,50	546,11	578,23	595,76
16-QAM	1/2	24/48/96	561,71	624,13	660,84	680,87
	2/3	32/64/128	748,95	832,17	881,12	907,82
	3/4	36/72/144	842,57	936,19	991,26	1021,30
	5/6	40/80/160	936,19	1040,21	1101,40	1134,78
	7/8	42/84/168	983,00	1092,22	1156,47	1191,52
64-QAM	1/2	36/72/144	842,57	936,19	991,26	1021,30
	2/3	48/96/192	1123,43	1248,26	1321,68	1361,74
	3/4	54/108/216	1263,86	1404,29	1486,90	1531,95
	5/6	60/120/240	1404,29	1560,32	1652,11	1702,17
	7/8	63/126/252	1474,50	1638,34	1734,71	1787,28

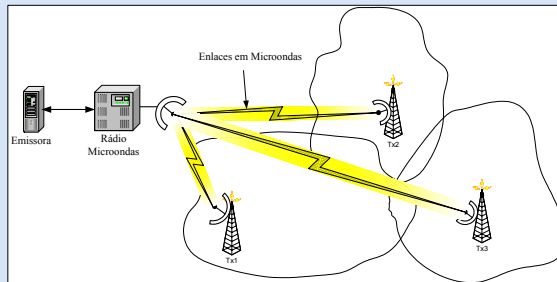
- RFU – Rede de Frequência Única: vários transmissores transmitindo a mesma programação ao mesmo tempo.
- Objetivo: aumentar a eficiência espectral e atingir melhor qualidade de cobertura, reduzindo áreas de sombras.



- Nas áreas cobertas por mais de um sinal, o receptor interpreta as versões mais atrasadas como sendo múltiplos percursos do sinal desejado.
- O tempo de guarda determina a distância máxima entre dois transmissores.

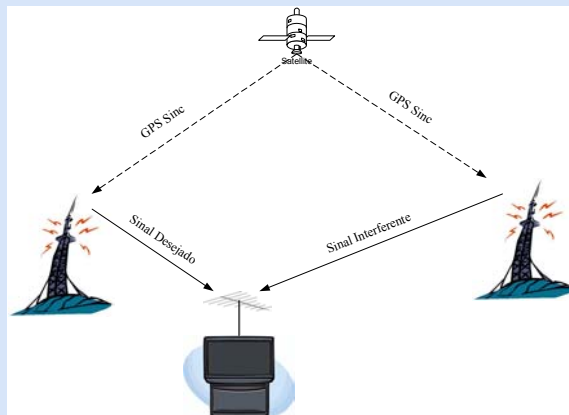
ISDB-T – RFU

- Para que não haja Interferência entre sub-portadoras, é necessário que todos os transmissores transmitam a mesma forma de onda em um dado instante de tempo.
- O sincronismo entre os transmissores é vital. Todos os transmissores devem transmitir a mesma seqüência de dados em um dado símbolo OFDM.
- Atrasos de propagação no enlace do estúdio com os transmissores devem ser compensados em todos os moduladores da rede.



ISDB-T – RFU

- Para garantir o sincronismo, todos os transmissores devem operar com uma fonte de relógio comum para todos.
- A solução natural é empregar o GPS.

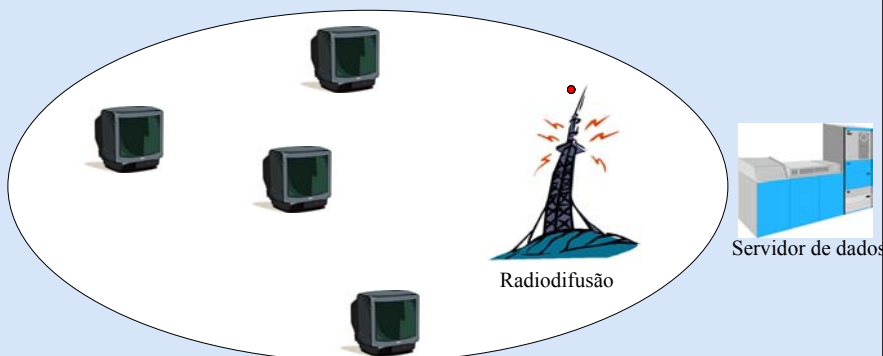


- Modelo Europeu
 - TV por assinatura paga.
 - Disponibilidade de programação em diversos países (roaming de TV).
 - LDTV apenas.
 - As operadoras de telefonia compram os programas das emissoras e revendem em pacotes para os assinantes.
 - Lucros de propaganda ficam para as operadoras de telefonia.

- Modelo Americano
 - TV por assinatura paga.
 - LDTV.
 - As operadoras de telefonia compram os programas das emissoras e revendem em pacotes para os assinantes.

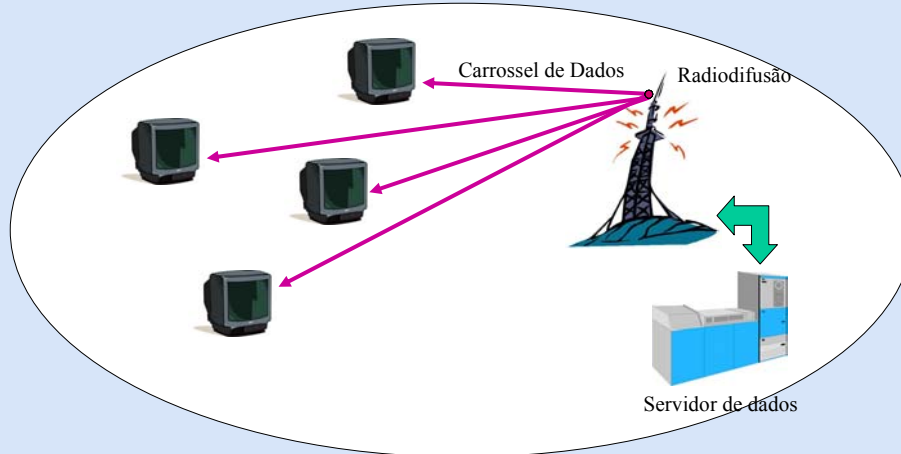
- Modelo Japonês
 - TV móvel grátis.
 - LDTV apenas.
 - As emissoras fazem a transmissão de seu próprio sinal utilizando um segmento.
 - Lucros de propaganda ficam para as emissoras.
- Possibilidade de fazer propaganda para alvo específico.

- Existem dois tipos básicos de Interatividade:
 - Interatividade Carrossel;



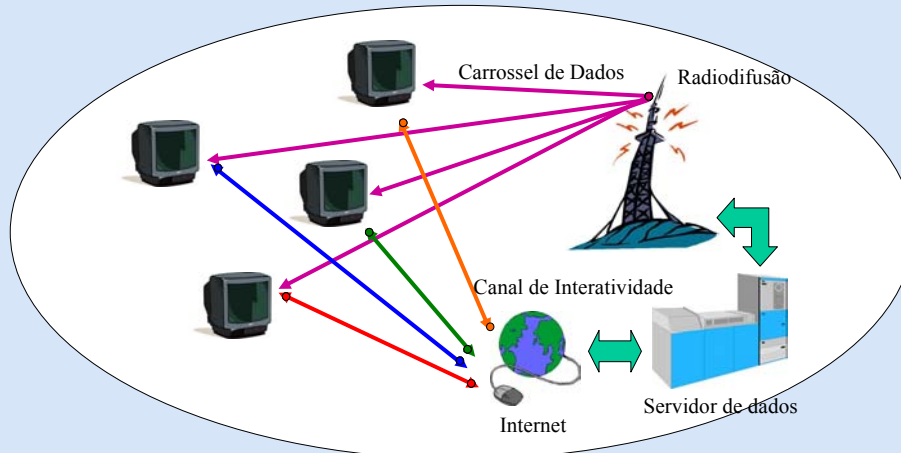
Interatividade na TV Digital

- Existem dois tipos básicos de Interatividade:
 - Interatividade por Carrossel de Informações;



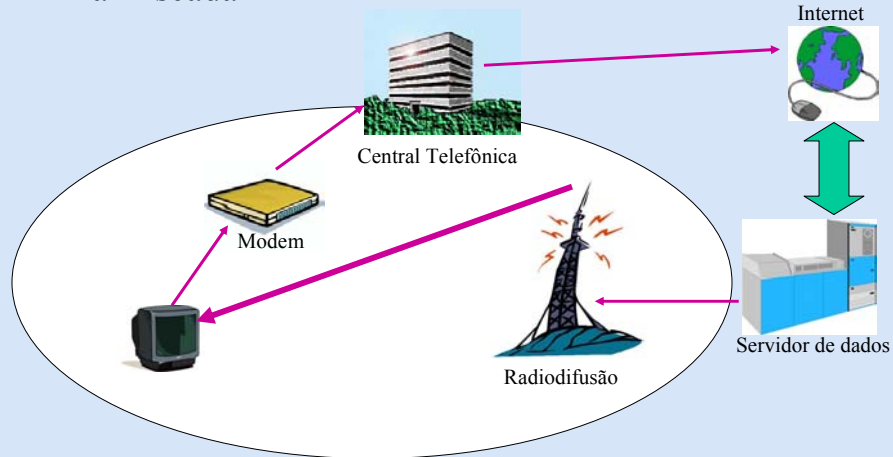
Interatividade na TV Digital

- Existem dois tipos básicos de Interatividade:
 - Interatividade Plena;



Canal de Retorno

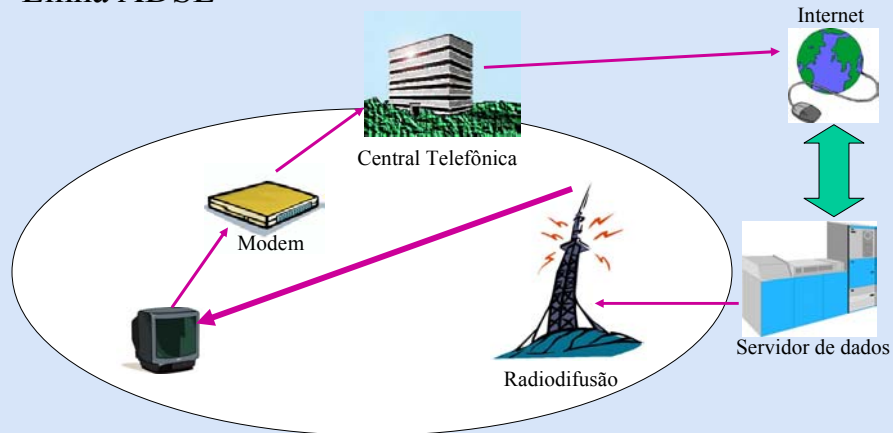
- Linha Discada



- Taxas muito baixas

Canal de Retorno

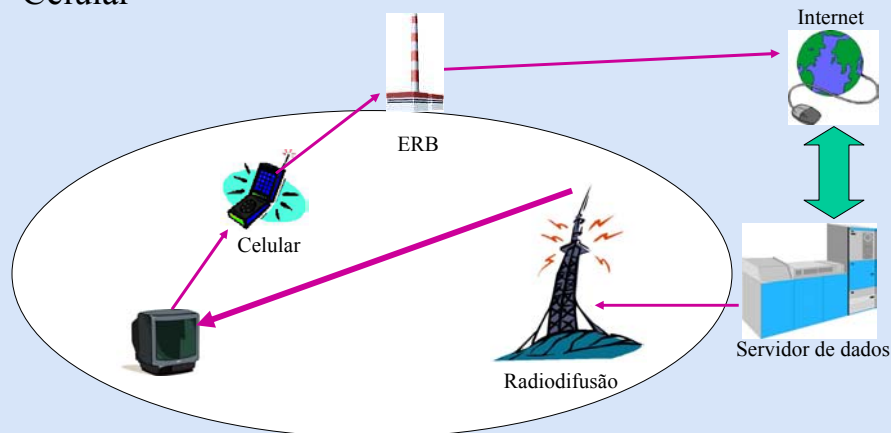
- Linha ADSL



- Cobertura limitada.
- Taxas elevadas.

Canal de Retorno

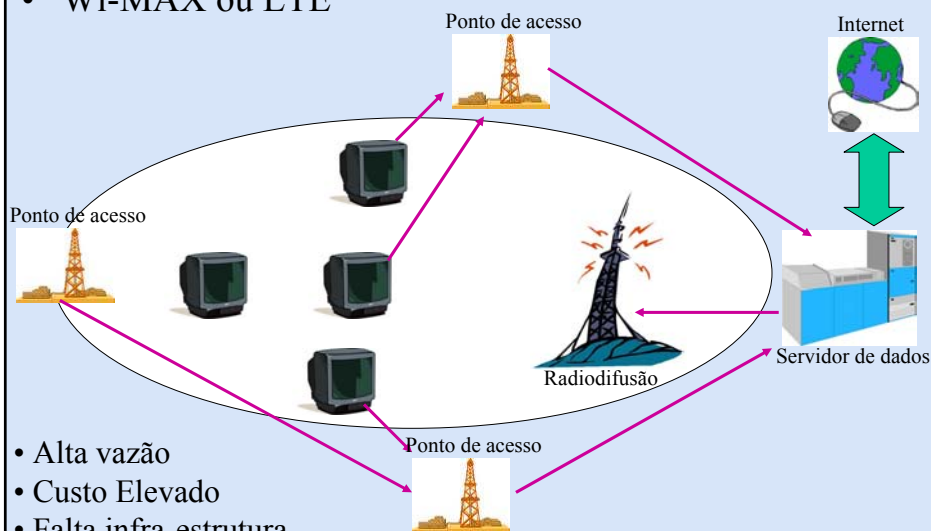
- Celular



- Custo diminuindo.
- Taxas aumentando!

Canal de Retorno

- Wi-MAX ou LTE



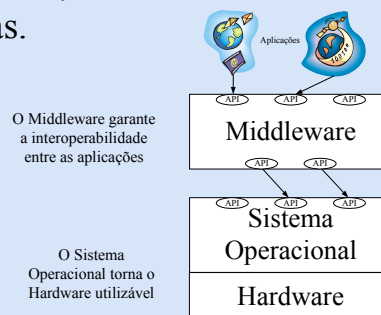
- Alta vazão
- Custo Elevado
- Falta infra-estrutura.

Middleware

- Middleware é uma camada de software que faz a interface da aplicação com o sistema operacional.
- Essa camada é necessária quando a plataforma deve permitir a execução de aplicações de diferente naturezas.
- Essa solução permite que dois processos, sustentados por plataformas heterogêneas, possam comunicar entre si, sem a necessidade de conversões e adaptações intermediárias.
- Com um Middleware, é possível definir um padrão de tratamento entre as aplicações e a camada de software que a sustenta, o que facilita a integração entre as aplicações e permite maior flexibilidade na execução das tarefas.

Middleware

- Essa padronização no tratamento das aplicações é possível graças a concepção das API's (*Application Programmer Interface*).
- Um Middleware é, por definição, independente da plataforma (ou sistema operacional) e deve ser facilmente portátil para outras plataformas.



- MHP-DVB (*Multimedia Home Platform*)
 - Desenvolvido na Europa, este padrão de middleware é utilizado em sistemas via satélite, terrestre e cabo.
 - Permite três níveis de implementação diferentes:
 - a) Carrossel – modo download;
 - b) Radiodifusão Interativa – faz uso do canal de retorno;
 - c) Acesso à Internet – suporte à serviços baseados em IP.

- DASE-ATSC (*DTV Application Software Environment*)
 - Desenvolvido nos EUA, este padrão de middleware também está dividido em três sub-camadas.
 - a) Aplicação DASE: conjunto de instruções básicas que permite a apresentação de objetos observáveis.
 - b) Ambiente de Aplicações Declarativas: fornece uma plataforma para exibição de elementos de texto, gráficos, áudio e vídeo, organizados na forma de um documento multimídia, como uma página WEB.
 - c) Ambiente de Declarações Procedurais: oferece suporte para que aplicativos procedurais compilados, contendo vetorização, áudio, vídeo e texto, possam ser executados como uma máquina virtual JAVA.

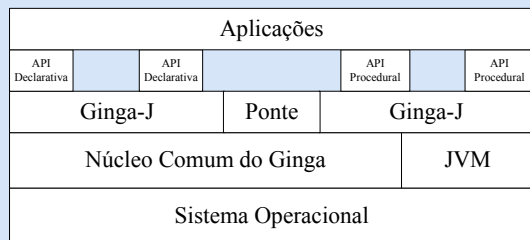
Padrões de Middleware na TVD

- ARIB-ISDB (*Association of Radio Industries and Business*)
 - O padrão de middleware japonês especifica apenas a linguagem declarativa.
 - Não há uma padronização clara dos tipos de aplicativos procedurais, nem como esses aplicativos devem ser suportados no receptor.
 - Prevê:
 - a) Capacidade de interatividade: entrada de dados pelos telespectadores.
 - b) Capacidade de execução de áudio e vídeo em tempo real.
 - c) Capacidade gráfica e modo de display para viabilizar a apresentação dos conteúdos em planos.

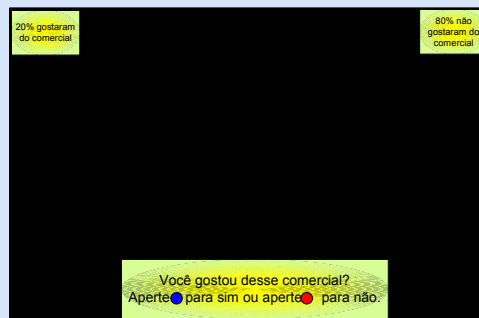
Quadro Comparativos dos MW

Característica	MHP	DASE	ARIB
Segurança dos dados	Sim	Sim	N/D
Decodificação de estruturas de dados e imagens (Zip, JPEG, GIF, etc.)	Sim	Sim	Sim
Tipos de Aplicativos	HTML e JavaTV	XHTML, CSS, ECMA Script, JavaTV	BML
Entrada de dados pelos usuários.	Sim	Sim	Sim
Distinção entre aplicações declarativas e procedurais.	Sim	Sim	N/D
Capacidade gráfica	LDTV: 320 X 240 SDTV: 640 X 480 EDTV: 720 X 480 HDTV: 1920 X 1080	1920 X 1080 1280 X 720 960 X 540 640 X 480	1920 X 1080; 1280 X 720 960 X 540. 620 X 480.
Modo de Display	N/D	Multiplano: Fundo, vídeo, gráfico e cursos/mouse.	Multiplano: vídeo, figura, controle, gráfico e texto e legendas:
Metadados de áudio	Sim	Sim	Sim

- O SBTVD adotou o GINGA como padrão de Middleware.
- O GINGA está dividido em duas plataformas:
 - Ginga-NCL (*Nested Context Language*): ambiente declarativo baseado em XML (*Extensible Markup Language*), onde o foco é definir como as diferentes mídias estão estruturadas e relacionadas no tempo e no espaço.
 - Ginga-J: ambiente procedural, que permite a execução de estruturas compiladas.



- O Ginga-NCL é responsável por receber e controlar a apresentação de um documento NCL.
- Sua principal funcionalidade é controlar e relacionar a apresentação dos conteúdos, tanto espacialmente quanto temporalmente.
- Isso é feito através de um formatador NCL, que atua como um browser HTML.



- O NCL possui API's para acionar os diferentes decodificadores.
- Para o NCL, arquivos HTML, JPEG, GIF, MPEG-4, MPEG-2, AAC, etc, são objetos de mídia que devem ser entregues aos diferentes decodificadores através de API's específicas.
- Os aplicativos NCL podem estar armazenados no receptor para serem inicializados por eventos específicos, ou podem ser transmitidos para o receptor através do protocolo DSM-CC (carrossel).
- O NCL também trata do sincronismo entre os eventos e disponibiliza um ambiente que facilita o tratamento do sincronismo temporal e espacial.

- Para oferecer maior gama de possibilidades para os usuários, o Ginga-J oferece API's específicas para prover suporte a:
 - multiusuários simultâneos em um mesmo STB;
 - multidispositivos, permitindo que vários dispositivos interajam com o Ginga ao mesmo tempo;
 - interações multiredes;
 - aplicações *unbound*, que podem ser salvas e executadas por outras entidades posteriormente.
- As aplicações que utilizam essas API's específicas, já incluídas na Ginga, precisam de plug-in's para serem executadas em outros middlewares.

- O núcleo de API's do Ginga-J é formado por:
 - Sun JAVA TV API;
 - JAVA Media Framework Specification;
 - Connected Device Configuration (CDC);
 - Foundation Profile (FP);
 - Personal Basis Profile (PBP);
 - DAVIC API ;
 - HAVi API;
 - ARIB B.23's Service Information API;
 - Multiuser API;
 - Device Integration API e;
 - Ginga-NCL Bridge API.

- As aplicações interativas mais elaboradas não são puramente declarativas ou procedurais.
- Aplicações para Ginga-NCL podem conter entidades procedurais, que são executadas no ambiente Ginga-J.
- Aplicações para Ginga-J podem conter entidades declarativas, que são executadas no ambiente Ginga-NCL.
- A interface entre estes dois ambientes é feita por uma camada de software, denominada de ponte.
- Essa ponte contém um conjunto de elementos que se referem a entidades e códigos suportados pelo Ginga-J
- Pela outra ponta, a ponte possui funções Ginga-J que permitem monitorar ou mudar as propriedades de elementos declarativos.

Perguntas podem ser enviadas para:

luciano@inatel.br

Obrigado pela atenção de todos.