

**LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RN
ESPECIALIZAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES**

Sérgio Renato de Albuquerque Costa

SISTEMA BRASILEIRO DE TV DIGITAL

**NATAL/RN
2010**

SÉRGIO RENATO DE ALBUQUERQUE COSTA

SISTEMA BRASILEIRO DE TV DIGITAL

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Redes de Computadores da Faculdade Natalense para o Desenvolvimento do Rio Grande do Norte como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Redes de Computadores.

Orientador:

Aluizio Ferreira da Rocha Neto, Msc.

**NATAL/RN
2010**

Catálogo na Publicação – Biblioteca da FARN
Setor de Processos Técnicos

1.1

Costa, Sérgio Renato de Albuquerque

Sistema brasileiro de TV digital e interatividade. / Sérgio Renato de Albuquerque Costa. – Natal: FARN, 2010.

56 f.

Orientador: Aluízio Ferreira de Rocha Neto (Msc.)

Monografia (Especialização em Redes de Computadores) –
Faculdade Natalense para o Desenvolvimento do Rio Grande do Norte.

1. TV Digital – Monografia. 2. Interatividade – Monografia. 3.
Tecnologia – Monografia. I. Título.

RN/FARN/BC

CDU 621.397

**LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RN
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES**

Sérgio Renato de Albuquerque Costa

SISTEMA BRASILEIRO DE TV DIGITAL

Monografia apresentada e aprovada em ____ de _____ de ____, pela banca examinadora
composta pelos seguintes membros

Aluizio Ferreira da Rocha Neto, Msc.
Orientador

Membro examinador

Membro examinador

**NATAL/RN
2010**

Dedico este trabalho aos meus pais que estiveram ao nosso lado em todos os momentos. A minha esposa Jeane, sempre atenciosa e compreensiva e a todos que direta, ou indiretamente me ajudaram nessa dura jornada.

AGRADECIMENTOS

Nós não teríamos concluído esse trabalho sem a presença de algumas pessoas. A importância delas foi tanta que seria no mínimo justo, vir aqui dar-lhes um agradecimento especial.

Nossos primeiros e eternos agradecimentos, aos nossos pais. Agradecemos por terem nos colocado num caminho correto, mostrando que é necessário ter uma meta e segui-la, sem nos importar com as barreiras e os percalços que poderíamos encontrar (e, de fato, encontramos) no caminho. Agradecemos mais especificamente por essa etapa atual de nossa vida: por entender nossos medos, pela paciência nos momentos em que nos encontrávamos no limite e por toda a compreensão e alento que estiveram sempre esperando por nós, ao voltar para casa depois de dias conturbados.

Agradecemos aos nossos demais familiares, pelo apoio moral e incentivo que nos deram. É muito bom receber palavras que nos levam pra frente, que nos deixam com vontade de prosseguir. É muito bom perceber os olhares animados ao saber que estamos concluindo mais uma etapa importante da nossa vida. Muitas vezes foi necessário ouvir alguns conselhos dessas pessoas que são parte de nós mesmo e que querem para nós somente o bem.

Não poderíamos deixar de agradecer aos nossos amigos: a família que nós pudemos escolher. Recebam nossos mais sinceros agradecimentos, tanto pela ajuda direta nesse trabalho, como pela ajuda indireta. Foram muitos os momentos felizes, preocupados e até tristes, mas o mais importante é que durante todo esse tempo estivemos juntos. É muito bom saber que podemos contar com vocês, sempre.

Também agradeço a minha esposa Jeane pela companhia, carinho, segurança e amor que nos dedica e que nos fazem pessoas melhores e mais felizes para agüentar os desprazeres da vida.

Nossos agradecimentos não estariam completos se não citássemos aqui nossos professores. Agradecemos imensamente pela paciência que tiveram conosco, pelo conhecimento que nos transmitiram, pela cobrança que nos fizeram e, acima de tudo, pelo que nos tornamos a partir daí.

Enfim, agradecemos a todos que fazem e fizeram parte da nossa vida. Para não cometer injustiças, não citaremos nomes. O importante é que vocês saibam que todos foram e são igualmente importantes em nossas vidas e por tudo isso fica aqui o nosso agradecimento.

RESUMO

Este trabalho tem como principal objetivo dar uma explanação geral sobre o Sistema Brasileiro de TV Digital e apresentar a experiência de desenvolver conteúdos audiovisuais interativos com base no Ginga-NCL. Inicialmente, é abordado sobre a história da televisão. Em seguida, é mostrada de maneira rápida como funciona um sistema de TV digital terrestre e os padrões existentes. É abordado também o sistema brasileiro de TV digital, sua compressão de áudio e vídeo, seus fluxos de transporte, fluxos de dados e sua modulação. A funcionalidade dos *Set-Top-Boxes* também é abordada bem como, a interatividade das aplicações. Por fim, é feita uma explanação sobre a linguagem NCL e é mostrado o desenvolvimento de uma aplicação interativa.

Palavras-chave: Sistema Brasileiro de TV Digital, Ginga, NCL.

ABSTRACT

This paper shows the experience to develop interactive audiovisual subjects based on Ginga-NCL and its main goal is to give a general explanation about the brazilian digital TV system and its interactivity. First, we talk about the television history. Then, we show – in quick way, actually – how this system works and its standards. We also demonstrate the brazilian digital TV system, about its audiovisual issues, transport streaming and modulation. The set-top-box functions are explained later and also its interactivity. Then we give an explanation about NCL language and we develop its application.

Key-words: Brazilian Digital TV System, Ginga, NCL.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>14</i>
1.2	MOTIVAÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DA TELEVISÃO	15
2.2	SISTEMA DE TV DIGITAL	17
2.3	PADRÕES MUNDIAIS DE TV DIGITAL TERRESTRE	18
2.4	TV DIGITAL NO BRASIL	21
2.5	ISDB-TB – PADRÃO BRASILEIRO DE TV DIGITAL	22
2.5.1	<i>Codificação do Áudio</i>	<i>23</i>
2.5.2	<i>Sistema de Transporte</i>	<i>31</i>
2.5.3	<i>Modulação</i>	<i>34</i>
2.6	SET-TOP- BOX	37
2.7	MIDDLEWARE	39
2.8	INTERATIVIDADE	42
2.8.1	<i>Formas de Interatividade</i>	<i>43</i>
2.8.2	<i>Opções de Canal de Retorno</i>	<i>44</i>
2.8.3	<i>Linguagem NCL</i>	<i>47</i>
3	DESENVOLVENDO UMA APLICAÇÃO INTERATIVA PARA TV DIGITAL	50
4	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Multiplexação dos fluxos e geração do TS	18
Figura 2: Decodificação do sinal de TV Digital.....	18
Figura 3: Compressão AAC	25
Figura 4: Esquema básico de um codificador MPEG-2	28
Figura 5: Modelo de tempo do sistema	31
Figura 6: Transporte de dados síncronos.....	32
Figura 7: Transporte de dados assíncronos.....	33
Figura 8: FLuxo de transporte MPEG-2 System	34
Figura 9: Analogia da modulação multiportadora e portadora única	35
Figura 10: Segmentação da banda de 6MHz	36
Figura 11: Vista traseira de um Set-Top-Box.....	39
Figura 12: Modelo em Camadas do sistema de TV Digital	40
Figura 13: Arquitetura Ginga	42
Figura 14: Interatividade em Carrossel	43
Figura 15: Interatividade com retorno	44
Figura 16: Canal de retorno através de uma linha convencional.....	44
Figura 17: Canal de retorno através de uma linha ADSL.....	45
Figura 18: Canal de retorno através do uso da rede celular.....	46
Figura 19: Canal de retorno através de uma rede Ad-Hoc	47
Figura 20: Simulador do set-top-box com o GINGA.....	50
Figura 21: Início da aplicação e apresentação do logotipo.....	51
Figura 22: Apresentação do menu dos cursos e redimensionamento do vídeo	52
Figura 23: Apresentação do mapa de localização da FARN	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Padrões de TV digital terrestre	21
Tabela 2: Compressão do vídeo para os serviços fixos/móveis e portáteis.....	22
Tabela 3: Compressão do áudio para os serviços fixos/móveis e portáteis.....	22
Tabela 4: Parâmetros do áudio para serviços <i>full-seg</i> e <i>one-seg</i>	26
Tabela 5: Parâmetros do vídeo para serviços <i>full-seg</i> e <i>one-seg</i>	31

2 INTRODUÇÃO

A televisão não é diferente dos outros meios de comunicação em massa e segue a tendência mundial do movimento de digitalização. Passando por um rápido processo de substituição de suas plataformas analógicas por plataformas e tecnologias digitais. Esta mudança está provocando uma onda de impacto em todo o mundo e o Brasil não fica fora.

Fim dos chuviscos, dos fantasmas, da interferência, da variação de cor. Áudio limpo, do mínimo estéreo ao som rico em efeitos especiais. Sinal perfeito, sem queda ou dificuldade para captação, seja em casa ou indo para o trabalho, assim é o sinal da TV Digital.

A principal mudança que a TV digital traz diz respeito à qualidade da imagem: quando exibida num televisor compatível com a alta definição (os chamados HD, *High Definition*, em inglês), a qualidade da imagem digital é seis vezes melhor que o padrão atual da televisão brasileira.

O áudio digital também é uma evolução. O som estéreo, possível nas televisões atuais que têm duas caixas, uma de cada lado do aparelho, poderá ser melhorado para o chamado 5.1, comum no cinema atual.

A mobilidade é outra inovação: o novo sinal poderá ser captado por dispositivos móveis – minitvs instaladas em ônibus e carros, por exemplo, além das pen TVs, para computadores – e portáteis, como os celulares.

A popularização da interatividade – tão presente e já corriqueira na internet – é uma das revoluções que a TV digital vai promover na televisão brasileira. Esses recursos extras vão permitir diversas novidades, como a possibilidade de ver diferentes ângulos de câmera em um mesmo canal e a transmissão de informações e dados simultaneamente à programação. Um fã de futebol poderá conferir, por exemplo, a um toque no controle remoto, as informações sobre os times em campo ou sobre a última rodada do campeonato. Quem gosta de novelas terá como checar a sinopse de um capítulo perdido da trama.

Inicialmente, o telespectador poderá apenas consultar as informações que a emissora oferecer no canal. Em alguns anos, será possível interagir com as informações da tela, como responder a uma enquete e participar de pesquisas desenvolvidas pelos programas.

Para que a interatividade funcione com todo seu potencial, duas universidades brasileiras – a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ) e a Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – vêm trabalhando no desenvolvimento do sistema que faz a ponte entre o telespectador e as informações fornecidas pelas emissoras.

Esse sistema se chama Ginga e é o único autorizado pelo Ministério das Comunicações a estar presente nos conversores digitais vendidos no Brasil. Ou seja, se o conversor não contiver o Ginga, os recursos de interatividade não serão possíveis na sua televisão.

No Brasil, o sistema de televisão tem uma penetração de aproximadamente 90% nos lares, fazendo da TV um veículo de informação capaz de formar opiniões. Além disso, por razões culturais ou financeiras, a televisão é uma das principais formas de entretenimento da população. Por esta razão, é importante salientar que a migração do sistema analógico para digital não pode afetar nenhuma camada da população, pois a televisão funciona como um importante fator de integração social.

No dia 2 de Abril o padrão ISDB-T de TV Digital completou 2 anos de operação no Brasil, neste período o padrão denominado nipo-brasileiro chegou a mais capitais e cidades pólo e foi adotado por países da América do Sul. Entretanto, a TV Digital ainda enfrenta obstáculos à sua expansão.

Em 2009, pudemos observar uma grande movimentação para promover a implantação da TV Digital em mais cidades. Atualmente a transmissão digital é realizada em 27 cidades, sendo 19 delas capitais e 8 são cidades pólo. De acordo com o Fórum SBTVD (Sistema Brasileiro de TV Digital Terrestre), a tecnologia cobre mais de 60 milhões de brasileiros. No ano passado os sinais eram operados em 9 capitais, cobrindo 40 milhões de habitantes.

As consignações de canais tiveram de acompanhar a expansão do número de cidades, até o momento foram consignadas 60 emissoras e retransmissoras em caráter permanente. Entre as consignadas estão inclusas emissoras universitárias as quais veiculam programação educativa.

Outro aspecto importante foi a adesão dos países sul-americanos ao padrão ISDB-T. O primeiro a adotar o sistema foi o Peru, em abril, seguido pela Argentina, Chile e Venezuela, este último em 6 de outubro. Para promover o sistema, o governo brasileiro tem mantido conversações com Cuba, Equador, Bolívia, Costa Rica e Moçambique.

2.1 OBJETIVOS

Neste trabalho será explanado o padrão brasileiro de televisão digital terrestre e as diversas possibilidades do canal de retorno e a famigerada interatividade e ao final desenvolveremos uma aplicação interativa utilizando a linguagem de programação NCL.

2.1.1 Objetivos Específicos

Neste trabalho, para atingir o objetivo geral, as seguintes etapas foram seguidas: explicar de forma objetiva o Sistema brasileiro de TV Digital abordando desde a codificação dos sinais de áudio e vídeo à geração dos fluxos de programa e de TS; ao final, desenvolver um exemplo de interativa utilizando a linguagem NCL e o emulador (máquina virtual) de um *set-top-box*.

2.2 MOTIVAÇÃO

Como motivação para o desenvolvimento deste trabalho, pode-se elencar: a atual fase de implantação de tecnologia digital nas TVs Brasileiras e em especial na TV potiguar; o fato de trabalhar na área de radiodifusão; de estar participando de perto da implantação dessa nova tecnologia e a possibilidade de compartilhar conhecimento e esclarecer dúvidas freqüentes sobre TV digital.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DA TELEVISÃO

A tecnologia da televisão envolve, em termos gerais, a conversão das imagens visuais em sinais eletrônicos, para que possam ser transmitidos, distribuídos e finalmente restaurados em formato visual em um visor eletrônico. A Engenharia de Televisão está associada, em quase todos os passos utilizados no processo, desde a criação de programas e refinamentos de pós-produção utilizando processamento eletrônico até a reprodução das imagens. Televisão é uma tecnologia relativamente nova, levando-se em consideração o fato que se passaram somente pouco mais de meio século desde a invenção da primeira câmera com tubo imagem eletrônico.

As primeiras experiências ocorreram no final do século 18 em várias partes do mundo:

Em 1897 o físico alemão Karl Fernand Braun inventa o tubo de raios catódicos (CRT).

Em 1908 A C Campbell Swinton estabelece o conceito de televisão como é conhecido hoje – Londres.

Em 1926 foi feita, na Inglaterra por John Logie Baird e nos Estados Unidos por Charles Jenkins, as primeiras demonstrações públicas de televisão utilizando varredura mecânica. Devido a péssima qualidade das imagens o sucesso da TV mecânica dura pouco, termina 1933 nos EEUU e em 1935 na Inglaterra.

Em 1931 Wladimir Zworykin, da Westinghouse americana, desenvolveu o tubo captador de imagem - ICONOSCÓPIO, utilizando tubo de imagem fotossensível a vácuo, tornando possível a construção da primeira câmera de televisão totalmente eletrônica.

Em 1935 inaugurado em Berlim um serviço de televisão que exibia filmes em programações diárias de 2 horas, utilizando 180 linhas de varredura. Em 1936 este sistema transmitiu imagens dos jogos olímpicos.

A BBC de Londres iniciou em 1936 transmissões públicas de televisão de alta definição para a época - 405 linhas e 25 quadros/seg - sistema substituído posteriormente pelo atual PAL.

Durante a segunda guerra mundial as experiências com TV foram interrompidas. A única vantagem é que houve um aumento considerável na fabricação de CRT's para serem utilizados nos sistemas de radar.

Em 1945 a FCC (*Federation Consulat Consultif*) designou os canais 2 a 13, na faixa de VHF, para televisão comercial nos EEUU.

Em 1946 foi lançado o primeiro receptor de televisão comercial nos EEUU, com 30 válvulas e uma tela circular de 25,3 cm de diâmetro (10 polegadas) - RCA.

Em 1947 foi alocado o canal de som a 4,5 MHz acima da portadora de vídeo, proposto pôr R. B. Dome da GE.

No final dos anos 40 a televisão expandiu-se pelo mundo com diversos padrões diferentes, adequando-se as situações técnicas, econômicas e políticas de cada país. Atualmente existem 13 padrões diferentes de televisão: A,B,C,....,L,M e N.

No Brasil adotou-se o padrão M de Televisão, pôr influência do Americano (USA), em 18/09/50. A primeira emissora a transmitir foi a TV Difusora de São Paulo, mais tarde TV Tupi de São Paulo. Em 20/01/51 instalava-se a segunda emissora no Rio de Janeiro - TV Tupi do Rio de Janeiro. Durante os anos 50 a televisão no Brasil ficou restrita somente ao eixo Rio e São Paulo.

Em 1950 – Dois sistemas de televisão colorida surgem, um proposto pela CBS e outro pela RCA, sendo o último adotado pela FCC.

As transmissões em cores foram iniciadas no ano de 1954, nos EEUU, bem como o aparecimento dos sistemas de gravação de imagens em fitas magnética, os magnetoscópios (vídeo tape).

As transmissões em cores, no Brasil, tiveram início, oficialmente, em 31 de março de 1972.

Nos EUA, em 1987, foram iniciados os estudos com o objetivo de desenvolver novos conceitos no serviço de televisão. Foi então criado o ACATS (*Advisory Commitee on Advanced Television*). No início dos trabalhos, o comitê decidiu desenvolver um sistema totalmente digital, que foi denominado DTV (*Digital Television*). Foi então criado um laboratório, o ATTC (*Advanced Television Test Center*), que, entre 1990 e 1992, testou seis propostas. Nos testes realizados, nenhuma das propostas satisfaz a todos os requisitos.

Em 1993, sete empresas e instituições participantes dos testes (AT&T, GI, MIT, Phillips, Sarnoff, Thomson e Zenith) se uniram formando a “Grande Aliança” para juntas desenvolver um padrão. Numa decisão arrojada foi adotado como padrão para compressão do vídeo o padrão MPEG-2 [ISO, 1996a].

No final de 1993, os europeus também decidiram desenvolver um padrão totalmente digital e adotaram o padrão MPEG. Criou-se então o consórcio DVB (Digital Vídeo

Broadcasting). A versão DVB para a radiodifusão terrestre (DVB-T) entrou em operação em 1998, na Inglaterra.

Em 1995, o ATSC (*Advanced Television System Committee*) recomenda a FCC a adoção do sistema da Grande Aliança como o padrão para a DTV norte-americana.

Só em 1997 os Japoneses decidiram desenvolver um padrão totalmente digital. O sistema Japonês denominado ISDB (*Integrated Services Digital Broadcasting*) assemelha-se ao europeu e entrou em operação com transmissão via satélite em 2000.

3.2 SISTEMA DE TV DIGITAL

Para compreender como funciona o sistema digital de televisão é necessário entender o funcionamento do atual sistema analógico utilizado nas transmissões.

Segundo [GROB, 1989], no sistema analógico a imagem é dividida em 525 linhas horizontais construídas através de uma varredura, que é a composição da imagem na tela na formação da esquerda para a direita. Assim que uma linha termina de ser formar na tela é feita a construção da próxima linha logo abaixo, desse modo a tela é preenchida de cima para baixo. Depois de terminadas as 525 linhas, tudo é apagado e inicia-se todo o procedimento novamente. Todo este procedimento só é percebido pelo olho humano somente na sensação de movimento da imagem, porém não é perceptível quando ocorre o apagamento e a construção de um novo quadro da imagem na tela.

Um sistema de TV digital é um sistema típico cliente/servidor. O servidor compõe o ambiente de uma radiodifusora ou de um provedor de conteúdo, e o cliente, o ambiente do usuário telespectador.

Um programa é composto de um áudio e um vídeo principal, capturado ao vivo de uma câmera ou proveniente de um servidor de vídeo ou exibidor de comerciais. Um programa pode também conter dados adicionais, incluindo o aplicativo que define o relacionamento entre os vários elementos de mídia definidos nesses dados. Os dados adicionais podem vir encapsulados no formato IP ou em outro formato. O vídeo e o áudio são entregues aos codificadores digitais, responsáveis pela geração dos respectivos fluxos de vídeo principal e áudio principal comprimidos. Esses fluxos, mais os fluxos de dados, são então multiplexados em um único sinal, denominado fluxo de transporte (TS – *Transport Stream*) (Figura 1). Em seguida, no caso de um sistema terrestre, o fluxo de transporte é modulado para um canal de frequência e transmitido no ar.

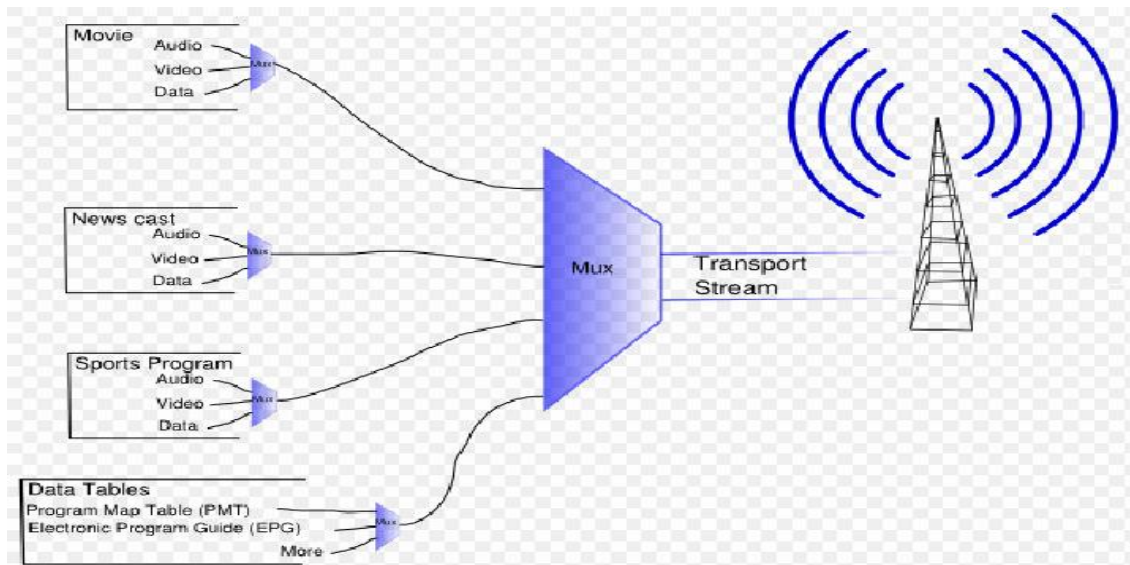


Figura 1: Multiplexação dos fluxos e geração do TS

Na recepção o sinal é demodulado e entregue ao demultiplexador que separa os fluxos de áudio e vídeo principais dos fluxos de dados (Figura 2). Os dados obtidos pelo canal de interatividade também podem ser enviados pelo o aplicativo à emissora ou outro destino qualquer na rede do canal de interatividade.

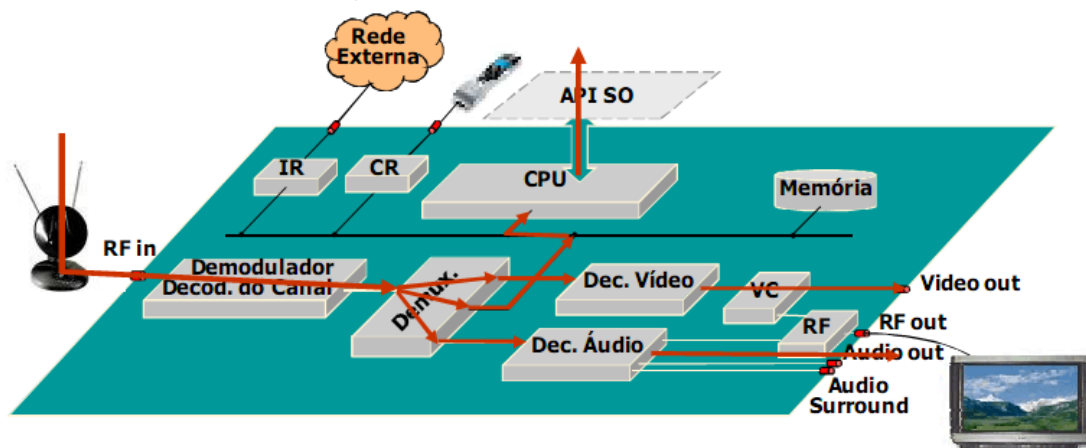


Figura 2: Decodificação do sinal de TV Digital

3.3 PADRÕES MUNDIAIS DE TV DIGITAL TERRESTRE

Um sistema de televisão digital interativa deve adotar e integrar um conjunto de diferentes tecnologias de hardware e software para implementar suas funcionalidades. Conjuntamente, estas tecnologias permitem que um sinal eletromagnético, que transporta

fluxos elementares de áudio, vídeo, dados e aplicações, possa ser transmitido para o *Set-Top-Box* e, então, que estes fluxos sejam recebidos, processados e apresentados aos usuários. Considerando a diversidade de soluções tecnológicas que podem ser adotadas para a implementação de um sistema de televisão digital interativa, diversos órgãos de padronização concentraram esforços na especificação de padrões. Como resultado destes esforços, atualmente, existem quatro padrões mundiais de sistema de televisão digital interativa reconhecidos, sendo estes: ATSC (Padrão Americano), DVB (Padrão Europeu), ISDB (Padrão Japonês) e ISDB-TB (padrão Brasileiro), descritos a seguir.

A criação de cada um dos padrões sofreu influência do local e da época em que foram concebidos.

O padrão americano ATSC (Advanced Television System Comittee) foi o primeiro a ser desenvolvido e priorizou um aumento na qualidade do sinal em relação à TV Analógica. Desta forma, adotou como objetivo principal a transmissão de canais em HDTV.

O padrão europeu DVB (Digital Video Broadcasting) surgiu em seguida, com a necessidade de resolver o problema de congestionamento do espectro no continente europeu, além de propiciar aos telespectadores uma maior variedade na programação, oferecendo assim uma alternativa à chatíssima programação característica das emissoras estatais da época. Para resolver o problema do espectro, foi utilizada a modulação COFDM que, além de permitir o uso de redes SFN (Single Frequency Network) para economizar espectro, conferiu ao padrão europeu uma maior flexibilidade e um ganho de robustez significativo em relação ao padrão americano. Para resolver o problema de variedade na programação, os pesquisadores utilizaram o modo de transmissão de canais SDTV (4 canais na banda de 6 MHz), no lugar de apenas um canal HDTV, como ocorre no sistema americano.

O padrão japonês ISDB (Integrated System Digital Broadcasting) surgiu no final da década de 90 e foi confrontado com novos desafios, tais como mobilidade e portatibilidade. Nesta época, já era inconcebível um sistema que não permitisse a seus usuários utilizá-lo onde quer que estivessem, parados ou em movimento. Com isso, além do padrão japonês utilizar modulação COFDM (com suas vantagens já detectadas pelos europeus), os pesquisadores decidiram utilizar uma solução com Divisão em 13 Segmentos (BST-OFDM) da banda de 6 MHz do canal de transmissão. Com isto, a flexibilidade do sistema aumentou ainda mais, pela possibilidade de combinação destes segmentos de diversas formas.

Estes 13 segmentos podem ser divididos em até 3 Grupos Hierárquicos diferentes (HDTV, SDTV ou LDTV), que garantem maior ou menor robustez, maior ou menor qualidade, dependendo da aplicação a que se destinam. Um destes segmentos pode ser destinado à transmissão para receptores móveis, tais como PDA's, celulares e notebooks. Ao mesmo tempo e no mesmo canal, os 12 segmentos restantes podem ser destinados à transmissão para receptores fixos (em HDTV ou SDTV). Outro ponto interessante é que o sistema japonês utiliza várias ferramentas adicionais de correção de erros, que garantem a robustez indispensável ao ambiente hostil de recepção em movimento.

O padrão de televisão digital adotado no Brasil é o ISDB-TB, uma adaptação do ISDB-T (*Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial*), padrão japonês acrescida de tecnologias desenvolvidas nas pesquisas das universidades brasileiras. O padrão japonês foi escolhido, conforme dito anteriormente, por atender melhor as necessidades de energia nos receptores, mobilidade e portabilidade sem custo para o consumidor, diferente do padrão europeu (DVB-T), onde esta operação é tarifada pelas empresas telefônicas. A principal diferença constatada inicialmente após a decisão de se adotar o padrão japonês para ser utilizado na televisão digital brasileira, em junho de 2006, foi a substituição do formato de compressão MPEG-2 para o MPEG-4.

O formato ISDB-TB também permite, além da transmissão em alta definição, a transmissão em multiprogramação, onde é possível transmitir, no lugar de um único programa em alta definição, oito programas diferentes simultaneamente em definição padrão (720×480 pixels, a mesma do DVD). Para comparar, a televisão analógica, por ter perdas na transmissão pelo ar, chega a no máximo 333×480 . Com o codec H.264 do formato MPEG-4, será possível transmitir até 2 programas HD (1080i), 4 programas HD (720p) e/ou 8 SD (480p) pela mesma transmissora.

A tabela 1 mostra um sumário dos vários padrões de TV digital terrestre com as principais características de transmissão e suporte a aplicações.

Tabela 1: Padrões de TV digital terrestre

	Compressão	Modulação	Transporte	Middleware	Aplicações
ATSC	Dolby AAC e MPEG-2 HDTV	8-VSB	MPEG-2	DASE	EPG, t-GOV, t-COM, Internet
DVB	MPEG-2 e MPEG-2 SDTV	COFDM	MPEG-2	MHP/MHEG	EPG, t-GOV, t-COM, Internet
ISDB	MPEG-2 AAC MPEG-2 HDTV	COFDM	MPEG-2	ARIB	EPG, t-GOV, t-COM, Internet
ISDB-TB	MPEG-4 AAC MPEG-4 H.264	COFDM	MPEG-2	GINGA	EPG, t-GOV, t-COM, Internet

3.4 TV DIGITAL NO BRASIL

O Brasil foi o único país emergente em que emissoras e indústrias de equipamentos financiaram parte dos testes de laboratório e de campo para comparar a eficiência técnica dos três padrões tecnológicos existentes para transmissão e recepção dos sinais.

Desde 1994, 17 emissoras de televisão e pouco mais de uma dezena de empresas interessadas criaram o grupo SET/Abert juntamente com a Universidade Mackenzie passaram a pesquisar os três sistemas de transmissão de TV Digital: o modelo ATSC americano, o modelo DVB europeu e o modelo ISDB japonês. Desde 1996, Goiás é um dos estados diretamente empenhados na *corrida tecnológica* para a implementação da televisão digital. O ano de 1996 também ficou marcado pela chegada da DirecTV, primeiro sistema de TV digital no país, porém pago e inacessível à maioria da população. No final daquele ano chegou a SKY para competir nesse mercado. Em 1998 foram iniciados os trabalhos do primeiro consórcio técnico com a Universidade Mackenzie, que resultou nos primeiros testes de laboratório e de campo que duraram seis meses: entre Agosto de 1999 e Março de 2000.

O governo federal criou 22 consórcios técnicos envolvendo 106 universidades públicas e privadas brasileiras, institutos de pesquisa e empresas privadas. Cerca de R\$60 milhões do *Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações* foram aplicados para a criação de inovações brasileiras, incluindo o aperfeiçoamento de equipamentos e tecnologias e de softwares nacionais.

Em 2003 o Presidente Luiz Inácio Lula da Silva assinou o Decreto n.º 4.901, que criou o Sistema Brasileiro de TV Digital Terrestre, ou SBTVD, e o Comitê de Desenvolvimento,

responsável pela sua implementação. Após o término da primeira fase de estudos em 2006, o presidente Lula assinou o decreto de n.º 5.820 que criou *Fórum do Sistema Brasileiro de TV Digital Terrestre*, responsável por padronizar e harmonizar as tecnologias nacionais, desenvolvidas pelas universidades e centros de pesquisas brasileiros, com a tecnologia da ARIB (*Association of Radio Industries and Businesses*) do Japão e outras.

3.5 ISDB-TB – PADRÃO BRASILEIRO DE TV DIGITAL

O Brasil, tomou como base o sistema ISDB (padrão japonês) e escolheu como padrão de compressão do áudio e do vídeo o MPEG-4.

Para os serviços fixo e móvel e portátil, serão adotados os seguintes parâmetros das tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Compressão do vídeo para os serviços fixos/móveis e portáteis

Serviços	Padrão	Formatos de Vídeo	Perfil e Nível	Taxa de Quadros
Fixos / Móveis	H.264 ou MPEG-4 AVC	480, 720 e 1080	HP@L4.0	25, 30, 50 e 60 Hz
Portáteis	H.264 ou MPEG-4 AVC	QVGA (4:3 e 16:9) SQVGA(4:3 e 16:9) ; CIF	BP@L1.3	5, 10, 12, 15, 24 e 30 Hz

Tabela 3: Compressão do áudio para os serviços fixos/móveis e portáteis

Serviços	Padrão	Ferramenta de High Efficiency	Perfil e Nível	Taxa de Amostragem	Nº de canais
Fixos / Móveis	MPEG-4 AAC	SBR	AAC@L4 e HE-AAC@L4	até 48 kHz	5.1 canais (sem SBR) Estéreo (com SBR)
Portáteis	MPEG-4 AAC	SBR + PS	HE-AAC@L3	até 48 kHz	2 canais

Os detalhes sobre os perfis de áudio e vídeo serão vistos nas seções seguintes.

3.5.1 Codificação do Áudio

Um sinal digital carrega, em geral, muita informação redundante. Se eliminarmos essas redundâncias, conseguiremos reduzir em muito a quantidade de bits gerados.

Quando eliminamos apenas a redundância de um sinal, não a perdamos de informações, e dizemos que uma compactação ou compressão sem perdas. No entanto, podemos também diminuir a quantidade de bits com alguma perda de informação. Dependendo da aplicação e do usuário da informação, parte da informação pode ser descartada, por ser considerada pouco útil. Raramente é necessário manter o sinal original intacto, no caso das mídias de vídeo, áudio e imagens estáticas, uma vez que o usuário final perderia de qualquer forma da parte da informação por limitações físicas; por exemplo, limitações do ouvido ou frequências inaudíveis ao ouvido humano. A quantidade de informações que podemos perder pode ser dependente do usuário, mas também pode depender da tarefa em desenvolvimento: por exemplo: perder um pouco da nitidez de um vídeo de uma vídeo-conferência pode ser perfeitamente aceitável, enquanto a perda da qualidade vídeo em uma micro-câmera, de alta precisão, em cirurgias médicas é completamente inadmissível. Quando comprimimos um sinal e há perdas na compressão dizemos que houve uma compressão sem perdas, ou simplesmente compressão. Quando essa perda não é perceptível pelo ser humano, dizemos que houve uma compressão percentualmente sem perdas.

Em um sistema de TV digital, técnicas de compressão percentualmente sem perdas são empregadas no áudio gerado, levando em consideração o modelo psicoacústico humano. O modelo divide o domínio de frequência audível em várias bandas, e sobre elas aplica filtros, levando em conta a sensibilidade do ouvido humano, o mascaramento de frequência, o mascaramento temporal e a forma como o ser humano percebe áudio multicanal. O resultado é um áudio com baixa taxa de bits e de alta qualidade.

O sistema americano de TV digital utiliza o padrão de codificação AC3/ATSC [ATSC/AC3, 2005], antigo nome da codificação Dolby Digital (DD). A codificação, proprietária da empresa Dolby, utiliza seis canais de áudio, sendo cinco com alta qualidade (20Hz a 20KHz) e um apenas para baixas frequências (20Hz a 120Hz). O sistema de áudio Dolby AC-3 é um sistema proprietário, implementado pelos laboratórios Dolby dos Estados Unidos. Ele é um algoritmo otimizado para a radiodifusão, mas, por outro lado, não suporta sucessivas operações de decodificação/recodificação do sinal, necessárias em estúdio.

O sistema europeu de TV digital usa o padrão MP2 (MPEG-1 *Layer 2*) [ISSO/IEC IS 11172-3, 1993], mas algumas implementações seguem o padrão MPEG-2 *Advanced Audio Coding* (AAC) [ISSO/IEC 13818-7, 1997], também adotado pelo sistema japonês. O ISDB optou por adotar uma variante do MPEG-2, conhecido como MPEG-2 AAC

O MPEG-2 AAC, também conhecido como MPEG-2 parte 7 ou MPEG-4 parte 3, foi projetado como um codec (codificador/decodificador), de desempenho melhor em relação ao MP3 (MPEG *Layer 3*) [ISO/IEC IS 11172-3, 1993], para codificação de áudio em taxas de bits médias a altas. Resumidamente é assim que funciona a compressão no MPEG-2 (Figura 3): o sinal analógico, é dividido em 32 sub-bandas através de uma cadeia de filtros. Em seguida os sinais de cada sub-banda são amostrados e quantizados. O fator de escala é calculado tendo em conta a amplitude máxima de cada 36 amostras. Caso existam picos no sinal, um fator de escala pode não ser suficiente, podendo nestes casos existir dois ou mesmo três fatores de escala para cada sub-banda. Este fator de escala é fornecido à entrada do modelo psicoacústico, que com base nesta entrada calcula o nível máximo de quantização para cada uma das 36 amostras. Paralelamente à divisão do sinal em 32 sub-bandas, é calculada a transformada de Fourier para partes sucessivas do sinal de áudio completo, cada uma delas contendo 512 amostras. Deste modo são detectados máximos locais no espectro das referidas amostras. O valor destes é comparado com amostras na vizinhança dos máximos, permitindo “ver” se estes picos realmente pertencem ao sinal de áudio. Se sim, o modelo psicoacústico é ajustado para também mascarar os máximos locais. A forma da máscara juntamente com o fluxo binário, pode eventualmente redefinir o número ótimo de níveis de quantização. Deste modo é possível uma redução dinâmica da banda do sinal.

O AAC é considerado o estado da arte para áudio de alta qualidade em uma taxa de bits típica de 128 Kbps. Abaixo dessa taxa a qualidade do áudio começa a degradar, o que pode ser compensado por técnicas de melhoramento com SBR (*Spectral Band Replication*) e PS (*Parametric Stereo*).

A SBR é uma técnica de extensão que permite a mesma qualidade de som do AAC a aproximadamente metade da taxa de bits. A combinação AAC e SBR é chamada de HE-AAC (*High Efficiency-AAC*) versão 1 [ISO/IEC 14496-3, 2004], também conhecida com “aacPlus v1”.

A PS, por sua vez, aumenta a eficiência de codificação ainda mais, através de uma representação paramétrica da imagem estéreo de um sinal de entrada. A combinação de AAC, SBR e PS é chamada de HE-AAC (*High Efficiency-AAC*) versão 2 [ISO/IEC 14496-3, 2004].

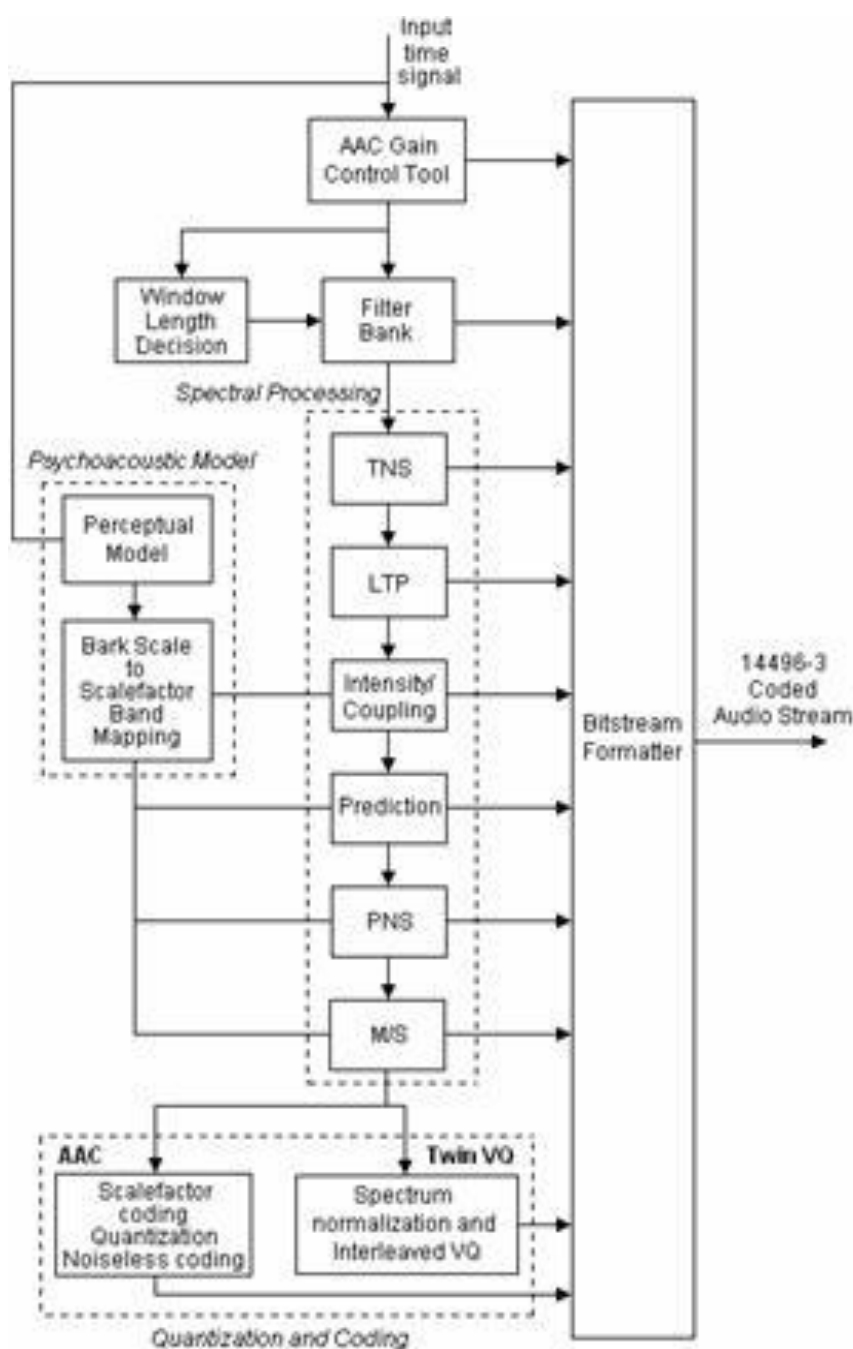


Figura 3: Compressão AAC

O HE-AAC, definido no padrão MPEG-4, é um superconjunto do núcleo AAC, que estende a alta qualidade de áudio AAC para taxas de bits mais baixas. Decodificadores HE-AAC v2 são capazes de decodificar fluxo HE-AAC v1 e fluxos AAC. E os decodificadores HE-AAC v1 são capazes somente de decodificar fluxo AAC.

O sistema brasileiro de TV digital terrestre adotou o padrão MPEG-4 para codificação do áudio principal de um programa [ABNT NBR 15602-2, 2007]. Para os serviços *full-seg*, classificação aplicada aos conversores digitais, também conhecidos por *set-top-box* e aos

receptores de 13 segmentos integrados com tela de exibição foram estabelecidos os seguintes critérios descritos abaixo na tabela 1. Para os serviços *one-seg*, classificação destinada aos receptores do tipo portáteis capazes de receber e decodificar apenas sinais de televisão digital terrestre transportado na camada “A” do fluxo de transporte e os produtos classificados como *one-seg*, tais como receptores integrados com telefone celular, PDA, *dongle* e televisores portáteis, foram estabelecidos as seguintes características descritas na tabela 1.

Tabela 4: Parâmetros do áudio para serviços *full-seg* e *one-seg*

	Receptores Fixos e Moveis <i>full-seg</i>	Receptores portáteis <i>one-seg</i>
Padrão	ISSO/IEC 14496-3 (MPEG-4 AAC)	ISSO/IEC 14496-3 (MPEG-4 AAC)
Nível e Perfil	AAC@L4 (multicanal 5.1) HE-AAC v1@L4 (estéreo)	HE-AAC v2 @L3 (2 canais)
Taxa de Amostragem	48 KHz	48 KHz

6.2 - Codificação do vídeo

Assim como no áudio, o vídeo também carrega muita informação redundante seja ela espacial (redundância intraquadros) e/ou temporal (redundância interquadros).

A técnica de compressão usada no MPEG-2 baseia-se na combinação da transformada discreta do co-seno (DCT), quantificação, códigos de tamanho variável, ainda predição temporal e compensação do movimento.

Geralmente em um quadro de vídeo não ocorre uma mudança abrupta de um pixel para um pixel consecutivo, a não ser em torno dos objetos. Em particular, podemos empregar a codificação JPEG [ISO/IEC 10918-1, 1994] em cada quadro do vídeo para tirarmos proveito dessa redundância espacial. Essa técnica, aplicada quadro a quadro, constitui a base da codificação chamada MJPEG (Motion JPEG). Entretanto ao empregarmos essa técnica estaremos levando em conta apenas a redundância intraquadro, quando a maior redundância pode estar nas informações contidas em quadros consecutivos (redundância interquadros), o que é explorado no padrão MPEG vídeo.

Uma câmera de alta definição gera um sinal de vídeo de mais de 1 Gbps. Este sinal precisa ser comprimido para que possa trafegar no canal de transmissão disponível. Por sorte, os dados contidos no sinal de vídeo são, em sua maioria, redundantes. Por exemplo, em uma cena em que se mostra o céu bem azul, a imagem muda pouco quadro após quadro. Por causa da maneira com que o olho humano trabalha, é possível apagar alguns dados do vídeo sem

degenerar a qualidade da imagem. Câmeras de TV podem gerar 60 imagens/segundo (60 Hz). Cada pixel (elemento de imagem) pode ser representado por um número de luminância (Y) e dois de cromaticidade (UV), que representam o brilho e a cor da imagem, respectivamente. Assim, cada pixel é inicialmente representado por três disposições de números retangulares (módulo e ângulo). Quando utilizamos varredura entrelaçada, a imagem é separada em dois campos: ímpar (linhas ímpares) e par (linhas pares). Dois campos sucessivos formam um quadro. Estes quadros são processados 30 vezes por segundo. Logo, o campo é processado 60 vezes por segundo.

Se o vídeo não for entrelaçado temos a varredura progressiva, ou seja, a varredura de todas as linhas sem divisão de campos. O padrão MPEG-2 suporta as duas opções.

Um macrobloco (conjunto de 16x16 pixels) pode também ser codificado de forma preditiva. A predição de quadros é uma compressão temporal e determina três tipos de quadros: I (*Intra Codec Pictures*), P (*Predictive Codec Pictures*) e B (*Bidirectionally Predicted Pictures*).

Os quadros I são codificados sem nenhuma dependência com os outros quadros. Formam uma imagem completa, sendo referência para os quadros P e B. O uso dos quadros tipo I facilita a inicialização da imagem quando ocorre uma mudança de canal no receptor. Ao contrário dos quadros P e dos quadros B, os quadros I não dependem dos dados de quadros precedentes ou seguintes.

A predição MPEG pode ser feita baseada em quadros passados e quadros futuros da sequência de um vídeo. Quando a predição é feita baseada em um quadro passado, é codificado o erro de predição (diferença do macrobloco que se quer codificar para o macrobloco de referência do quadro passado), usando os mesmos procedimentos usados para o bloco interquadros e o vetor de movimento (que dá a posição relativa do macrobloco que se quer codificar para o macrobloco de referência do quadro passado). Quadros formados com esse tipo de predição são chamados de quadros P. No MPEG-2 vídeo, a predição é sempre baseada no primeiro quadro do tipo I ou P anterior.

Macroblocos também podem ser codificados baseados no primeiro quadro I ou P, posterior ou anterior. Nesse caso teremos dois quadros de referência para a procura do melhor casamento. A codificação pode ser realizada baseada no quadro anterior, no quadro posterior ou, ainda, na interpolação dos quadros anterior e posterior. Quadros codificados usando esse tipo de predição são chamados quadros B.

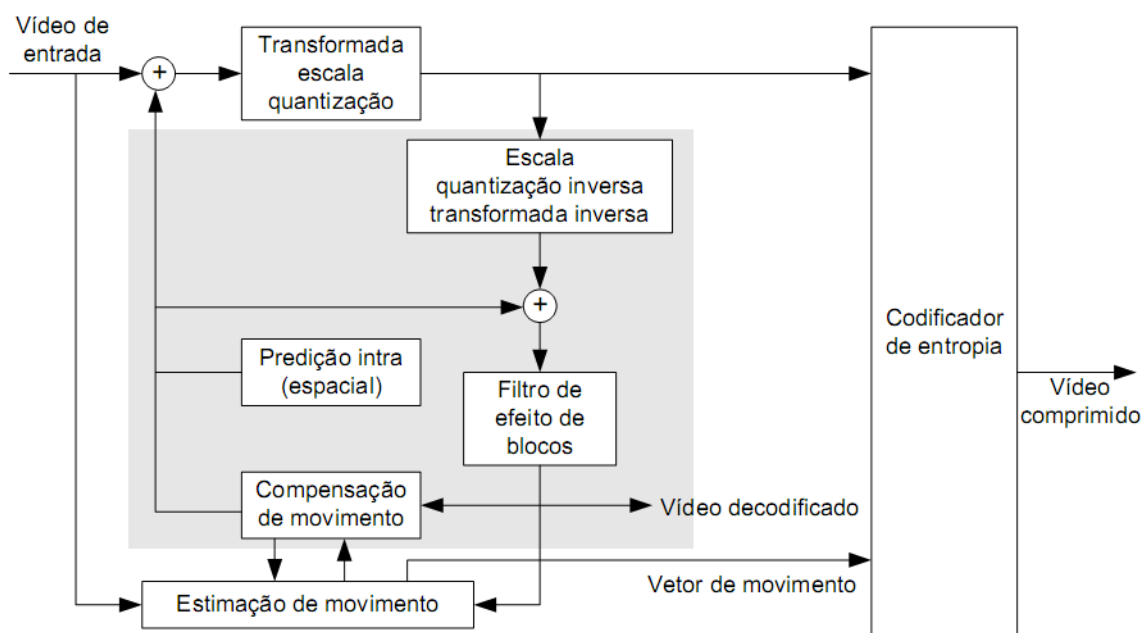


Figura 4: Esquema básico de um codificador MPEG-2

É interessante observar como o algoritmo consegue reduzir a redundância temporal numa sequência de imagens: cada imagem é dividida em macroblocos 16x16 pixels e em cada macrobloco analisado, o movimento é estimado nas posições adjacentes desse macrobloco na imagem seguinte.

Determinado o vetor de estimativa do movimento através do cálculo do mínimo das diferenças do macrobloco em estudo, é aplicada a DCT ao erro encontrado. A DCT transforma a amplitude espacial dos pixels em coeficientes de frequência espacial. A vantagem desta operação é que a imagem pode ser simplificada através de uma quantização dos coeficientes. Muitos dos coeficientes, geralmente os componentes de frequência mais elevada, podem ser aproximados para zero. A penalidade desta etapa é a perda de um pouco de resolução de brilho e cor. Se aplicarmos a transformada inversa à matriz depois da quantização, a imagem gerada se parece muito com a imagem original, porém, a quantidade de bits de informação é muito menor. A aplicação desta transformada tem como objetivo eliminar a redundância espacial, distribuindo a energia do sinal de uma forma mais compacta e independente pelos coeficientes, além de ser um método relativamente rápido de processar. Normalmente esta transformada é aplicada a blocos de erro elementares (8x8 pixel) a fim de reduzir o esforço computacional associado ao processo de eliminação da redundância espacial.

Um truque utilizado para diminuir a taxa de dados é reduzir as duas matrizes de crominância. Isto é possível porque o olho humano é mais sensível à intensidade do brilho do que à de cor. Por exemplo, a representação 4:2:2 diz que 1/3 dos valores de crominância foram deletados. 4:2:0 indica que 1/2 dos valores foram deletados. E a representação 4:4:4 indica que nenhum valor foi deletado. Desta maneira, é possível escolher entre resolução e taxa de bits. As três opções são suportadas pelo MPEG-2. Esta função é desempenhada pelo bloco *Down Sample*.

Segue abaixo um exemplo:

- Modo 4:4:4 de 10 bits e HDTV varredura progressiva:

sinal Y: 13,5 MHz

sinal Cb: 13,5 MHz

sinal CR: 13,5 MHz

$(1080 \times 1920) \text{ pixel/quadro} = 2,07 \text{ Mpixel/quadro}$

$(2,07 \text{ Mpixel/quadro}) \times (10 \text{ bits/pixel}) \times (60 \text{ quadros/s}) \times 3 = 3,27 \text{ Gbps}$

- Modo 4:2:2 de 10 bits e HDTV varredura progressiva:

sinal Y: 13,5 MHz

sinal Cb: 6,75 MHz

sinal CR: 6,75 MHz

$(1080 \times 1920) \text{ pixel/quadro} = 2,07 \text{ Mpixel/quadro}$

$(2,07 \text{ Mpixel/quadro}) \times (10 \text{ bits/pixel}) \times (60 \text{ quadros/s}) \times 2 = 2,484 \text{ Gbps}$

- Modo 4:2:0 de 10 bits e HDTV varredura progressiva:

sinal Y: 13,5 MHz

sinal Cb: 3,375 MHz

sinal CR: 3,375 MHz

$(1080 \times 1920) \text{ pixel/quadro} = 2,07 \text{ Mpixel/quadro}$

$(2,07 \text{ Mpixel/quadro}) \times (10 \text{ bits/pixel}) \times (60 \text{ quadros/s}) \times 1,5 = 1,863 \text{ Gbps}$

Neste exemplo, a taxa de entrada no sistema foi reduzida de 3,27 Gbps para 1,863 Gbps, apenas alterando os valores de crominância.

O padrão MPEG-2 vídeo admite vários formatos de quadros e diferentes resoluções para as componentes de crominância (subamostragem de crominância). De fato, o MPEG-2 especifica vários conjuntos de parâmetros de restrição, que são definidos nos seus níveis e perfis. Um perfil especifica as facilidades de codificação que serão utilizadas (por exemplo, tipos de quadros, subamostragem etc.) Um nível especifica a resolução dos quadros, as taxas de bits, etc.

Para a TV digital, o MPEG-2 vídeo define o perfil principal (utiliza os quadros I, P e B e uma subamostragem de cor 4:2:0) e os níveis principal (720 pixels/linhax 480 linhas x 30 quadros/seg) e alto (1920 pixels/linha x 1080 linhas x 30 quadros/seg), respectivamente SDTV e HDTV. Os sistemas americano, europeu e japonês de TV digital terrestre adotaram o MPEG vídeo como seu padrão para a codificação do vídeo.

O sistema brasileiro de TV digital emprega uma técnica de codificação mais recente: o H.264 [ISO/IEC 14496-10, 2005], também conhecido como MPEG-4 parte 10 ou MPEG-4 AVC (*Advanced Video Coding*).

Foi desenvolvido pelos grupos MPEG (*Moving Picture Expert Group*) e VCEG (*Video Coding Expert Group*), através de um esforço conjunto denominado JVT (*Joint Video Team*), um novo padrão de codificação de vídeo denominado AVC (*Advanced Video Coding*). Este padrão foi lançado como a Parte 10 do MPEG-4 e como Recomendação ITU-T H.264 e fornece uma capacidade de compressão maior de vídeo se comparado com os padrões anteriores (MPEG-4 e H.263). O H.264 abrange uma ampla gama de aplicações de comunicação de vídeo, tanto bidirecionais (vídeo-telefonía) quanto unidirecionais (armazenamento, streaming e difusão).

O objetivo do projeto foi criar um padrão capaz de prover um vídeo de boa qualidade a uma taxa consideravelmente mais baixa do que os padrões anteriores (MPEG-2 entre eles), sem aumentar muito sua complexidade, para facilitar uma implementação barata e eficiente. Um objetivo adicional era fornecer flexibilidade suficiente para permitir sua aplicação em uma variedade de sistemas de taxas de transmissão alta à baixa, e também, de resoluções de vídeo alta à baixa.

O H.264 contém várias facilidades novas que permitem uma compressão de vídeo muito mais eficiente e flexível. As técnicas empregadas fazem do H.264 um padrão significativamente melhor do que os padrões anteriores, sob uma variedade de circunstâncias e ambientes de aplicação, em particular o ambiente da TV digital, onde ele oferece um desempenho bem melhor do que o MPEG-2 vídeo. Em especial em situações de alta resolução e altas taxas de bits, o padrão H.264, para a mesma qualidade de vídeo, gera uma taxa de 50% menor do que a taxa gerada pelo padrão MPEG-2.

Da mesma forma que o padrão MPEG-2 vídeo, o H.264 é dividido em perfis e níveis. No caso do sistema brasileiro de TV digital terrestre, são usados os perfis alto (HP) e para receptores fixo e móveis (*full-seg*) e o perfil base (BP) para receptores portáteis (*one-seg*) [ABNT NBR 15602-1, 2007], conforme tabela 5.

Tabela 5: Parâmetros do vídeo para serviços *full-seg* e *one-seg*

	Receptores Fixos e Móveis full-seg	Receptores portáteis one-seg
Padrão	ITU H.264 (MPEG-4 AVC)	ITU H.264 (MPEG-4 AVC)
Nível e Perfil	HP@L4.0	BP@L1.3
Número de linhas do nível	480 (4:3 e 16:9), 720 (16:9), 1080 (16:9)	SQVGA (160x120 ou 160x90) QVGA (320x240 ou 320x180) CIF (352x288); todos em 4:3 e 16:9
Taxa de quadros	30 e 60 Hz	30 e 60 Hz

3.5.2 Sistema de Transporte

Os quatro sistemas de televisão digital terrestre padronizaram a forma como as informações audiovisuais e dados devem ser multiplexados em um único fluxo. Foi adotado o padrão MPEG-2 System [ISO/IEC 13818-1, 2000] com algumas variações.

O fluxo MPEG-2 possui uma hierarquia de cabeçalhos. Um fluxo elementar (*PES*) de vídeo é uma seqüência, que é formada por grupos de imagens (GOP's), composta por imagens, que possuem fatias formadas por macroblocos que são, por sua vez, grupos de blocos. Analogamente existe um fluxo elementar para o áudio.

Cada fluxo, elementar ou não, tem um modelo de tempo no qual o retardo entre a entrada no codificador até a saída do decodificador é constante. Este retardo é a soma do retardo de codificação, da *bufe*rização no codificador, da multiplexação, da transmissão (ou armazenamento) para o decodificador, da demultiplexação, da *bufe*rização do decodificador, da decodificação e os retardos de apresentação, como mostra a Figura 5.

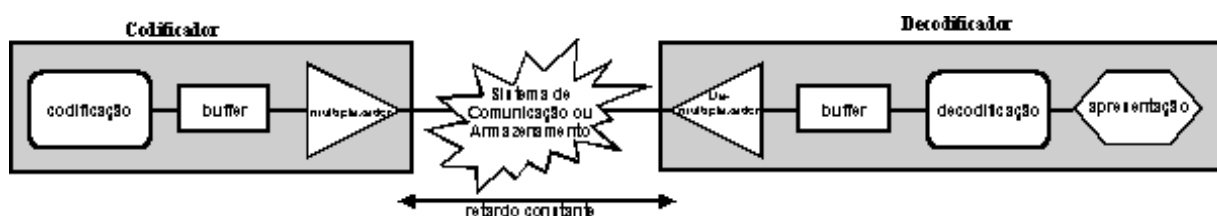


Figura 5: Modelo de tempo do sistema

Todo modelo de temporização é definido em termos de um relógio comum do sistema, denominado *STC* (*system time clock*). Nos fluxos de transporte, este relógio deve ter a mesma frequência (denominada *frequência_do_relógio_do_sistema*) das amostras de vídeo e de áudio; nos fluxos de programa uma pequena variação é permitida.

A sincronização entre múltiplos fluxos elementares é realizada pelo campo *presentation time stamps (PTS)* e faz parte do projeto do decodificador, fugindo ao interesse deste artigo. A sincronização do sistema de decodificação é obtida através dos campos *SCR (system clock reference)*, nos fluxos de programa, e de seu análogo *PCR (program clock reference)*, nos fluxos de transporte. SCR e PCR são também "selos de tempo" codificando a temporização dos fluxos de bits. O campo PCR é subdividido em dois campos: *PCR_base* e *PCR_extension*. Analogamente, existem os campos *SCR_base* e *SCR_extension*. SCR e PCR são derivados da mesma base de tempo que o PTS do mesmo programa. Como cada programa pode ter sua própria base de tempo, existe um campo PCR separado para cada programa de um fluxo de transporte. Valores para o PTS, *PCR_base* e *SCR_base* são unidades de 90kHz. *PCR_extension* e *SCR_extension* são extensões com uma resolução de 27MHz.

Acima deste nível, há ainda a multiplexação de vários fluxos elementares (vídeo, áudio e dados auxiliares) em um único fluxo MPEG.

Na multiplexação os fluxos de dados podem ser transportados através de serviços síncronos (fracamente acoplados), sincronizados (fortemente acoplados) ou assíncronos (desacoplados).

No serviço síncrono são adicionados selos de tempo (*timestamps*) aos fluxos de dados, e estes são sincronizados entre si, todavia o fluxo de dados não tem nenhuma relação temporal com os fluxos elementares de áudio e vídeo principal (Figura 6). Este tipo de serviço deve ser usado apenas quando os dados adicionais não tiverem contexto com os fluxos elementares de áudio e vídeo. Em exibições de comerciais ou transmissões de jogos ao vivo esse serviço não deve ser utilizado.



Figura 6: Transporte de dados síncronos

Utilizando o serviço de transporte sincronizado, os fluxos de dados são sincronizados entre si e também com os fluxos elementares de áudio e vídeo principal, do mesmo modo do serviço síncrono, adicionando selos de tempo.

Os fluxos de dados no transporte síncrono e sincronizado só permitem o sincronismo quando o instante de tempo de sincronização é determinístico.

Nos casos em que não se pode determinar o tempo exato em que os eventos irão acontecer devemos usar o serviço assíncrono. Por exemplo, uma interação do usuário consultando o guia de programação, não podemos prever. No serviço assíncrono nenhuma marca de tempo está associada aos dados, mas pode haver sincronismo entre vários objetos transportados e entre esses objetos e os fluxos de áudio e/ou vídeo principal. Juntamente com os dados é enviado o aplicativo, em uma linguagem específica, no caso do Brasil o NCL (*Nested Context Model*), o comportamento relativo dos dados, do áudio e do vídeo principal, no tempo e no espaço.

O serviço assíncrono exige uma linguagem para especificar o sincronismo e um receptor capaz de interpretar e executar a aplicação.



Figura 7: Transporte de dados assíncronos

Assim como os demais fluxos o fluxo de dados deve ser quebrado em pacotes de até 4096 bytes. Como a qualquer hora o telespectador pode sintonizar um determinado canal, os dados que não tem relação temporal e sim relação causal (a interação do usuário) devem ser enviados ciclicamente.

Nos ambientes de TV digital terrestre o protocolo de carrossel dados e de objetos estão especificados no padrão DSM-CC (*Digital Storage Media – Command and Control*) [ISO/IEC 13818-6, 1998] .

O protocolo de carrossel de objetos DSM-CC permite a transmissão cíclica de objetos de eventos e sistemas de arquivos. Se por um acaso o receptor não receba um bloco de dados por uma falha na transmissão basta esperar pela sua retransmissão correta. Além dos objetos de eventos, o protocolo de carrossel de objetos DSM-CC também é utilizado para transportar arquivos organizados em diretórios. O demultiplexador DSM-CC é responsável por montar o sistema de arquivo no dispositivo receptor. O receptor deve ser capaz de decodificar os dados recebidos e colocá-lo em uma área de memória para que possam ser utilizados, preservando a

estrutura de arquivos e diretórios enviada. Tanto o sistema americano como o europeu utilizam o carrossel de objetos

A multiplexação de vídeo, áudio e sinais de dados em sistemas de radiodifusão gera um serviço ou programa. O Sistema Brasileiro de TV Digital da suporte a multi-programação, ou seja, a possibilidade de transmitir ao mesmo tempo vários serviços. Cada serviço deve ter um identificador único. É possível ter mais de um fluxo de programa em um fluxo de transporte e cada qual com sua base de tempo.

Ao multiplexar serviços em um fluxo de transporte se organizam os pacotes dos fluxos dos serviços em um único fluxo (Figura 8). Para isso é necessário inserir no fluxo de transporte informações que permitam ao decodificador MPEG-2 identificar a qual serviço um dado fluxo elementar pertence. Essas informações são dispostas em um conjunto de tabela denominada PSI (*Program-Specific Table*).

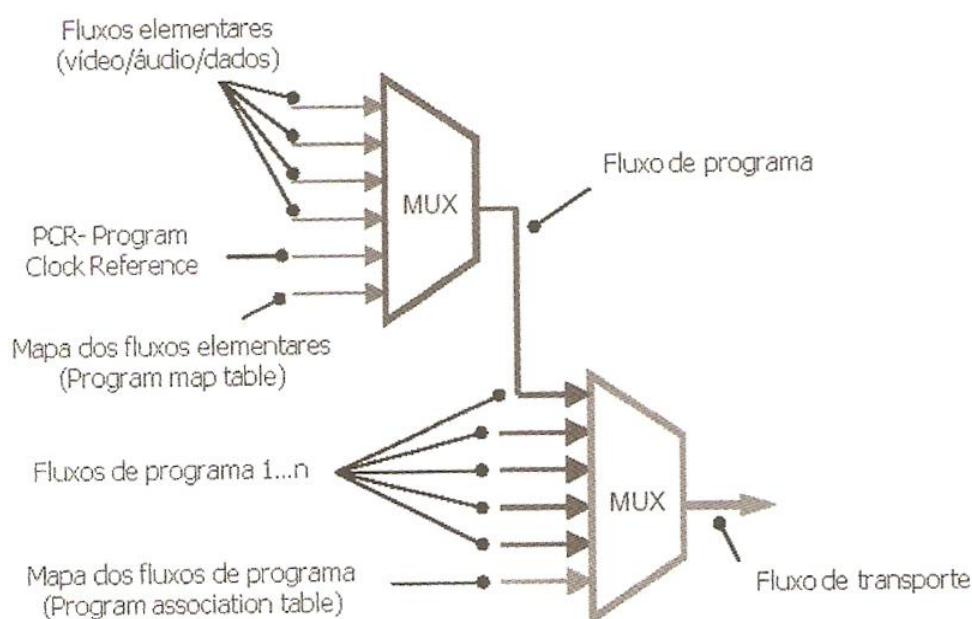


Figura 8: Fluxo de transporte MPEG-2 System

3.5.3 Modulação

O processo de modulação é o responsável por converter as informações entregues pelo codificador de canal em ondas eletromagnéticas.

O sistema ISDB-T possui três modos de multiportadoras: 1, 2 e 3. Nesta etapa são criadas 1405 portadoras ortogonais para o modo 1 (também chamado de modo 2K), 2809 portadoras para o modo 2 (4K) e 5617 portadoras para o modo 3 (8K). O processo de

criação de portadoras é realizado por um dispositivo DSP (Digital Signal Processing) que usa uma IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) e um conversor D/A (digital/analógico). Com uma banda disponível de 6 MHz por canal, o intervalo entre as portadoras é:

- modo 1: $f_x = 3968 \text{ Hz}$
- modo 2: $f_x = 1984 \text{ Hz}$
- modo 3: $f_x = 992 \text{ Hz}$

O modo 2 é uma excelente opção de transmissão para receptores móveis, pois consegue administrar o compromisso entre o tamanho do intervalo de guarda entre portadoras e a proteção adicional contra as degradações típicas de um ambiente de recepção móvel. O modo 2 é também uma ótima opção em transmissões para receptores fixos utilizando taxas mais altas, ou receptores móveis utilizando taxas mais baixas. No sistema ISDB-T podemos oferecer sinal de alta definição para recepções fixas, internas e externas, em conjunto com uma transmissão mais robusta para receptores móveis, em um mesmo canal de 6 MHz.

Não existe interferência entre as portadoras, pois todas são ortogonais entre si. Se compararmos este tipo de modulação com um sistema de portadora única, como o 8-VSB utilizado no padrão ATSC, notamos o melhor desempenho na presença de múltiplos percursos.

No sistema OFDM a informação está distribuída em milhares de portadoras. Com isto, mesmo se algumas portadoras forem degeneradas pelo meio de transmissão, pode-se garantir que a grande maioria chegará ao receptor. Em sistemas de portadora única isto não ocorre. Uma vez degenerada a portadora, a recepção se torna inviável.

A figura 9 ilustra a diferença entre modulação multiportadora e modulação portadora única.



Figura 9: Analogia da modulação multiportadora e portadora única

O sistema Brasileiro de TV Digital adota o princípio de modulação *Band Segmented Transmission – Orthogonal Frequency Division Multiplex* (BST-OFDM), que consiste na

divisão do canal de TV (6 MHz) em 13 segmentos de 428,58 kHz (Figura 10), o que possibilita a formação de até três camadas hierárquicas. Cada camada pode transmitir um fluxo de serviço com diferentes níveis de robustez, conforme a necessidade do serviço.

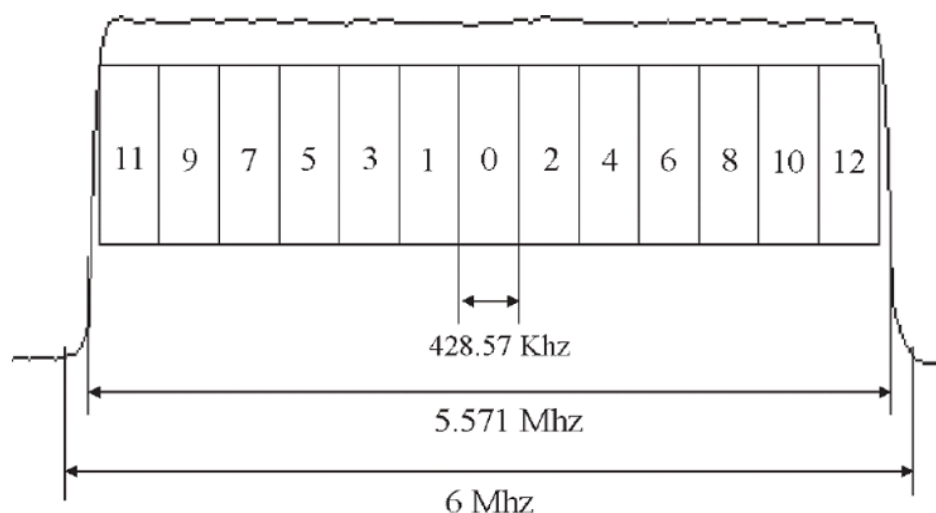


Figura 10: Segmentação da banda de 6MHz

Dessa forma o serviço sujeito ao maior nível de interferências pode ser configurado com os parâmetros que asseguram maior robustez contra elementos causadores de degradação do sinal na propagação, tais como multipercussos, ruído impulsivo (interferência de motores elétrico, automotores, transformadores etc.), efeito Doppler ou *fading*. O reconhecimento pelo receptor de qual programa de dentro do canal deve ser decodificado é propiciado pelo sinal *Transmission Multiplexing Configuration Control* (TMCC), enviado com sinal transmitido.

A modulação OFDM utiliza em vez de uma, centenas de portadoras em cada segmento, cada portadora transporta um símbolo de poucos bits. Desta forma se uma portadora sofre interferência, a transmissão sofrerá a perda de poucos dados, facilitando a recuperação de informação pelos corretores de erros do sistema.

Nos sistemas de TV digital, se o ruído demorar o tempo suficiente para causar uma rajada de erros em símbolos consecutivos do sinal, o sistema corretor de erros pode não ser capaz de corrigir o código transmitido, levando a queda da recepção.

3.6 SET-TOP- BOX

O conceito de *Set-Top-Box* Digital ou URD (Unidade Receptora-decodificadora) nasceu como uma plataforma para aplicações multimídias para redes de serviços digitais bidirecionais. Os primeiros projetos utilizavam um microcomputador PC conectado a uma rede, executando programas de descompressão de vídeo e áudio digital em tempo real, recebendo dados de outras plataformas normalmente em padrões de mídia como o MPEG-1 e MPEG-2 . Na televisão digital estes equipamentos têm a função de converter rádio-frequência em sinais de vídeo e áudio.

Os *Set-Top-Boxes* são aparelhos eletrônicos constituído por hardware e são responsáveis pela recepção e conversão sinal da TV digital assim permitindo que imagens digitais sejam exibidas nos televisores analógicos existentes. As principais funções deste equipamento são a decodificação do sinal digital recebido, verificação dos direitos de acesso e níveis de segurança, além de ser um dos principais elementos na interatividade da TV.

Entre as principais características que devem apresentar os *Set-Top-Boxes*, estão: o suporte a televisão de alta definição (HDTV), comunicação de dados digitais bidirecionais, principalmente para haver a interatividade entre ambos os lados, suporte a aplicações multimídia distribuídas, para o envio de vídeos sob demanda e jogos eletrônicos, independência da interface de comunicação, consiga mostrar segurança nas transações eletrônicas, para transações utilizadas no comércio eletrônico, descompressão de áudio e vídeo, decodificação de programas criptografados, gravação de programas, hospedagem de aplicativos e processamento das instruções em programas interativos.

O *Set-Top-Box* utiliza uma estrutura física semelhante a um computador comum. A seguir, esta estrutura com uma descrição das funções de cada parte:

- System Board: É por aqui que passam todas as informações referentes à televisão digital, esta informação é partilhada pelos demais componentes.
- Sintonizadores: Trabalha com a recepção dos sinais das as redes digitais baseadas nas modulações existentes (QAM,COFDM,QPSK,VSB).
- Modulador e Demodulador: Nesta etapa é verificada a existências de possíveis erros e depois passado para o demultiplexador.
- Demultiplexador e Decrytor: São um circuito integrado que identifica os pacotes com formato de dados particulares como vídeo, áudio ou serviços interativos.

Também é responsável por descriptografar informações recebidas criptografadas e depois envia para o decodificador.

- Decodificadores: Separa para converter os bits recebidos num formato que pode ser ouvido e visto, exemplo disso é um decodificador de vídeo que transforma os pacotes de vídeo recebidos numa sequência de imagens, formatando estas para diferentes tipos de resoluções. Depois que os dados foram interpretados são enviados para o processador do equipamento.
- CPU: Trata-se da parte mais importante do *set-top-box*, já que é onde se encontra o chip do processador, suas principais funções são: inicialização dos vários componentes da do *set-top-box*, processamento de aplicações da Internet e da TV interativa, monitorização e administração das interrupções de hardware, retirada de dados e interrupções da memória, execução de vários programas.
- Configuração de memória: Utilizada para armazenar e manipular informações, também para trabalhar com vídeos que exigem uma maior resolução.
- Recursos de armazenamento: Na primeira geração dos do *set-top-box* existia apenas uma memória volátil chamada flash, porém hoje já há HDs ligados com uma grande capacidade de armazenamento. Nestes discos pode-se armazenar documentos, e-mails, além disso, podem ser usados para gravações de vídeos digitais e outras informações.

Assim como em um computador, no Set-Top Box, é possível acrescentar outras interfaces adicionais, tais como modems, interfaces multimídias de alta velocidade, teclado entre outras.

Os modems facilitam a implementação de serviços interativos de duas vias, ou seja, quando o usuário retorna uma informação para a operadora ou ainda para enviar pedidos aos servidores de Internet, atualização de arquivos e envio de e-mails.

Há também a possibilidade de comunicar o *Set-Top-Box* com aparelhos como: câmara de vídeo, DVD, teclado, etc, utilizando interfaces do tipo IEEE-1284, USB, IEEE-1394, 10 Base-T e interface serial RS-232.

Outro recurso são os *Smart Card*, que podem ser usados como um “cartão de crédito eletrônico” ou como “dinheiro eletrônico” para efetuar compras e pagamentos através da TV interativa. Este periférico pode ser inserido em um leitor de *Smart Card* do *Set-Top-Box* e funciona com um processador interno, memória e uma interface de

comunicação com o *Set-Top-Box*. Estes cartões, requerem um alto grau de segurança, por isso, passam por três etapas que são a autenticação, autorização, e a criptografia.

A autenticação é o elemento na segurança onde o usuário se identifica, ou seja, o usuário deseja acessar um serviço interativo particular e para isso necessita fazer a sua identificação mediante ao sistema para ter acesso ao mesmo. Após a autenticação inicia-se o processo de autorização, que determina quem pode ter acesso a determinados serviços. Outro elemento da segurança é a criptografia, na qual todos os dados, tanto da autenticação quanto da autorização, são criptografados através de algoritmos simétricos ou assimétricos.

Os *Set-Top-Boxes* necessitam de um sistema operacional para funcionar, nesta arquitetura o sistema operacional deve ser robusto e confiável, devendo ser também multitarefa para processar a chegada do sinal e para validar mensagens de segurança.



Figura 11: Vista traseira de um Set-Top-Box

3.7 MIDDLEWARE

O middleware pode ser classificado da seguinte forma: declarativo e procedural. Numa programação procedural deve-se informar ao computador cada passo a ser executado. Pode-se afirmar que, em linguagens procedurais, o programador possui um maior controle do código, sendo capaz de estabelecer todo o fluxo de controle e execução de seu programa. Entretanto, para isso, ele deve ser bem qualificado e conhecer bem os recursos de implementação.

Nas linguagens declarativas, o programador fornece apenas o conjunto das tarefas a serem realizadas, não estando preocupado com os detalhes de como o executor da linguagem (interpretador, compilador ou a própria máquina real ou virtual de execução) realmente implementará essas tarefas. Em outras palavras, a linguagem enfatiza a declaração descritiva de um problema ao invés de sua decomposição em implementações algorítmicas, não necessitando, em geral, de tantas linhas de código para definir uma certa tarefa.

Middleware declarativos são mais adequados para aplicações cujo foco casa com o objetivo específico para o qual a linguagem foi desenvolvida, em caso contrário, o uso de middlewares procedurais é mais apropriado. Como na TV Digital os dois tipos de aplicações irão coexistir, é conveniente que o dispositivo receptor integre os dois tipos de middleware.

O sistema de TV Digital pode ser representado por um modelo de camadas, semelhante ao modelo OSI para redes de computadores. Esta representação está mostrada na Figura 12.

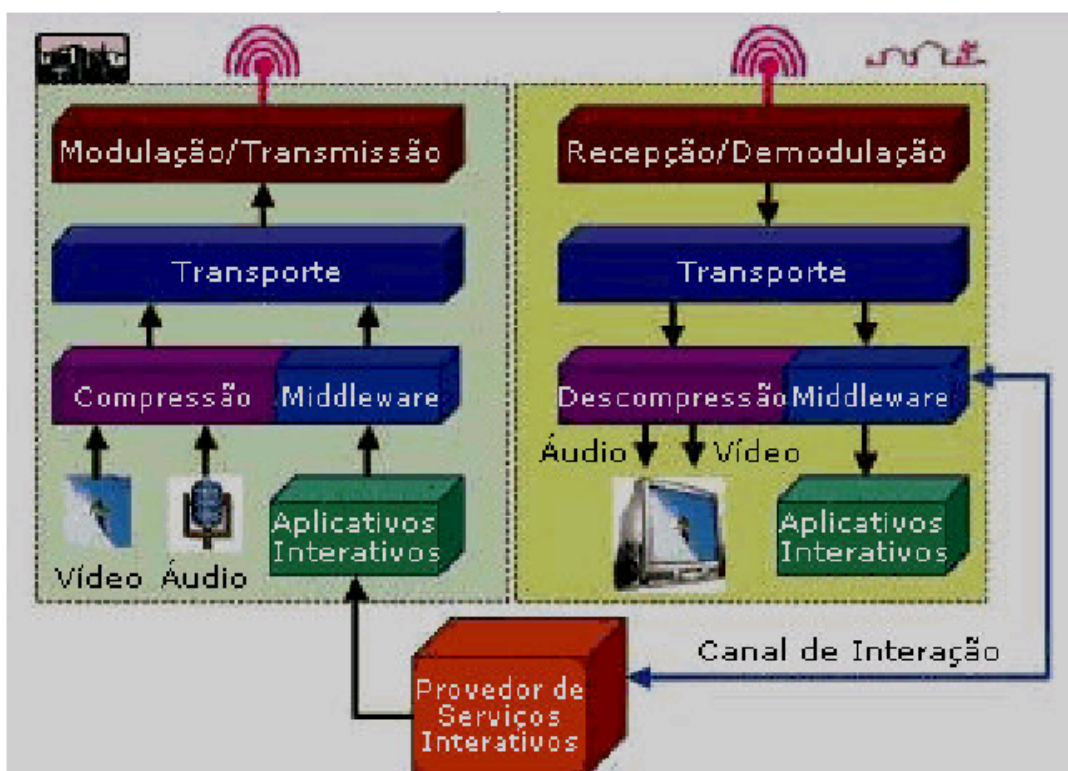


Figura 12: Modelo em Camadas do sistema de TV Digital

O Middleware ocupa uma posição entre a camada de transporte e a camada de aplicativos interativos. O provedor de serviços interativos irá atuar no sistema através do middleware. Estes equipamentos trabalham com linguagem Java ou XML, por exemplo. Por isso, haverá uma grande revolução em comparação aos sistemas atuais de TV, pois a interface WEB traz um alto grau de familiaridade para o usuário e, com o Return to Path (canal de retorno do usuário), um sistema que apenas difundia informação permitirá ao receptor interagir com o transmissor.

No Brasil o Ginga é a camada de software intermediário (*middleware*) que permite o desenvolvimento de aplicações interativas para a TV Digital de forma

independente da plataforma de hardware dos fabricantes de terminais de acesso (*set-top boxes*).

Uma aplicação Ginga não necessita ser puramente declarativa ou procedural.

Em particular, as aplicações declarativas freqüentemente fazem uso de scripts, cujo conteúdo é de natureza procedural. Além disso, uma aplicação declarativa pode fazer referência a um código Java TV Xlet embutido.

Da mesma forma, uma aplicação procedural pode fazer referência a uma aplicação declarativa, contendo, por exemplo, conteúdo gráfico, ou pode construir e iniciar a apresentação de aplicações com conteúdo declarativo.

Portanto, ambos os tipos de aplicação Ginga podem utilizar as facilidades dos ambientes de aplicação declarativo e procedural.

Middleware Ginga pode ser dividido em dois subsistemas principais, que permitem o desenvolvimento de aplicações seguindo dois paradigmas de programação diferentes. Dependendo das funcionalidades requeridas no projeto de cada aplicação, um paradigma possuirá uma melhor adequação que o outro.

Ginga-NCL é um subsistema lógico do sistema Ginga responsável pelo processamento de documentos NCL1). Um componente-chave do Ginga-NCL é a máquina de interpretação do conteúdo declarativo (formatador NCL).

Outros módulos importantes são o exibidor (*user agent*) XHTML, que inclui interpretadores CSS e ECMAScript, e a máquina de apresentação Lua, que é responsável pela interpretação dos scripts Lua.

Ginga-J é um subsistema lógico do sistema Ginga responsável pelo processamento de conteúdos ativos. Um componente-chave do ambiente de aplicação procedural é a máquina de execução do conteúdo procedural, composta por uma máquina virtual Java.

Decodificadores de conteúdo comuns servem tanto às aplicações procedurais quanto às declarativas que necessitam decodificar e apresentar tipos comuns de conteúdo como PNG, JPEG, MPEG e outros formatos.

O núcleo comum Ginga (*Ginga Common Core*) é composto pelos decodificadores de conteúdo comuns e por procedimentos para obter conteúdos transportados em fluxos de transporte (transport streams) MPEG-2 e através do canal de interatividade. O núcleo comum ginga também deve obrigatoriamente suportar o modelo conceitual de exibição, conforme descrito na ABNT NBR 15606-1.

A arquitetura (Figura 13) e facilidades Ginga foram projetadas para serem aplicadas a sistemas de radiodifusão e receptores terrestres de radiodifusão. Adicionalmente, a mesma

arquitetura e facilidades podem ser aplicadas a sistemas que utilizam outros mecanismos de transporte de dados (como sistemas de televisão via satélite ou a cabo).

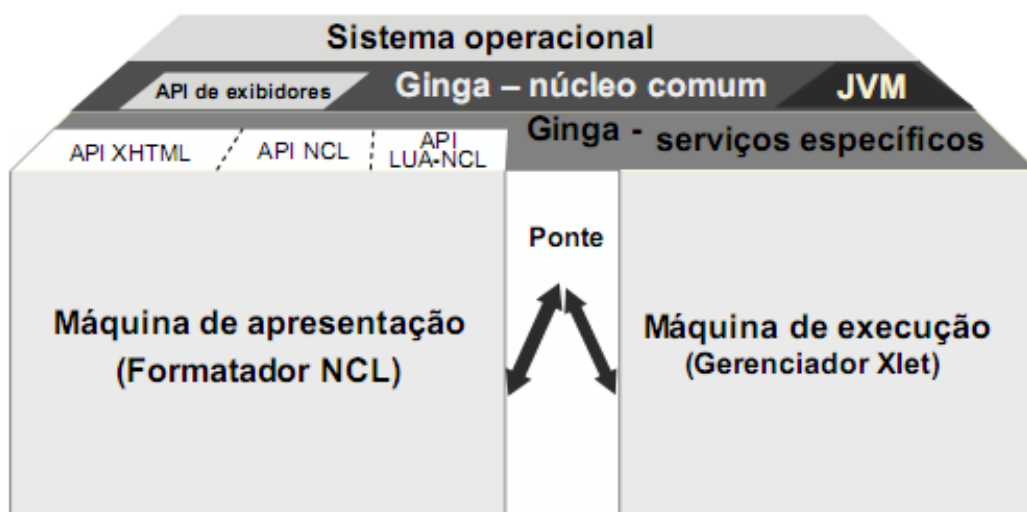


Figura 13: Arquitetura Ginga

3.8 INTERATIVIDADE

Desde o surgimento da televisão, na década de 30, até os dias de hoje o aparelho de televisão tem sido apenas um instrumento de recepção de um determinado sinal, com a TV digital este procedimento vai mudar. Com o auxílio de uma linha telefônica acoplada ao aparelho ou por um sistema de transmissão do próprio aparelho receptor será possível o telespectador, dentro de sua casa, ter uma interatividade com o programa que está sendo assistido.

Esta interatividade vai trazer alguns benefícios, como a realização de compras enquanto se assiste a um programa, o pagamento destas compras serem efetivadas com o cartão de crédito, a possibilidade do usuário responder perguntas feitas no programa ou até mesmo fazer perguntas para um artista que está sendo entrevistado.

Todas estas possibilidades de interatividade já estão disponíveis no uso da Internet através dos computadores, e o que a TV digital quer é juntar estes recursos em um único meio, que é a televisão.

3.8.1 Formas de Interatividade

3.8.1.1 Carrossel

Neste nível de interatividade, a emissora transmite as informações (como EPG, informações sobre datas comemorativas, etc.) de maneira constante. O usuário, através do controle remoto, escolhe quando acessar estas informações.

Este tipo de aplicação não oferece personalização das informações.

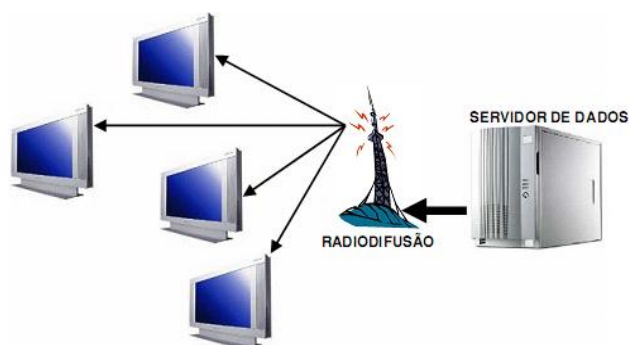


Figura 14: Interatividade em Carrossel

3.8.1.2 Com retorno

Neste nível de interatividade, a emissora transmite as informações de maneira personalizada. O usuário acessa um site de comércio eletrônico, por exemplo, e a emissora sabe exatamente qual usuário pediu a informação e a transmite somente para aquele usuário específico. Evidentemente, deverá haver um endereçamento dos televisores, além de roteadores instalados na emissora. Uma opção de endereçamento dos televisores é a utilização do IPv6, já que este protocolo suporta um número muito grande de endereços diferentes.

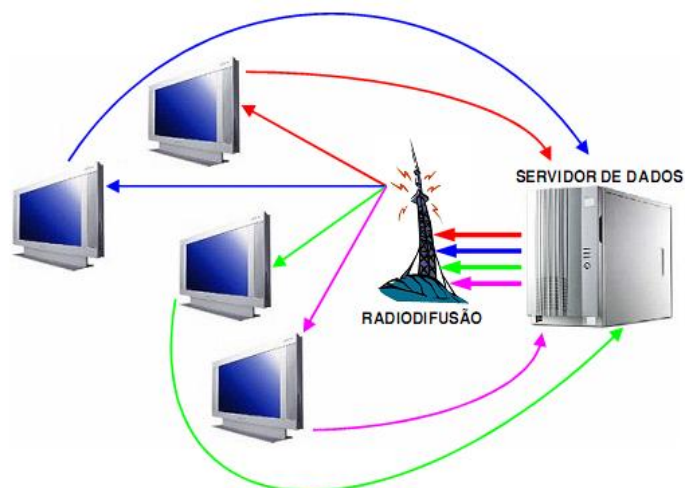


Figura 15: Interatividade com retorno

3.8.2 Opções de Canal de Retorno

3.8.2.1 Linha Discada

Esta é uma maneira barata de prover o canal de retorno. O usuário envia as informações para a emissora de TV através de uma linha telefônica convencional, utilizando para isto um Modem.

Evidentemente, a velocidade de conexão é um pouco lenta, porém, para algumas aplicações pode até ser satisfatória.

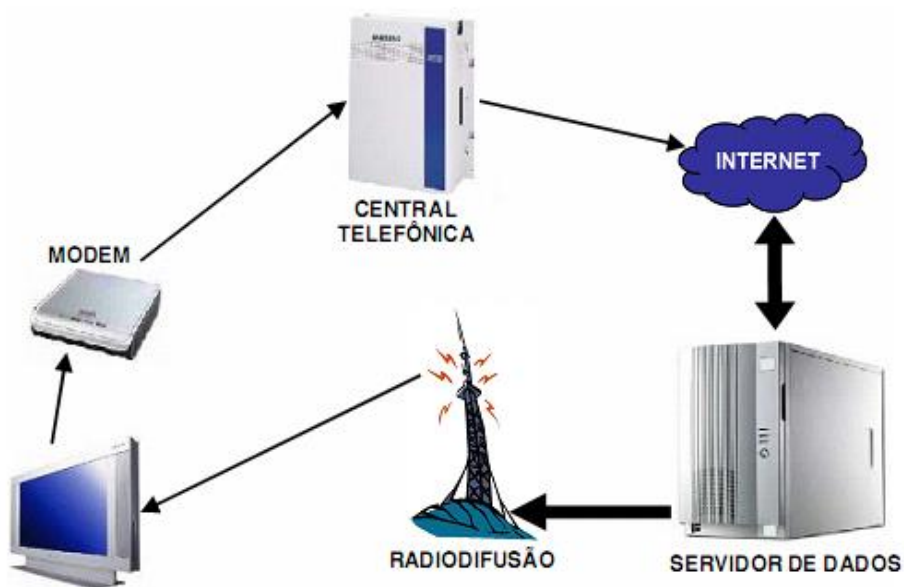


Figura 16: Canal de retorno através de uma linha convencional

3.8.2.2 Linha ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

Neste modelo, a velocidade de conexão é muito boa. Entretanto, o custo para o usuário é um pouco maior, já que agora será preciso adquirir um Modem ADSL. Uma desvantagem do ADSL é o pouco alcance.

Com a tecnologia atual os pontos de acesso podem estar, no máximo, a 5 Km da Central Telefônica, ou seja, nem todos os telespectadores terão esta opção de canal de retorno.

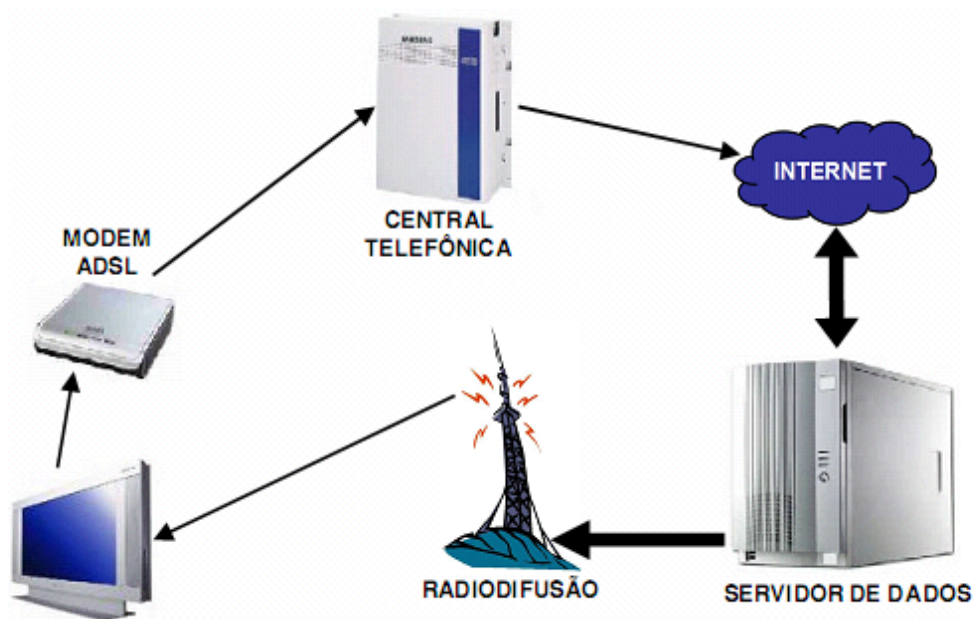


Figura 17: Canal de retorno através de uma linha ADSL

3.8.2.3 Celular

Nesta opção o usuário faz uso do celular ou um modem 3G para acessar a emissora de TV. Apesar de ter um custo muito elevado a tecnologia 3G oferece boas taxas de conexão e poderão ser utilizadas como canal de retorno.

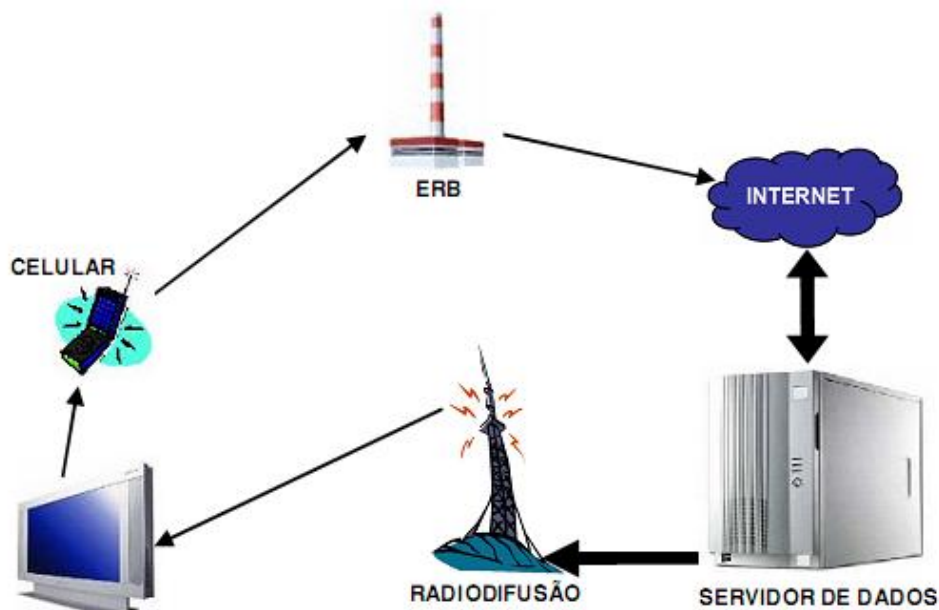


Figura 18: Canal de retorno através do uso da rede celular

3.8.2.4 AD-HOC

Um canal de interatividade AD-HOC é formado pelos *set-top-boxs* dos usuários. Trata-se de uma rede em malha, onde é possível estabelecer conexão entre a Emissora de TV e o usuário utilizando vários aparelhos conectados. De início, podemos observar que o custo do Set Top Box nesta aplicação é um pouco mais elevado, pois ele deve conter um dispositivo de rede (WI-FI, por exemplo), além de incorporar algumas funções de roteamento.

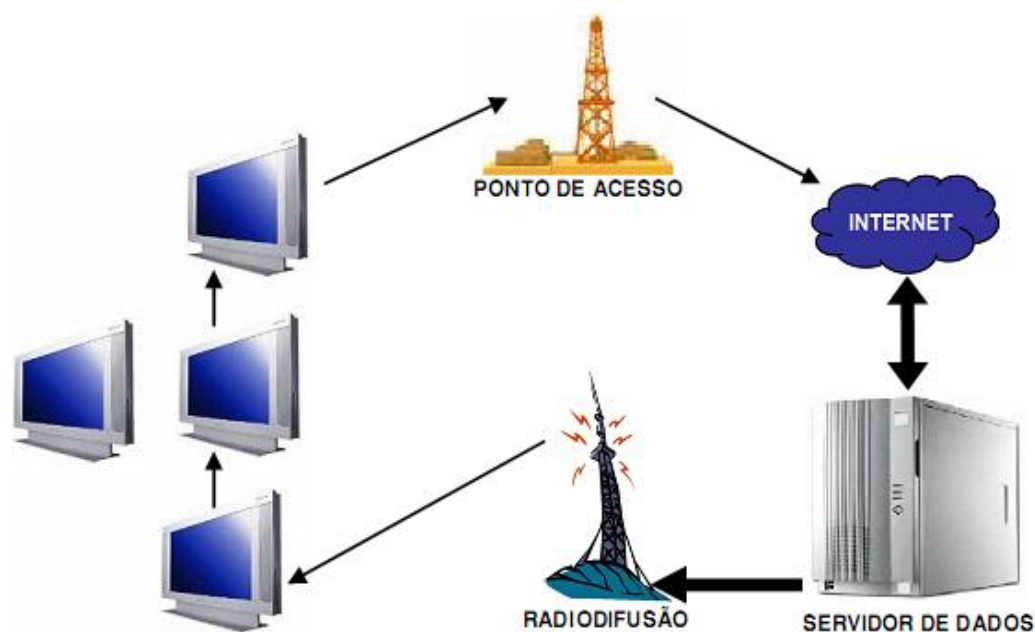


Figura 19: Canal de retorno através de uma rede Ad-Hoc

Este tipo de canal de retorno tem problemas em regiões com pouca densidade de televisores, tornando difícil o acesso do telespectador à emissora. Outra desvantagem é a variação da taxa de transmissão, que é altamente dependente do número de *set-top-boxs* conectados.

O Ponto de Acesso é um gateway que conecta os telespectadores à emissora. Este serviço pode até ser gratuito, dependendo dos interesses da emissora (propaganda, venda de produtos, etc.) em uma determinada região. Neste caso, os custos de manutenção do ponto de acesso ficariam por conta da emissora.

Como já foi dito, os STB's deverão ser capazes de realizar funções de roteamento para identificar uma rota até o ponto de acesso, o que eleva os custos do receptor.

3.8.3 Linguagem NCL

Todas as máquinas de apresentação dos três principais sistemas de televisão digital utilizam uma linguagem baseada em XHTML.

XHTML é uma linguagem declarativa baseada em mídias, o que significa que a sua estrutura é definida pelos relacionamentos entre objetos XHTML (documentos XHTML ou objetos inseridos em documentos XHTML) que estão embutidos no conteúdo das mídias do

documento. XHTML pode então ser classificada como linguagem de marcação: um formalismo que descreve uma classe de documentos que empregam marcação para delinear a estrutura, aparência e outros aspectos dos documentos.

Os relacionamentos de referência definidos pelos links XHTML são o foco dessa linguagem declarativa. Outros tipos de relacionamentos, como relacionamentos de sincronização espaço-temporal e relacionamentos alternativos (adaptação da mídia), são usualmente definidos através de uma linguagem imperativa (por exemplo, ECMAScript).

Diferentemente de XHTML ou HTML, NCL define uma separação bem demarcada entre o conteúdo e a estrutura de um documento (ou aplicativo), provendo um controle não invasivo da ligação entre o conteúdo e sua apresentação e leiaute.

O foco da linguagem declarativa NCL é mais amplo do que o oferecido pela XHTML. A sincronização espaço-temporal, definida genericamente pelos links NCL; adaptabilidade, definida pelos elementos `switch` e `descriptor switch` da NCL; e suporte a múltiplos dispositivos de exibição, definidos por regiões NCL, é o foco dessa linguagem declarativa. A interação do usuário é tratada apenas como caso particular de sincronização temporal.

Como a NCL tem uma separação mais acurada entre o conteúdo e a estrutura, ela não define nenhuma mídia em si. Ao contrário, ela define a cola que prende as mídias em apresentações multimídia.

Um documento NCL apenas define como os objetos de mídia são estruturados e relacionados no tempo e espaço. Como uma linguagem de cola, ela não restringe ou prescreve os tipos de conteúdo dos objetos de mídia. Nesse sentido, pode-se ter objetos de imagem (GIF, JPEG etc.), de vídeo (MPEG, MOV etc.), de áudio (MP3, WMA etc.), de texto (TXT, PDF etc.), de execução (Xlet, Lua etc.), entre outros, como objetos de mídia NCL. Quais objetos de mídia são suportados depende dos exibidores de mídia que estão acoplados ao formatador NCL (exibidor NCL). Um desses exibidores é o decodificador/exibidor MPEG-4, normalmente implementado em hardware no receptor de televisão digital. Dessa forma, o vídeo e o áudio MPEG-4 principal são tratados como todos os demais objetos de mídia que podem estar relacionados utilizando NCL.

A NCL não substitui, mas embute documentos (ou objetos) baseados em XHTML. Como acontece com outros objetos de mídia, qualquer linguagem baseada em XHTML tem suporte em um formatador NCL é uma escolha de implementação e, portanto, depende de qual navegador XHTML, incorporado no formatador NCL, atua como exibidor dessa mídia.

Como consequência, é possível ter navegadores BML, DVB-HTML e ACAP-X individualmente embutidos e exibidor de documento NCL. É possível, ainda, ter todos eles. É igualmente possível receber o código do programa navegador através da difusão de dados e instalá-lo como plug-in (normalmente um plug-in Java).

A estrutura básica de um documento NCL é formada por um elemento ncl que contém um cabeçalho (elemento head) e um corpo (elemento body).

No corpo de um documento NCL são definidos os objetos de mídia (vídeos, imagens, textos etc.) que formam o conteúdo da apresentação, assim como os relacionamentos de sincronismo entre os objetos de mídia. No cabeçalho encontram-se as informações referentes à forma que a apresentação assumirá, como o leiaute espacial dos objetos e as definições dependentes da plataforma de exibição.

4 DESENVOLVENDO UMA APLICAÇÃO INTERATIVA PARA TV DIGITAL

Ao desenvolver uma aplicação para TV digital deve-se levar em consideração o tempo para que essa aplicação possa ser executada. É importante ser objetivo nos pontos em que se deseja atingir. Qualquer aplicação para funcionar pela TV deve ser intuitiva e de fácil navegação.

Quando alguém se propõe a desenvolver uma aplicação de TV digital, deve-se atentar para quatro pontos principais que devem descrever a aplicação: O QUE? COMO? ONDE? e QUANDO?

- O QUE?: o que se quer apresentar. Exemplo: fotos, vídeo e sons. Este corresponde as mídias no documento NCL;
- COMO?: como se quer apresentar as mídias. Exemplo: com fusão, *wipe* e fade. Este corresponde aos descritores no documento NCL;
- ONDE?: onde essas mídias irão ser apresentadas. Este corresponde as regiões no documento NCL;
- QUANDO?: aqui são estabelecidas relações causais que disparam outras mídias. Este corresponde ao conectores no documento NCL.

Para exemplificar uma aplicação para TV digital, foi desenvolvida uma aplicação, simulando um comercial de TV, onde é exibido um vídeo da FARN. Foi utilizada uma máquina virtual contendo o *middleware* Ginga, que simula um *set-top-box* (Figura 20). Para o desenvolvimento da aplicação, foi usado o editor de aplicações (IDE) Eclipse com o *plugin* para a linguagem NCL.



Figura 20: Simulador do set-top-box com o GINGA

A aplicação funciona da seguinte forma:

- O comercial é iniciado e um logotipo vermelho é iniciado no canto direito da tela, conforme Figura 21.



Figura 21: Início da aplicação e apresentação do logotipo

- Quando o usuário pressiona o botão vermelho a aplicação é iniciada. O vídeo principal é redimensionado para uma pequena janela e um menu com todos os cursos da pós-graduação da FARN é exibido, conforme Figura 22.
- No menu é possível escolher qualquer curso da FARN. No canto direito da tela é exibido um breve resumo sobre o curso escolhido.



Figura 22: Apresentação do menu dos cursos e redimensionamento do vídeo

- É possível também ver um mapa da localização da FARN (Figura 23), pressionando o botão verde e fechar o mapa apertando o botão amarelo do controle remoto.



Figura 23: Apresentação do mapa de localização da FARN

- Ao pressionar o botão azul a aplicação é finalizada e o vídeo novamente redimensionando para o formato original, com o ícone de interatividade apresentado novamente no canto direito. Dessa forma mais uma vez o comercial fica esperando a interação do usuário para que possa ser iniciada a aplicação.

Ao término do comercial toda a aplicação é encerrada, mesmo que o usuário ainda esteja acessando. Por isso é importante que as informações sejam objetivas para que toda ou grande parte do conteúdo das aplicações possam ser acessadas a tempo.

5 CONCLUSÃO

A escolha do modelo brasileiro de TV digital foi difícil e conturbada. Houve pressão de todos os lados: das emissoras de TV aos fabricantes de televisores e até dos governos de outros países. Não é à toa: os modelos são diferentes e trazem mais benefícios a um ou outro ator desta história.

O sistema brasileiro usa MPEG-4 para codificação e MPEG-2 para transmissão. A escolha do MPEG-4 foi alvo de muitas críticas. Mas no fim das contas, foi uma decisão acertada. O MPEG-4 exige maior capacidade de processamento, mas, em compensação, requer menos banda de transmissão. Qualquer sistema de TV digital é, na verdade, um lego, um conjunto de padrões. O sistema de TV digital compõe-se de padrões de codificação, de modulação e de transmissão e não só de um único padrão.

As vantagens da TV digital são bastante conhecidas: alta definição, multiprogramação, interatividade e mobilidade. Traduzindo: a alta definição significa maior resolução de imagem e mais canais de áudio; a multiprogramação significa que vários programas podem ser transmitidos ao mesmo tempo em um mesmo canal; a interatividade significa deixar de ser um espectador passivo e poder interagir com a programação; e a mobilidade significa poder levar isto tudo para qualquer lugar, com um PDA ou um telefone celular, por exemplo.

Mais do que qualidade, quantidade ou portabilidade, é a possibilidade de interagir que modificará a maneira como o usuário assiste à televisão.

Temos que atentar para o fato que a TV digital é aberta e gratuita e a interatividade também deve ser para todos. Ainda temos que analisar melhor as formas de canais de retorno, de modo que, todas as classes tenham acesso a essa nova tecnologia que sem dúvida é um marco na história do país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT,NBR 156006-1, **Televisão digital terrestre — Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital Parte 1: Codificação de dados**, 2007.

ABNT,NBR 156006-2, **Televisão digital terrestre – Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital Parte 2: Ginga-NCL para receptores fixos e móveis – Linguagem de aplicação XML para codificação de aplicações**, 2007.

ABNT,NBR 156006-3, **Televisão digital terrestre – Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital Parte 3: Especificação de transmissão de dados**, 2007.

ABNT,NBR 156007-1, **Televisão digital terrestre – Canal de interatividade Parte 1: Protocolos, interfaces físicas e interfaces de software**, 2007.

ABNT,NBR 156002-2, **Televisão digital terrestre — Codificação de vídeo, áudio e multiplexação Parte 2: Codificação de áudio**, 2007

ABNT,NBR 156002-2, **Televisão digital terrestre — Codificação de vídeo, áudio e multiplexação Parte 1: Codificação de vídeo**, 2007

SOARES, Luis Fernando Gomes; BARBOSA, Simone Diniz Junqueira, **Programando em NCL 3.0 – Desenvolvimento de aplicações para o middleware GINGA**, Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GROB, Bernard, **Televisão e Sistemas de vídeo**, Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1989.

Yamada, Fujio, **TV digital móvel e portátil**, Revista da SET – Sociedade de Engenharia de Televisão, n.104, Nov 2008.