

A TELEVISÃO DIGITAL

Breves apontamentos

▪ sobre os processos e a sua evolução ▪

Carlos Valadares

2007

Excertos de um Trabalho de Investigação para DEA

Este texto foi originalmente produzido em 2007, no âmbito de Investigação para DEA em

- **Comunicação Audiovisual e Publicidade**

integrado no curso de Doutoramento em

- **Ciencias de la Información**

da

- **Universidad Complutense de Madrid**

“Satisfaction lays in the effort not the attainment. Full effort is full victory.”

Mohandas Karamchand (Mahatma) Gandhi

RESUMO EM PORTUGUÊS

Há mais de cinquenta anos que a televisão se instalou na nossa vida, fazendo, hoje, parte do nosso quotidiano. A televisão tornou-se onnipresente. Apesar da crescente popularidade da Internet, a televisão é ainda a principal referência como meio de comunicação de massa, e é também, por certo, aquele que maior influência ainda consegue exercer em nós.

Nos últimos anos, temos assistido ao mais importante desenvolvimento que a televisão alguma vez conheceu, depois da introdução da cor, nos anos 1950: a migração para digital. O sentido desta afirmação é praticamente enigmático e, por isso, este estudo procura alcançar um patamar razoável de formação sobre o tema, suficientemente lato para não perder de vista todos os aspectos relevantes para a sua compreensão, e com a profundidade mínima necessária para os entender.

O objectivo é conhecer, nas suas linhas gerais, a evolução da televisão, na senda para o digital, o que, por sua vez, exige dois exercícios. Por um lado, reunir informação sobre tecnologia digital, na vertente que tem a ver com o processamento do sinal de Televisão Digital, que permita compreender o essencial do processo e das possíveis opções tecnológicas. Por outro, associar o fundamental da informação sobre a evolução da televisão, identificando os aspectos que condicionam o actual processo de transição.

Numa segunda etapa, há que conchavar o conhecimento, daí resultante, com a indagação das vantagens expectáveis da migração da televisão para digital – quer do ponto de vista da indústria da televisão, quer na perspectiva dos telespectadores – e averiguar da sua eventual inevitabilidade.

Há ainda que enquadrar o papel do fenómeno da convergência com as tecnologias de informação e associar a sua contribuição para a implantação da Televisão Digital.

Independentemente dos conteúdos, a televisão, em si mesmo, ainda na sua forma analógica convencional, é um tema que já não é simples, com as suas diferentes formas de difusão – terrestre, por cabo e por satélite – e com a sua diversidade de *standards* – que proliferam em torno de três intrincadas normas fundamentais: NTSC,

SECAM e PAL – resultantes de engenhosos processos de captação, tratamento, emissão e difusão de sinais com informação de imagem viva e do som que lhe está associado.

Quando se trata de Televisão Digital, a complexidade do tema aumenta bastante, antes do mais, em virtude da intrincada sofisticação inerente ao processo tecnológico que lhe está subjacente.

A Televisão Digital nasce da introdução de tecnologia digital, mormente do processamento de sinais digitais, nos processos de produção e difusão da televisão.

A tecnologia digital, com todas as suas virtudes e potencialidades, nem sempre é fácil de entender, principalmente quando se entra no processamento digital de som e de imagem, com os seus sofisticados e laboriosos sistemas de codificação e algoritmos de compressão.

A maioria dos sinais que encontramos na natureza, como os que detectamos com os nossos sentidos, em particular a visão e a audição (que são os que participam nesta actividade), são, por natureza, sinais analógicos. Assim, para poderem ser tratados pelos processadores, esses sinais têm que, em alguma fase do processo, ser convertidos para digitais. Esta conversão (analógico-digital) é feita, pelo menos em modelo teórico, em dois passos: a amostragem, que converte o sinal contínuo em discreto, e a quantização, que o torna, de facto, digital. Quando o processo é feito adequadamente, é possível, depois, geralmente após a sua transmissão, por um processo de conversão inverso (digital-analógico), reconstruir o sinal contínuo, com o qual o receptor consegue reproduzir, no ecrã e nas colunas, respectivamente, a imagem e o som tal como foram captados algures.

Para além da sua variação ao longo do tempo, um sinal (como o da televisão) também é passível de ser representado no domínio da frequência, o que permite determinar a sua ocupação espectral, isto é, a sua largura de banda. À partida, a largura de banda ocupada por um sinal digital é muito superior à necessária para o seu equivalente analógico e cresce com a sua precisão – isto é, a quantidade de bits usados na codificação. Esta aparente desvantagem do sinal digital é, no entanto, resolvida submetendo-o a técnicas de compressão que permitem reduzir drasticamente a exigência de largura de banda. A redução é de tal ordem que, com recurso a técnicas de multiplexagem, que permitem colocar, num determinado meio físico de transmissão, vários sinais em simultâneo, passa a ser possível distribuir, na largura de banda disponível nesse meio, mais serviços de programas televisivos com sinais digitais (em simultâneo), do que era possível, até agora, com sinais analógicos.

A precisão de uma imagem digital depende do número de pontos amostrados (pixels) e do número de bits usados na sua quantização. Isto significa que uma imagem de grande precisão é representada por uma grande quantidade de informação (bits), que exige muitos recursos para a sua manipulação, o que nem sempre é possível, ou sequer necessário.

Por isso, foram desenvolvidas soluções menos consumidoras de recursos preciosos (como o espaço no suporte de armazenamento e a largura de banda no suporte de transmissão), baseadas em métodos de compressão dos sinais que, no essencial, convertem a informação directa do conteúdo individual de cada pixel em formas de descrição mais inteligentes.

Para além disso, tendo em conta que, por vezes, é mesmo possível sacrificar alguma da informação contida nos sinais, na medida em que a sua falta não é particularmente notada pela nossa visão nem pela nossa audição, foram desenvolvidos alguns métodos de compressão que procuram um compromisso entre qualidade aceitável e maneabilidade dos sinais. Estes métodos (*lossy*) implementam algoritmos que reduzem a precisão da informação veiculada pelos sinais, descartando partes menos significativas da informação, na medida em que, a sua ausência é tolerada pela (falta de) acuidade dos nossos sentidos.

Ainda assim, é possível transmitir imagem de alta definição acompanhada por som de alta-fidelidade (estereofónico ou mesmo envolvente).

Os sinais digitais apresentam ainda, como vantagem adicional, maior imunidade a perturbações no canal, como o ruído e as interferências, o que, normalmente, se traduz em menores exigências de potência de transmissão – o que significa equipamentos menos dispendiosos e, nos casos da difusão terrestre e por satélite, antenas de menores dimensões. Em contrapartida, a manipulação dos sinais digitais exige grandes capacidades de processamento instaladas, sobretudo nos emissores, mas também, ainda que noutra escala, nos equipamentos de recepção.

Alguns dos conceitos que estão na origem de técnicas que tornaram possível a criação da televisão – como a conversão da intensidade luminosa, reflectida por uma cena, em sinal eléctrico e o recurso ao varrimento da imagem – ainda hoje são nucleares para a indústria da televisão, mesmo para a que já entrou na era digital. Em particular, o conceito de varrimento entrelaçado, mostrou-se bastante profícuo, permitindo resolver problemas básicos como a tremulação da imagem e a excessiva largura de banda necessária para a difusão do sinal.

Para o rápido crescimento da televisão também contribuiu, certamente, a opção de difusão por ondas hertzianas, aproveitando as infra-estruturas de difusão de rádio existentes, limitando, assim, os custos do investimento inicial.

Passados os anos de tenra infância, em que a televisão funcionou com sistemas de captação e de reprodução de imagem essencialmente mecânicos e mesmo mistos, num lado mecânicos e noutro já electrónicos, o início da exploração comercial da televisão totalmente electrónica, obrigou à criação de normas que assegurassem a compatibilidade dos aparelhos produzidos pela indústria, tanto para a captação e difusão, como para recepção e exibição.

As primeiras normas para televisão já nasceram diferentes, conforme as regiões do globo, antes do mais, por imposição de limitações técnicas dos sistemas electrónicos, dependentes da frequência da rede de distribuição de energia, que, como é sabido, não é igual em todo o mundo. Assim, para os primeiros sistemas de televisão, ainda a preto e branco, nos EUA foi adoptado como *standard* um sistema com 30 imagens/segundo e 525 linhas de varrimento, enquanto na Europa se optou por um *standard* de 25 imagens/segundo e 625 linhas de varrimento.

Alguns anos mais tarde, a televisão a cores tornou-se viável e começou a implantar-se depois de estabelecido o princípio da compatibilidade bidireccional com os sistemas monocromáticos. A fórmula encontrada para garantir esse princípio, proposta pela RCA, consistiu em decompor a imagem em três sinais, correspondentes às três cores base (vermelho, verde e azul), que depois são convertidos, por combinação linear, noutros três sinais: um de luminância, idêntico ao sinal monocromático, e dois de diferença de cor. Estes sinais, transmitidos simultaneamente, sob a forma de um sinal de vídeo composto, permitiram que os receptores de televisão a cores recuperassem a imagem colorida, por recombinação desses três sinais. Os receptores monocromáticos continuaram a funcionar usando apenas o sinal de luminância e ignorando os outros dois.

Este é o princípio base, comum a todos os sistemas de televisão a cores, que diferem, para além da frequência de refrescamento das imagens, já herdada da televisão monocromática, na frequência das portadoras desses sinais e na forma usada para a sua modulação. Assim surgiu a norma NTSC, nos EUA, e as normas SECAM e PAL, na Europa (isto, apesar de existirem diversas variantes, resultantes de variações em parâmetros como o número de linhas, a frequência de campo, a frequência de linha, etc.).

A combinação dos sinais de luminância e de crominância também é, ainda hoje, um ponto comum entre os vetustos sistemas de televisão analógica e os novos sistemas de televisão digital.

Embora a definição de Televisão Digital possa ser muito abrangente, o aspecto que, em última análise, permite classificá-la como tal, é a natureza do sinal difundido para os telespectadores: um sinal digital.

O processamento do sinal de Televisão Digital e a sua adaptação às características e, sobretudo, às limitações dos meios de difusão existentes, tanto aos convencionais como aos emergentes, são procedimentos chave na recente evolução da televisão, agora imbuída de tecnologia digital.

O recurso a formatos digitais, em televisão, não é uma novidade. Ao nível da produção de conteúdos, os sistemas profissionais de vídeo já vêm usando, há vários anos, formatos de vídeo com sinal digital por componentes (cromáticos). Estes formatos digitais, além de permitirem efectuar múltiplas cópias, sem qualquer degradação de qualidade, e criar efeitos especiais, impossíveis em formato analógico, também facilitam a permuta de conteúdos e a interoperabilidade de equipamentos. Isto, claro, independentemente do *standard* usado para a difusão poder ser analógico ou digital.

Em virtude da sua elevada *bit rate*, os formatos digitais usados para edição, não puderam ser usados para difusão. Tal só se tornou possível quando foram desenvolvidas as técnicas de compressão de sinais digitais que permitiram encaixá-los nas larguras de banda disponíveis, nos diversos meios, para difusão de televisão.

Na verdade, o processo que permite a difusão de Televisão Digital é bem mais laborioso do que isso. Para além da compressão, ou codificação da fonte, que compreende, não só, as já por si complexas técnicas de compressão de áudio e de vídeo e, eventualmente, a sua encriptação (para condicionar o acesso), mas também a multiplexagem de sinais de diversos canais, é ainda necessário submeter o *stream* de programa resultante a uma série de procedimentos englobados naquilo a que se chama a codificação do canal.

Os intrincados processos incluídos na codificação do canal – dispersão de energia, codificação exterior, intercalagem convolucional e ainda, no caso da difusão terrestre e por satélite, a codificação interior – visam tornar o sinal difundido ainda mais eficiente, do ponto de vista espectral, e mais resistente a erros introduzidos pelo canal de comunicação.

A codificação do canal culmina no processo de modulação, o qual varia consoante o meio de difusão e a norma usada, sendo particularmente complexos os processos de modulação para difusão digital terrestre segundo as normas europeia e japonesa.

No que respeita a normalização, a introdução da Televisão Digital, mostrou-se mais uma oportunidade perdida para a adopção de uma norma universal. Tal como acontecera anteriormente com a televisão analógica, também para a Televisão Digital foram estabelecidas diferentes normas, conforme as regiões de influência. Assim, a Europa adoptou a norma DVB e o Japão optou pela ISDB, tendo, cada uma destas normas, as suas variantes próprias para adequação aos diferentes meios de difusão (terrestre, cabo e satélite). Já os EUA preferiram avançar com as suas próprias normas, a ATSC (terrestre e satélite) e a SCTE (cabo).

Não obstante, todas as normas, para Televisão Digital, têm em comum a adopção da norma MPEG-2 para compressão do sinal de vídeo digital. As diferenças começam na compressão do sinal de áudio digital e multiplicam-se na fase seguinte, a codificação do canal, acentuando-se, sobretudo, nas distintas formas de modulação. Isto, além das diversas possibilidades de condicionar o acesso ao sinal em emissões *pay tv*.

As diferenças surgem também no *middleware*, do qual dependem as funcionalidades disponibilizadas pelas *set-top boxes*, uma vez que, cada organismo regulador, em cada uma das principais regiões, também desenvolveu as suas próprias normas para *middleware*, que, apesar de abertas, são diferentes e talhadas para operar com as suas outras normas para Televisão Digital.

Um aspecto interessante da nova Televisão Digital, decorrente da convergência com as tecnologias de informação, é a possibilidade de difundir televisão numa rede de computadores, por um processo chamado de *streaming* de media.

O *streaming* de Televisão Digital tornou-se possível graças aos progressos observados na tecnologia de redes e na concomitante evolução dos serviços de acesso à Internet, sobretudo com a introdução dos serviços ADSL, que aumentou suficientemente a largura de banda disponível na ligação, por fio de cobre, entre a casa do subscritor do serviço e a central local mais próxima.

Agora, quer os operadores da tradicional telefonia fixa, quer os fornecedores de serviço de acesso à Internet, estão em condições de oferecer o chamado serviço *triple play*, um pacote integrado de comunicações que comporta, acesso à Internet, serviço de telefonia fixa e Televisão Digital distribuída sobre protocolo Internet.

Paradoxalmente, as grandes vantagens do protocolo Internet, nos serviços de acesso à World Wide Web – a sua capacidade para transportar dados em pacotes de tamanho variável e a sua natureza *connectionless* – tornam-se os seus grandes problemas no *streaming* de Televisão Digital, que é um serviço extremamente sensível a atrasos na

chegada dos dados ao receptor, não havendo sequer tempo para efectuar correcções nos pacotes que chegam com erros ao destino.

Uma característica extraordinária, de que beneficia a difusão de Televisão Digital por *streaming*, é a bidireccionalidade da ligação entre a fonte de media e o telespectador, que permite o recurso a interactividade, proporcionando funcionalidades praticamente impossíveis, por exemplo, nas formas convencionais de difusão terrestre e por satélite.

A migração dos serviços de televisão para sinal digital começou a tornar-se uma necessidade quando se pretendeu melhorar a qualidade da imagem e do som, que chega a casa dos telespectadores, de forma a proporcionar-lhes uma experiência mais rica e envolvente. Para o conseguir, era forçoso melhorar significativamente a definição da imagem – ideia que está na origem da televisão de alta definição. Mas, o sinal analógico não era passível de compressão suficiente, pelo menos com a tecnologia disponível, para fazer caber vídeo, com imagem que se pretendia de alta definição, na limitada largura de banda disponível para os canais de televisão, sobretudo na difusão terrestre. Por outro lado, o sinal digital, embora, *a priori*, mais exigente em largura de banda, podia ser comprimido o bastante, não só para caber no canal, mas ainda para o partilhar com outros sinais, por multiplexagem.

No entanto, a mudança da televisão para sinal digital, onde já ocorreu, não trouxe necessariamente o nível de qualidade acrescido que induziu a sua génese, tendo, em vez disso, como principal móbil, a maior eficiência espectral que proporciona, comparativamente ao sinal analógico.

Pese embora este facto, mas também devido a ele, a migração da televisão para digital, afigura-se inevitável. Mesmo que, para a maioria dos espectadores que a experimentaram, esta mudança não tenha sido tão fantástica quanto se poderia esperar, a verdade é que ela acarreta, em si, o potencial capaz de lhes proporcionar mais canais, melhor qualidade de imagem (até à resolução da TV de alta definição) e de som (incluindo som envolvente), além de emissões mais personalizadas, interactividade, serviços e aplicações adicionais.

Entre os novos serviços, ocupam já um lugar de relevo, o guia electrónico da programação – com informação *on screen* sobre os programas emitidos – e o *video on demand* – um autêntico clube de vídeo, acessível por telecomando, sem sair do sofá.

Outras classes de aplicações, com níveis de interactividade muito elevados, ainda fazem parte do domínio da ficção.

Apesar de, até agora, a alta definição não ter sido um imperativo para os prestadores de serviços, a necessidade afirmar-se-á, por certo, com o aumento do número de televisores com ecrãs de grandes dimensões, cada vez mais acessíveis, onde as falhas de qualidade da definição *standard* se tornam mais evidentes, e à medida que os telespectadores forem tendo contacto com essa realidade (que vai estando disponível em emissões experimentais, ainda que esporádicas, e em algumas outras demonstrações promovidas pela indústria). Estas vivências contribuem para elevar o nível da referência de qualidade do público e, conseqüentemente, o seu grau de exigência.

Assim, também do ponto de vista da indústria, a migração é incontornável. Se, por um lado, os próprios fabricantes de equipamento de produção e edição abandonaram os formatos analógicos, por outro lado, quer os operadores de televisão, quer os de distribuição, já só têm a ganhar com a mudança. De facto, além de poderem entregar um sinal com melhor qualidade, passam a dispor da possibilidade de difundir um maior número de canais, na banda de frequência ocupada por um sinal analógico – o que significa mais negócios em perspectiva.

Os operadores passam também a poder mais facilmente adaptar as suas emissões a públicos específicos, o que permite, por exemplo, difundir programas com trilhas sonoras em diversas línguas, ou, adaptar a publicidade a determinadas regiões da sua área de cobertura – uma possibilidade de segmentação que pode ser muito importante, tendo em conta que a publicidade é a principal fonte de receitas da generalidade dos operadores de televisão.

Ainda do ponto de vista da indústria da televisão, os novos serviços que a Televisão Digital permite oferecer aos telespectadores, é, certamente, outro aspecto que torna a migração indeclinável. Sobretudo nos casos em que existe canal de retorno, que possibilita alguma interactividade com o servidor de media (isto é, não restrita à *set-top box*), os operadores dispõem agora da possibilidade de oferecer serviços que tanto podem contribuir para simplesmente melhorar a sua própria imagem e a referência de qualidade dos serviços que prestam – é o caso do guia electrónico de programas – como podem representar novas fontes de receitas – é o caso do *video on demand*, ou mesmo da *pay tv*, que passa a ter um condicionamento de acesso mais eficiente.

A possibilidade de comunicação bidireccional, também permite integrar, nos serviços de Televisão Digital, outros serviços, típicos da sociedade de informação, como o *e-mail*, o *e-commerce* ou o *home banking*.

Este crescente esbatimento das fronteiras tradicionais dos meios de comunicação de massa, atesta bem a convergência dos media que está em curso.

Do lado da indústria, para a maioria dos interessados no processo de migração da televisão para digital, a grande vantagem que se obtém é a menor ocupação espectral do sinal, que permite difundir mais canais – logo, gerar mais negócios.

Outro aspecto importante, que justifica a migração, sobretudo para os operadores de cabo, é a maior segurança na protecção do acesso condicionado aos canais de *pay tv* – logo, menor perda de receitas.

Na verdade, a ideia que fica é a de que, por enquanto, a grande vantagem da transição da televisão para digital, está, sobretudo, do lado dos operadores prestadores de serviços, quer de televisão, quer de distribuição, empenhados, naturalmente, em explorar primeiro as novas possibilidades que representem novas fontes de receitas.

Assim, nos casos em que já foi feita a migração, o espectro libertado foi sempre reutilizado para a difusão de mais canais – e, no caso do cabo, também para melhorar o serviço de acesso a Internet (e não se deixar bater pela concorrência).

Por isso – e um pouco também porque a tecnologia envolvida na Televisão Digital é, de facto, extremamente complexa e muitos dos operadores de distribuição acreditam que o cliente não precisa saber se o sinal é digital ou analógico – na maioria das vezes a transição tecnológica não é perceptível para os subscritores do serviço, a quem a alteração é apresentada essencialmente como uma melhoria – o que nem sempre é verdade – ou como um novo serviço – o que é verdade, assim como é verdade que o novo serviço representa novas receitas para o operador.

A Televisão Digital começou por ser uma forma de melhorar e de tirar mais rendimento das formas de difusão convencionais – satélite, cabo e terrestre – mas acabou por proporcionar a difusão através de um outro meio, o par de cobre do serviço de comunicações fixas, com recurso a *streaming* sobre protocolo Internet. Em Portugal, esta forma de difusão, acabou mesmo por chegar antes da difusão digital terrestre.

Apesar de ser a tecnologia mais incipiente, e ainda se confrontar com notórios problemas de qualidade no serviço que faculta, a difusão sobre IP, com as vantagens que pode proporcionar, especialmente pela oportunidade de negócio que oferece aos fornecedores de serviços de acesso à Internet e ao operador histórico de telefonia fixa,

deverá ser objecto de redobrados esforços que lhe permitam conhecer melhorias acentuadas no futuro próximo.

A interactividade que, *a priori*, parecia um dos aspectos mais relevantes da Televisão Digital não teve peso na migração dos diversos sistemas de difusão para sinal digital. Até agora, a interactividade está limitada às aplicações que proporcionam o guia electrónico de programas e o *video on demand*, impulsionadas, sobretudo, pela televisão sobre IP e rapidamente adoptadas também pelo cabo, face à necessidade de enfrentar a nova concorrência.

A solução que tem sido adoptada para recepção da Televisão Digital, nos diversos media em que já é distribuída, é a de utilização de uma *set-top box*. Esta deverá ser também a solução quando se iniciarem as transmissões de Televisão Digital terrestre, eventualmente transitória, até que os televisores venham equipados com dispositivos internos capazes de descodificar os sinais digitais – pelo menos, os portadores de serviços de programas com acesso não condicionado livre.

RESUMEN EN ESPAÑOL

Hace más de cincuenta años que la televisión llegó a nuestras vidas y hoy forma parte de la cotidianidad de personas de todo el orbe. La televisión se erigió omnipresente desde el inicio. A pesar de la popularidad creciente de la Internet, la televisión sigue siendo nuestra principal referencia como medio de comunicación de masas y, por consecuencia, es también la que más influencia consigue ejercer en nosotros.

Actualmente está en curso uno de los desarrollos más importante que ha sufrido la televisión en toda su historia, después de la introducción del color en los años 50: la migración al ambiente digital. El sentido de esta afirmación podría parecer atrevido y, por eso, este estudio pretende ser una contribución sobre el tema, suficientemente extenso para no perder de vista todos los aspectos relevantes a su comprensión, y con la profundidad mínima necesaria para entenderlos.

El objetivo es conocer, en sus líneas generales, la evolución de la televisión en la senda para la tecnología digital, lo que, a la vez, exige dos ejercicios. Por un lado, reunir la información sobre la tecnología digital, en la vertiente que tiene que ver con el procesamiento de la señal de Televisión Digital, que permita comprender lo esencial del proceso y de las posibles opciones tecnológicas. Y por el otro, asociar lo fundamental de la información sobre la evolución de la televisión, identificando los aspectos que condicionan el actual proceso de transición.

En una segunda etapa, hay que vincular el conocimiento que de ahí resulte, con la indagación de las ventajas esperadas de la migración de la televisión analógica a la digital – tanto del punto de vista de la industria de televisión, como desde la perspectiva de los telespectadores – y averiguar si la sustitución será inevitable.

Aunque hay que encuadrar el papel del fenómeno de la convergencia con las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) y asociar su contribución para la implantación de la Televisión Digital.

Independientemente de los contenidos, la televisión, en si misma, aún en su forma analógica convencional, no es un tema simple, pues posee diferentes formas de difusión – terrestre, por cable y por satélite – y diversidad de estándares – que

proliferan alrededor de tres complicadas normas fundamentales: NTSC, SECAM y PAL – resultantes de ingeniosos procesos de captación, tratamiento, emisión y difusión de señales con información gráfica y su respectiva información sonora.

Cuando se trata de Televisión Digital, la complejidad del tema se incrementa, sobre todo, en virtud de la intrincada sofisticación relativa a los procesos tecnológicos implicados.

La Televisión Digital nace de la introducción de tecnología digital, principalmente del procesamiento de señales digitales, de los procesos de producción y difusión de la televisión.

La tecnología digital, con todas sus virtudes y potencialidades, no siempre es sencilla de entender, principalmente cuando se entra al procesamiento digital de la imagen y el sonido, con sus sofisticados y laboriosos sistemas de codificación y algoritmos de compresión.

La mayoría de las señales que encontramos en la naturaleza, como los que detectamos con nuestros sentidos, en particular la visión y la audición (que son los que participan en esta actividad), son, por naturaleza, señales analógicas. Así, para que puedan ser tratados por los ordenadores, esas señales tienen que, en alguna fase del proceso, ser convertidas lenguaje máquina. Esta conversión (analógico-digital) es hecha, por lo menos en modelo teórico, en dos pasos: la muestra, que convierte la señal continua en discreta, y la cuantización, que la transforma en digital. Cuando el proceso se hace adecuadamente, es posible, después, generalmente tras su transmisión, por un proceso de conversión inverso (digital-analógico), reconstruir la señal continua, con la cual el receptor consigue reproducir la imagen y el sonido, tal como fueran captados en algún lugar.

Además, su variación a lo largo del tiempo, una señal (como la de la televisión) también puede ser representada en el dominio de la frecuencia, lo que permite determinar su ocupación espectral, es decir, su anchura de banda. De inicio, la anchura de banda ocupada por una señal digital es superior a la analógica y crece con su precisión – es decir, la cantidad de bits usados en la codificación. Esta aparente desventaja de la señal digital es, sin embargo, resuelta someténdola a técnicas de compresión que permiten reducir drásticamente la exigencia de anchura de banda. La reducción es de tal orden que, con recurso a técnicas de multiplexación, que permiten colocar, en un determinado medio físico de transmisión, varias señales simultáneas, se puede distribuir, en la anchura de banda disponible en ese medio, muchos más servicios de programas televisivos que con señales analógicas.

La precisión de una imagen digital depende del número de puntos mostrados (píxeles) y del número de bits usados en su cuantización. Esto significa que una imagen de gran precisión es representada por una gran cantidad de información (bits), que exige muchos recursos para su manipulación, lo que no siempre es posible, ni tampoco necesario.

Por eso, fueron desarrolladas soluciones que economizaron los recursos (como el espacio en el soporte de almacenamiento y la anchura de banda del soporte de transmisión), basadas en métodos de compresión de las señales que, en esencia, convierten la información individual de cada píxel en formas de descripción más inteligentes.

Además, teniendo en cuenta que, a veces, es posible sacrificar alguna de la información contenida en las señales, en la medida de su elisión no sea notada por nuestra visión o audición, fueron desarrollados algunos métodos de compresión que procuran un equilibrio entre calidad aceptable y manejabilidad de las señales. Estos métodos (*lossy*), implementan algoritmos que reducen la precisión de la información transportada por las señales, descartando partes menos significativas de la información, en la medida que su ausencia sea tolerada por nuestros sentidos.

Aun así, es posible transmitir imagen de alta definición acompañada por sonido de alta fidelidad (estereofónico o envolvente).

Las señales digitales presentan también, como ventaja adicional, mayor inmunidad a las perturbaciones del canal, como el ruido y las interferencias, lo que, normalmente, se traduce en menores exigencias de potencia de transmisión – lo que significa equipos menos costosos y, en los casos de difusión terrestre y por satélite, antenas de menores dimensiones. A cambio, la manipulación de las señales digitales exige grandes capacidades de procesamiento instaladas sobretodo en las emisoras, pero también, en menor escala, en los equipos de recepción.

Algunos de los conceptos que están en el origen de las técnicas que hicieron posible la creación de la televisión – como la conversión de la intensidad luminosa, reflectada por un escenario, en señal eléctrica y el recurso al barrido de la imagen – aun hoy están en el núcleo de la industria de la televisión, de igual manera para la que ingresó en la era digital. En particular, el concepto de barrido entrelazado, se mostró bastante beneficioso, permitiendo resolver problemas básicos como la vibración de la imagen y la excesiva anchura de banda necesaria para la difusión de la señal.

Para el rápido crecimiento de la televisión también contribuyó, seguramente, la difusión por ondas hertzianas, aprovechando las infraestructuras de las radiodifusoras existentes, limitando así los costes de la inversión inicial.

Pasados sus años de tierna infancia, durante los cuales la televisión funcionó con sistemas de captura y de reproducción de imagen esencialmente mecánicos y mixtos, de un lado mecánicos y del otro electrónicos, el inicio de la exploración comercial de la televisión totalmente electrónica, obligó a la creación de normas que asegurasen la compatibilidad de los aparatos producidos por la industria, tanto para la captura y difusión, como para la recepción y exhibición.

Desde su nacimiento, las normas para televisión fueron diferentes, conforme las regiones del globo, ante todo, por las diferencias y limitaciones técnicas de los sistemas electrónicos, dependientes de la red de distribución de energía, que, como es sabido, no son igual en todo el mundo. Así, para los primeros sistemas de televisión, aun en blanco y negro, en los EEUU fue adoptado como estándar un sistema de 30 imágenes/segundo y 525 líneas de barrido, mientras, en Europa, se optó por un estándar de 25 imágenes/segundo y 625 líneas de barrido.

Algunos años más tarde, la televisión en color se hizo viable y empezó a implantarse después que se estableció el principio de la compatibilidad bidireccional con los sistemas monocromáticos. La fórmula encontrada para garantizar ese principio, propuesta por la RCA, consistió en descomponer la imagen en tres señales, correspondientes a los tres colores base (rojo, verde y azul), que después son convertidas, por combinación lineal, en otras tres señales: una de luminancia, idéntica a la señal monocromática, y dos de diferencia de color. Estas señales, transmitidas simultáneamente, en forma de una señal de video compuesto, permitieron a los receptores de televisión en color recuperar la imagen coloreada, por recombinación de esas tres señales. Los receptores monocromáticos, continuaron funcionando usando solamente la señal de luminancia, ignorando las otras dos.

Este es el principio base, común a todos los sistemas de televisión en color, que difieren, además de la frecuencia de refrescamiento de las imágenes, ya heredada de la televisión monocromática, en la frecuencia de las portadoras de esas señales y en la forma usada para su modulación. Así surgió la norma NTSC, en los EEUU, y las normas SECAM y PAL en Europa (esto, a pesar de existir diversas variantes, resultantes de variaciones en parámetros como el número de líneas, la frecuencia de campo, la frecuencia de línea, etc.).

La combinación de las señales de luminancia y de crominancia también es, aun hoy, un punto común entre los vetustos sistemas de televisión analógica y los nuevos sistemas de televisión digitales.

Aunque la definición de Televisión Digital pueda ser muy grande, el aspecto que, en último análisis, permite clasificarla como tal, es la naturaleza de la señal difundida para los telespectadores: una señal digital.

El procesamiento de la señal de Televisión Digital y su adaptación a las características y, sobre todo, a las limitaciones de los medios de difusión existentes, tanto a los convencionales como a los emergentes, son procedimientos llave en la reciente evolución de la televisión, ahora imbuida de tecnología digital.

El recurso a formatos digitales, en televisión, no es una novedad. Al nivel de la producción de contenidos, los sistemas profesionales de video ya se vienen usando desde hace varios años, formatos de video con señal digital por componentes (cromáticos). Estos formatos digitales, además de permitir efectuar múltiples copias, sin cualquier degradación de calidad, y crear efectos especiales, imposibles en formato analógico, también facilitan la permuta de contenidos y la interoperabilidad de los equipos. Esto, claro, independientemente del estándar usado para la difusión poder ser analógico o digital.

En virtud de su elevado flujo de bits o también llamada velocidad binaria (*bit rate*), los formatos digitales usados para edición, no pudieron ser usados para difusión. Esto solamente se hizo posible cuando fueron desarrolladas las técnicas de compresión de señales digitales que permitieron adecuarlos a las anchuras de banda disponibles, en los diversos medios, para difusión de televisión.

A decir verdad, el proceso que permite la difusión de Televisión Digital es más complejo que eso. Además de la compresión, o codificación de la fuente, que comprende no sólo las técnicas para comprimir el audio y el vídeo, que por sí mismas ya son complejas, y, eventualmente, su encriptación (para condicionar el acceso), deben agregarse la variedad de señales de diversos canales y el *stream* del programa resultante a una serie de procedimientos englobados en lo que se llama la codificación del canal.

Los complicados procesos incluidos en la codificación del canal – dispersión de energía, codificación exterior, codificación convolucional y también, en el caso de la difusión terrestre y por satélite, la codificación interior – precisan volver la señal difundida aun más eficiente, desde el punto de vista espectral, y más resistente a errores introducidos por el canal de comunicación.

La codificación del canal culmina en el proceso de modulación, lo cual varía consonante con el medio de difusión y la norma usada, siendo particularmente

complejos los procesos de modulación para difusión digital terrestre según las normas europea y japonesa.

Respecto a la normalización, con la introducción de la Televisión Digital se frustró la oportunidad de adopción de una norma universal. Tal como aconteciera anteriormente con la televisión analógica, también para la Televisión Digital fueron establecidas diferentes normas, conforme las regiones de influencia. Así, Europa adoptó la norma DVB y Japón optó por la ISDB teniendo, cada una de ellas, sus variantes propias para la adecuación a los diferentes medios de difusión (terrestre, cable y satélite). Y los EEUU prefirieron avanzar con sus propias normas, la ATSC (terrestre y satélite) y la SCTE (cable).

No obstante, todas las normas, para Televisión Digital, tienen en común la adopción de la norma MPEG-2 para compresión de la señal de video digital. Las diferencias empiezan en la compresión de la señal de audio digital y se multiplican en la fase siguiente, la codificación del canal, acentuándose, sobre todo, en las distintas formas de modulación. Esto, además de las diversas posibilidades de condicionar el acceso a la señal en las emisiones de televisión de pago.

Las diferencias surgen también en el *middleware*, de lo cual dependen las funcionalidades ofrecidas por las *set-top boxes*, una vez que, cada organismo regulador, en cada una de las principales regiones, también desarrolló sus propias normas para *middleware*, que, a pesar de ser abiertas, son diferentes y talladas para operar con sus otras normas para Televisión Digital.

Un aspecto interesante de la nueva Televisión Digital, resultante de la convergencia con las TIC, es la posibilidad de difundir televisión en una red de ordenadores, por un proceso llamado de *streaming* de media.

El *streaming* de Televisión Digital fue posible gracias a los progresos observados en la tecnología de las redes y en la concomitante evolución de los servicios de acceso a Internet, sobre todo con la introducción de los servicios ADSL, que aumentó suficientemente la anchura de banda disponible en la conexión, por hilo de cobre, entre la casa del suscriptor del servicio y la central local más cercana.

Ahora, tanto los operadores de la tradicional telefonía fija, como los proveedores de servicios de acceso a Internet, tienen las condiciones para ofertar el servicio llamado de *triple play*, un paquete integrado de comunicaciones formado por acceso a Internet, servicio de telefonía fija y Televisión Digital distribuida sobre protocolo Internet.

Paradójicamente, las grandes ventajas del protocolo Internet, en los servicios de acceso a la World Wide Web – su capacidad para transportar datos en paquetes de tamaño variable y su naturaleza *connectionless* – se transforman en sus grandes problemas en el *streaming* de Televisión Digital, que es un servicio extremadamente sensible a los retrasos en la llegada de los datos al receptor, no habiendo siquiera tiempo para efectuar correcciones en los paquetes que llegan con errores al destino.

Una característica extraordinaria, de la que se beneficia la difusión de Televisión Digital por *streaming*, es la bidireccionalidad de la conexión entre la fuente de media y el telespectador, que permite recurso a la interactividad, proporcionando funcionalidades prácticamente imposibles, por ejemplo, en las formas convencionales de difusión terrestre y por satélite.

La migración de los servicios de televisión para señal digital comenzó a convertirse en una necesidad cuando se pretendió mejorar la calidad de la imagen y del sonido que llega a casa de los telespectadores, proporcionándoles una experiencia más rica y envolvente. Para conseguirlo, era necesario mejorar significativamente la definición de la imagen – idea que está en el origen de la televisión de alta definición. Pero, la señal analógica no permitía compresión suficiente, por lo menos con la tecnología disponible, para hacer caber el vídeo, con imagen que se pretendía de alta definición, en la limitada anchura de banda disponible para los canales de televisión, sobre todo en la difusión terrestre. Por otro lado, la señal digital, aunque a priori más exigente en anchura de banda, podía ser comprimida lo bastante, no solo para caber en el canal, sino también para compartirlo con otras señales, por multiplexación.

Sin embargo, el cambio de la televisión para la señal digital, donde ya ocurrió, no trajo necesariamente el nivel de calidad que originó su génesis, teniendo, en vez de eso, como principal móvil, la mayor eficiencia espectral que proporciona comparativamente a la señal analógica.

A pesar de este hecho, pero también debido a él, la migración de la televisión digital se hizo inevitable. Aunque para la mayoría de los telespectadores que la experimentaron, este cambio no haya sido tan deslumbrador como se podría esperar, la verdad es que encierra, en sí mismo, la capacidad de ver más canales, tener mejor calidad de imagen (hasta la resolución de TV de alta definición) y de sonido (incluyendo sonido envolvente), además de emisiones personalizadas, interactividad, servicios y aplicaciones adicionales.

Entre los nuevos servicios, ocupan ya un lugar de relevo, la guía electrónica de programación – con información *on screen* sobre los programas emitidos – y el *video on demand* – un autentico clube de video, accesible por telemando, sin salir del sofá.

Otras clases de aplicaciones, con niveles de interactividad más elevados, aun pertenecen al campo de la ficción.

A pesar de que, hasta ahora, la alta definición no ha sido un imperativo para los prestadores de servicios, la necesidad se afirmará con el aumento del número de televisores con pantallas de grandes dimensiones, cada vez más accesibles, donde las fallas de calidad de la definición estándar se hacen más evidentes, y a la medida que los telespectadores vayan teniendo contacto con esa realidad (que va estando disponible en emisiones experimentales, aunque esporádicas, y en algunas otras demostraciones promovidas por la industria). Estas vivencias contribuyen para elevar el nivel de referencia de calidad del público y, consecuentemente, su grado de exigencia.

Así, también desde el punto de vista de la industria, la migración es inevitable. Si, por un lado, los fabricantes de equipos de producción y edición abandonaron los formatos analógicos, por otro lado, tanto los operadores de televisión, como los de la distribución, solo tienen que aplicarse al cambio. De hecho, además de poder entregar una señal con mejor calidad, pasan a disponer de la posibilidad de difundir un mayor número de canales, en la banda de frecuencia ocupada por una señal analógica, lo que significa más negocios en perspectiva.

Los operadores pasan también a poder adaptar más fácilmente sus emisiones a públicos específicos, lo que permite, por ejemplo, difundir programas con bandas sonoras en diversas lenguas, o, adaptar la publicidad a determinadas regiones de su área de cobertura – una posibilidad de segmentación que puede ser muy importante, teniendo en cuenta que la publicidad es la principal fuente de ingresos en la generalidad de los operadores de televisión

Además, desde el punto de vista de la industria, los nuevos servicios que la televisión Digital permite ofertar a los telespectadores, es, ciertamente, otro aspecto que hace la migración indeclinable. Sobre todo en los casos en que existe canal de retorno, que posibilita alguna interactividad con el servidor de media (es decir, no limitada a la *set-top box*), los operadores disponen ahora de la posibilidad de ofertar servicios que pueden contribuir simplemente para mejorar su propia imagen y la referencia de calidad de los servicios que prestan – es el caso de la guía electrónica de programas – como pueden representar nuevas fuentes de ingresos – es el caso de el *video on demand*, o mismo de la televisión de paga, que pasa a tener un condicionamiento de acceso más eficiente.

La posibilidad de comunicación bidireccional, también permite integrar, en los servicios de Televisión Digital, otros servicios, típicos de la sociedad de la información, como el *e-mail*, el *e-commerce* o el *home banking*.

Este creciente esbatemento de las fronteras tradicionales de los medios de comunicación de masa, atesta bien la convergencia de los medios que está en curso.

Del lado de la industria, para la mayoría de los interesados en el proceso de migración de la televisión para digital, la gran ventaja que se obtiene es la menor ocupación espectral de la señal, que permite difundir más canales – luego entonces, generar más negocios.

Otro aspecto importante que justifica la migración, sobretodo para los operadores de cable, es la mayor seguridad en la protección del acceso condicionado a los canales de televisión de paga – por tanto, menos pierdas de ingresos.

En verdad, la idea que se queda es la que, por el momento, la gran ventaja de la transición de la televisión para digital, está del lado de los prestadores de servicios de televisión y del lado de los distribución, empeñados, naturalmente, en explorar primero las nuevas posibilidades que representan nuevas fuentes de ingresos.

Así, en los casos en que ya fue hecha la migración, el espectro libertado fue siempre reutilizado para la difusión de más canales – y, en el caso del cable, también para mejorar el servicio de acceso Internet (y no dejarse batir por la competencia).

Por eso – y un poco también porque la tecnología envuelta en la Televisión Digital es, de hecho, extremadamente compleja y muchos de los operadores de distribución creen que el cliente no necesita saber si la señal es digital o analógica – en la mayoría de las veces la transición tecnológica no es perceptible para los suscriptores del servicio, a quien la alteración es presentada como una mejora – lo que no siempre es verdad – o como un nuevo servicio – lo que sí es cierto, así como que el nuevo servicio representa nuevas fuentes de ingreso para el operador.

La Televisión Digital comenzó siendo una forma de mejorar y de sacar más rendimiento de las formas de difusión convencionales – satélite, cable y terrestre – pero acabó proporcionando la difusión a través de otro medio, el par de cobre del servicio de comunicaciones fijas, con recurso al *streaming* sobre protocolo Internet. En

Portugal, esta forma de difusión acabó realmente por llegar antes de la difusión digital terrestre.

A pesar de ser la tecnología más incipiente, y todavía confrontarse con notorios problemas de calidad en el servicio que faculta, la difusión sobre IP, con las ventajas que puede proporcionar, especialmente por la oportunidad de negocio que ofrece a los proveedores de servicios de acceso Internet y al operador histórico de telefonía fija, deberá ser objeto de redoblados esfuerzos que le permitan conocer mejoras acentuadas en el futuro próximo.

La interactividad que, a priori, parecía uno de los aspectos más relevantes de la Televisión Digital no tuvo peso en la migración de los diversos sistemas de difusión para señal digital. Hasta ahora, la interactividad está limitada a las aplicaciones que proporcionan la guía electrónica de programas y el *video on demand*, impulsadas, sobre todo, por la televisión sobre IP y rápidamente adoptadas también por el cable, delante de la necesidad de enfrentar la nueva competencia.

La solución que ha sido adoptada para la recepción de la Televisión Digital, en los diversos *media* en que ya es distribuida, es la utilización de una *set-top box*. Ésta deberá ser también la solución cuando se inicien las transmisiones de Televisión Digital terrestre, eventualmente transitoria, hasta que los televisores vengán equipados con dispositivos internos capaces de descodificar las señales digitales – por lo menos, los portadores de servicios de programas con acceso no condicionado libre.

Sumário

0 – INTRODUÇÃO	29
0.1 – OBJECTIVOS	30
0.2 – DIFICULDADES	30
0.3 – TERMINOLOGIA	31
0.4 – DEFINIÇÕES.....	32
0.5 – CONCEITO	33
0.6 – FACTORES DE MUDANÇA	34
0.7 – LIMITES INICIAIS DO OBJECTO	35
0.8 – ANTECEDENTES E CONCEITOS INCONTORNÁVEIS	36
1 – A TECNOLOGIA DIGITAL.....	37
1.1 – SINAL.....	37
1.1.1 – <i>Analógico versus discreto</i>	38
1.1.2 – <i>Quantizado versus não quantizado</i>	38
1.1.3 – <i>Espectro e largura de banda</i>	39
1.2 – PROCESSAMENTO DE SINAIS DIGITAIS (DSP).....	40
1.3 – CONVERSÃO ANALÓGICO-DIGITAL E DIGITAL-ANALÓGICO.....	41
1.3.1 – <i>Digitização</i>	41
1.3.1.1 – Amostragem e precisão.....	42
1.3.1.2 – Quantização e erro associado.....	44
1.3.2 – <i>Reconstituição do sinal analógico</i>	45
1.4 – COMPRESSÃO DE SINAIS.....	47
1.5 – MULTIPLEXAGEM	48
1.6 – PROCESSAMENTO DE SOM.....	50
1.6.1 – <i>Qualidade versus taxa de dados</i>	50
1.6.2 – <i>Sistemas de áudio</i>	52
1.6.2.1 – Som estéreo	52
1.6.2.2 – Som envolvente	53
1.7 – PROCESSAMENTO DE IMAGEM	53
1.7.1 – <i>Estrutura de uma imagem digital</i>	54
1.7.1.1 – Imagem a preto e branco.....	54
1.7.1.2 – Imagem a cores	56
1.7.2 – <i>Precisão da imagem</i>	56
1.7.3 – <i>A necessidade de compressão</i>	57
1.7.4 – <i>A norma JPEG para compressão de imagem estática</i>	58

1.7.5 – <i>Digitização do sinal de televisão</i>	59
1.7.6 – <i>A norma MPEG para compressão de sequências de vídeo</i>	63
1.8 – MODULAÇÃO DIGITAL	66
1.9 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SINAIS DIGITAIS	68
2 – A TELEVISÃO PRÉ-DIGITAL	70
2.1 – MARCOS NA PRÉ-HISTÓRIA DA TV.....	70
2.1.1 – <i>A conversão da imagem em sinal eléctrico</i>	71
2.1.2 – <i>O conceito de varrimento</i>	71
2.1.3 – <i>A radio vision ou, do fio condutor para as ondas hertzianas</i>	72
2.2 – A TV MECÂNICA.....	73
2.3 – O SISTEMAS DE TV MISTO.....	73
2.4 – A TV ELECTRÓNICA.....	74
2.5 – A NECESSIDADE DE NORMAS NECESSARIAMENTE NÃO ÚNICAS.....	74
2.6 – A TV A CORES E A MULTIPLICAÇÃO DA DIVERSIDADE	75
2.6.1 – <i>NTSC</i>	77
2.6.2 – <i>SECAM</i>	79
2.6.3 – <i>PAL</i>	80
2.6.4 – <i>A proliferação das normas de cor no mundo</i>	80
2.7 – AS FORMAS DE DIFUSÃO DE TV ANALÓGICA	81
2.7.1 – <i>A difusão terrestre</i>	81
2.7.2 – <i>A TV em circuito fechado e a TV por Cabo</i>	82
2.7.2.1 – <i>CCTV</i>	82
2.7.2.2 – <i>CATV</i>	82
2.7.2.3 – <i>Cabo sem fios</i>	84
2.7.3 – <i>A ampliação das áreas de cobertura e a TV por satélite</i>	84
2.8 – O TORTUOSO CAMINHO PARA A ALTA DEFINIÇÃO	86
2.8.1 – <i>Sistemas com definição de imagem melhorada</i>	87
2.8.1.1 – <i>MAC</i>	88
2.8.1.2 – <i>PALplus</i>	90
2.8.2 – <i>Sistemas de TV de alta definição</i>	91
2.8.3 – <i>Os sistemas HDTV pioneiros (analógicos)</i>	92
2.8.3.1 – <i>O vetusto sistema francês de 819 linhas</i>	92
2.8.3.2 – <i>O MUSE no Japão</i>	93
2.8.3.3 – <i>O HD-MAC na Europa</i>	93
2.8.4 – <i>Os sistemas actuais para difusão de HDTV (digitais)</i>	94

3 – A TELEVISÃO DIGITAL.....	95
3.1 – FORMATOS DE VÍDEO DIGITAL.....	95
3.1.1 – <i>Vídeo por componentes</i>	95
3.1.2 – <i>Vídeo composto</i>	96
3.1.3 – <i>Vantagens dos formatos digitais</i>	97
3.1.4 – <i>A inconveniente largura de banda</i>	97
3.2 – A COMPLEXIDADE OU O PREÇO DA SOFISTICAÇÃO.....	97
3.3 – OS SISTEMAS DE TV DIGITAL	98
3.3.1 – <i>A DVB na Europa</i>	99
3.3.2 – <i>A ATSC e a SCTE nos EUA</i>	100
3.3.3 – <i>A ISDB no Japão</i>	101
3.3.4 – <i>Similaridades e diferenças</i>	103
3.4 – A TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DTV SEGUNDO A NORMA DVB.....	105
3.4.1 – <i>Codificação da fonte</i>	105
3.4.2 – <i>Multiplexagem das fontes e condicionamento do acesso</i>	106
3.4.3 – <i>Codificação de canal</i>	108
3.4.4 – <i>Modulação</i>	111
3.4.5 – <i>A difusão terrestre, uma complexidade acrescida</i>	111
3.4.5.1 – <i>Principais diferenças nas outras normas</i>	113
3.4.6 – <i>Conversão de frequência e emissão</i>	114
3.4.7 – <i>Recepção de sinais de TV digital</i>	114
3.5 – A ALTERNATIVA IPTV	115
3.5.1 – <i>Protocolo Internet</i>	116
3.5.2 – <i>Streaming de media, os novos termos e as novas funcionalidades</i>	117
3.6 – O PAPEL DO MIDDLEWARE	119
Notas do capítulo 3:	121
4 – A MUDANÇA PARA A TELEVISÃO DIGITAL	127
4.1 – A NECESSIDADE DE MUDANÇA.....	127
4.2 – A INEVITABILIDADE DA MUDANÇA.....	128
4.2.1 – <i>O ponto de vista do consumidor</i>	128
4.2.1.1 – <i>Mais canais</i>	129
4.2.1.2 – <i>Emissões mais personalizadas</i>	129
4.2.1.3 – <i>Melhor qualidade de imagem</i>	130
4.2.1.4 – <i>Som de elevada qualidade</i>	130
4.2.1.5 – <i>Interactividade e serviços e aplicações adicionais</i>	130
4.2.1.5.1 – <i>Teletexto</i>	132

4.2.1.5.2 – <i>Guia Electrónico de Programação (EPG)</i>	133
4.2.1.5.3 – <i>Vídeo a pedido (VOD)</i>	134
4.2.2 – <i>O ponto de vista da indústria</i>	135
4.2.2.1 – <i>Qualidade e quantidade</i>	136
4.2.2.2 – <i>Emissões mais direccionadas</i>	136
4.2.2.3 – <i>Interactividade e serviços e aplicações adicionais</i>	136
4.2.2.4 – <i>Lucro acrescido</i>	137
4.3 – <i>O PAPEL DO STREAMING</i>	137
4.3.1 – <i>A evolução dos média: do incunábulo ao rich media</i>	138
4.3.2 – <i>A evolução recente das redes</i>	139
4.3.3 – <i>As barreiras e as oportunidades</i>	140
4.3.4 – <i>As novas funcionalidades</i>	141
4.3.5 – <i>As aplicações do streaming</i>	142
4.4 – <i>A CONVERGÊNCIA</i>	142
4.5 – <i>OS MEDIA CENTER</i>	143
4.6 – <i>O PAPEL DAS NORMAS</i>	144
4.6.1 – <i>Uma herança de multiplicidade</i>	144
4.6.2 – <i>A necessidade de normas abertas para middleware</i>	145
4.6.2.1 – <i>A emergência de normas abertas para o middleware</i>	146
4.6.3 – <i>E a multiplicidade perpetua-se</i>	146
Notas do capítulo 4:	147
5 – CONCLUSÕES	150
5.1 – <i>A MATURIDADE DA TECNOLOGIA NOS DIVERSOS MEIOS DE DIFUSÃO</i>	150
5.2 – <i>AS VANTAGENS PARA OS CONSUMIDORES</i>	151
5.3 – <i>OS BENEFÍCIOS PARA A INDÚSTRIA</i>	151
6 – BIBLIOGRAFIA E WEBGRAFIA	153
6.1 – <i>REFERÊNCIAS</i>	153
6.2 – <i>LEGISLAÇÃO E NORMAS</i>	153
6.3 – <i>OUTRA BIBLIOGRAFIA ESPECÍFICA DO TEMA</i>	154
6.4 – <i>GERAL</i>	157
Índice de figuras e sua origem	158
Índice de quadros e tabelas	161
Chave de abreviaturas, siglas e acrónimos	162
Índice analítico	166

0 – INTRODUÇÃO

“If you haven't heard, television is going digital, and how we watch television is going to change forever.”

Robert Cringely

A comunicação de massas, especialmente a televisão, tem, nos dias de hoje, uma importância indiscutível. Quase todos os lares possuem um ou mais aparelhos de televisão e esta tornou-se a principal fonte, tanto de informação, como de entretenimento. E, apesar do advento da Internet, ainda é assim na maioria dos lares.

A televisão faz hoje parte do quotidiano de todos nós. Com a sua transmissão de imagem e de som em tempo real, tem um impacto imediato na vivência do espectador. É quase uma extensão dos olhos e dos ouvidos humanos. Este impacto da televisão faz-se sentir em toda a parte onde ela é usada para difusão pública, atingindo milhões de telespectadores. A televisão abriu novas possibilidades nos campos do entretenimento público, da disseminação de notícias e da educação social. Ver televisão influencia as pessoas de diversas maneiras: no comportamento social, nas perspectivas políticas, nos hábitos de compra e em muitos outros aspectos. É universalmente reconhecida com um poderoso meio de comunicação de massas, mesmo que, por vezes, sejam também realçados alguns dos seus efeitos indesejados, como a tendência que cria nas pessoas para olhar para a “caixa estúpida” horas sem fim.

Apesar dos custos muito elevados, quase proibitivos, dos sistemas de televisão, quer no investimento necessário, quer nas despesas operacionais de produção e difusão de programas, a sua importância é largamente reconhecida pela maior parte dos países desenvolvidos, como um excelente meio de comunicação de massas para propagar objectivos sociais – como, por exemplo, o planeamento familiar, cuidados de saúde, educação cívica e técnicas agrícolas melhoradas, para além do seu uso como auxiliar do ensino escolar¹. Também as entidades com fins lucrativos, encontram na televisão

¹ Em Portugal, por exemplo, as emissões da “Telescola” tiveram um papel importante no combate ao analfabetismo. Surgiu nos anos 1960 e permitiu levar a escolaridade obrigatória a zonas rurais isoladas e a zonas suburbanas de grande densidade populacional e escolas superlotadas.

um meio privilegiado para emissões publicitárias, ao qual recorrem, quase sempre, com avultados orçamentos para produção.

Por outro lado, a era digital, que há muito se instalou noutros domínios, e que só agora começa a dominar a televisão, vai certamente mudar a forma como a desfrutamos.

Embora a ritmos muito diferenciados, a Televisão Digital está a avançar e a instalar-se em todo o mundo.

Com a transição dos antigos sistemas analógicos para tecnologia digital e com a emergência de novas formas de difusão, resultantes da convergência proporcionada pela evolução dos sistemas de informação, a televisão atravessa, hoje, uma das fases mais revolucionárias da sua existência. Para o grande público, esta transformação vai surgindo encapsulada em novos serviços, não sendo sequer perceptíveis os grandes passos tecnológicos que lhes estão subjacentes.

0.1 – OBJECTIVOS

No essencial, este texto pretende apenas espreitar atrás do véu que envolve a Televisão Digital e contribuir para uma visão integrante do tema, fundada no conhecimento disponível. Os objectivos são:

- conhecer as linhas mestras da evolução da Televisão Digital;
- distinguir as opções tecnológicas relevantes;
- identificar os principais actores, numa escala global.
- compreender as vantagens e a eventual inevitabilidade da solução digital;

0.2 – DIFICULDADES

Uma das dificuldades a registar na abordagem deste tema é a dispersão de informação, por vezes só disponível na cabeça dos principais actores, o que deriva também da imaturidade das soluções técnicas subjacentes ao tema da Televisão Digital, aliada à estonteante evolução das tecnologias de processamento de sinais digitais. A conseqüente facilidade com que se desactualiza, fazendo surgir amiúde, no decurso do trabalho, a dúvida sobre a pertinência de muita da informação, que se vai encontrando, é outra contrariedade a enfrentar ao longo do caminho.

Outro obstáculo, particularmente consumidor de ânimo, é a complexidade tecnológica do tema que dificulta a compreensão de muitos aspectos essenciais ao seu

tratamento. Por exemplo, a relação intrínseca entre a evolução da Televisão Digital e a tecnologia digital, obriga à aquisição de algum conhecimento sobre processamento de sinais digitais, o que é quase sempre um pesadelo. A maior parte da literatura é desconcertante, mesmo para quem tem experiência neste domínio. O que geralmente se encontra são páginas e páginas de equações, símbolos matemáticos misteriosos e terminologia pouco familiar.

Quem se aventura a mergulhar, ainda que pouco profundamente, no oceano do processamento de sinais digitais, descobre que uma das dificuldades reside no seu carácter interdisciplinar, que assenta muitas vezes em trabalho desenvolvido em áreas que lhe são adjacentes e com as quais tem fronteiras algo imprecisas (electrónica analógica, electrónica digital, processamento de sinais analógicos, análise numérica, probabilidade e estatística, teoria da comunicação, teoria da decisão, ...). Como sublinha Steven Smith², a combinação resultante da vastidão de áreas de aplicação e da profundidade com que a tecnologia foi desenvolvida em cada uma delas, com algoritmos, matemáticas e técnicas próprias, torna impossível a qualquer indivíduo conhecer e dominar toda a tecnologia desenvolvida.

Na realidade, o mundo da televisão, especialmente no que respeita a Televisão Digital, está envolvido numa teia de complexidade, de que apenas suspeitava quando deitei mãos à obra.

0.3 – TERMINOLOGIA

Um aspecto importante no tratamento de temas de natureza tecnológica reside no facto de, em Portugal, se recorrer muito à terminologia anglo-saxónica. As publicações em português escasseiam³, e todos nos habituámos a consultar documentação em línguas estrangeiras, principalmente em inglês, absorvendo a terminologia, sem encontrar necessidade de a traduzir ou de usar as expressões portuguesas que mais se adequariam. Assim, neste trabalho, para evitar dúvidas, optei por usar, quase sempre, a terminologia anglo-saxónica, mesmo nos casos em que existem termos portugueses já bem conhecidos. No que diz respeito a siglas e acrónimos, que têm uma utilização intensiva, a regra foi mesmo usar exclusivamente as inglesas, para não gerar qualquer tipo de ambiguidade.

² SMITH, Steven W.: *Digital Signal Processing: A Practical Guide for Engineers and Scientists*. Estados Unidos da América, Newnes, SoftCover, 2002. ISBN 0-7506-7444-X, p. 1.

³ Em português de Portugal. O panorama no Brasil é diferente, mas a terminologia usada nem sempre coincide nos dois países.

0.4 – DEFINIÇÕES

Também para evitar ambiguidade, adoptei as seguintes definições estabelecidas na Lei da Televisão – a Lei n.º 27/2007, da Assembleia da República de 30 de Maio de 2007, publicada no Diário da República 145 Série I de 2007-07-30:

A «actividade de televisão» “consiste na organização, ou na selecção e agregação, de serviços de programas televisivos com vista à sua transmissão, destinada à recepção pelo público em geral”;

Um «operador de televisão» é uma “pessoa colectiva responsável pela organização de serviços de programas televisivos e legalmente habilitada para o exercício da actividade de televisão” – ou, numa linguagem mais comum, é a entidade que emite (os conteúdos dos) programas de televisão num determinado canal, vulgarmente chamada emissora de televisão;

Um «serviço de programas televisivo» é um “conjunto sequencial e unitário dos elementos da programação fornecido por um operador de televisão” – é o que comumente se costuma chamar de canal de televisão;

O «operador de distribuição» é “a pessoa colectiva responsável pela selecção e agregação de serviços de programas televisivos e pela sua disponibilização ao público, através de redes de comunicações electrónicas” – ou seja, é a entidade que difunde os canais emitidos pelos operadores de televisão, e que, por vezes, ao longo deste texto, no caso da difusão terrestre, é também designado como «operador de difusão»;

Por fim, «Televisão» é “a transmissão, codificada ou não, de imagens não permanentes, com ou sem som, através de uma rede de comunicações electrónicas, destinada à recepção em simultâneo pelo público em geral”.

Não integram a definição de «Televisão»:

- a) Os serviços de comunicações destinados a serem recebidos apenas mediante solicitação individual;
- b) A mera retransmissão de emissões alheias;
- c) A transmissão pontual de eventos, através de dispositivos técnicos instalados nas imediações dos respectivos locais de ocorrência e tendo por alvo o público aí concentrado.

0.5 – CONCEITO

O conceito de Televisão Digital é bastante abrangente e engloba, não só a televisão de definição standard, com que estamos familiarizados, mas também a televisão de alta definição, a difusão de dados, a multidifusão e a interactividade.

Na perspectiva dos objectivos deste trabalho, satisfazem preferencialmente o conceito de Televisão Digital, os sistemas em que a tecnologia digital esteja presente em todas as fases do processo: produção, registo e arquivo, pós-produção, transmissão, ou distribuição, e reprodução. Porém, o factor verdadeiramente diferenciador é o facto do sinal difundido ser digital e não analógico⁴, uma vez que, mesmo produções mais antigas, que existam hoje ainda em registos de natureza analógica, podem ser convertidos para emissão em sistemas de Televisão Digital.

Os sistemas não digitais são considerados, no âmbito deste trabalho, apenas para análise e melhor compreensão dos processos de transição para o digital.

No que se refere à produção, um sistema digital, significa naturalmente a utilização de câmaras digitais e de sistemas computadorizados que permitam gerar conteúdos – por exemplo, a animação de imagens digitais com recurso a algoritmos de *rendering* – e gravá-los em formatos digitais.

Da mesma forma, na pós-produção, satisfazem o critério os processos que recorrem a ferramentas de processamento digital, como mesas de mistura, geradores de caracteres e de efeitos especiais, entre outros.

Os sistemas de arquivo que cabem neste conceito de Televisão Digital são naturalmente aqueles que permitem preservar vídeo, áudio e informação complementar, em formato digital, sejam bandas ou discos baseados em qualquer das tecnologias de gravação e leitura hoje disponíveis, e utilizáveis, sejam eles em suporte magnético, óptico, magneto-óptico ou de outra natureza.

Já no que diz respeito à difusão, ou distribuição, que é a fase do processo que verdadeiramente permite apor o epíteto de digital à televisão, satisfazem este conceito, os sistemas que utilizem meios que permitam enviar o sinal digital, ainda que numa portadora analógica, até ao seu destino, o receptor.

Uma vez satisfeitos os requisitos anteriores, a recepção terá necessariamente que fazer uso de aparelhos capazes de descodificar o sinal digital e de o reproduzir ou de o entregar a dispositivos de reprodução – ecrã e colunas de som – que suportem o seu conteúdo.

⁴ Estes conceitos são abordados, de forma mais sistemática, no capítulo 4.

Apenas se englobam no conceito de televisão – digital, neste caso – os serviços de difusão, por qualquer das formas possíveis (terrestre, cabo ou satélite), e a distribuição sob a forma de *streaming* (*multicast* ou *unicast*), ficando de fora a distribuição de suportes gravados, através dos diversos circuitos comerciais ou de outra natureza.

Um último aspecto, característico do conceito de Televisão Digital, é a promessa de maior envolvimento do telespectador, graças a uma interactividade acrescida. Na perspectiva deste trabalho, o nível de interactividade não é condicionante, cabendo no conceito qualquer forma de interactividade, desde a meramente local, através de aplicações descarregadas para a *set-top box*, até à mais sofisticada, *on line*, em tempo real, com recurso a um canal de retorno.

0.6 – FACTORES DE MUDANÇA

No início dos anos de 1970, o último grande avanço que os sistemas de televisão haviam conhecido, tinha sido a introdução da cor, cerca de duas décadas antes. Ao tentar introduzir melhorias significativas na qualidade da imagem e do som oferecida aos espectadores pelos sistemas de televisão, os técnicos da NHK rapidamente constataram que tal não seria fácil com a tecnologia analógica em uso. Afigurou-se-lhes inevitável a migração para a tecnologia digital, que começava então a afirmar-se.

O fenómeno da convergência de tecnologias que se tem vindo a observar no último meio século, é certamente um factor a ter em conta no estudo da transição para o digital. De facto, já nos anos 1950 se começou a observar uma convergência na utilização de suportes de informação, por parte das já então incumbentes tecnologias de registo de informação, nomeadamente sob a forma de som e de imagem, e da debutante tecnologia de computação.

Uma década mais tarde regista-se outra convergência notável. As novas tecnologias de computação começam não só a utilizar os mesmos meios de comunicação usados pelas já então tradicionais tecnologias de comunicação, nomeadamente a comunicação telefónica, mas também a influenciar decisivamente a sua evolução, tendo em conta sobretudo as crescentes exigências que as novas utilizações vinham impondo, quer em termos de quantidade de informação que se tornou necessário transmitir, quer de velocidade e de fiabilidade dessa transmissão. Esta convergência foi particularmente importante no desenvolvimento de uma das mais prodigiosas revoluções tecnológicas de que hoje desfrutamos: a World Wide Web.

Actualmente, acentua-se cada vez mais a convergência dos media, esbatendo-se as tradicionais fronteiras dos meios de comunicação de massa: os livros assumem

também a forma de *e-books*, os jornais são acessíveis pela Web, as *set-top boxes* de televisão permitem navegar na Internet e utilizar *e-mail*, ...

Também a convergência entre os sistemas de televisão e as tecnologias de informação surge como um caminho incontornável, quanto mais não fosse porque a migração para o digital significa cada vez mais o recurso a *software*. Porém, há muito mais do que isso: a difusão de televisão usando tecnologia desenvolvida para Internet, que começa a assumir-se como detentora de um papel importante no futuro próximo da Televisão Digital, e a televisão móvel, com possibilidade de recepção em dispositivos verdadeiramente portáteis, como os telemóveis, já são hoje uma realidade.

0.7 – LIMITES INICIAIS DO OBJECTO

Perante a crescente panóplia de opções oferecidas pelas tecnologias emergentes e, sobretudo, pela multiplicação de convergências, este trabalho incidirá, prioritariamente, sobre os meios que já provaram ser capazes de oferecer ao espectador a experiência da televisão de alta definição, seja com os recursos tecnológicos actuais ou com os desenvolvimentos expectáveis a curto prazo. Enquadram-se neste requisito os sistemas de Televisão Digital com processos de difusão directamente descendentes dos sistemas tradicionais de televisão – os sistemas com difusão terrestre, por cabo ou por satélite – assim como a televisão sobre Internet – com recurso a *streaming* sobre IP, designada por IPTV (Internet Protocol Television).

Face ao acima exposto, a delimitação inicial do objecto deste estudo pode resumir-se da forma que consta no Quadro 1-1.

		Atributos delimitadores do objecto de estudo
Conceito (características do Sistema de)	Forma de difusão	Qualquer forma de difusão, desde que o sinal de televisão seja digital
	Qualidade de imagem	Com capacidade para alta definição (actual ou no horizonte próximo)
	Interactividade	On-line ou apenas local
Localização no Tempo		1970-2007

Quadro 1 – Delimitação do objecto de estudo

Os atributos aqui indicados referem-se apenas aos objectivos do estudo. Naturalmente, outros terão de ser considerados na persecução de objectivos de carácter exploratório e conchavante na delimitação dos objectivos centrais do estudo.

0.8 – ANTECEDENTES E CONCEITOS INCONTORNÁVEIS

A televisão tem já mais de cinquenta anos de história, que decorreram numa época em a evolução tecnológica conheceu muitos e grandes avanços, que se sucederam a um ritmo bem acelerado. Curiosamente, a televisão, só com um desconcertante atraso, parece ter acordado para as potencialidades da adopção desses progressos, nomeadamente no que diz respeito aos benefícios oferecidos pela tecnologia digital. Para perceber as condicionantes que determinaram este atraso há que deitar um olhar abrangente, ainda que algo superficial, para estas duas realidades: a tecnologia digital, nas vertentes em que é aplicável à televisão, e a própria televisão, nos aspectos técnicos e evolutivos, desde a televisão pré-digital, que criaram a realidade actual.

1 – A TECNOLOGIA DIGITAL

A Televisão Digital (DTV) é um universo complexo que assenta na adopção de tecnologia digital para a geração ou conversão, tratamento, registo e difusão de imagem vídeo, com o respectivo áudio, e demais informação que esta tecnologia permite.

Muitas das questões que surgem associadas ao estudo da situação da DTV estão estreitamente ligadas à tecnologia que lhe está subjacente. Para lidar com essas questões, torna-se necessário entender, minimamente, em que consiste a tecnologia digital, em particular nos aspectos relevantes para a implementação da DTV – isto é, nos aspectos envolvidos no processamento digital de sinais de imagem e de som.

Se quiséssemos estabelecer uma definição, poderíamos dizer que tecnologia digital é o conjunto dos instrumentos, métodos e processos usados para manipular sinais representados por valores digitais.

1.1 – SINAL

Um sinal, do ponto de vista do tema que estamos a tratar, é a descrição de como um determinado parâmetro se relaciona com outro parâmetro.

Os sinais estão presentes em quase todos os campos da ciência e da engenharia, e a televisão não é excepção.

Um exemplo de sinal muito comum, é o da tensão que varia com o tempo.

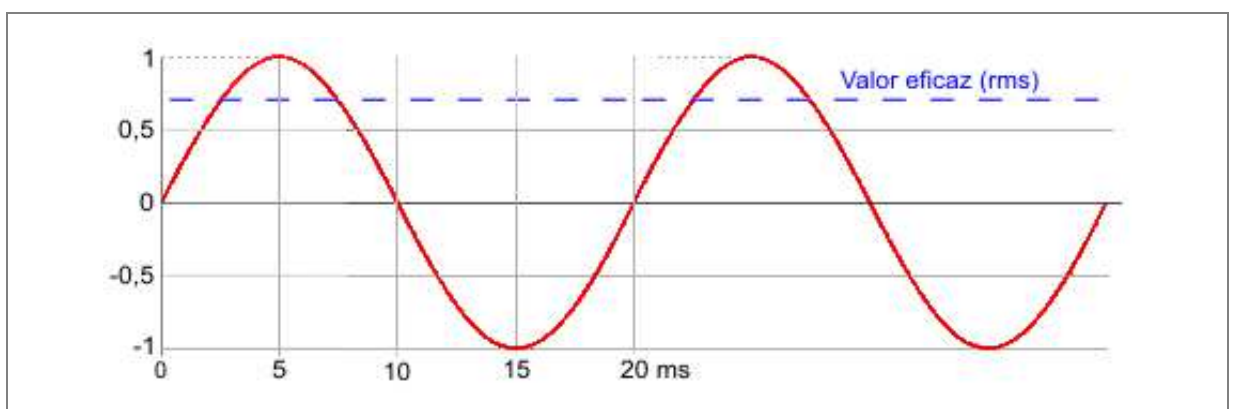


Fig. 1.1 – A tensão numa tomada de energia para consumo doméstico é um sinal analógico que varia com o tempo de forma sinusoidal.

1.1.1 – Analógico versus discreto

Existem duas classes genéricas em que os sinais podem ser classificados:

- sinais contínuos ou analógicos;
- sinais discretos.

Um sinal analógico é aquele em que ambos os parâmetros podem assumir uma gama contínua de valores⁵. Por exemplo, o tipo mais comum de sinal em electrónica analógica é a tensão que varia com o tempo. Uma vez que ambos os parâmetros – tensão e tempo – podem assumir uma gama contínua de valores, ou seja, a tensão é definida em cada um e em todos os instantes de um intervalo de tempo (continuamente), trata-se, sem dúvida, de um sinal contínuo no tempo. A Figura 1.1 ilustra um exemplo de sinal analógico.

Um sinal discreto é o que apenas é definido em determinados instantes de tempo – seja em intervalos de milisegundos, de minutos, de dias, ...

Um exemplo de sinal discreto é o valor da cotação das acções de uma empresa no fecho de cada sessão da bolsa de valores.

1.1.2 – Quantizado versus não quantizado

Tanto os sinais analógicos como os discretos podem ser de dois tipos: quantizados ou não quantizados.

A Figura 1.2 ilustra esta classificação dos sinais.

Um sinal não quantizado pode assumir qualquer valor pertencente a um intervalo específico (um número infinito de valores), enquanto que um sinal quantizado apenas pode assumir um número finito de valores discretos. Por exemplo, a temperatura ambiente, como função do tempo, é um sinal não quantizado. Porém, a temperatura ambiente, tal como medida por um termómetro digital, já é um sinal quantizado.

Um sinal discreto quantizado, designa-se por sinal digital.

⁵ Matematicamente diríamos que um sinal analógico é aquele que pode se expresso por uma função em que tanto o domínio – por exemplo, o tempo – como o contradomínio – por exemplo, a intensidade luminosa – são intervalos contínuos no conjunto dos números reais.

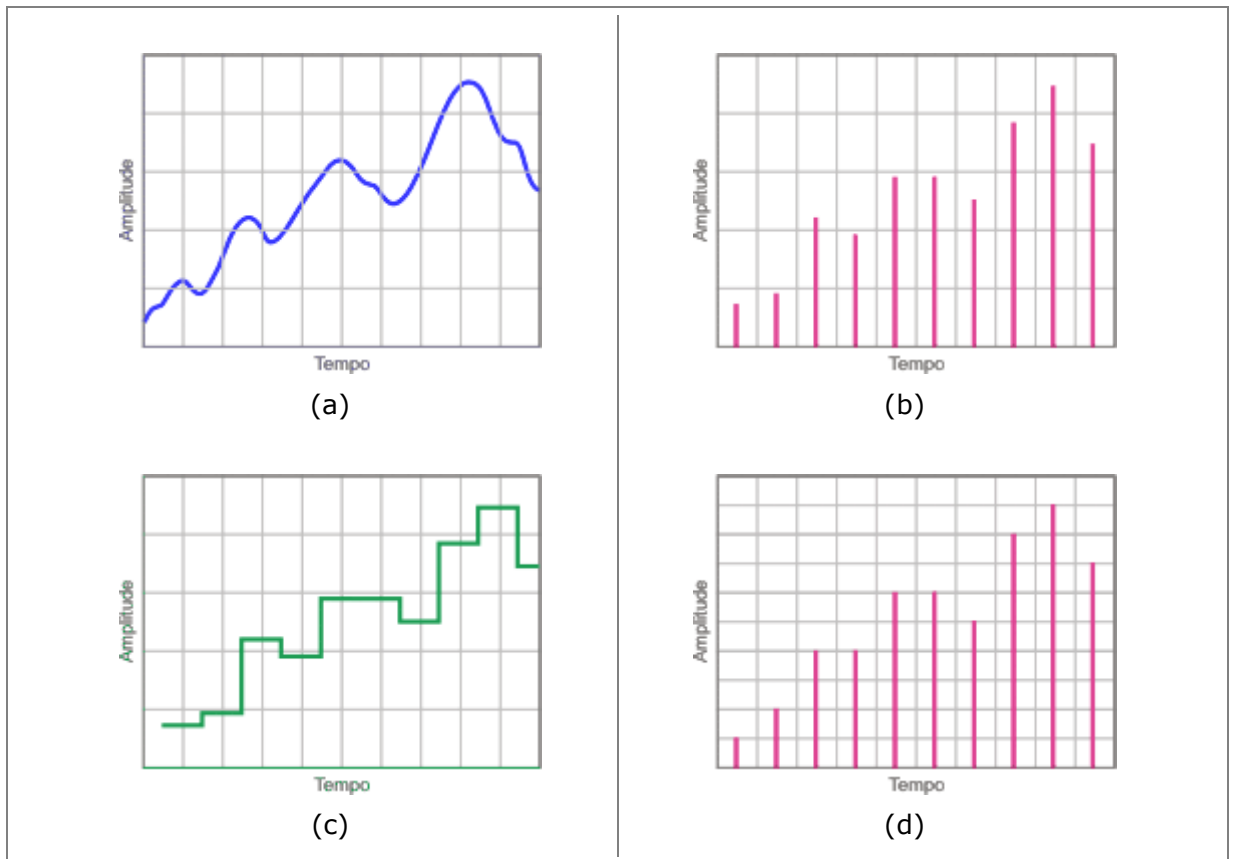


Fig. 1.2 – Tipos de sinais: (a) sinal analógico não quantizado; (b) sinal discreto não quantizado; (c) sinal analógico quantizado; (d) sinal discreto quantizado ou sinal digital.

1.1.3 – Espectro e largura de banda

Todos os sinais que variam no tempo, tanto os analógicos como os digitais, podem também ser representados por uma função única da frequência, referida como o espectro de frequência do sinal, e que é uma descrição das frequências contidas no sinal.

Dito de outra forma, o espectro de um sinal é o conjunto das frequências presentes nesse sinal. A diferença entre as frequências limites – a máxima e a mínima – é designada por largura de banda.

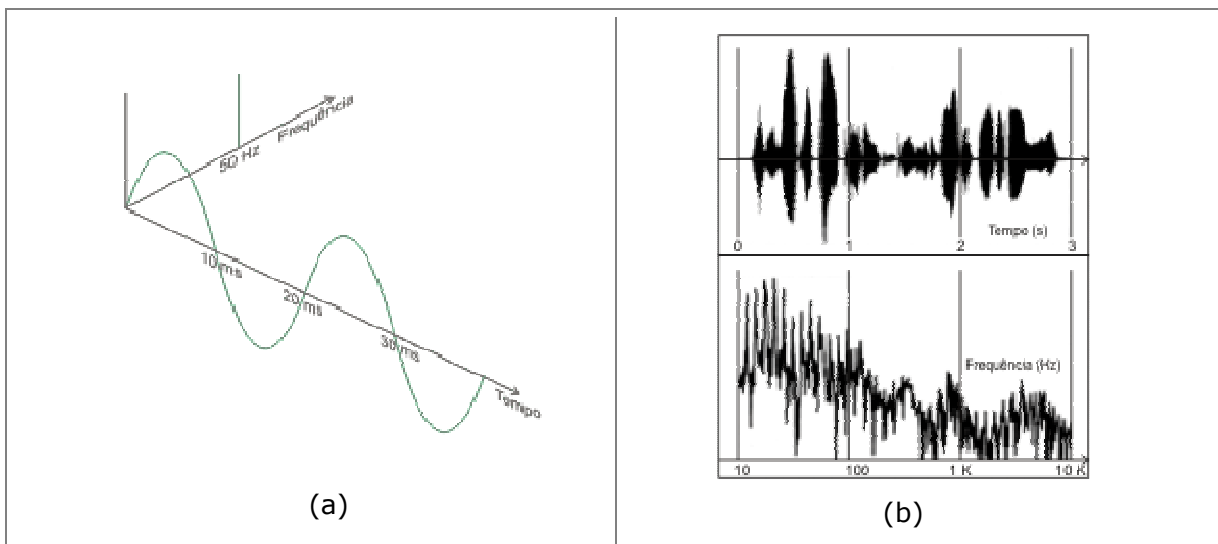


Fig. 1.3 – Representação de sinais no domínio do tempo e no domínio da frequência:
 (a) um sinal sinusoidal tem uma frequência bem definida;
 (b) um sinal de voz tem frequências numa banda de cerca de 16 Hz a 20 KHz.

1.2 – PROCESSAMENTO DE SINAIS DIGITAIS (DSP)

O componente nuclear da tecnologia digital, que, como tal, se reveste da maior importância, é o chamado processamento de sinais digitais (DSP – *Digital Signal Processing*).

O processamento de sinais digitais, como salienta Steven Smith⁶, é uma das tecnologias mais poderosas que irá moldar a ciência e a engenharia do séc. XXI. Na verdade, o DSP já introduziu mudanças revolucionárias numa vasta gama de aplicações, onde naturalmente se incluem as comunicações e o tratamento de imagem.

Em cada uma das áreas de aplicação, o DSP desenvolveu técnicas, algoritmos (quase sempre muito complexos) e abordagens matemáticas muito próprias, que se constituem como verdadeiras especializações. Esta autonomia, aliada à grande diversidade de áreas de aplicação, torna praticamente impossível, a qualquer indivíduo, o domínio completo da tecnologia de DSP.

Qualquer que seja o domínio de aplicação, o DSP exige, quase invariavelmente, uma grande capacidade de computação. Em contraste com outras aplicações de computadores mais vulgarizadas, como, por exemplo, o processamento de texto, as aplicações de DSP assentam no recurso intensivo a operações matemáticas. Isto

⁶ SMITH, Steven W.: op. cit., p. 1.

significa que, regra geral, os computadores comuns, de uso genérico, não estão otimizados para executar operações de DSP, como as filtragens digitais e a análise de Fourier, entre muitas outras. Por isso, são desenhados e produzidos microprocessadores especificamente para executar este tipo de tarefas, também designados por DSP – *Digital Signal Processors*⁷.

Muito do trabalho até agora desenvolvido pela tecnologia DSP tem sido na área da comunicação – precisamente a que aqui nos interessa. Sendo a visão e a audição os principais sentidos usados pelos humanos na comunicação, esse trabalho tem incidido naturalmente no processamento de sinais de imagem e de áudio.

1.3 – CONVERSÃO ANALÓGICO-DIGITAL E DIGITAL-ANALÓGICO

Na sua maioria, os sinais que a ciência e a engenharia encontram na natureza são analógicos: são contínuos no tempo e no espaço. Por exemplo, a intensidade luminosa que nos chega do Sol, num determinado instante, varia de forma contínua ao longo da superfície do planeta e, num determinado local, varia, também de forma contínua, ao longo do dia.

Ou seja, os sinais analógicos resultam geralmente da medição de respostas a variações em fenómenos físicos (ou químicos) obtida por sensores que, hoje em dia, são quase sempre transdutores que produzem um sinal eléctrico equivalente.

Já os sinais digitais existem essencialmente dentro dos computadores e dos processadores, e é com eles que estas máquinas espantosas sabem trabalhar.

Então, para que os computadores possam interagir com os sinais da natureza, são necessários processos de conversão de sinais, quer de analógicos para digitais, quer de digitais para analógicos.

1.3.1 – Digitização

Assim, para entrar na fase de DSP, um sinal captado na natureza tem, primeiro, que ser digitizado⁸.

⁷ A designação é dada à tecnologia que abarca tanto o *hardware* como o *software*. Para os engenheiros de hardware, ‘DSP’ para significa ‘Digital Signal Processor’, enquanto que os programadores de algoritmos usam ‘DSP’ para significar ‘Digital Signal Processing’.

⁸ À primeira vista, a utilização dos termos digitização e digitalizar parece estranha. Tratando-se de conversão para um sinal digital (e não um sinal dígito) que terá processamento digital (e não processamento dígito), seria de esperar que se utilizassem os termos digitalização e digitalizar. Acontece que a medicina se antecipou à electrónica e digitalizar significa administrar uma dosagem de *digitalis* (estimulante cardíaco) suficiente para obter o máximo efeito terapêutico sem produzir sintomas de intoxicação. Como as referências à digitalização já aparecem na literatura médica há mais de duzentos anos, a electrónica, quando enveredou pela via digital, optou por termos que não causassem ambiguidade. No entanto, actualmente, é comum encontrar o termo digitalizar na acepção electrónica de digitalizar.

O processo de conversão de sinais analógicos para digitais (ADC – *Analog-to-Digital Conversion*) é realizado em dois passos:

- a amostragem
- a quantização

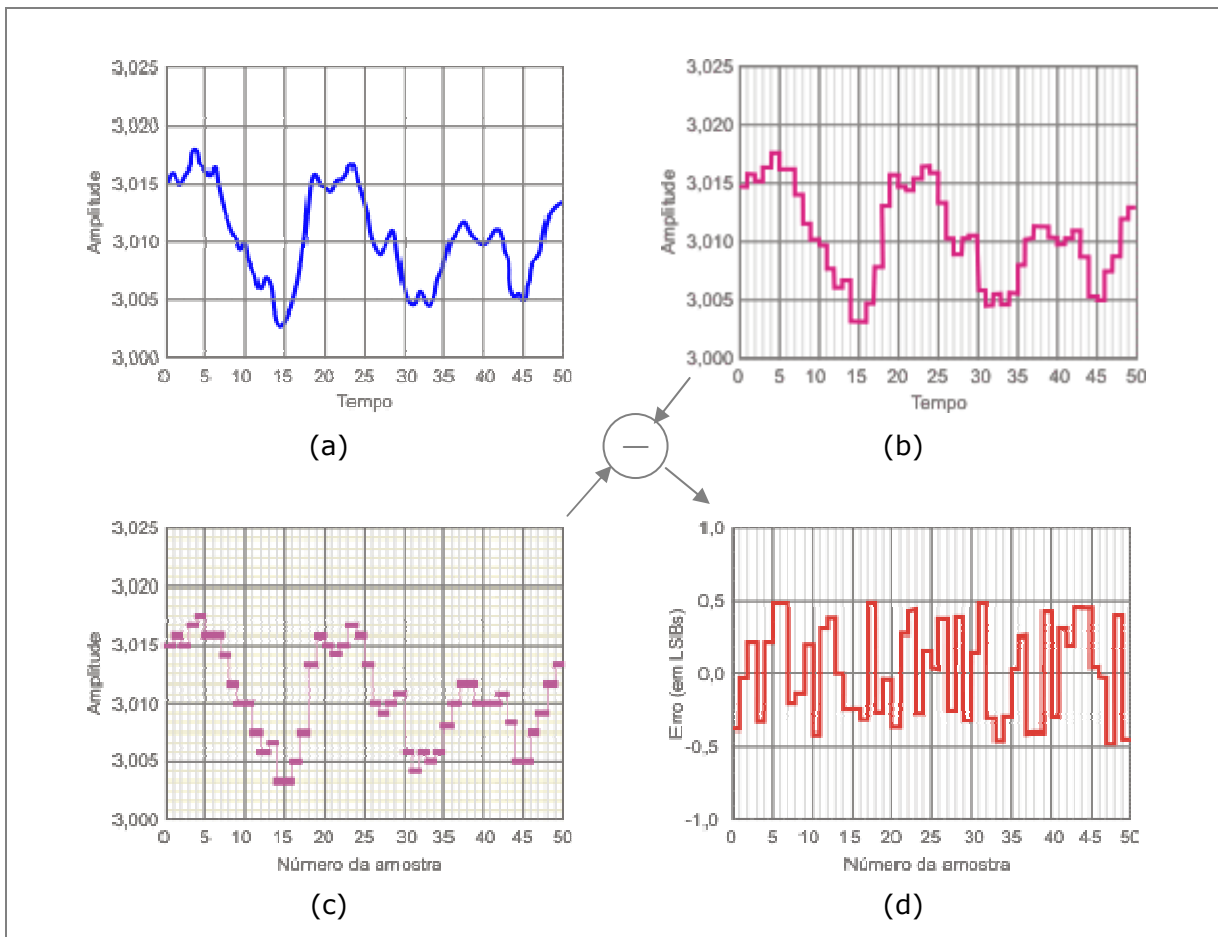


Fig. 1.4 – Exemplo de processo de digitização: (a) sinal de entrada, contínuo no tempo; (b) Sinal amostrado; (c) sinal digitizado; (d) erro de quantização.

Um aspecto importante a ter em conta, é que ambas as operações degradam o sinal, cada uma de forma diferente, restringindo a quantidade de informação que o sinal digital pode conter.

A Figura 1.4 ilustra este processo.

1.3.1.1 – Amostragem e precisão

A amostragem produz um sinal que assume, a intervalos regulares, o valor do sinal contínuo que é captado nos pontos de amostragem. No caso da amostragem no

domínio do tempo, efectuada por um circuito electrónico dito de amostra e captura, produz-se um sinal que assume, a intervalos regulares, um valor igual ao valor instantâneo do sinal que está a ser amostrado (sinal de entrada) no momento em que é efectuada a amostra. Por outras palavras, a amostragem converte a variável independente – por exemplo, o tempo – de contínua para discreta.

Percebe-se facilmente que as variações que ocorrem no sinal de entrada entre os instantes de amostragem são completamente ignoradas. Uma vez que as amostras são colhidas a intervalos regulares (cujo inverso se designa por frequência de amostragem) quanto maiores forem esses intervalos (menor a frequência de amostragem) mais informação será ignorada. Coloca-se então a questão de saber quando é que uma amostragem é adequada.

Para Steven Smith⁹, a definição de *amostragem adequada* é muito simples. Suponhamos que de alguma maneira fizemos a amostragem de um sinal contínuo. Se pudermos *reconstruir* com exactidão o sinal analógico a partir das amostras, então fizemos a amostragem *adequadamente*. Mesmo que os dados amostrados pareçam algo confusos ou incompletos, a informação chave foi capturada se pudermos reverter o processo.

Os desenvolvimentos teóricos a partir deste raciocínio conduziram a um marco importante no DSP, conhecido como teorema da amostragem de Shannon¹⁰, que postula o seguinte: Um sinal contínuo pode ser amostrado adequadamente apenas se não tiver componentes de frequência acima de metade da taxa de amostragem. Por exemplo, uma taxa de amostragem de 2000 amostras por segundo, só permite uma amostragem adequada se o sinal analógico for composto apenas por frequências abaixo dos 1000 ciclos/segundo. Quando o sinal amostrado, por exemplo uma sinusóide, tem uma frequência superior à frequência de Nyquist (metade da taxa de amostragem) as amostras podem dar origem a uma forma de onda diferente da original (com uma frequência inferior), um fenómeno conhecido por *aliasing*.

A Figura 1.5 ilustra algumas operações de amostragem adequadas e também uma operação de amostragem inadequada.

⁹ SMITH, Steven W.: op. cit., p. 39.

¹⁰ Também é designado por teorema da amostragem de Nyquist por alguns autores. SHANNON, C. E.: *A Mathematical Theory of Communication*. In The Bell System Technical Journal, Volume XXVII, No. 3 & 4, p.379-423 & p.623-656. N.Y., 1948.

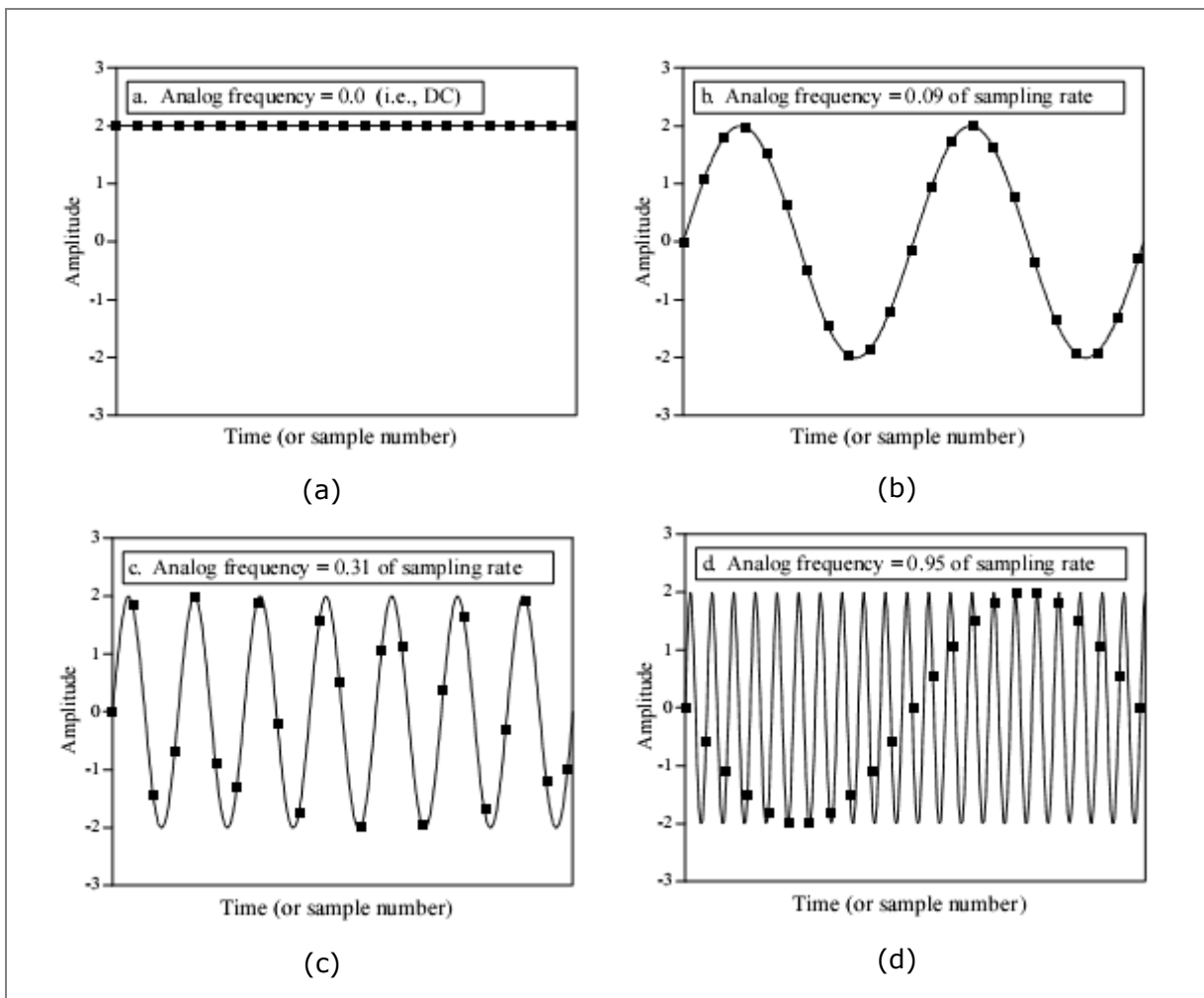


Fig. 1.5 – Exemplo de processos de amostragem. Um sinal contínuo é adequadamente amostrado se contiver toda a informação necessária para reconstruir o sinal original: (a), (b) e (c) são exemplos de amostragem adequada – cada um dos sinais forma um par único com o padrão da amostragem; (d) amostragem inadequada – a frequência do sinal é superior à frequência de Nyquist – o resultado é conhecido como *aliasing* e, corrompe a informação.

1.3.1.2 – Quantização e erro associado

Nos circuitos que fazem o processamento (como os dos computadores, por exemplo), os sinais digitais são representados, internamente, em código binário. Os valores numéricos, em particular, são representados no sistema de numeração binário e processados de acordo com as regras da álgebra de Boole. Ora, a quantidade de números que podem ser representados no sistema binário, depende do número de bits

que for possível usar nessa representação ¹¹. Assim, a operação de quantização, o que faz é converter o valor amostrado para o valor discreto mais próximo que esteja disponível dentro do leque finito de valores possíveis, em função do número de bits usados no processo. Por exemplo, se a digitização for feita a 12 bits, o leque de valores possíveis é entre 0 e 4095 ($2^{12} = 4096$). Para simplificar o raciocínio, vamos imaginar que estamos a digitizar uma tensão que varia entre 0 e 4,095 Volt. Neste caso, tanto uma tensão de 2,3450 Volt como uma tensão de 2,3449 Volt, ou de 2,3452 Volt, são convertidas para o valor digital 2345. Isto significa que a quantização converte a variável dependente – por exemplo, a tensão – de contínua para discreta.

O erro de quantização varia com a relação entre a gama de variação do sinal analógico e o número de bits usado na quantização e comporta-se como um ruído aleatório ¹². Sendo assim, e tendo em conta que um sinal de entrada, captado no mundo real, não está isento de ruído (quando mais não seja, o introduzido pelo processo de captação), o ruído aleatório gerado pela quantização, simplesmente se adiciona ao ruído que já estiver presente no sinal analógico.

Então, para definir o número de bits necessários na quantização é necessário saber:

- que quantidade de ruído já existe no sinal analógico e
- que quantidade de ruído pode ser tolerada no sinal digital

1.3.2 – Reconstituição do sinal analógico

Para que a informação tratada com tecnologia DSP possa cumprir o objectivo a que se destina – por exemplo, a exibição de uma imagem no ecrã de um receptor de televisão – tem, frequentemente, que ser reconstituída como sinal analógico.

De um ponto de vista teórico, e apoiando-nos, mais uma vez, no que, a este propósito, diz Steven Smith ¹³, podemos compreender este processo, de conversão de sinais digitais para analógicos (DAC – *Digital-to-Analog Conversion*), usando um modelo (teórico) baseado nos seguintes dois passos:

- geração um trem de pulsos

¹¹ Recordemos que o número de valores que pode ser representado no sistema binário é dado pela expressão 2^n , em que n é o número de bits usado. Com 1 bit representam-se apenas dois ($2^1 = 2$) valores: 0 e 1. Com dois bits representam-se quatro ($2^2 = 4$) valores, 0, 1, 2 e 3. E assim sucessivamente...

¹² O erro de quantização é expresso em função do valor do bit menos significativo (LSB – Least Significant Bit), distribui-se uniformemente entre $\pm \frac{1}{2}$ -LSB, tem um valor médio de zero e um desvio padrão de $(1/\sqrt{12})$ -LSB ($\approx 0,29$ -LSB). No nosso exemplo, o bit menos significativo vale 1 mV (a amplitude da escala de tensão a dividir pelo número de níveis de quantização: $4,095 \text{ Volt} / 4095 = 0,001 \text{ Volt}$, isto é, 1 miliVolt). A digitização introduz um ruído rms $\approx 0,29 \times 0,001 \text{ Volt} = 0,00029 \text{ Volt}$ ($\approx 1 / 14\,000$), ou seja, um valor que, quase sempre, pode ser considerado como insignificante.

¹³ SMITH, Steven W.: op. cit., p. 44.

- filtragem passa-baixo

O primeiro passo corresponde a retirar as amostras da memória e a convertê-las em pulsos com a amplitude adequada, a um ritmo equivalente ao da taxa de amostragem.

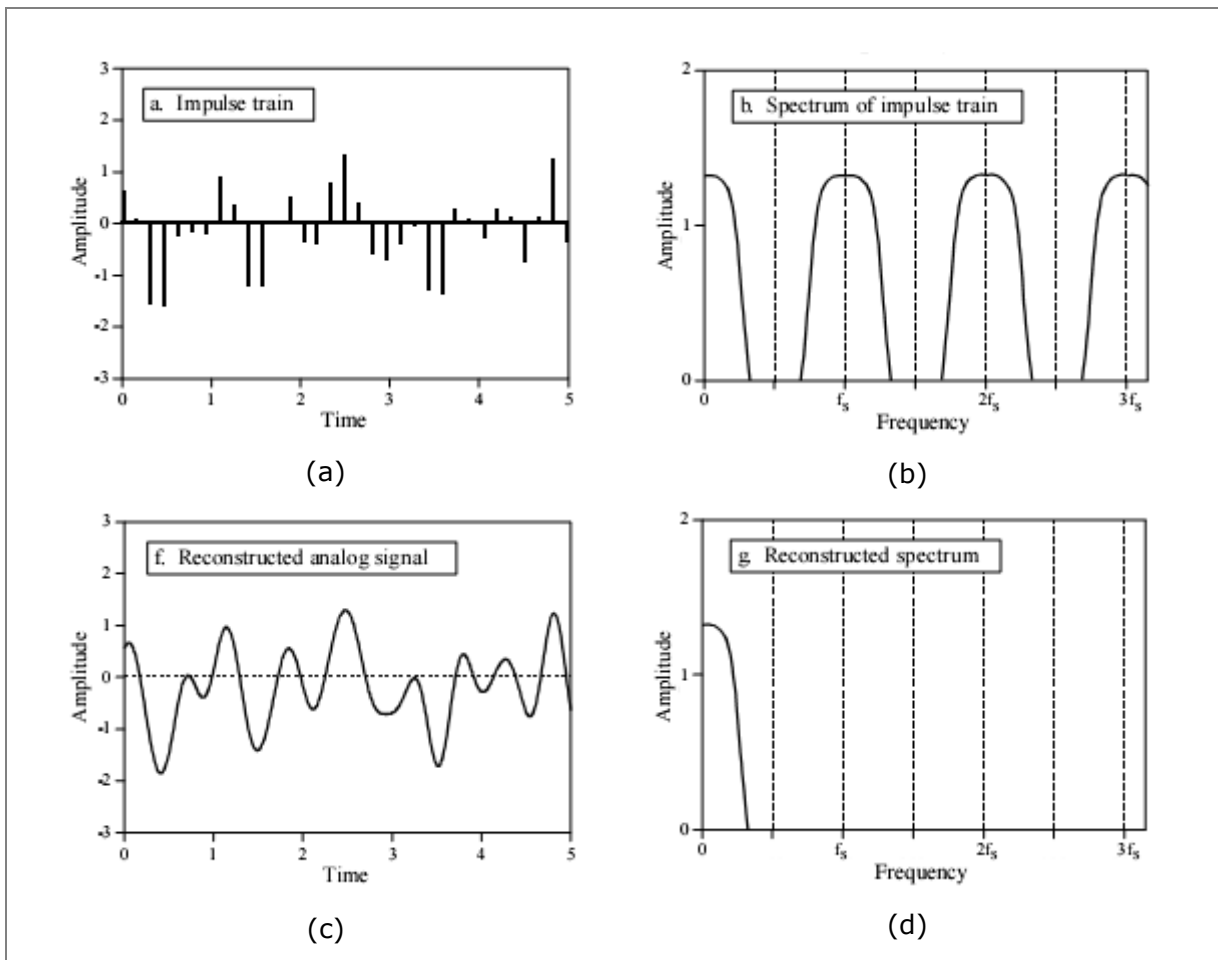


Fig. 1.6 – Conversão digital-analógica: (a) trem de pulsos representando a informação digital; (b) espectro do trem de pulsos; (c) sinal analógico reconstituído a partir do trem de pulsos usando um filtro passa-baixo; (d) espectro do sinal analógico reconstituído.

O segundo passo consiste em passar este trem de pulsos por um filtro passa-baixo¹⁴, com uma frequência de corte igual a metade da taxa de amostragem. Se a

¹⁴Numa abordagem muito simples, podemos dizer que um filtro é um circuito electrónico que elimina os componentes de um sinal que tenham frequências fora da banda de frequência característica do filtro. São normalmente classificados como passa-baixo, passa-alto ou passa-banda, conforme deixam no sinal respectivamente as frequências mais baixas, mais altas ou dentro de uma determinada banda. As bandas de frequência dos filtros são limitadas pelas chamadas frequências de corte do filtro. Por exemplo, um filtro passa-baixo com uma frequência de corte de 20 kHz elimina todos os componentes do sinal que tenham uma frequência acima de 20 000 ciclos/segundo.

amostragem tiver sido adequada e o sinal processado estiver de acordo com o teorema de Shannon, o sinal analógico será perfeitamente reconstituído.

A Figura 1.6 ilustra o processo reconstituição do sinal, conforme aqui descrito. Na realidade os circuitos electrónicos dificilmente podem gerar os pulsos estreitos aqui considerados. Muitas vezes, em vez de pulsos, é gerado um sinal que muda para um valor correspondente à amostra retirada da memória e o mantém até que seja considerado o valor da próxima amostra (semelhante ao sinal da Figura 1.4 (b)). Desde que a filtragem subsequente seja regida pelos parâmetros adequados, o resultado prático é o mesmo.

1.4 – COMPRESSÃO DE SINAIS

A transmissão e o armazenamento de dados tem custos! Esses custos são tanto maiores quanto maior a quantidade de dados com que tivermos que lidar.

Uma boa parte das aplicações que usamos no nosso dia a dia, por exemplo, o processador de texto, não foram criadas com a preocupação de otimizar a forma como guardam os seus dados em ficheiro. É comum a utilização de métodos de codificação, norteados por meros critérios de facilidade, que originam ficheiros de dados com o dobro, ou mais, do tamanho que realmente precisam de ter para representar a informação. Ora em aplicações que necessitam de tratar grandes volumes de informação – como sinais de imagem, por exemplo – e, sobretudo, se precisam de a transmitir, esta forma de abordar a questão é impraticável. Então há que recorrer a algoritmos e programas capazes de reduzir, de forma expressiva, a quantidade de bits necessários para conter a informação, isto é, capazes de efectuar aquilo a que se chama a compressão de dados, que permite converter os dados para um formato optimizado em termos de compactação.

Para reutilizar a informação contida num sinal que foi comprimido, há que devolver à informação a sua forma original, isto é, há que descompactá-la.

A compressão baseia-se na análise da informação e na possibilidade de descartar informação redundante ou desnecessária para a recuperação posterior da informação original. Por exemplo, quando um sinal de voz é digitizado, digamos a 8 000 amostras/segundo, muita da informação digital é redundante no sentido em que é transportada por uma amostra e é largamente duplicada nas amostras que lhe são vizinhas. Por isso, foram desenvolvidos muitos algoritmos DSP para converter sinais de voz digitizados num *stream* de dados que requeira menos bits/segundo. Estes algoritmos de compressão de dados diferem na quantidade de compressão conseguida e na qualidade do som resultante (Nota 3.1).

Basicamente, podemos distinguir dois tipos de técnicas de compressão:

- *lossless*
- *lossy*

Nas técnicas *lossless* o ficheiro de dados restaurado é idêntico ao original¹⁵.

As técnicas *lossy* de compressão admitem alguma degradação do sinal, na medida em que todas as medições do mundo real – como as imagens captadas por uma câmara – contêm, por inerência, uma certa quantidade de ruído. Claro que, quanto maior for a taxa de compressão, mais ruído é adicionado ao sinal. Porém como salienta Steven Smith¹⁶, se as alterações produzidas nos sinais (pela compressão) forem comparáveis a pequenas quantidades de ruído adicional, não faz mal nenhum.

A importância das técnicas *lossy* reside no facto de serem muito mais eficazes na compressão do que os métodos *lossless*¹⁷.

Algumas das técnicas mais comumente usadas na compressão de imagem e que já se estabeleceram como *standards* da indústria – JPEG, para imagem estática, e MPEG, para vídeo – pertencem ao universo dos métodos *lossy* (Nota 3.2).

1.5 – MULTIPLEXAGEM

Um dos problemas com que se deparam os operadores de comunicações é a limitação física da quantidade de informação que é possível transmitir nas suas redes de comunicações. Para além das técnicas de compressão dos sinais, que reduzem o número de bits que é necessário transmitir, foram desenvolvidas técnicas de multiplexagem que permitem colocar no mesmo meio físico de transmissão vários sinais em simultâneo.

¹⁵ Isto é absolutamente necessário para muitos tipos de dados., por exemplo: código executável, ficheiros de processamento de texto, números tabelados, etc. Não nos podemos permitir alterar um único bit neste tipo de informação.

¹⁶ SMITH, Steven W.: op. cit., p. 481.

¹⁷ As imagens transmitidas na *world wide Web* são um excelente exemplo de como a compressão de dados é importante. Suponhamos que queremos descarregar uma fotografia a cores digitizada da Internet. com um modem de computador a 33,6 kbps. Se a imagem não for comprimida (por exemplo, um ficheiro TIFF), conterà cerca de 600 kbytes de dados. Se tiver sido comprimida usando uma técnica *lossless* (tal como a usada num ficheiro formato GIF), terá cerca de metade do tamanho, ou seja, 300 kbytes. Se tivesse sido usada uma compressão *lossy* (um ficheiro JPEG), teria cerca de 50 kbyte. Os tempos de descarga para estes três ficheiros equivalentes são 142 segundos, 71 segundos e 12 segundos, respectivamente. É uma grande diferença! O JPEG é a melhor opção para fotografias digitizadas., enquanto que o formato GIF é usado para imagens desenhadas, tais como logotipos de empresas que têm grandes áreas de uma única cor.

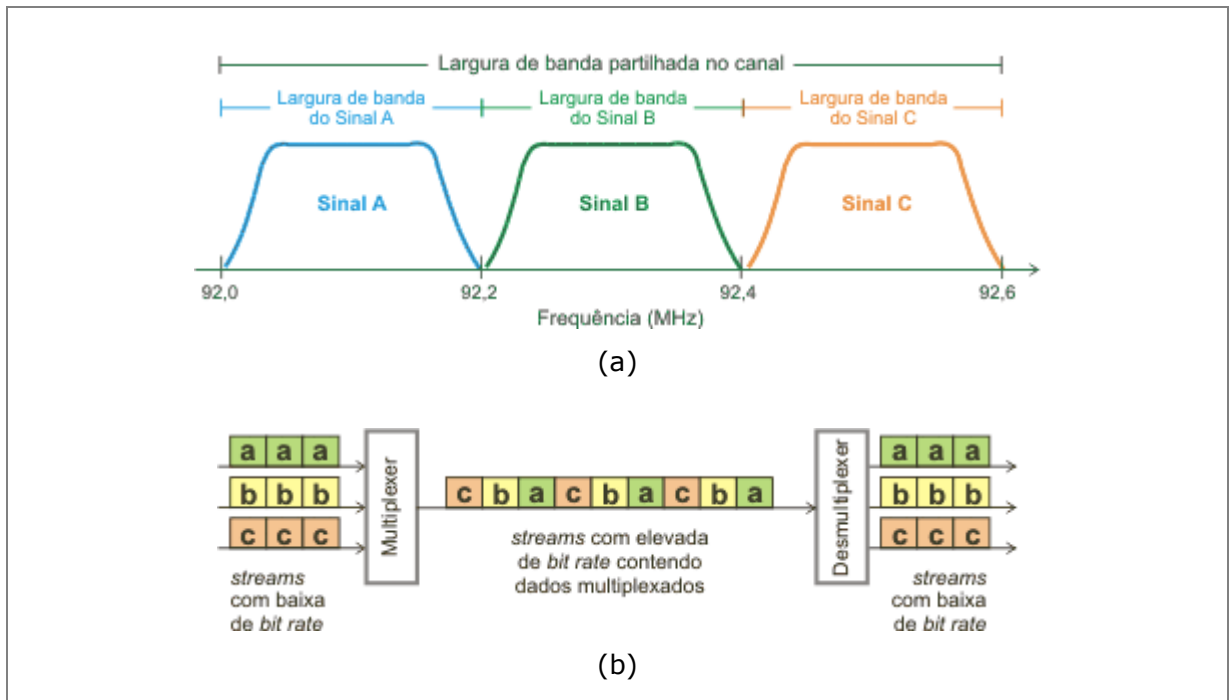


Fig. 1.7 – Multiplexagem: (a) ocupação espectral de sinais modulados em frequência – FDM; (b) transmissão de sinais multiplexados no tempo – TDM

Na transmissão de sinais analógicos, a multiplexagem é feita comumente por divisão na frequência (FDM – *frequency-division multiplexing*), uma técnica em que a largura de banda disponível é dividida em subcanais, cada um transportando um sinal, sendo que todos os sinais multiplexados são transmitidos ao mesmo tempo e em paralelo. Este tipo de multiplexagem é usado, por exemplo, nos sistemas de televisão convencionais, para transportar o sinal de cor juntamente com o sinal de luminância de vídeo e com o sinal de áudio.

Na transmissão de sinais digitais, a multiplexagem é, muitas vezes, feita por divisão no tempo (TDM – *time-division multiplexing*), um processo que coloca múltiplos sinais sobre o mesmo canal em intervalos de tempo (*time slots*) alternados. Isto é simples, pelo menos conceptualmente, uma vez que o DSP produz uma corrente de dados digitais em série (*stream*). Se o canal de transmissão permitir uma taxa muito superior à que é efectivamente necessária para a transmissão de um sinal, os bits podem ser facilmente entrelaçados na emissão e depois separados na recepção.

Por exemplo, uma linha telefónica que suporte uma *data rate* superior a 1,544 megabits/segundo, pode transmitir cerca de 24 sinais de voz simultaneamente (Nota 3.3).

A Figura 1.6 ilustra as formas de multiplexagem por divisão na frequência e por divisão no tempo¹⁸.

1.6 – PROCESSAMENTO DE SOM

No domínio do som, para além da tradicional localização de ecos, que está na base do radar e do sonar, o DSP tem outras importantes aplicações no processamento de áudio, como, por exemplo, a reprodução de música com alta fidelidade e as telecomunicações de voz, além das aplicações no âmbito da síntese de voz que é, aliás, uma via com dois sentidos: a geração e o reconhecimento de voz. Se a geração de voz está ainda nos primórdios das potencialidades que se lhe adivinham, o reconhecimento automático da voz, que é uma matéria muito mais difícil do que a geração, é o exemplo clássico das coisas que o cérebro humano faz bem, mas que os computadores digitais ainda fazem mal. Porém, no que diz respeito a música e a telecomunicações de voz, o DSP já produziu mudanças revolucionárias.

1.6.1 – Qualidade versus taxa de dados

O processamento de áudio abrange, pois, diferentes campos, que têm em comum a apresentação de som ao ouvinte humano. As características de um sistema de áudio digital, diferem consoante o tipo de aplicação e têm, normalmente, em conta dois aspectos basilares: qual o nível de qualidade exigido e qual a taxa de dados que é permitida.

As opções dependem, naturalmente, do tipo de sistema. Simplificando um pouco a questão, podemos classificar as aplicações de processamento de áudio, em função da relação entre a qualidade e a taxa de dados, em duas categorias principais:

- música com alta fidelidade;
- comunicações de voz.

A Tabela 4.1-1 mostra a relação entre a qualidade do som e a taxa de dados neste tipo de aplicações.

¹⁸ Existem, naturalmente outras formas de multiplexagem de sinais, como a divisão por comprimento de onda (WDM – *wavelength-division multiplexing*) em fibras ópticas, a multiplexagem estatística na comunicação assíncrona por pacotes e a multiplexagem por divisão de código (*code-division multiplexing*) na transmissão de *streams* de bits sobre canais analógicos, entre outras.

Qualidade de som requerida		Largura de banda	Taxa de amostragem	Número de bits	Data rate (bits/segundo)	Comentários
Alta fidelidade (<i>compact disc</i>)		5 Hz a 20 kHz	44,1 kHz	16 bits	706 k	Melhor do que a audição humana
Telefone	Qualidade de voz	200 Hz a 3,2 kHz	8 kHz	12 bits	96 k	Bom para voz, fraco para música
	com <i>companding</i>	200 Hz a 3,2 kHz	8 kHz	8 bits	64 k	ADC não linear.
Voz codificada por LPC		200 Hz a 3,2 kHz	8 kHz	12 bits	4 k	<i>Data rates</i> muito baixas, mas fraca qualidade de voz

Tabela 1.1 – *Data rate* versus qualidade de som em sinais áudio

Apesar destas aplicações terem diferentes objectivos e problemas a resolver, elas estão ligadas por um árbitro comum, o ouvido humano, que vai julgar a sua qualidade. Ora o ouvido humano é um órgão demasiado complexo – e para tornar o assunto ainda mais difícil, a informação dos dois ouvidos é combinada numa intrincada rede neural, o cérebro humano. Ainda assim, o que os diversos sistemas de processamento de áudio tentam fazer é tirar partido do conhecimento disponível sobre a forma como percebemos os sons. Nesta perspectiva, o tratamento do áudio é diferente, consoante se trate de reprodução de música com alta fidelidade, como nos discos compactos de áudio, ou de telecomunicações de voz, que é outro nome dado às redes telefónicas.

Na alta fidelidade, a qualidade do som é de importância primordial, ao passo que, praticamente, qualquer a taxa de dados, mesmo elevada, é aceitável, não constituindo verdadeiramente uma condicionante. Sendo a largura de banda requerida de ~ 20 kHz¹⁹, recorre-se a uma amostragem suficientemente rápida, que é feita a 44,1 kHz²⁰, e com uma elevada precisão, a 16 bits, que capta e permite reproduzir virtualmente todos os sons que um humano é capaz de ouvir²¹.

¹⁹ Normalmente são considerados audíveis os sons de ondas com frequências entre 20 Hz e 20 000 Hz.

²⁰ Cerca de 10% acima do imposto pelo teorema de Shannon (~ 20 kHz $\times 2 \approx 40$ kHz).

²¹ Podemos mesmo dizer que esta qualidade magnífica vai para além da que o ouvido humano pode perceber. No entanto, tem o preço da elevada taxa de dados: 44,1 kHz \times 16 bits \approx 706 kbits/segundo.

No caso da alta fidelidade, a representação digital dos sinais é importante, desde logo, para evitar a degradação comumente associada à gravação e à manipulação analógicas – uma constatação muito familiar a quem quer que tenha comparado a qualidade musical das gravações em cassete analógica com a dos discos compactos. Além disso, o DSP pode facultar diversas funções importantes durante o *mix down* (Nota 3.4), incluindo: filtragem, adição e subtração de sinais, edição de sinais, etc.

As aplicações de comunicação de voz, normalmente, apenas exigem que, na recepção, a voz (produzida no emissor) soe natural, o que requer uma largura de banda de apenas $\sim 3,2$ kHz²². Assim, uma taxa de amostragem de 8 kHz é suficiente para obter um som natural para a voz e permite utilizar uma taxa de dados relativamente mais baixa, o que contribui para reduzir o custo dos sistemas. Estes sistemas também se permitem reduzir a precisão, até 8 bits, com recurso a *companding* (Nota 3.5).

1.6.2 – Sistemas de áudio

Os sistemas de áudio, usados para além do âmbito das simples comunicações de voz, normalmente não são monofónicos, isto é, não utilizam apenas um canal de informação sonora.

1.6.2.1 – Som estéreo

Há muito tempo, ainda antes de utilizarem tecnologia digital, que muitos sistemas de áudio optaram pelo recurso à chamada estereofonia – ou, abreviadamente, estéreo – em que a informação sonora é distribuída por mais do que um canal. A ideia é fazer chegar ao ouvinte o som vindo de diferentes direcções, proporcionando-lhe um ambiente de reprodução sonora que se assemelha mais ao do som original. Para isso, é colocado um altifalante por canal, em pontos distintos no local de audição.

A música reproduzida por um sistema monofónico frequentemente soa de forma artificial e débil. Em comparação, uma boa reprodução estéreo faz o ouvinte sentir-se como se estivesse apenas a alguns metros de distância dos músicos. Desde os anos 1960, que os sistemas de alta fidelidade tem usado dois canais (esquerdo e direito)²³.

²² O som produzido pela voz humana não tem frequências limite bem definidas. Nas comunicações de voz analógicas é comum a utilização de filtros que limitam a voz à gama de frequências entre 200 Hz e 3 400 Hz. Apesar da faixa de frequência ser reduzida para apenas 16% da gama de alta fidelidade (3,2 kHz em 20 kHz), considera-se que o sinal ainda contém 80% da informação que eventualmente teria na faixa total (8 em 10 oitavas). A diferença de qualidade é comparável à diferença entre as emissões das estações de rádio que emitem em FM, com uma largura de banda de quase 20 kHz, e as estações de rádio que emitem em AM, limitadas a cerca de 3,2 kHz. As vozes soam com normalidade nas estações de AM, mas a qualidade da música é fraca e insatisfatória.

²³ Nas primeiras gravações estéreo (digamos, dos Beatles), podiam-se ouvir os cantores individuais num ou noutro canal. Este tipo de *mix-down* progrediu rapidamente para uma fórmula mais sofisticada, onde o som de muitos microfones do estúdio de gravação é combinado nos dois canais. Recordemos que o *mix-down* é uma arte que procura proporcionar ao ouvinte a sensação de estar lá.

1.6.2.2 – Som envolvente

Mais ambicioso, o cinema cedo recorreu ao uso de quatro canais (esquerdo, direito, centro e envolvente).

Este sistema de som é chamado de “Dolby Estéreo”, sendo a versão doméstica chamada de “Dolby Surround Pro Logic”²⁴. Os quatro canais são codificados nos canais esquerdo e direito *standard*, permitindo que os sistemas estéreo comuns reproduzam a música. Um decodificador Dolby é usado durante a reprodução para recriar o som em quatro canais. Os canais esquerdo e direito, dos altifalantes colocados de cada lado do ecrã de projecção ou da televisão, são semelhantes aos do sistema estéreo normal de dois canais. O altifalante para o canal do centro é colocado directamente acima ou abaixo do ecrã. O seu objectivo é reproduzir voz e outros sons visualmente ligados, mantendo-os firmemente centrados no ecrã, independentemente da posição em que o espectador / ouvinte esteja sentado. Os altifalantes envolventes (*surround*) são colocados à esquerda e à direita do ouvinte e podem incluir até vinte altifalantes num auditório muito grande. O canal envolvente contém apenas frequências médias (digamos, 100 Hz a 7 kHz), e é atrasado em 15 a 30 milissegundos. Este atraso faz com que o ouvinte perceba a voz como se estivesse vindo do ecrã e não dos lados. Isto é, o ouvinte ouve a voz vindo da frente, seguida de uma versão atrasada da voz que vem dos lados. O cérebro do ouvinte interpreta o sinal atrasado como se fosse uma repercussão nas paredes e ignora-o.

Os sistemas de Televisão Digital também já dispõem de tecnologia para o chamado som envolvente²⁵

1.7 – PROCESSAMENTO DE IMAGEM

As imagens são sinais que descrevem como um parâmetro varia no espaço. As imagens mais comuns, resultam de variações de intensidade da luz ao longo de um plano bidimensional. Mesmo quando se trata de imagens menos comuns, por exemplo, uma imagem da temperatura de um circuito integrado, da velocidade do sangue na artéria de um paciente, da emissão de raios-x de uma galáxia distante ou do movimento do solo durante um terramoto, essas imagens são, geralmente, convertidas em imagens convencionais (ou seja, imagens de luz), para que possam ser avaliadas pelo olho humano.

²⁴ “Dolby” e “Pro Logic” são marcas comerciais da Dolby Laboratories Licensing Corp.

²⁵ O Dolby AC-3 usado no sistema de TV digital dos EUA foi desenhado para ser integralmente compatível com os decodificadores Dolby Pro Logic Surround. Em 2004, o grupo para a norma MPEG Audio começou a trabalhar no Spatial Audio Coding. Em Janeiro de 2007, o grupo concluiu o processo de normalização MPEG da técnica MPEG Surround e promulgou-a como International MPEG-D Standard (ISO/IEC 23003-1).

Esta característica das imagens – são uma medida de um parâmetro no espaço, isto é, que varia com a distância, geralmente num plano, enquanto a maioria dos sinais são a medida de um parâmetro no tempo – tem como consequência imediata conterem uma enorme quantidade de informação. Por exemplo, podem ser necessários mais de 10 megabytes para armazenar um segundo de sinal de imagem vídeo, mais do que mil vezes o necessário para armazenar um sinal de voz com a mesma duração.

Outro aspecto importante da imagem é o facto do juízo final sobre a sua qualidade ser frequentemente uma avaliação humana subjectiva, em vez de um critério objectivo²⁶.

Estas características especiais fizeram do processamento de imagem um subgrupo distinto dentro do DSP.

1.7.1 – Estrutura de uma imagem digital

Uma imagem digital é representada por amostras arrumadas numa matriz bidimensional. Cada amostra é chamada de pixel²⁷ e é identificada por um número.

1.7.1.1 – Imagem a preto e branco

Uma imagem visual – aquela que os olhos humanos podem captar – dita a preto e branco, ou, para sermos mais precisos, em tons de cinzento, é descrita pelo valor da intensidade luminosa de cada pixel, medida durante a amostragem. Mesmo em imagens com uma origem diferente, a informação relativa a cada pixel é codificada com um valor que traduz a amplitude do parâmetro que é medido na captura²⁸ e que, na exibição, será convertido para uma escala de cinzento.

A Figura 1.8 ilustra a estrutura de uma imagem digital.

No processamento de imagem é comum a utilização de 256 níveis de cinzento (níveis de quantização), ou seja, para a exibir como uma imagem visual, o valor de cada pixel é convertido para uma escala de cinzento, em que 0 é preto, 255 é branco e os valores intermédios são tons de cinzento.

²⁶ Isto, apesar da estrutura e da operação do olho ser muito semelhante às de uma câmara electrónica. Ambos se baseiam em dois componentes principais: um conjunto de lentes e um sensor de imagem. O conjunto de lentes captura a porção de luz emanada de um objecto e foca-a no sensor de imagem. O sensor de imagem então transforma o padrão de luz num sinal de imagem, electrónico ou neural.

²⁷ Pixel, é uma contracção da expressão *picture element* – isto é, a porção elementar de uma imagem digital.

²⁸ Por exemplo, a imagem de um planeta, obtida por um radar de microondas de uma sonda espacial em órbita – neste caso, a imagiologia por microondas é necessária porque a densa atmosfera terrestre bloqueia a luz visível, tornando impossível uma fotografia comum – é adquirida registando um número relacionado com a quantidade de energia das microondas que são reflectidas pela localização correspondente na superfície do planeta.

Uma das razões porque isto acontece é que o valor de cada amostra pode ser codificada com um único byte²⁹, o que se torna muito cómodo em termos de gestão informatizada de dados.

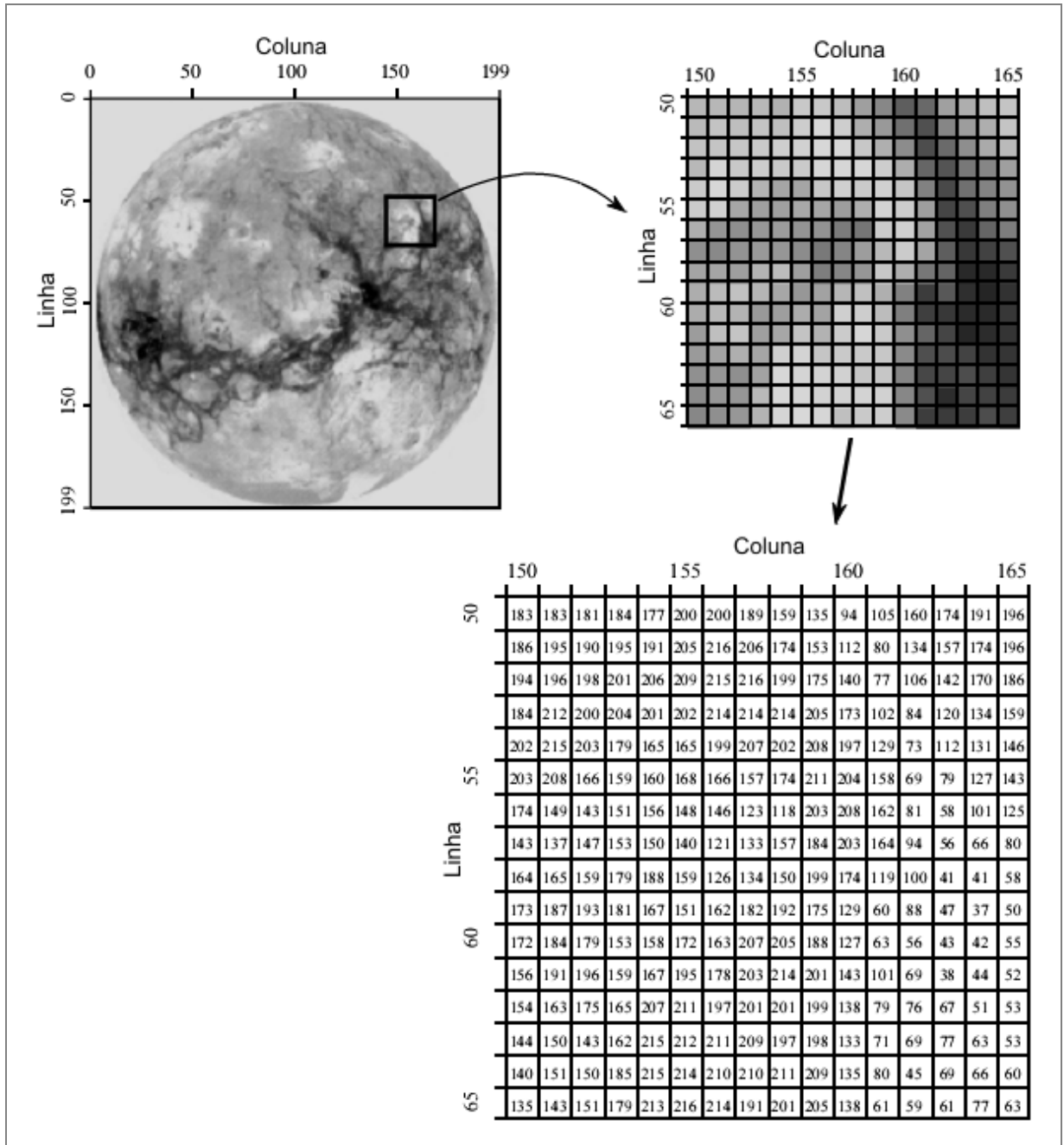


Fig. 1.8 – Estrutura de uma imagem digital

²⁹ Um byte é uma “palavra” – uma unidade usada normalmente pelos computadores para armazenamento de informação – composta por oito bits que, portanto, permite codificar $2^8 = 256$ valores

Uma segunda razão, é que este número limitado de níveis de quantização permite, até certo ponto, compensar o elevado número de pixels numa imagem, já que o olho humano se encarrega de suavizar as transições entre pixels adjacentes. Por exemplo, imaginemos um grupo de pixels adjacentes alternando em valor entre os números digitais 145 e 146. O olho humano percebe a região como tendo um brilho de 145,5.

A última e mais importante das razões é que um espaçamento no brilho de 1/256 (0,39 %) já é inferior ao que o olho humano pode perceber. A percepção de uma imagem apresentada a um observador humano não melhorará por se utilizar mais do que 256 níveis.

1.7.1.2 – Imagem a cores

A cor numa imagem é muito importante quando o objectivo é apresentar ao espectador uma imagem realista do mundo, como é o caso da televisão.

A cor é acrescentada às imagens digitais utilizando três números para cada pixel, representando a intensidade das três cores primárias: o vermelho, o verde e o azul. A mistura destas três cores permite gerar todas as cores possíveis que o olho humano pode perceber³⁰. Frequentemente é usado um único byte para codificar cada uma das intensidades de cor, o que permite que a imagem capture um total de $256 \times 256 \times 256 = 16,8$ milhões de cores diferentes.

1.7.2 – Precisão da imagem

As imagens têm a sua informação codificada no domínio do espaço – as suas características são representadas por *contornos*, não por formas de onda como as *sinusóides*. Isto significa que a precisão da imagem depende do número de pixels e do seu espaçamento, factores estes que são determinados por quão pequenas são as características que precisam de ser vistas – em vez de pelas determinações do teorema da amostragem³¹.

³⁰ No olho humano, existem receptores especializados em distinguir cor (os cones), que operam na presença de uma quantidade razoável de luz. Existem três tipos de cones no olho, que se diferenciam pelos fotopigmentos – químicos que absorvem diferentes comprimentos de onda (cores) da luz – que os fazem sensíveis a uma cor: vermelho, verde ou azul. Assim, o olho humano realiza uma codificação RGB (*red, green, blue*) que representa uma importante limitação da visão humana, uma vez que os comprimentos de onda que existem no ambiente são reunidas em apenas três amplas categorias.

³¹ O equivalente nas imagens ao efeito de *aliasing* (ver § 4.1.3.1.1), pode ocorrer, mas é geralmente encarado como um incómodo e não como um problema maior. Por exemplo, roupas com padrões listados têm um aspecto terrível na televisão, porque o padrão repetitivo é superior ao equivalente à frequência de Nyquist. As frequências *aliased* aparecem como bandas claras e escuras que se movem através da indumentária à medida que o personagem muda de posição no quadro.

1.7.3 – A necessidade de compressão

Uma imagem digital típica é composta por cerca de 500 linhas por 500 colunas. Esta é, grosso modo, a qualidade de imagem encontrada em televisão com resolução standard, em aplicações de computação pessoal e pesquisa científica em geral. As imagens com menos pixels, digamos 250 por 250, são vistas como tendo uma resolução fraca, fora do comum. Estas imagens de baixa resolução têm um aspecto manifestamente pouco natural e frequentemente podem perceber-se os pixels individualmente. Por outro lado, imagens com mais de 1000 por 1000 pixels são consideradas excepcionalmente boas. Esta é aliás a ordem de grandeza da qualidade da melhor computação gráfica, da televisão de alta definição e dos filmes em 35 mm. Também existem aplicações que requerem resoluções ainda mais elevadas, necessitando de milhares de pixels em cada dimensão como, por exemplo, as imagens de raios-x digitizadas, as fotografias do espaço e dos anúncios mais apelativos, quando publicados em revistas.

A principal razão para usar imagens de menor resolução é a menor quantidade de pixels que têm que ser manipulados, uma vez que um dos problemas mais difíceis no processamento de imagem é manipular quantidades maciças de informação. Por exemplo, um segundo de áudio digital requer cerca de oito kilobytes. Comparativamente, um segundo de televisão requer cerca de oito Megabytes. A transmissão de uma imagem de 500 por 500 pixels, com um modem de 33,6 kbps, requer quase um minuto! Saltando para uma imagem de tamanho 1000 por 1000, estes problemas quadruplicam.

A enorme quantidade de informação contida em imagens é um problema para a indústria orientada para o grande consumo. Os sistemas comerciais, para serem vendidos em massa, para o público em geral, devem ser baratos, e este requisito não joga bem com a necessidade de usar grandes capacidades de memória e elevadas taxas de transferência de dados. Uma resposta para este dilema é a compressão de imagem. Tal com acontece com os sinais de voz, as imagens também contêm uma grande quantidade de informação redundante, o que permite usar algoritmos para reduzir o número de bits necessário para as representar.

A televisão e outras imagens em movimento são especialmente aptas para compressão, uma vez que uma boa parte da imagem se mantém de quadro para quadro. Entre os produtos comerciais para imagem, que tiram partido desta tecnologia, incluem-se os videotelefonos, os programas de computador que exibem imagens em movimento e, claro, a Televisão Digital.

1.7.4 – A norma JPEG para compressão de imagem estática

Para melhorar a maneabilidade dos sinais de imagem, isto é, reduzir a quantidade de informação necessária para codificar uma imagem (estática) e reduzir o tamanho dos ficheiros para o seu armazenamento e transporte, foram desenvolvidos, durante os anos 1980, muitos métodos de compressão *lossy*. Contudo, a família de técnicas chamada de compressão por transformada³² provou ser a mais valiosa. O melhor exemplo de compressão por transformada está incorporada na popular norma JPEG³³ de codificação de imagem.

Na verdade, a JPEG pode ser *lossy* ou *lossless* (reversível), dependendo da aplicação, mas as aplicações mais comuns usam o método *lossy*. Neste caso, a compressão é feita em seis etapas:

1. decomposição da imagem em blocos – em que os componentes da imagem são divididos em blocos, geralmente de 8 x 8 pixels³⁴;
2. aplicação da transformada de coseno discreta (DCT – *discrete cosine transform*)³⁵ – em que cada bloco é transformado numa matriz com os coeficientes gerados pela DCT, cuja amplitude depende do detalhe contido no bloco de imagem mas que, em geral, decresce rapidamente com a frequência, de tal modo que os últimos valores são séries de números muito baixos ou mesmo zeros (se o bloco tiver uma luminosidade ou cor uniforme, apenas o primeiro coeficiente, que contém um valor DC correspondente ao valor médio da luminância ou da crominância, é não nulo) – até aqui não há perda de informação, a DCT é um processo reversível;
3. limitação e quantização – tendo em conta as características da visão humana, em particular o facto do olho não distinguir pequenos detalhes abaixo de um certo nível de luminância, são zerados todos os coeficientes abaixo de um valor predeterminado e todos os outros são quantizados com uma precisão que decresce com o aumento da frequência – neste ponto, obviamente, o processo não é mais reversível;

³² As técnicas chamadas de compressão por transformada utilizam transformações lineares baseadas na análise de Fourier

³³ A JPEG foi publicado em 1993 com a referência ISO/IEC 10918 e tornou-se conhecida com o nome da sua origem, o Joint Photographers Experts Group da ISO – International Standards Organization.

³⁴ No caso de um quadro de imagem vídeo, os componentes são uma matriz de intensidade luminosa (luminância) e duas matrizes de composição de cor (crominância) que no formato 4:2:2 CCIR-601 dá um total de 6480 blocos de luminância e 3240 blocos para cada componente de crominância.

³⁵ A transformada de coseno discreta (DCT) é um caso particular da transformada de Fourier aplicada a sinais discretos (amostrados) que, em determinadas condições, permite decompor um sinal periódico numa série de funções harmónicas coseno em fase com o sinal, o que possibilita representar o sinal por uma série de coeficientes de cada uma dessas funções.

4. varrimento em zig-zag – com excepção do primeiro coeficiente, todos os outros são lidos por um varrimento em zig-zag de forma a transformar a matriz num fluxo de dados mais adaptado aos passos seguintes do processo de codificação;
5. codificação *run length* (RLC) – a sequência de dados produzida no passo anterior produz longas séries de elementos idênticos, como tal, torna-se mais vantajoso transmitir o código desse elemento e o número de vezes que ocorre do que repetir o código do elemento ³⁶;
6. codificação de tamanho variável (VLC – *variable length coding*, ou codificação Huffman) – este último passo da compressão JPEG baseia-se no facto de que numa sequência de elementos codificados (com n bits), a probabilidade de ocorrência não é a mesma para todos os elementos, o que significa que pode ser vantajoso – no sentido em que permite reduzir a *bit rate* – codificar os elementos mais frequentes com menos (de n) bits e os menos frequentes com mais (de n) bits

Este processo de compressão da JPEG *lossy*, em si já bastante complexo, é apenas uma parte do processo usado pela norma MPEG para compressão de sequências de vídeo (mais exactamente na codificação das chamadas imagens Intracodificadas – *I pictures*).

1.7.5 – Digitização do sinal de televisão

Apesar dos seus mais de 50 anos de idade, o sinal analógico de televisão standard ainda é o meio mais comum de transmitir imagem. A Figura 1.9 exemplifica como aparece num osciloscópio um sinal de televisão de uma das normas de em uso. Este é o chamado sinal de vídeo composto, o que significa que existem pulsos de sincronização vertical e horizontal (*sync*) misturados com a informação de imagem. Estes pulsos são usados no receptor de televisão para sincronizar os circuitos de deflexão vertical e horizontal para os alinhar com o vídeo a ser exibido. No exemplo que estamos a usar, cada segundo de vídeo standard contém 30 imagens completas, comumente chamadas quadros (*frames*). Cada quadro contém 525 linhas ³⁷. Este número é um pouco enganador, na medida em que apenas 480 a 486 linhas contêm informação de vídeo; as restantes 39 a 45 linhas são reservadas para os pulsos de sincronismo para manter os circuitos de televisão sincronizados com o sinal de vídeo.

³⁶ A codificação *run length* é reversível e é comumente usada nas máquinas de fax e na compressão de ficheiros (.zip, e outros).

³⁷ Na terminologia anglo-saxónica, um engenheiro de vídeo utilizaria o termo “*lines*” para designar as linhas de uma imagem. Já um engenheiro informático ou um programador usaria o termo “*rows*”.

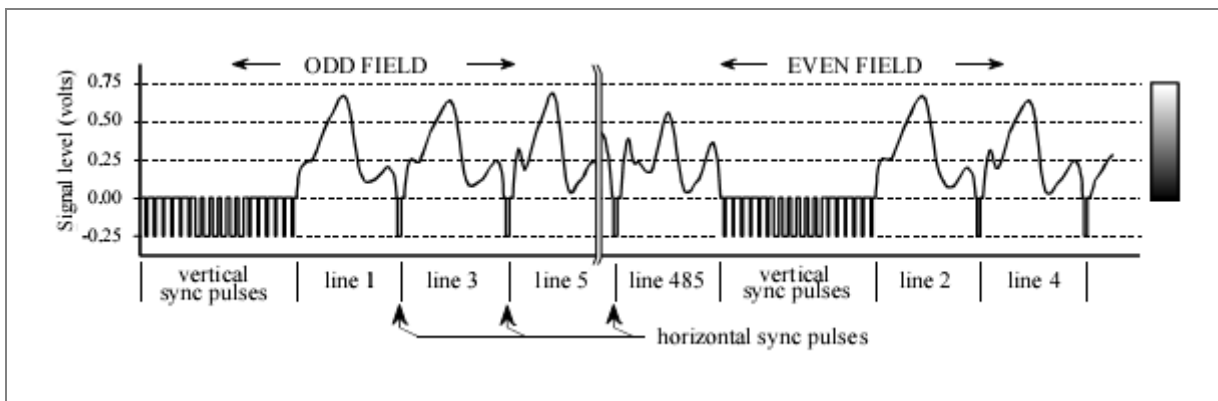


Fig. 1.9 – Sinal de televisão (norma NTSC) visto num osciloscópio...

A televisão standard usa um formato entrelaçado para reduzir o chamado efeito de tremulação (*flicker*) na imagem que é exibida. Isto significa que todas as linhas ímpares são transmitidas primeiro, seguidas pelas linhas pares. O grupo de linhas ímpares é chamado de campo ímpar e o grupo de linhas pares é chamado de campo par. Uma vez que cada quadro é constituído por dois campos, o sinal de vídeo transmite 60 campos por segundo. Cada campo começa com uma complexa série de pulsos de sincronismo vertical que dura 1,3 milisegundos. Seguem-se as linhas pares ou ímpares de vídeo. Cada linha tem a duração de 63,5 microsegundos, incluindo um pulso de sincronismo de 10,2 microsegundos, separando cada linha da seguinte. Isto coloca os pulsos de sincronismo escondidos atrás da gama de preto. Na gíria do vídeo, diz-se que os pulsos de sincronismo são mais pretos que o preto.

O sinal de vídeo de 525 linhas, que estamos a usar como exemplo, é chamado de NTSC (National Television Systems Committee), uma norma definida em 1954. Este é o sistema usado nos Estados Unidos e no Japão. Na Europa existem duas normas semelhantes chamadas PAL (Phase Alternation by Line) e SECAM (Sequential Chrominance And Memory). Os conceitos básicos são os mesmos, apenas os números diferem. Ambos os sistemas, PAL e SECAM, operam com 25 quadros entrelaçados por segundo, com 625 linhas por quadro. Tal como acontece com o NTSC, algumas destas linhas ocorrem durante o sincronismo vertical, resultando em cerca de 576 linhas para transportar a informação da imagem. As outras diferenças mais subtis estão relacionadas com a forma como a cor e o som são adicionados ao sinal.

A forma mais directa de transmitir televisão a cores seria usando três sinais analógicos separados, um para cada uma das três cores que o olho humano consegue detectar: vermelho, verde e azul. Infelizmente, o desenvolvimento histórico da televisão não permitiu este esquema simples. O sinal de televisão a cores foi desenvolvido de forma a permitir que os receptores de televisão a preto e branco

existentes pudessem usá-lo sem necessidade de serem modificados. Isto foi conseguido, usando para a informação de brilho o mesmo sinal da televisão a preto e branco, e adicionando um sinal separado com a informação de cor. Na gíria do vídeo, o brilho é chamado sinal de luminância, enquanto a cor é chamada de sinal de crominância. O sinal de crominância é modulado numa onda portadora em 3,58 MHz que é adicionada ao sinal de vídeo a preto e branco. Da adição de uma subportadora, transportando a informação de crominância, ao sinal de vídeo, modulado pelo sinal de luminância, resulta um sinal de vídeo composto, designado por CVBS (*composite video baseband signal*)³⁸.

O som é adicionado da mesma forma, numa onda portadora em 4,5 MHz, como ilustra a Figura 1.10. O receptor de televisão separa estes três sinais, processa-os individualmente e recombina-os na exibição final.

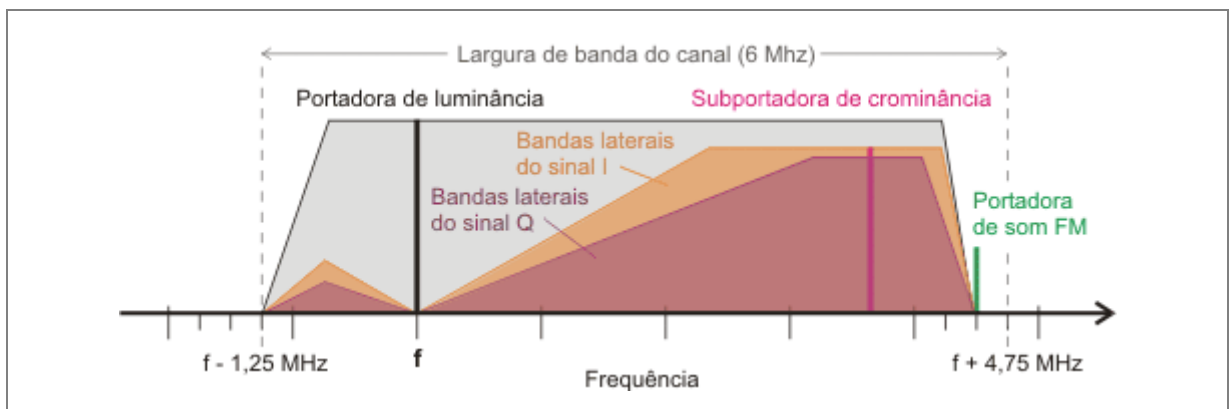


Fig. 1.10 – Ocupação espectral do sinal de televisão analógica NTSC

O *hardware* usado para a conversão analógico-digital de sinais de vídeo é chamado de *frame grabber*. Tem usualmente a forma de uma placa electrónica que, por um lado, é ligada ou inserida num computador e que, por outro lado, liga à câmara de captação de imagem. O *frame grabber* é comandado por *software* e, em traços muito gerais, funciona da seguinte forma: primeiro, espera pelo início de um quadro (o próximo), o que é assinalado pelos pulsos de sincronismo vertical; depois, durante os dois campos seguintes, cada linha de vídeo é amostrada muitas vezes, tipicamente 512, 640, ou 720 amostras por linha, a 8 bits por amostra. Estas amostras são armazenadas na memória como uma linha da imagem digital.

³⁸ O sinal de vídeo composto CVBS – que também pode significar *Color, Video, Blanking, and Sync*. – é o sinal de imagem de televisão analógica antes de ser combinado com o sinal de som e modular a portadora de RF. Inclui a informação de brilho (luma), a informação de cor (croma), e os sinais de sincronismo.

Esta forma de adquirir a imagem digital origina uma importante diferença entre as direcções vertical e horizontal: cada linha da imagem digital corresponde a uma linha do sinal de vídeo, mas as colunas não têm uma correspondência directa. No dispositivo sensor de imagem, geralmente um CCD³⁹, cada linha contém entre cerca de 400 a 800 pontos (colunas), dependendo do dispositivo usado. Quando uma linha de pontos é lida do CCD, a linha de vídeo resultante é filtrada gerando um sinal analógico liso, como o da Figura 1.9. Por outras palavras, o sinal de vídeo não depende do número de colunas que existem no CCD. A resolução na direcção horizontal é limitada pela taxa de variação permitida ao sinal, que é geralmente definida como 3,2 MHz para a televisão a cores – donde resulta um tempo de crescimento de 100 nanosegundos, isto é, cerca de 1/500 da linha de vídeo de 53,2 microsegundos.

Quando o sinal de vídeo é digitizado no *frame grabber*, é convertido de novo em colunas. Porém, estas colunas na imagem digitizada não têm relação com as colunas no CCD. O número de colunas na imagem digital depende somente de quantas vezes o *frame grabber* efectua a amostragem em cada linha de vídeo. Por exemplo, um CCD pode ter 800 pontos por linha, enquanto a imagem digitizada pode ter apenas 512 pixels (isto é, colunas) por linha.

O número de colunas na imagem digitizada também é importante por outro motivo. A imagem de televisão *standard* tem uma relação de aspecto de 4 para 3, ou seja, é ligeiramente mais larga do que alta. Já os filmes têm uma relação de aspecto mais larga de 25 para 9, enquanto os CCDs usados para aplicações científicas têm frequentemente uma relação de aspecto de 1 para 1, isto é, de um quadrado perfeito. Em qualquer caso, a relação de aspecto de um CCD é determinada pela colocação dos eléctrodos e não pode ser alterada. Porém, a relação de aspecto de uma imagem digitizada depende do número de amostras por linha. Isto torna-se um problema quando a imagem é exibida, seja num monitor de vídeo seja num suporte impresso, como o papel. Se a relação de aspecto não for reproduzida adequadamente, a imagem parecerá achatada em uma das suas dimensões (horizontal ou vertical).

Uma vez digitizada, a imagem pode ser submetida a processamento linear⁴⁰, o que pode melhorá-la de muitas maneiras: realçando os contornos dos objectos, reduzindo o ruído aleatório, corrigindo diferenças de iluminação, falta nitidez, movimento, etc.

³⁹ O CCD – *charge-coupled device* – é um dispositivo sensor de imagem constituído por uma matriz de condensadores sensíveis à luz. A captação de imagem funciona em duas fases: a primeira fase é de exposição que carrega os condensadores, a segunda é de leitura do valor dessa carga (proporcional à intensidade da luz que a criou).

⁴⁰ O processamento linear de imagem baseia-se sobretudo em duas das técnicas do DSP convencional: a convolução – que opera no domínio do tempo – e a análise de Fourier – que opera no domínio da frequência. A convolução desempenha um papel muito importante, uma vez que as imagens têm a sua informação codificada no domínio espacial em vez de no domínio da frequência.

Um problema sério com o processamento linear de imagem, nomeadamente com a convolução ⁴¹ da imagem, é a enorme quantidade de cálculos que é necessário efectuar, exigindo geralmente tempos de execução inaceitavelmente longos.

1.7.6 – A norma MPEG para compressão de sequências de vídeo

A norma de compressão mais comum para sequências de vídeo digital é a MPEG. Esta norma também fornece a compressão para a trilha sonora associada com o vídeo. O seu nome vem da organização onde teve origem, o *Moving Pictures Experts Group*.

Se a JPEG já era complicada, a MPEG é muito mais! Ainda assim, ou talvez por isso mesmo, o potencial da MPEG é vasto. Está a tornar-se numa tecnologia chave para o século XXI e, cada vez mais, os seus algoritmos de compressão e de descompressão vão sendo codificados directamente nos próprios circuitos integrados. Já não é difícil imaginar, como sugere Steven Smith ⁴², milhares de canais de vídeo sendo transportados numa única fibra óptica correndo pela nossa casa.

A fórmula usada pela MPEG pode ser dividida em dois tipos de compressão – *dentro do quadro* (ou intraquadro) e *entre quadros* – que procura tirar partido do facto de muitos dos pixels numa sequência de vídeo variarem pouco de um quadro para o seguinte. A menos que a câmara esteja em movimento, a maior porção de imagem é composta por um plano de fundo (*background*) que, muitas vezes, se mantém constante durante vários quadros. Nesta situação, a ideia base é codificar integralmente apenas alguns dos quadros de uma sequência de vídeo e, nos quadros intermédios, codificar apenas os pixels que mudaram, comprimindo assim ao máximo a informação redundante entre quadros.

Para implementar este princípio, o codificador MPEG ⁴³ decompõe as sequências de vídeo em várias parcelas com uma hierarquia bem definida.

O grupo de imagens (GOP – *group of pictures*) é a maior parcela dentro da sequência e é ele que determina os pontos de acesso aleatório à sequência. Um grupo começa sempre por uma imagem integralmente codificada (imagem tipo I ou imagem intracodificada).

⁴¹ A convolução é uma operação matemática que se aplica a duas funções e que produz uma terceira função definida como o integral do produto das duas funções iniciais, depois de uma delas ter sido invertida e transladada.

⁴² SMITH, Steven W.: op. cit., p. 502.

⁴³ Em transmissões digitais de serviços de televisão, a compressão de vídeo é baseada na norma MPEG-2, desenvolvida pelo grupo MPEG - Movie Pictures Experts Group em conjunto com a ITU-T (recomendação ITU-T H.262), e referida como norma internacional ISO/IEC 13818.

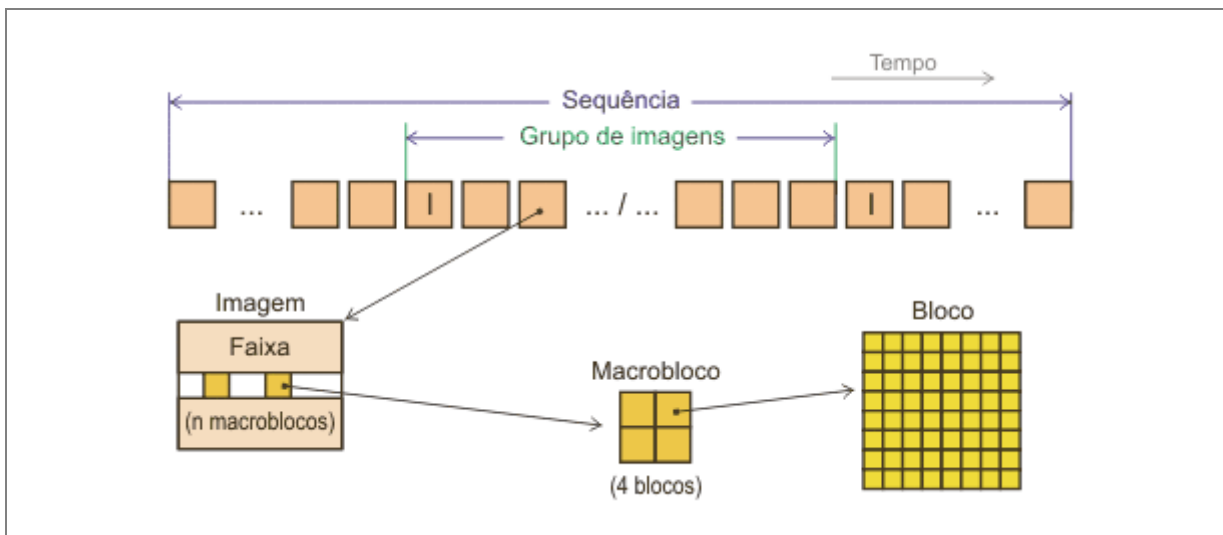


Fig. 1.11 – Hierarquia das parcelas de um vídeo MPEG

As imagens que constituem um grupo podem ser de três tipos:

- Imagem I – a imagem intracodificada, é a que é codificada autonomamente sem referência a outras imagens e que, por conseguinte, contém toda a informação necessária à sua reconstrução pelo decodificador; estas imagens são codificadas como se fossem vulgares imagens estáticas usando, no essencial, a norma JPEG, apenas com ligeiras variações.
- Imagem P – a imagem predita, é codificada a partir de uma imagem I ou P anterior, usando técnicas de predição de movimento compensado e que tem uma taxa de compressão significativamente superior às imagens I – uma vez que esta técnica não é perfeita, o número de imagens P possíveis entre duas imagens I é limitado.
- Imagem B – a imagem de predição bidireccional, codificada por interpolação entre as imagens I ou P antecedente e seguinte, que tem a maior taxa de compressão. Uma vez que para recuperar as imagens B, o decodificador precisa das duas imagens, I ou P, a partir das quais é feita a interpolação, o preço a pagar pela elevada taxa de compressão das imagens B é um acréscimo no tempo de atraso da codificação (correspondente à duração de duas imagens extra) e a quantidade de memória necessária, tanto para codificação, como para decodificação (há mais uma imagem tem que ser armazenada).

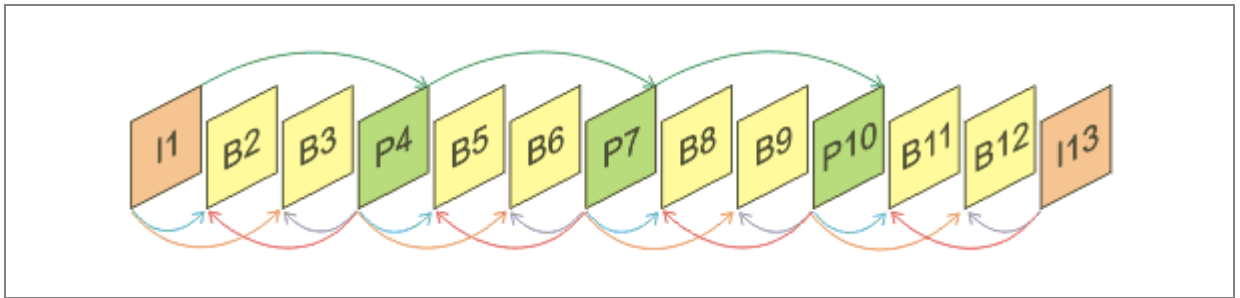


Fig. 1.12 – Exemplo de um grupo de imagens em MPEG-2.

Cada imagem ainda é parcelada em diversas fracções:

- Faixa – a faixa é definida como um conjunto de macroblocos contíguos da mesma linha, geralmente uma linha completa, de tal forma que o conjunto das faixas, se abarcar toda a imagem, será sem sobreposição entre elas; é a fracção de imagem que possibilita o endereçamento dentro do quadro e a sincronização, por exemplo para reparação de erros;
- Macrobloco – o macrobloco tem uma dimensão de 16×16 pixels, inclui quatro blocos de luminância e dois blocos de crominância (um C_r e um C_b) e é usado para estimativa e compensação do movimento.
- Bloco – o bloco é a menor parcela da imagem na hierarquia da sequência de imagens MPEG-2, com uma dimensão de 8×8 pixels, e é onde tem lugar a operação de compressão DCT.

Na codificação do áudio são naturalmente exploradas as limitações do ouvido humano de forma a reduzir a quantidade de informação que é necessário codificar. Com base num modelo psicoacústico do ouvido humano, o codificador determina a máscara de frequências⁴⁴ e a precisão num determinado intervalo de tempo, chamado quadro, que corresponde à duração de 12×32 amostras PCM (MPEG layer 1) ou de 12×96 amostras PCM (MPEG layer 2). Neste intervalo, designado por quadro, o codificador avalia a amplitude máxima do sinal e define um factor de escala que é codificado a 6 bits, cobrindo assim uma gama dinâmica de 128 dB (a espaços de 2 dB). Toda a informação necessária para a descodificação do áudio é fornecida ao nível deste quadro, que é a menor unidade para acesso aleatório à sequência (comparável ao grupo de imagens para o sinal de vídeo).

⁴⁴ O aproveitamento do chamado “efeito de máscara” permite remover os sons que são mascarados. Os princípios básicos na base deste efeito são: um tom de baixa frequência pode mascarar (torna impossível ouvir) um tom de alta frequência – o inverso não é verdade, um tom de elevada frequência não mascara um tom baixo; quanto maior for a potência do tom máscara, maior será a sua influência – isto é, maior será a gama de frequências passíveis de ficar mascaradas; se dois tons estiverem muito separados em frequência, praticamente não existirá o efeito de máscara.

A norma MPEG define três níveis para codificação do áudio com diferentes taxas de compressão para uma dada qualidade de áudio percebida. O chamado nível II, ou *Musican*, é o principal modo usado pelo sistema DVB e permite uma qualidade *hi-fi* a partir de 128 kb/s por canal (256 kb/s em estéreo) (Nota 3.6).

Os *streams* de bits gerados pelos codificadores MPEG de vídeo e de áudio são chamados de *streams* elementares (ES – *Elementary Streams*). Enquanto que a informação que entra no codificador é composta por unidades de apresentação (PU – *presentation units*), os quadros da imagem vídeo ou as amostras do áudio de um quadro, a informação que sai nos *streams* elementares é composta por unidades de acesso (AU – *access units*).

Além de reduzir a *data rate*, a MPEG tem diversas características importantes. Por exemplo, um filme pode ser reproduzido *para a frente* ou *para trás*, em velocidade normal ou acelerada. A informação codificada é de acesso aleatório, isto é, qualquer quadro na sequência pode ser facilmente exibido como uma imagem parada. Isto faz com que o filme seja editável, no sentido em que pequenos segmentos do vídeo podem ser codificados apenas com a referência a eles próprios, não à sequência completa. Além disso, a MPEG foi desenhada para ser robusta no que respeita a possíveis erros. Como diz Steven Smith⁴⁵, a última coisa que vamos querer que aconteça, é que um erro num único bit provoque a interrupção do filme.

A principal distorção associada à MPEG ocorre quando vastas secções da imagem mudam rapidamente. De facto, uma informação tipo *burst* é necessária para suportar cenas que variam rapidamente. Se a *data rate* for fixa, o espectador nota padrões “bloqueados” quando há mudança de uma cena para a seguinte. Isto pode ser minimizado nas redes que transmitem múltiplos canais de vídeo simultaneamente, como na televisão por cabo. O repentino *burst* de informação necessário para suportar a rápida variação de uma cena num canal de televisão é compensado com as exigências mais modestas de cenas relativamente estáticas em outros canais.

1.8 – MODULAÇÃO DIGITAL

Nas formas mais simples de modulação digital, o *stream* de bits representativo da informação a ser transmitida, modula directamente a portadora, seja em amplitude (ASK – *amplitude shift keying*) seja em frequência (FSK – *frequency shift keying*). Porém, estas formas de modulação apresentam uma baixa eficiência espectral o que as torna inadequadas para a transmissão de elevadas *bit rates* com uma largura de banda muito limitada. Para melhorar a eficiência espectral do processo de modulação,

⁴⁵ SMITH, Steven W.: op. cit., p. 502.

recorre-se a diversas formas de modulação de amplitude em quadratura (QAM – *quadrature amplitude modulation*). Estas formas de modulação foram inicialmente desenvolvidas para transmitir dois sinais analógicos independentes. A primeira aplicação amplamente conhecida, desenvolvida no final dos anos 1940, foi a modulação da subportadora de cor do sistema NTSC por dois sinais de cor distintos (sinal I – *in-phase*; sinal Q – *quadrature*)⁴⁶.

Codificação I / Q (bits)	Bits / símbolo	N.º de estados	Designação
1	2	4	QPSK (= 4-QAM)
2	4	16	16-QAM
3	6	64	64-QAM
4	8	256	256-QAM

Tabela 1.2 – Algumas formas de modulação em quadratura

O processo consiste em utilizar símbolos codificados com n bits e convertê-los nos dois sinais I e Q, cada um codificando n/2 bits, a que correspondem $2^{n/2}$ estados para cada um dos dois sinais. A Tabela 4.1-2 lista as principais características de algumas destas formas de modulação em quadratura.

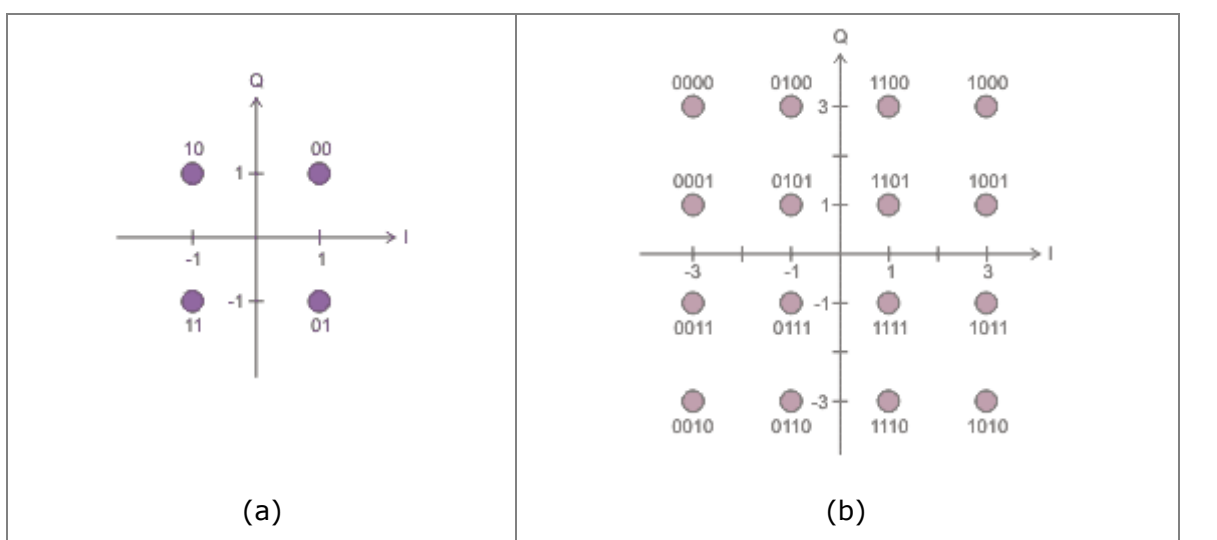


Fig. 1.13 – (a) Constelação de um sinal QPSK; (b) Constelação de um sinal 16-QAM

⁴⁶ vide § 4.2.6.1.

O resultado do processo de modulação pode ser representado como uma constelação de pontos no espaço I,Q. A Figura 1.13 ilustra duas destas constelações.

1.9 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SINAIS DIGITAIS

No âmbito que aqui nos interessa, isto é, no domínio das telecomunicações, em que há transferência de informação de um local para outro, e em particular nos sinais de televisão, a vantagem da transmissão digital pode ser enorme.

Para transferir a informação, é necessário um canal entre os dois locais. Pode ser um par de fios condutores, um sinal de rádio, uma fibra óptica, etc.

Se, por um lado, as exigências de largura de banda são maiores com os sinais digitais do que com os analógicos, por outro lado, este inconveniente é geralmente superável com a utilização de algoritmos de compressão que não reduzem a qualidade perceptível dos sinais recebidos.

Assim, a possibilidade de utilização de técnicas que reduzem as necessidades de largura de banda, como a compressão e a multiplexagem, confere aos sinais digitais a vantagem de “cabem” em maior quantidade nos canais de comunicação existentes. Além disso, o DSP também tornou possível melhorar a qualidade dos sinais recebidos, com o desenvolvimento de técnicas que permitem a eliminação de eco e de ruído. Também ao nível da edição, o DSP permite realizar funções simplesmente impossíveis de concretizar com os sinais analógicos.

Mas, todos estes benefícios têm um preço ao nível da complexidade acrescida que se verifica no tratamento de sinais digitais.

Tudo pesado, a balança tende nitidamente para o lado das vantagens, tanto para os fornecedores de serviços de telecomunicações como para os utilizadores – basta lembramo-nos, por exemplo, que os nossos sistemas de comunicação telefónicos actuais não seriam possíveis sem o processamento digital dos sinais⁴⁷.

Por último, nesta nossa incursão pela tecnologia digital, uma referência à existência daquilo a que Steven Smith chama de “*a common myth about analog versus digital signals*” e que resulta do facto de a quantidade de informação transportada num sinal digital ser limitada de duas formas. Primeiro, a resolução da variável dependente é limitada pelo número de bits por amostra, isto é, pequenas variações na amplitude do sinal podem ser perdidas no ruído de quantização. Segundo, a resolução da variável

⁴⁷ A vantagem financeira da transmissão digital em comunicações telefónicas é enorme. O cabo e os comutadores analógicos são caros; as *gates* lógicas digitais são baratas (ver também a Nota III no final deste capítulo).

independente é limitada pela taxa de amostragem., isto é, eventos com pouco espaçamento entre eles, no sinal analógico, podem perder-se entre as amostras – ou, dito de outra forma: perdem-se as frequências acima de um meio da taxa de amostragem.

A este propósito, Steven Smith diz⁴⁸: *"Here is the myth: "Since analog signals use continuous parameters, they have infinitely good resolution in both the independent and the dependent variables." Not true! Analog signals are limited by the same two problems as digital signals: noise and bandwidth (the highest frequency allowed in the signal). The noise in an analog signal limits the measurement of the waveform's amplitude, just as quantization noise does in a digital signal. Likewise, the ability to separate closely spaced events in an analog signal depends on the highest frequency allowed in the waveform. To understand this, imagine an analog signal containing two closely spaced pulses. If we place the signal through a low-pass filter (removing the high frequencies), the pulses will blur into a single blob. For instance, an analog signal formed from frequencies between DC and 10 kHz will have exactly the same resolution as a digital signal sampled at 20 kHz. It must, since the sampling theorem guarantees that the two contain the same information."*

⁴⁸ SMITH, Steven W.: op. cit., p. 48.

2 – A TELEVISÃO PRÉ-DIGITAL

“The dream of seeing distant places is as old as the human imagination. Priests in ancient Greece studied the entrails of birds, trying to see in them what the birds had seen when they flew over the horizon. They believed that their gods, sitting in comfort on Mount Olympus, were gifted with the ability to watch human activity all over the world.”

Encyclopedia Britannica on line

Esta pequena viagem pela história da TV, que não pretende ser exaustiva, tem apenas como objectivo lançar um olhar ligeiro, embora preciso, sobre a evolução da televisão, que permita compreender o percurso realizado até aos nossos dias, identificando fases cruciais que determinaram alguns dos seus aspectos essenciais, os quais abonam a justificação da pertinência do tema, possibilitam o enquadramento teórico do trabalho de investigação e impelem a formulação das hipóteses.

2.1 – MARCOS NA PRÉ-HISTÓRIA DA TV

Embora se esbata no tempo a origem do desejo humano de ver e ouvir à distância, esse anseio só começou verdadeiramente a tornar-se realidade em 1876⁴⁹, com a invenção do telefone.

O telefone veio permitir a transmissão de sinais de voz sob a forma de sinais eléctricos analógicos, obtidos a partir de um transdutor – o microfone de carvão, cuja resistência eléctrica varia com a intensidade da pressão das ondas sonoras que nele incidem. Os sinais eléctricos assim produzidos no emissor, são transportados sobre uma linha telefónica, onde se propagam como ondas electromagnéticas, até ao receptor, onde são novamente convertidos em ondas sonoras muito idênticas às originais. Concretizou-se então o desejo de ouvir à distância.

⁴⁹ O telefone foi inventado, em 1876, por Alexander Graham Bell (1847-1922), inventor escocês, emigrado nos EUA, que em 1877 criou a Bell Telephone Company, a primeira companhia de prestação de serviços de comunicações telefónicas.

2.1.1 – A conversão da imagem em sinal eléctrico

A satisfação do desejo de ver à distância, dependente da possibilidade de transmissão de imagem, estava também condicionada pela necessidade de a converter em sinais eléctricos, tal como já acontecia com o som. Esta possibilidade só viria a nascer em 1817, quando Berzelius⁵⁰ isolou o selénio⁵¹. Contudo, este cientista parece ter estado longe de suspeitar do papel que esse elemento viria a desempenhar no desenvolvimento da transmissão de imagem, o qual só começou a desenhar-se em 1873 quando a sensibilidade do selénio à luz foi descoberta por Smith e May⁵². Seriam, no entanto, Elster e Geitel⁵³, quase vinte anos depois (1893), os primeiros a idealizar a célula fotoeléctrica, baseada nas propriedades do selénio, capaz de converter, em sinais eléctricos, a informação luminosa proveniente de uma cena.

Porém, apesar deste passo promissor, a concretização prática de um sistema de transmissão de imagem, ainda se confrontava com outro problema.

2.1.2 – O conceito de varrimento

De facto, mesmo conseguindo ultrapassar as dificuldades técnicas associadas à captação de imagens, isto é, de medir, em simultâneo, a intensidade luminosa reflectida pelos vários pontos de uma cena – recordemos que as imagens são sinais que descrevem como varia a luminosidade no espaço –, surgia uma nova dificuldade: o envio simultâneo dos sinais produzidos por uma grande quantidade de células.

A tentativa de realizar um sistema para enviar uma grande quantidade de sinais em simultâneo⁵⁴, só serviu para confirmar que era (e ainda hoje é) antieconómico.

Este problema viria a ser resolvido por Nipkow⁵⁵, que tivera em 1884 de converter uma sequência de “pedaços” da imagem em sinais eléctricos transmissíveis, também de forma sequencial sobre um único fio condutor, e que a materializou no seu invento mais marcante: o disco de varrimento, também conhecido por disco de Nipkow. A técnica de varrimento serve, ainda hoje, como princípio básico da televisão.

⁵⁰ Jöns Jakob Berzelius (1779-1848), químico sueco que inventou a notação química moderna.

⁵¹ O selénio, símbolo químico Se, é o 34º elemento da tabela periódica. Classificado com um não-metal, de cor cinzenta e brilho metálico, raramente ocorre em estado livre na natureza, podendo ser preparado em laboratório. Numa das suas possíveis formas, é condutor de electricidade, diminuindo a sua resistência eléctrica com o aumento da intensidade luminosa.

⁵² Willoughby Smith (1828-1891), engenheiro inglês, e o seu ajudante Joseph May, descobriram, acidentalmente, a variação da condutividade eléctrica do selénio com a luz incidente, durante uma pesquisa de materiais para utilização em cabos submarinos.

⁵³ Julius Elster (1854-1920) e Hans Friedrich Geitel (1855-1923), físicos alemães, conceberam (1893) e realizaram (1899) a primeira célula fotoeléctrica utilizável.

⁵⁴ Tentado pelos franceses Georges Rignoux e Auguste Fournier, em 1909, com um dispositivo a que chamaram “téléphote”.

⁵⁵ Paul Gottlieb Nipkow (1860-1940), engenheiro e inventor alemão

Um outro inventor, Ulises Sanabria⁵⁶, parece ter sido o primeiro a usar a técnica de varrimento entrelaçado⁵⁷, que viria a mostrar-se preciosa na redução do efeito de tremulação da imagem (*flicker*). Em 1927, construiu um disco que permitia produzir uma imagem com 45 linhas, em 3 varrimentos alternados de 15 linhas cada.

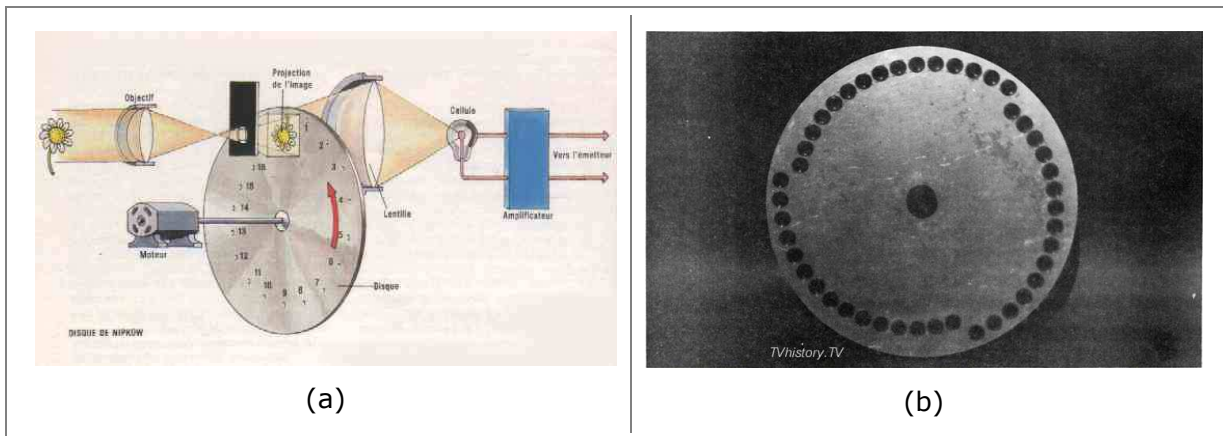


Fig. 2.1 – Discos de varrimento mecânico: (a) disco de Nipkow; (b) disco de Sanabria para triplo varrimento mecânico entrelaçado

2.1.3 – A radio vision ou, do fio condutor para as ondas hertzianas

Um antecedente de peso para a história da televisão foi a descoberta da possibilidade de transmitir informação usando a propagação de ondas hertzianas, protagonizada por Marconi, em 1894, e que viria a ser amplamente usada nas emissões de rádio em todo o mundo.

Os pioneiros dos sistemas de televisão, como Baird⁵⁸ e Jenkins⁵⁹, logo vislumbraram a possibilidade das emissões de televisão não ficarem presas às ligações por cabo, mas antes utilizarem as infra-estruturas de difusão de rádio existentes, para minimizar os custos, quer de desenvolvimento, quer para o consumidor.

⁵⁶ Ulises Armand Sanabria (1906-1969), inventor americano. Projectou e construiu a primeira estação de televisão de Chicago em 1928. Em 1932, recebeu a patente pela invenção do varrimento entrelaçado

⁵⁷ vide § 4.1.7.4 – O sinal de televisão

⁵⁸ John Logie Baird (1888-1946), engenheiro escocês, considerado o inventor do primeiro sistema de televisão funcional.

⁵⁹ Charles Francis Jenkins (1867-1934), inventor americano, pioneiro do cinema e um dos percussores da televisão mecânica. Em 1928, obteve a primeira licença de televisão comercial dos EUA.

2.2 – A TV MECÂNICA

As primeiras demonstrações de televisão feitas, de forma independente, por Baird, em Londres, e por Jenkins, em Washington (1925-27), recorreram ao varrimento mecânico, tanto na emissão como na recepção, usando o disco de Nipkow. Estes sistemas ficaram por isso conhecidos como sendo de TV mecânica. A TV mecânica de Baird, com um *standard* de 30 linhas, foi mesmo usada nas primeiras emissões regulares de televisão, por algumas estações, como a BBC (em 1932).

Nessa época, a televisão mecânica tinha como principais vantagens a sua simplicidade, o seu baixo custo e o facto de já estar funcional, não necessitando portanto de grandes investimentos em desenvolvimento.

Porém, passado o deslumbramento inicial da invenção, as limitações do sistema mecânico rapidamente se tornaram evidentes. A pouca luminosidade e o insuficiente tempo de exposição de cada ponto durante o varrimento, aliadas às limitações na velocidade de varrimento e na dimensão da imagem, não permitiam elevar a sua qualidade.

2.3 – O SISTEMAS DE TV MISTO

As limitações dos sistemas mecânicos começaram a ser ultrapassadas por Rosing⁶⁰, que, em 1907, demonstrou a aptidão do tubo de raios catódicos (CRT – *cathode-ray tube*)⁶¹ para a reprodução da imagem no lado do receptor. Esta descoberta esteve na origem do tubo de imagem, ou cinescópio, cuja utilização, nos receptores de televisão, se generalizou.

O sistema de televisão apresentado por Rosing era um sistema misto, pois, apesar do recurso à electrónica, com a utilização do CRT no lado da recepção, para reproduzir a imagem, no lado do emissor, a captação ainda era feita com câmara baseada no disco de varrimento mecânico de Nipkow.

Com o fulgurante desenvolvimento da electrónica, os sistemas de televisão com uma componente mecânica tornaram-se rapidamente obsoletos.

⁶⁰ Boris Lvovich Rosing (1869–1933), cientista russo,

⁶¹ O tubo de raios catódicos (CRT) tinha sido criado, em 1897, pelo cientista alemão Karl Ferdinand Braun (1850-1918)

2.4 – A TV ELECTRÓNICA

De facto, foi logo no ano seguinte (1908), que Campbell Swinton ⁶² propôs um sistema de televisão totalmente electrónico – varrimento, sincronismo e reprodução – em que a captação de imagem seria efectuada por um tubo de câmara contendo uma multiplicidade de células fotoeléctricas em paralelo.

A ideia parece ter sido trabalhada por alguns inventores, mas seria Zworykin ⁶³ a requerer, em 1923, a patente do primeiro tubo de câmara, conhecido como “Iconoscópio”. O mesmo Zworykin demonstrou, um ano depois (1924), um sistema totalmente electrónico, com o iconoscópio no emissor e o cinescópio (CRT) no receptor. Nasceu a televisão totalmente electrónica.

Comprovada a superioridade dos sistemas electrónicos, as empresas de difusão rapidamente migraram para estes sistemas. Por exemplo, a BBC iniciou, em 1936, as emissões de TV, a que chamou de “alta definição” ⁶⁴, com um sistema totalmente electrónico da EMI com 405 linhas.

2.5 – A NECESSIDADE DE NORMAS NECESSARIAMENTE NÃO ÚNICAS

Uma vez estabelecida a tecnologia de base, com o início da produção comercial dos dispositivos necessários aos sistemas de televisão (tubo de câmara, tubo de imagem, circuitos e dispositivos auxiliares) tornou-se evidente a necessidade de definir normas para regular os diferentes aspectos da TV: o número de linhas, a frequência de varrimento, a largura de banda, a forma de modulação, ...

Aqui começaram as divergências. A primeira, surge, não por desinteligência ou má vontade, mas por imposição da própria solução técnica. Acontece que, nos sistemas de TV electrónicos, para evitar perturbações (devidas à radiação electromagnética dos transformadores ou ao *ripple* na fonte de alimentação) a frequência da imagem (*picture rate* ou *frame rate*) foi derivada da frequência da rede de distribuição de energia eléctrica, que é diferente na Europa e nos EUA. O resultado foi que as taxas de refrescamento ficaram necessariamente diferentes: 25 imagens/s na Europa e 30 imagens/s nos EUA, que duplicaram, com o método de varrimento entrelaçado (50 ou 60 Hz em vez de 25 ou 30 Hz).

⁶² Alan Archibald Campbell-Swinton (1863–1930), engenheiro escocês, *fellow of the Royal Society*, descreveu um sistema de televisão electrónico numa carta dirigida à revista *Nature*, em 1908.

SWINTON, A.A. Campbell: *Distant Electric Vision*. In *Nature*, vol. 78, no. 2016, p.151. June 18, 1908.

⁶³ Vladimir Kozmich Zworykin (1889-1982), inventor de origem russa naturalizado americano. Foi discípulo de Boris Rosing no Instituto de Tecnologia de S. Petersburgo. Alguns biógrafos consideram-no o pai da televisão moderna.

⁶⁴ Não se pode confundir com o significado actual de TV de alta definição (HDTV). Na época o governo inglês determinou que a “alta definição” correspondia a não ter menos de 240 linhas por imagem. O sistema mecânico de Baird tinha apenas 30 linhas por imagem.

Consequentemente, mesmo que o número de linhas por imagem fosse igual, as frequências de linha seriam também necessariamente diferentes.

A partir daqui, foi uma questão de critérios.

Nos EUA, os especialistas, com base na acuidade do olho humano e na dimensão dos tubos de imagem disponíveis na época, propuseram uma definição vertical entre 500 e 700 linhas. A opção acabou por ficar nas 525 linhas, com varrimento entrelaçado (2 campos de 262,5 linhas). A frequência de linha resultante foi de 15750 Hz ($60 \times 262,5$). Esta opção foi consagrada como norma pela entidade reguladora norte-americana, a FCC – Federal Communications Commission, em 1941.

Na Europa, a normalização só viria a acontecer em 1949. A maioria dos países (com excepção da França e da Grã-Bretanha) optou pela norma alemã Gerber⁶⁵, também conhecida como CCIR⁶⁶, cujo princípio foi o de manter a frequência de linha tão próxima quanto possível da utilizada nos EUA, de forma a beneficiar da experiência americana ao nível da tecnologia de recepção. Assim, foram estabelecidas as 625 linhas, com varrimento entrelaçado (2 campos de 312,5 linhas). A frequência de linha resultante foi de 15625 Hz ($50 \times 312,5$).

2.6 – A TV A CORES E A MULTIPLICAÇÃO DA DIVERSIDADE

A grande expansão da televisão começou após o fim da Segunda Guerra Mundial (1945). O decréscimo do custo dos componentes electrónicos, foi tornando os receptores cada vez mais acessíveis a uma faixa cada vez maior de população. Mas, nessa altura, era ainda tudo a “preto e branco”.

Os primeiros sistemas de TV a cores basearam-se no sistema desenhado e demonstrado por J. L. Baird em Londres, em 1928. A FCC chegou mesmo a adoptar, em 1950, o sistema sequencial de cor desenvolvido pela CBS⁶⁷ segundo o mesmo princípio proposto por Baird.

Este sistema usava uma técnica de quadros sequenciais, gerados no lado do emissor, com a ajuda de um disco de varrimento com três conjuntos de aberturas em espiral, cada uma com um filtro para uma das três cores primárias⁶⁸, em sequência, interposto entre a lente e o tubo de câmara e rodando muito rapidamente. No lado do

⁶⁵ O nome do professor suíço W. Gerber que liderava o grupo de trabalho do CCIR para a uniformização de critérios técnicos, considerado o mentor da norma.

⁶⁶ O CCIR - Comité Consultatif International des Radiocommunications, criado em 1927, foi o órgão do CCITT - Comité Consultatif International du Télégraphe et du Téléphone, responsável pela regulação das radiocomunicações. Actualmente é um organismo da ITU - International Telecommunication Union, e passou a chamar-se ITU-R

⁶⁷ A CBS (abreviatura do nome original da empresa: Columbia Broadcasting System) é actualmente a CBS Corporation

⁶⁸ vide § 4.1.7.1.2 – Imagem a cores

receptor, as imagens eram reproduzidas usando um disco semelhante ao de captação, sincronizado com o do emissor e colocado entre o tubo de imagem e o espectador

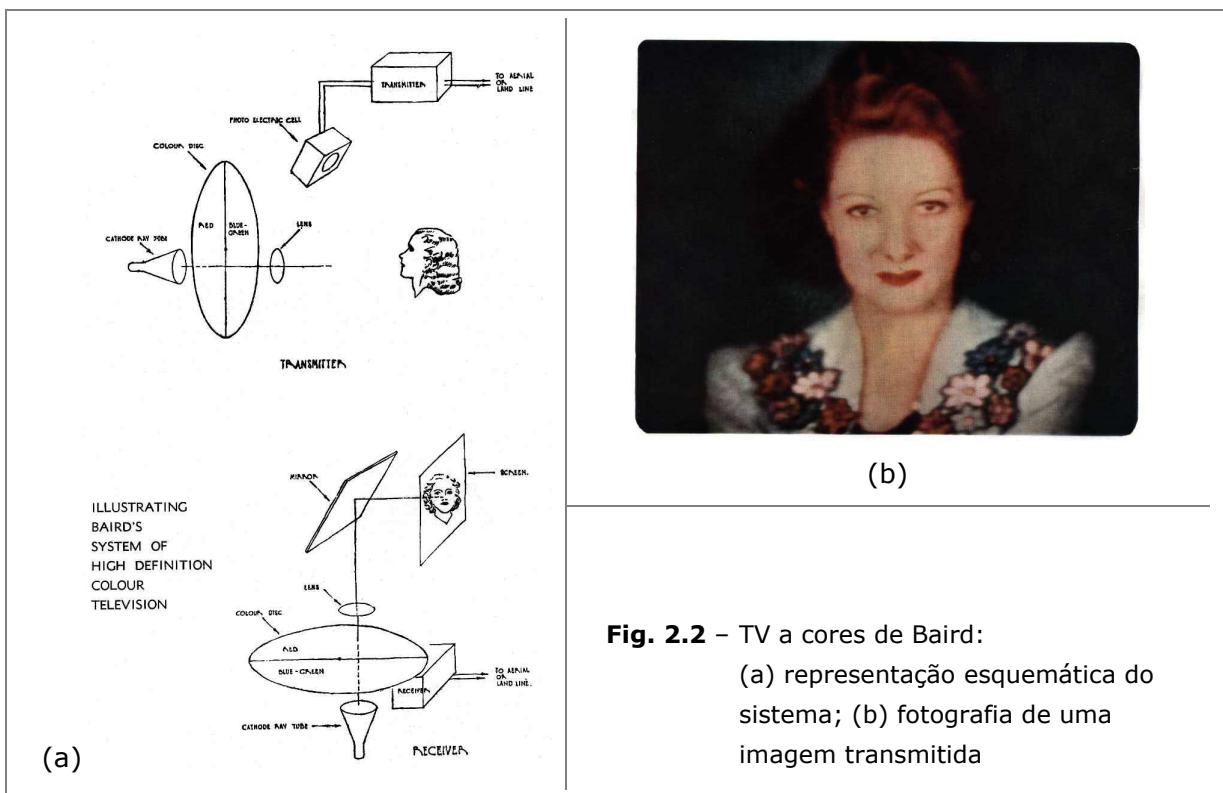


Fig. 2.2 – TV a cores de Baird:
 (a) representação esquemática do sistema;
 (b) fotografia de uma imagem transmitida

O sistema apresentava vários inconvenientes. Para além dos problemas mecânicos dos discos e do seu tamanho desproporcional em comparação com o tamanho efectivo do ecrã, padecia ainda de perda de luminosidade nos filtros. Mas, sobretudo, apresentava o grande inconveniente da incompatibilidade com os sistemas monocromáticos, para os quais já existiam alguns milhões de televisores instalados.

O enorme parque de receptores de televisão monocromática já instalados, por óbvios motivos económicos, obrigava a que os sistemas de TV a cores que viessem a ser adoptados em todo o mundo, se baseassem no princípio da compatibilidade bidireccional com os sistemas monocromáticos – que eram a realidade da maioria dos sistemas de transmissão até meados dos anos 1960.

Para conseguir esta compatibilidade, o princípio utilizado, resultante de extensivos estudos preliminares sobre a percepção da cor, consiste em:

- decompor a imagem em 3 sinais correspondentes às três cores base, vermelho, verde e azul (R, G, B – *red, green, blue*), o que é feito pelas câmaras de TV;
- transformar estes 3 sinais num único sinal que, por um lado, possa ser mostrado sem grandes artifícios nos receptores a preto e branco, e que, por outro lado,

possa ser transmitido na largura de banda de um canal de TV já existente – o que, diga--se, não é uma tarefa simples.

A fórmula para realizar esta transformação é a de uma combinação linear, que converte os três sinais de cor – R, G, B – em outros três sinais equivalentes, em que:

- um deles (Y) é o mais semelhante possível ao sinal de saída de uma câmara monocromática – é designado como 'luma' ou sinal de luminância,
- e os outros dois (C_b e C_r , ou U e V) – designados 'croma', sinal de diferença de cor ou de crominância – representam a coloração da imagem monocromática transportada pelo primeiro sinal.

Assim, na recepção, os receptores monocromáticos, que apenas reconhecem o sinal de luminância, puderam continuar a ser usados para receber emissões que eram a cores e cujos sinais R, G e B podiam ser recuperados num televisor a cores capaz de proceder à recombinação linear dos sinais de crominância com o sinal de luminância.

Apesar de existirem diversos sistemas de televisão a cores, todos eles se baseiam neste princípio. Aliás, a combinação de sinais (Y, C_b e C_r) (luma e croma), ainda hoje é um ponto comum entre os tradicionais sistemas analógicos e os novos sistemas digitais.

A inclusão da informação de crominância na largura de banda disponível para o sinal de televisão (até então ocupado apenas pelo equivalente ao sinal de luminância), foi feita de forma muito engenhosa.

Com base em estudos sobre a percepção visual, que indicam que a sensibilidade do olho humano às transições de cor é menos apurada do que para as transições de luminosidade, foi possível reduzir consideravelmente a largura de banda dos sinais de crominância (metade, ou mesmo um quarto, da largura de banda de luminância) e incluir uma subportadora, modulada por estes sinais, dentro do espectro de vídeo existente. É na frequência e na forma de modulação desta subportadora, que as diversas normas, nomeadamente as três principais normas mundiais, NTSC, PAL e SECAM, diferem.

2.6.1 – NTSC

O primeiro sistema de TV a cores, com compatibilidade bidireccional com o sistema monocromático, adoptado como norma, foi proposto pela RCA e oficialmente aprovado pela FCC, em 1952, sob a designação NTSC.

A norma NTSC recorre a um processo de modulação conhecido como modulação de amplitude em quadratura (QAM – *quadrature amplitude modulation*), em que dois

sinais, Q e I, obtidos por combinação linear dos sinais diferença de cor (R - Y e B - Y) modulam em amplitude a subportadora de crominância, segundo dois eixos ortogonais.

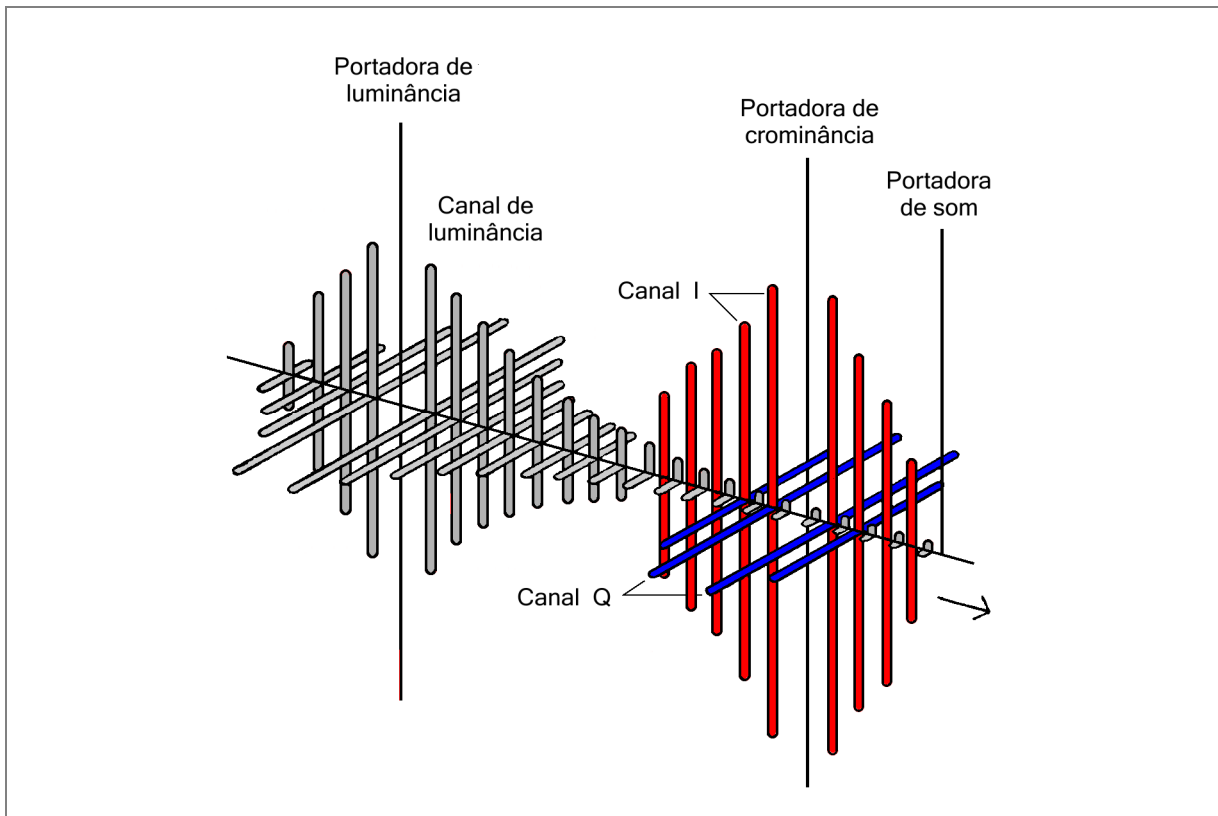


Fig. 2.3 – Sinal de televisão NTSC no domínio da frequência

Esta solução, ilustrada na Figura 2.3, é bastante rebuscada e habilidosa. Como salienta Benoit⁶⁹, a opção por uma subportadora num múltiplo ímpar de metade da frequência de linha, faz com que o espectro de luminância (composto de riscas discretas centradas em múltiplos da frequência de linha) e o espectro de crominância (riscas discretas centradas em múltiplos ímpares de metade da frequência de linha) fiquem intercalados, com uma separação quase perfeita – teoricamente possível com a utilização de filtros “em pente” (*comb filters*) no receptor.

A norma NTSC tem o grande inconveniente da modulação QAM ser muito sensível às rotações de fase introduzidas pelo canal, que se traduzem em erros significativos no matiz da cor, sobretudo dos tons próximos da cor da pele. Para obviar ao efeito desta anomalia, foi introduzido nos receptores um botão, que possibilita aos utilizadores

⁶⁹ BENOIT, Hervé: *Digital television*. Grã-Bretanha, Elsevier (Focal Press), 2002. ISBN 0-240-51695-8, p. 9.

efectuar a correcção manual do matiz da cor. Deste efeito adverso nasceu a famosa expressão '*Never Twice the Same Colour*' para o acrónimo NTSC.

2.6.2 – SECAM

As normas para televisão que se estabeleceram na Europa procuraram ultrapassar o problema patenteado pela norma norte-americana.

A primeira a estabelecer-se foi a SECAM, patenteada em França, em 1957, por Henri de France e que começou a ser usada em 1967 pela emissora "*la seconde chaîne*", actualmente chamada de "*France 2*".

A norma SECAM elimina o maior problema da NTSC, usando modulação de frequência (FM) em vez da modulação QAM. No entanto, esta opção colocou uma outra dificuldade, decorrente do facto da FM não permitir a modulação simultânea da subportadora por dois sinais. O sistema SECAM contorna, também habilmente, este problema, considerando que as informações de cor de duas linhas consecutivas são suficientemente semelhantes para serem consideradas idênticas. Esta abordagem reduz a resolução cromática por um factor de dois na direcção vertical, mas torna-a mais consistente com a resolução horizontal⁷⁰ e tem como consequência a redução da largura de banda dos sinais de crominância. Assim, cada uma das componentes de crominância é transmitida alternadamente, ficando a cargo do receptor a recuperação simultânea dos dois sinais, D_b' e D_r' ⁷¹ – operação necessária para a exibição da imagem. Isto é feito recorrendo a uma linha de atraso de 64 μ s (a duração de uma linha)⁷², que retém a informação de forma a poder ser reutilizada na definição da cor da linha seguinte, e a um circuito permutador.

Em relação ao sistema NTSC, o SECAM tem a vantagem de ser um sistema mais robusto, pelo menos no que diz respeito à precisão do matiz da cor.

Em contrapartida, a norma SECAM também tem os seus inconvenientes, neste caso, inerentes à modulação de frequência. O primeiro, é que a subportadora de crominância está sempre presente⁷³, mesmo quando não existe cor e, nas imagens a

⁷⁰ A resolução visual dos sistemas de televisão é especificada com rigor pelo número de linhas, na verdade, a sua resolução vertical. A resolução horizontal, o número de pixels por linha, varia com a largura de banda utilizada. Nas normas europeias, a resolução vertical é de 575 linhas visíveis (de um total de 625), enquanto que a resolução horizontal começa em 320 pixels visíveis por linha (que poderia, teoricamente chegar a 720).

⁷¹ Na norma SECAM, os sinais de crominância são proporcionais às diferenças de cor ($D_b = 1,5 \cdot (B - Y)$ e $D_r = -1,9 \cdot (R - Y)$)

⁷² Este tipo de memória analógica está na origem do nome SECAM – *SÉquentiel Couleur Avec Mémoire*.

⁷³ Nos sistemas com transmissão em AM, é possível suprimir a portadora no emissor e reconstruí-la no receptor para a recuperação do sinal – isto é possível e, quase sempre desejável, já que a portadora em si, não veicula informação e a eficiência da transmissão aumenta, pois não é necessário afectar potência para a transmissão da portadora. Em FM, pela sua natureza, a portadora não é separável do sinal.

preto e branco, é mais visível do que nos sistemas com modulação em amplitude (nomeadamente NTSC ou PAL). O segundo inconveniente é que a filtragem em pente não é eficiente, devido à natureza contínua do espectro de FM. Outra limitação é que a reprodução de transições abruptas entre cores muito saturadas é deficiente devido à necessária truncagem dos desvios máximos de FM. E, por último, a desvantagem de não ser possível efectuar a mistura directa de sinais SECAM.

2.6.3 – PAL

O sistema de televisão que está na origem da norma PAL foi apresentado por Walter Bruch (Telefunken), em 1963, e começou a ser usado na Alemanha, em 1967. Como salienta Benoit, é um parente próximo do sistema NTSC⁷⁴. Usa o mesmo método de modulação (QAM) para a subportadora dos sinais de crominância, que é modulada pelos dois sinais de diferença de cor U e V⁷⁵.

A norma PAL corrige o principal inconveniente da NTSC – erro no matiz da cor – invertendo, no emissor, a fase da portadora do sinal V em cada segunda linha e calculando, no receptor, o valor médio dos sinais V de duas linhas consecutivas. Esta operação permite compensar automaticamente as rotações de fase⁷⁶ e evitar o seu indesejado efeito sobre a coloração da imagem. Para realizar esta operação a norma baseia-se, tal como a norma SECAM, no pressuposto de que duas linhas consecutivas podem ser consideradas idênticas e recorre também ao uso de uma linha de atraso de 64 μ s.

2.6.4 – A proliferação das normas de cor no mundo

Esta fragmentação do mundo dos serviços de difusão de televisão nestas três normas criou um cenário complexo em todo o mundo, quer para os fabricantes de electrónica de consumo, quer para os utilizadores, agravado pelo facto de cada norma ainda ter algumas variantes – resultantes de variações em parâmetros como o número de linhas, a frequência de campo (frequência vertical), a frequência de linha (frequência horizontal), a frequência da subportadora de crominância, a largura de banda de vídeo ou frequência e forma de modulação da portadora de áudio (em AM ou FM). Isto tornou-se muito evidente na Europa, onde países vizinhos (ou quase) escolheram

⁷⁴ BENOIT, Hervé: op. cit., p. 11.

⁷⁵ $U = 0,4983 \cdot (B - Y)$ e $V = 0,877 \cdot (R - Y)$

⁷⁶ Esta operação está na origem do nome PAL – *Phase Alternating Line*

variantes diferentes de PAL⁷⁷ ou SECAM⁷⁸, causando incompatibilidades de mercado, pois os receptores comprados num país não funcionam necessariamente noutro.

O continente americano também é um (mau) exemplo de proliferação de normas. Enquanto os EUA ficaram com a NTSC e a Argentina e o Paraguai optaram pela PAL-N, o Brasil escolheu o sistema PAL-M para as suas emissões de TV, isolando-se do resto do mundo e, conseqüentemente, fechando a porta às mais diversas oportunidades como, por exemplo, de importação e exportação⁷⁹.

2.7 – AS FORMAS DE DIFUSÃO DE TV ANALÓGICA

A televisão analógica conheceu três meios de difusão:

- a difusão terrestre
- a difusão por cabo
- a difusão via satélite

2.7.1 – A difusão terrestre

A difusão terrestre utiliza a propagação na atmosfera de ondas electromagnéticas, servindo-se de frequências de portadoras de rádio RF⁸⁰, nas faixas de VHF⁸¹ e de UHF⁸², para a difusão de sinais de televisão. A recepção destes sinais fica limitada à distância da linha de vista, geralmente 75 a 150 km, no máximo – depende da altura a que estiverem colocadas as antenas de emissão e de recepção e do perfil do terreno entre elas.

Um grande inconveniente da difusão terrestre, observável, por exemplo em zonas urbanas remotas, ou em áreas rurais longe de um transmissor, onde o nível do sinal fica mais fraco, é a sua susceptibilidade ao ruído e à interferência de canal. Mesmo os sinais fortes, nas grandes cidades, em áreas próximas de transmissores, produzem

⁷⁷ Por exemplo, a Alemanha usa as normas PAL-B e G (para VHF e UHF, respectivamente), enquanto a sua vizinha Bélgica usa as normas PAL-B (VHF) e H (UHF).

⁷⁸ Por exemplo, a França usa a norma SECAM-L, enquanto, mais a leste, a Bulgária e a Rússia usam as normas SECAM-D (em VHF) e SECAM-K (em UHF).

⁷⁹ Excepto talvez com o Laos, o único outro país que adoptou o PAL-M

⁸⁰ O termo Rádio-Frequência (RF) refere-se ao campo electromagnético gerado quando uma corrente alternada é injectada numa antena e que pode ser usado para difusão de comunicações sem fios. Este espectro de radiação electromagnética vai desde os 9 kHz a centenas de GHz.

⁸¹ A banda de VHF (*Very High Frequency*) vai de 30 a 300 MHz – comprimentos de onda de 10 a 1 m. É usada sobretudo para difusão de rádio em FM e televisão, mas também para comunicações marítimas e aéreas e em sistemas de navegação.

⁸² A banda de UHF (*Ultra High Frequency*) vai de 300 MHz a 3 GHz – comprimentos de onda de 1 m a 10 cm. É usada sobretudo para difusão de televisão, nas comunicações bidireccionais de serviços públicos e, mais recentemente, em telemóveis.

acentuadas imagens fantasmas no ecrã devido aos múltiplos caminhos de recepção dos sinais de TV – directo e por reflexões nos edifícios altos.

Outro senão, apontado à difusão terrestre, é a escassa largura de banda permitida para a difusão de sinais de televisão, na maioria dos sistemas normalizados pelo CCIR e por outros organismos⁸³. Esta limitação, que decorre da escassez do próprio espectro de RF, limita, por sua vez, a capacidade dos sistemas de televisão para produzir imagens de alta resolução.

2.7.2 – A TV em circuito fechado e a TV por Cabo

Os sistemas de TV em circuito fechado (CCTV), ou a televisão por cabo (CATV), não têm necessariamente as mesmas restrições de largura de banda impostas para a difusão terrestre. Podendo utilizar larguras de banda mais amplas, conseguem ter capacidade para mais altas resoluções.

2.7.2.1 – CCTV

Os sistemas de televisão em circuito fechado, recorrem geralmente a ligações por cabos coaxiais, ou a ligações *wireless* de baixa potência, para fazer chegar os sinais de vídeo, provenientes das câmaras, aos monitores ou receptores de TV localizados em lugares não muito distantes. Uma vez que o sinal não é radiado para o espaço sideral, estes sistemas podem utilizar *standards* arbitrários de maior resolução ou de sincronismo mais simples. Como não são necessárias grandes potências em RF, o custo dos sistemas CCTV é relativamente baixo.

Os sistemas de CCTV têm uma larga gama de aplicações em diversas áreas, por exemplo, na educação, na medicina, na vigilância, no controlo de tráfego, em monitoração de segurança, na transmissão de dados, na indústria aeroespacial, na indústria em geral, etc.

A monitoração remota é a utilizações mais comum dos sistemas de CCTV. Em particular, estes sistemas prestam uma ajuda valiosa na vigilância de lugares próximos de zonas de perigo, onde a monitoração humana pode ser arriscada ou mesmo impossível.

2.7.2.2 – CATV

Podemos considerar a televisão por cabo (CATV) como um caso especial de CCTV, no qual os programas de TV, em canais *standard*, são disponibilizados para os

⁸³ As normas mais transigentes, como o PAL-D e o SECAM-L, restringem a largura de banda de vídeo a 6 MHz

subscritores, via cabo coaxial, de uma forma muito semelhante ao serviço telefónico⁸⁴.

Apesar de terem geralmente um custo acrescido para os utilizadores, estes sistemas de televisão por cabo, têm conhecido uma popularidade crescente, pois, além de proporcionarem uma melhor qualidade de serviço, na medida em que estão livres de “fantasmas” e de problemas de interferência, ainda oferecem uma diversidade de canais, que não está ao alcance dos sistemas de difusão terrestre.

De facto, como os sinais de televisão são transmitidos dentro cabos blindados contra interferências externas, é possível uma ocupação mais ampla do espectro de rádios frequências. As redes de televisão por cabo podem apresentar uma largura de banda de 450 MHz a 870 MHz, dependendo do cabo utilizado⁸⁵.

O sinal distribuído por uma rede de cabovisão pode ter origem num estúdio de CATV ou pode ser retirado de um programa difundido e recebido por um bom sistema de antena receptora.

Os sinais dos canais de televisão *standard* são geralmente recebidos por uma antena num posto central, designado por *headend*, onde são processados e distribuídos para a sua área de cobertura, através de redes híbridas de fibra óptica e cabo coaxial. Com recurso a amplificadores de *trunk*⁸⁶, a potência do sinal é elevada, para um nível suficientemente alto, para permitir a sua redistribuição, através de cabos e de amplificadores de linha de distribuição, até aos subscritores que, geralmente, pagam uma taxa mensal por este serviço.

Em menor escala, este sistema pode ser usado em edifícios de apartamentos, colocando no seu topo uma antena mestra comum e um amplificador que alimenta um determinado número de receptores de TV no edifício. Esta configuração é conhecida como o sistema de Televisão de Antena Mestra (MATV – *Master Antenna Television*).

O sistema de antena mestra também é adequado para áreas situadas em zonas de sombra de obstáculos naturais, como montanhas ou colinas próximas, em que os sinais recebidos são fracos. Um sistema de antena mestra comum, instalada numa posição favorável sobre o obstáculo e usada para distribuir o sinal de TV em tais

⁸⁴ DHAKE, Arvind M.: *Television Engineering*. New Delhi, Tata McGraw-Hill Publishing Company, 1979. ISBN 0-07-096389-4, p. 5.

⁸⁵ Um canal de televisão analógico ocupa uma banda de cerca de 6 MHz. Um sinal de Televisão Digital, dependendo da qualidade da rede e da técnica de compressão utilizada, pode multiplicar a capacidade da rede por factor de 10, permitindo assim transmitir um número ainda maior de canais.

⁸⁶ São chamados *trunk amplifiers*, os amplificadores de sinal, de banda larga, estrategicamente colocados nos nós das redes de distribuição (os pontos onde a rede se ramifica), que correspondem, geralmente, a pontos de transição de rede de fibra óptica, que vem do centro de distribuição, para rede de cabo coaxial, que vai para os domicílios dos utilizadores.

áreas, por meio de cabos coaxiais, é também chamado de sistema de Televisão de Antena Comum (CATV – *Community Antenna Television*).

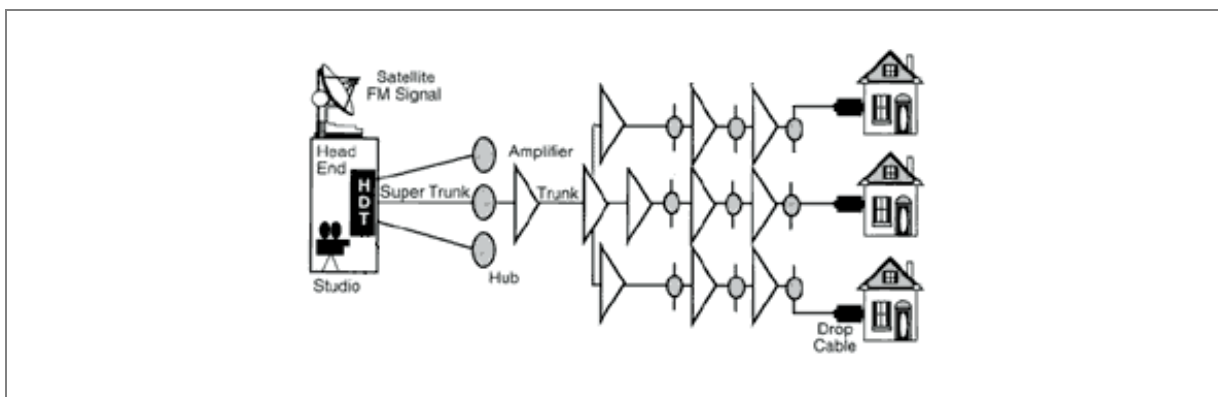


Fig. 2.4 – Representação esquemática de uma rede de distribuição de CATV

2.7.2.3 – Cabo sem fios

Cabo sem fios (*wireless cable*), é o outro nome dado ao serviço MMDS – *Multichannel Multipoint Distribution Service*, uma tecnologia de telecomunicações sem fios, baseada em *links* de microondas⁸⁷, para redes de banda larga, de uso genérico, particularmente usada na distribuição de programas de TV por cabo. Os serviços MMDS começaram por ser usados, sobretudo, em áreas onde a população é muito dispersa (por exemplo, áreas rurais) e a instalação de cabo não é economicamente viável. Ultimamente, a redução do custo desta tecnologia está a transformá-la numa alternativa viável à distribuição de canais de televisão por redes de cabo físico (tanto aéreo, como enterrado).

2.7.3 – A ampliação das áreas de cobertura e a TV por satélite

Tanto a difusão terrestre como a distribuição por cabo têm limites de cobertura territorial, seja pelo alcance das antenas, seja pela viabilidade de instalação de cabos. Uma forma possível de ampliar a cobertura, a subscritores específicos, em áreas franja da difusão terrestre é redistribuindo o sinal de TV por cabo, a partir de pontos favoráveis para a instalação de antenas de ganho elevado.

A forma mais comum de estender a área de cobertura de um emissor de televisão é por meio de estações repetidoras (*relay stations*), que recebem o sinal via ligações por

⁸⁷ De início, essencialmente na banda de SHF – Super High Frequency, de 3 a 30 GHz, e, mais recentemente, também nas frequências da banda K_a, de cerca de 18 a 40 GHz, com a chamada tecnologia FWA – *Fixed Wireless Access*, que pretende substituir o cabo coaxial em CATV, e que permite também a oferta de serviços de natureza endereçada e de transmissão dados, como o acesso à Internet.

microondas, ou ligações por cabo coaxial, e o retransmitem, por difusão terrestre, para as suas áreas de cobertura. Uma cadeia de tais estações repetidoras pode cobrir vastas áreas.

Graças aos rápidos e largos avanços surgidos na tecnologia espacial, tornou-se também possível ampliar a cobertura das emissões de televisão, usando satélites em órbitas geoestacionárias⁸⁸ como estações internacionais repetidoras de TV, ou simplesmente para distribuir programas nacionais sobre extensas regiões em países muito grandes⁸⁹, já que têm a capacidade de cobrir vastas áreas na superfície da Terra.

Um satélite funciona simultaneamente como receptor e como transmissor. Primeiro, uma estação na Terra envia o sinal para o satélite – estação ascendente (*uplink*). O satélite automaticamente muda a frequência do sinal e retransmite-o para a Terra – estação descendente (*downlink*).

Cada satélite transporta vários processadores de tráfego de comunicações – correspondentes a canais de comunicações (de satélite) chamados *transponders* – que podem transmitir um ou mais canais de televisão, além de assegurarem outros serviços de telecomunicações⁹⁰. A maioria dos satélites tem, no mínimo, 16 *transponders* em operação.

As bandas de frequência utilizadas pelos satélites⁹¹ estão bem acima das utilizadas pelos canais de TV em difusão terrestre. Estas frequências super altas não são tão afectadas pelas condições atmosféricas – decorrentes, por exemplo, da actividade solar – pelo que, os satélites podem fornecer comunicações muito fiáveis 24 horas por dia.

⁸⁸ Uma vez que a Terra gira sobre si própria, com um período aparente de 24 horas, um satélite em órbita equatorial movendo-se no mesmo sentido (de oeste para este) e com um período orbital igual ao período real da Terra (23,9345 horas) tem a propriedade de ser geoestacionário, isto é, o satélite observado da Terra parece imóvel no espaço. A órbita geoestacionária ocorre a uma altitude de 35 781 km.

⁸⁹ Esta forma de distribuição do sinal de televisão, directamente para o domicílio do utilizador, é conhecida como DTH – *Direct-To-Home*.

⁹⁰ Um *transponder* pode também assegurar milhares de conversações telefónicas simultâneas, estender redes de rádio e redes de computadores.

⁹¹ A banda de frequências mais baixa usada em satélite, situa-se ainda na faixa de UHF, é a chamada Banda S (2,5 a 2,6 GHz), ainda. As outras, são a Banda C (3,4 a 4,8 GHz), a Banda Ku (10,7 a 12,75 GHz) e a Banda Ka (19 a 22 GHz), todas na faixa de SHV – *Super High Frequencies*, (3 a 30 GHz).

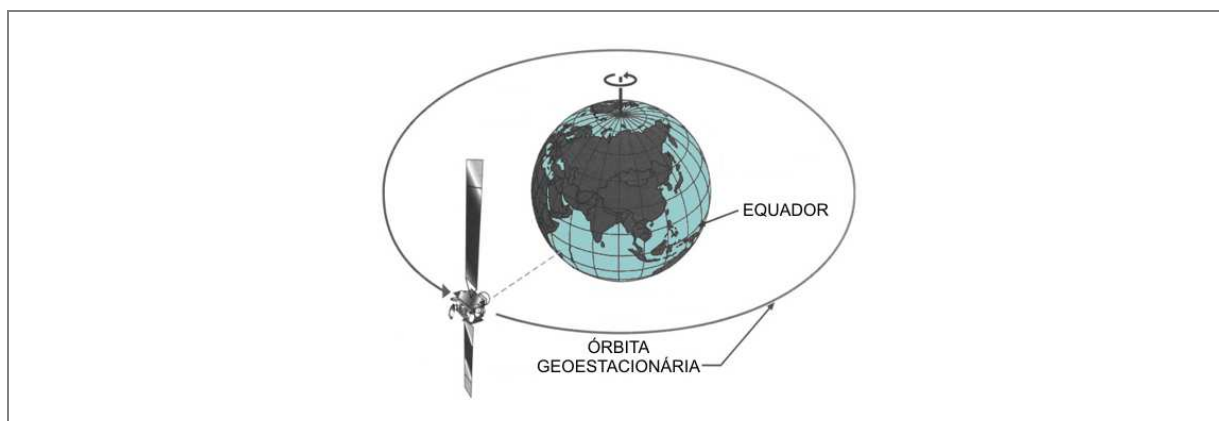


Fig. 2.5 – Satélite em órbita geoestacionária

2.8 – O TORTUOSO CAMINHO PARA A ALTA DEFINIÇÃO

O advento da televisão de alta definição (HDTV – *High Definition Television*) foi a maior, e praticamente a única, evolução de qualidade na história da difusão de TV, desde a introdução da cor, em 1954, nos EUA.

Durante os mais de 50 anos da sua existência, a televisão convencional, com as suas normas de 525 / 625 linhas e varrimento entrelaçado (também designadas como 480i / 570i, em virtude do número de linhas efectivamente visíveis), serviu perfeitamente. Os tamanhos de ecrã que se usavam, relativamente pequenos (tipicamente da ordem das 19”), faziam com que as deficiências, resultantes, por exemplo, do varrimento entrelaçado em cenas com objectos animados de movimentos rápidos, fossem quase imperceptíveis. Quando a indústria começou a produzir sistemas de projecção e ecrãs “gigantes” (tipicamente da ordem das 60”) a fraca qualidade das imagens obtidas nos receptores tornou-se óbvia e passou a constituir um obstáculo sério ao desenvolvimento desta indústria.

O conceito de TV de alta definição (HDTV) parece ter nascido da vontade, não só de eliminar estas deficiências, mas também de proporcionar ao telespectador sensações, o mais próximo possível, tanto em imagem quanto em som, daquelas experimentadas por um espectador no cinema.

Foi ainda na década de 1970, que a indústria da televisão, através de empresas como a pioneira japonesa NHK (Nippon Hoso Kyokai)⁹², fomentou a investigação com o propósito de desenvolver uma tecnologia capaz de realizar tal objectivo.

⁹² Mais precisamente os seus laboratórios de I&D, denominados NHK STRL – NHK Science & Technical Research Laboratories

Porém, os investigadores rapidamente se confrontaram com a dificuldade de aumentar o número de linhas nos receptores, um passo indispensável para conseguir a desejada nitidez de imagem. A tecnologia analógica em uso não disponibilizava ferramentas capazes de realizar a compressão necessária para transmitir o volume de informação exigido pela alta definição sobre um canal tradicional, com a largura de banda limitada a 6 MHz.

A opção pela tecnologia digital surgiu, pois, como a alternativa que oferecia maior probabilidade de se atingir a meta da melhoria da qualidade da transmissão.

Não obstante, ainda antes de se estabelecerem as normas para Televisão inteiramente digital, surgiram sistemas de base tecnológica essencialmente analógica, mas, por vezes, recorrendo já a processamento digital em alguns aspectos, que procuraram oferecer alta definição, e que configuraram verdadeiros sistemas híbridos no percurso entre os mundos analógico e o digital – foram os casos do MUSE no Japão e do MAC e do PALplus na Europa.

2.8.1 – Sistemas com definição de imagem melhorada

Um dos principais problemas de qualidade de imagem dos sistemas de difusão de televisão decorre do recurso ao varrimento entrelaçado que cria efeitos indesejados, que se tornam perfeitamente perceptíveis quando a imagem é ampliada para as dimensões de um ecrã grande. Quando há movimento na cena que está a ser captada, um objecto pode ter-se movido no intervalo de tempo que decorreu entre os registos do primeiro e do segundo meio quadro, efectuados pela câmara. Isto faz com que, por exemplo, as linhas rectas apareçam quebradas e se assemelhem a contornos serrilhados.

O entrelaçado foi originalmente inventado para economizar largura de banda na transmissão, pois, com um sinal entrelaçado apenas é necessário enviar meio quadro de cada vez (alternadamente as linhas pares e ímpares). Mas, agora já dispomos de meios, como o DVD, com os quais se pode ler e transmitir informação de imagem mais rapidamente do que nunca. Por isso, deixa de haver necessidade de manter o formato entrelaçado. Assim, tornou-se possível dar um grande passo na melhoria da qualidade da imagem, tornando-a mais aceitável mesmo quando apresentada em dimensões, apenas com a eliminação do entrelaçado.

Porém, os sinais de vídeo ainda têm que ser difundidos com um formato entrelaçado, com apenas a informação de meio quadro de cada vez. Assim os quadros completos, com a totalidade das linhas, precisam de ser reconstruídos antes de serem exibidos de forma progressiva no ecrã. Este processo é normalmente designado como desentrelaçamento (*deinterlacing*) ou duplicação de linhas (*line doubling*). Os formatos

de varrimento progressivo de 480 linhas efectivas, em NTSC, e de 576 linhas efectivas, em PAL e em SECAM, são comumente referidos como 480p e 576p, respectivamente ⁹³.

Os sistemas baseados neste conceito, que vão para além da definição normal, SDTV (*Standard Definition Television*), mas que ainda não são de alta definição – HDTV – são referidos como sistemas de definição melhorada, EDTV (*Enhanced Definition Television*) ⁹⁴.

A EDTV (480p ou 576p), pode não parecer grande coisa quando comparada com a HDTV. Mas, é de facto um grande passo em frente na qualidade da imagem. Num ecrã grande aproxima-se muito mais da HDTV do que a televisão convencional ⁹⁵.

Todos os novos sistemas de vídeo aceitam tanto sinais entrelaçados como sinais progressivos. Podem fazê-lo porque têm um dispositivo interno chamado desentrelaçador (*deinterlacer*) ou duplicador de linhas (*line doubler*).

Contrariamente ao que o nome possa sugerir, um duplicador não duplica o número de linhas de um quadro (de 480 para 960, ou 576 para 1152). Em vez disso duplica o número de vezes que um quadro é “pintado” no ecrã durante o período de tempo destinado à sua exibição (1/30 segundos) ⁹⁶. Isto aumenta o brilho e a estabilidade da imagem. Mas, o mais importante, é que a eliminação dos serrilhados proporciona uma imagem muito mais nítida.

Os duplicadores usam tecnologia digital para cumprirem a sua função de converter sinais entrelaçados em sinais progressivos muito mais nítidos.

2.8.1.1 – MAC

O sistema MAC (*Multiplexed Analogue Components*) surgiu na Europa como uma tentativa de definir uma norma comum para a difusão por satélite, que eliminasse as desvantagens dos sistemas do sinal de vídeo composto (como a miscigenação de

⁹³ Contudo, ainda existe o intervalo entre quadros e ainda existe um total de 525 linhas, em NTSC, e de 625 linhas, em PAL e em SECAM. Por isso, algumas pessoas chamam-lhe, respectivamente, 525p, em vez de 480p, e 625p, em vez de 576p.

⁹⁴ Alguns autores também usam o termo IDTV (Improved Definition Television)

⁹⁵ Hoje, já muitos leitores de DVD no mercado têm saídas com ambos os sinais, o entrelaçado e o progressivo (e estão cada vez melhores e mais baratos...), o que significa que cada filme ou vídeo em DVD que se encontra no mercado pode agora ser lido em EDTV.

⁹⁶ Um duplicador de linhas, ou desentrelaçador, pega as duas metades de um quadro (cada uma com 480/2 ou 576/2 linhas), que chegam a uma cadência de 30 quadros por segundo, da rede de TV por cabo, do VCR, do leitor de *laserdisc* ou do leitor de DVD, e cria a partir delas um quadro completo (de 480 ou 576 linhas). Além disso, cada um destes quadros pode ser exibido no ecrã a cada 1/60 segundos em vez de 1/30 segundos. Mas, os bons duplicadores de linha fazem mais do que isso: quando recombina os dois campos procuram irregularidades causadas por movimento e efectuem os ajustes adequados para as suavizar – isto é o chamado desentrelaçar adaptado ao movimento. Todos os duplicadores cumprem a sua função, mas alguns fazem-no melhor do que outros, e a maioria produz uma imagem muito melhor do que aquela que recebe.

cores, a mestiçagem de luminância e a reduzida largura de banda) e que melhorasse significativamente o áudio.

Foi concebido para ser compatível tanto com o formato de écran tradicional (com uma relação de proporcionalidade de 4/3) como com o écran dito panorâmico (16/9) e pode ser considerado, em alguns aspectos, como um passo intermédio no percurso para a transmissão de sinais de TV inteiramente digital.

A norma MAC foi adoptada pelo conselho da Europa em 1986, mas não alcançou o êxito que se esperava, devido quer à sua implementação tardia, quer ao concomitante desenvolvimento da Televisão Digital mais cedo do que o esperado⁹⁷. Apesar disso, acabou sendo adoptado como uma das normas para difusão por cabo, na sua variante conhecida, a D2-MAC.

A D2-MAC substitui a multiplexagem por divisão na frequência das normas para sinal composto – partilha de largura de banda pelos sinais de luminância, crominância e som – por uma multiplexagem por divisão no tempo (*time sharing*).

O processo de multiplexagem por divisão no tempo tem a vantagem de eliminar por completo os efeitos de cruzamento de cor e de luminância e, na largura de banda da luminância, de 5 MHz, proporciona uma melhoria substancial quando comparada com o PAL ou o SECAM.

A melhoria do áudio foi conseguida com a introdução do som digital, num formato semelhante ao NICAM, e transmitido digitalmente, em vez de pela tradicional portadora de FM.

Tal como no SECAM, os componentes cromáticos, C_b , e C_r , são transmitidos alternadamente, de linha em linha, de forma a reduzir a largura de banda necessária e a obter resoluções de crominância equivalentes ao longo dos dois eixos da imagem⁹⁸.

Assim, no lado do transmissor, os sinais de luminância (Y) e crominância (C_b , C_r) passam por um processo de amostragem, conversão analógico-digital, compressão no tempo – por um factor de 2/3 para Y e de 1/3 para C_b , C_r , – e, se necessário, são misturados para condicionar o acesso. Finalmente, são reconvertidos num sinal analógico, de forma a serem transmitidos sequencialmente dentro do tempo de duração de uma linha.

A parte da linha que seria normalmente ocupada pela sincronização e *blanking* é substituída por um *burst*, dito de dados duobinários⁹⁹. Estes dados transportam o som

⁹⁷ Logo em 1989, a Decisão 89/337/EEC apelou à introdução da HDTV e, em 1993, arrancou o projecto europeu DVB – *Digital Video Broadcast*.

⁹⁸ Esta resolução corresponde ao chamado formato profissional 4:2:2 usado nos estúdios de TV.

digital, o sincronismo e outra informação, tal como teletexto, legendas e formato de imagem (4/3 ou 16/9) e, para além disso, para os programas de *pay TV*, carregam as mensagens de controlo de acessos do sistema de codificação de vídeo¹⁰⁰.

2.8.1.2 – PALplus

O sistema PALplus, desenvolvido entre 1990 e 1992, é um sistema de transmissão PAL, de 625 linhas, melhorado, que permite a transmissão terrestre de imagens tipo “grande ecrã”, formato 16/9, suplantando algumas deficiências do PAL, mas, ao mesmo tempo, mantendo um alto nível de compatibilidade com as infra-estruturas e os receptores PAL existentes¹⁰¹.

Depois de um período experimental, o PALplus começou oficialmente as emissões em 1995.

Para manter a compatibilidade com o velho PAL, o que o codificador PALplus faz é transformar as 576 linhas úteis de uma imagem 16/9 numa imagem 4/3 em formato “caixa de correio” (*letterbox*) – um formato frequentemente usado para a transmissão de filmes na TV, com duas faixas pretas horizontais, uma acima e outra abaixo da imagem. A parte visível ocupa apenas 432 linhas ($576 \times \frac{3}{4}$) num receptor 4/3 e a informação adicional para um receptor PALplus é codificada nas restantes 144 linhas”.

Sob boas condições de recepção (elevada relação sinal/ruído), o sistema PALplus proporciona uma qualidade subjectiva equivalente ao D2-MAC, num receptor 16/9. O PALplus permitiu também melhorar a qualidade áudio com a introdução de som digital NICAM estéreo.

O sistema PALplus é assim, um sistema de transição para HDTV, que melhora o sistema PAL existente sem o substituir completamente.

⁹⁹ daí o D2 em D2-MAC.

Um sinal duobinário é um sinal codificado com um código pseudobinário, em que o bit “0” (“zero”) é representado por um nível eléctrico, tensão ou corrente, de valor zero; o bit “1” (“um”) é representado por um nível positivo, de tensão ou de corrente, se a quantidade de bits “0” desde o último “1” for par, e por um nível negativo, de tensão ou de corrente, se a quantidade de bits “0” desde o último “1” for ímpar.

Os sinais duobinários requerem menos largura de banda do que os sinais NRZ (*non-return-to-zero*: um código em que os “1s” são representados por uma condição significativa e os “0s” são representados por outra, sem que haja uma condição neutra ou de repouso).

Os sinais duobinários também permitem efectuar detecção de alguns erros, sem ser necessário acrescentar bits de detecção.

(Institute for Telecommunication Science – http://www.its.blrdoc.gov/fs-1037/dir-013/_1844.htm
2006-11-05 15:45)

¹⁰⁰ O D2-MAC usa o sistema de codificação Eurocrypt, precursor do sistema de codificação da norma DVB-CSA.

¹⁰¹ ETSI – documento ETS 300 731 – Enhanced 625-line Phased Alternate Line (PAL) television

2.8.2 – Sistemas de TV de alta definição

A indústria de difusão caminha a passos largos em direcção à conversão dos sistemas convencionais de Televisão para a Alta Definição (HDTV), um processo que, presumivelmente, estará completo algures ainda nesta década. Isto são boas notícias. A HDTV é melhor do que a EDTV e muito melhor do que a televisão convencional. Por duas razões: primeiro, aumenta o número de linhas de varrimento no ecrã, o que nos permite obter imagens mais nítidas e com mais detalhe; segundo, dá-nos uma imagem mais larga que se parece mais com a de um ecrã de cinema do que a velha TV, quase quadrada.

A diferença de qualidade de imagem entre a HDTV e a televisão *standard* (SDTV – *Standard Definition Television*) é imediatamente perceptível. Enquanto a SDTV tem uma relação de proporcionalidade de 4:3 e apenas 480 ou 576 linhas efectivas – respectivamente, com a norma em uso têm nos EUA e no Japão (NTSC), ou com as normas em uso na Europa (PAL e SECAM) – sempre em formato entrelaçado, a HDTV surgiu com uma relação de proporcionalidade de 16:9 e dois *standards*: 1080 linhas efectivas com varrimento entrelaçado ou 720 linhas efectivas com varrimento progressivo.

Quaisquer que sejam as normas usadas na comparação, a resolução vertical dos sistemas HDTV é sempre muito melhor que a dos sistemas SDTV.

	HDTV		SDTV	
	1080i	720p	NTSC	PAL/SECAM
Número total de linhas	1125	750	525	625
Linhas efectivas	1080	720	480	576
Pixels efectivos por linha	1920/1440	1280	720	
Forma de varrimento	Entrelaçado	Progressivo	Entrelaçado	
Relação de proporcionalidade	16 : 9		4 : 3	

Tabela 2.1 – Comparação entre os sistemas HDTV e SDTV.

À partida, poder-se-ia pensar que o 1080i é melhor porque tem mais linhas de varrimento e que, portanto seria capaz de exibir imagens com mais detalhes. Porém, como há tantos dados no formato 1080 linhas, cada quadro tem que ser separado em linhas pares e ímpares e difundido meio-quadro de cada vez num formato entrelaçado,

como nos sistemas de televisão convencionais. Isto introduz o mesmo tipo de deficiências desses sistemas, que já conhecemos, mas que são menores e menos perceptíveis, uma vez que existem mais linhas de varrimento.

O formato 720p, apesar de ter menos linhas, graças ao varrimento progressivo de origem elimina muitos dos defeitos criados pelo varrimento entrelaçado. Assim, para situações em que há muito movimento – um jogo de futebol, por exemplo – obtém-se uma imagem mais nítida e mais estável com 720p do que com 1080i. Em contrapartida, em situações com pouco movimento, o 1080i é capaz de proporcionar imagens com mais detalhe.

A verdade é que tanto o 1080i como o 720p são excelentes formatos de HDTV. Não se pode dizer que um deles é melhor do que o outro, apenas que cada um se adequa melhor a determinada situação. Quando bem produzidos, ambos são claramente superiores ao formato de 480 linhas que temos hoje.

E, o melhor de tudo, é que não temos que nos preocupar com a norma que a estação emissora esteja a usar, pois os televisores, ou os projectores HDTV estão preparados para lidar com ambos os formatos.

2.8.3 – Os sistemas HDTV pioneiros (analógicos)

Na Europa e no Japão foram ensaiados sistemas HDTV ainda antes da opção pela Televisão Digital.

2.8.3.1 – O vetusto sistema francês de 819 linhas

Quando a Europa retomou as transmissões de Televisão, após a 2ª Guerra Mundial, no fim dos anos 1940 e início dos anos 1950, quase todos os países normalizaram os seus sistemas de televisão em 625 linhas. As duas excepções foram o sistema inglês, com 405 linhas, que já havia sido introduzido em 1936, e o sistema francês com 819 linhas, introduzido em 1948. O sistema francês talvez possa ser considerado o primeiro sistema HDTV do mundo e, pelas normas actuais, seria chamado de 755i. Foi usado apenas pela TF1 – O primeiro canal da televisão francesa – bem como por emissores da Bélgica e do Mónaco. Porém, a qualidade teórica da imagem excedia as capacidades dos equipamentos existentes na altura, e cada canal de 819 linhas ocupava uma largura de banda de 14 MHz na banda de VHF.

Quando no final dos anos 1960, em quase todos os países da Europa, foi introduzida e televisão a cores e um segundo canal, o Reino Unido, a começar com a BBC Dois, em 1964, adoptou o sistema de 625 linhas. Da mesma forma, e apesar de algumas tentativas para criar uma versão SECAM do sistema de 819 linhas a cores, a França

abandonou-o a favor das 625 linhas (com a última transmissão a 819 linhas em Paris, em 1986).

2.8.3.2 – O MUSE no Japão

A norma MUSE – Multiple Sub-Nyquist-Sampling Encoding – foi estabelecida no Japão, em 1984¹⁰², como resultado dos esforços iniciados em 1979 para conseguir transformar em realidade a miragem da HDTV. Desenvolvido pela NHK STRL¹⁰³, que o baptizou como “Hi-Vision”, o sistema começou a ser usado para difusão no início da década de 1990. Este formato de difusão, ainda baseado em tecnologia de sinais analógicos, é comumente considerado o verdadeiro precursor dos sistemas HDTV.

O sistema MUSE é um sistema de 1125 linhas, das quais 1035 transportam informação de imagem (as restantes são, naturalmente, para sincronismo vertical), com varrimento entrelaçado, a 60 Hz (1035i60).

Dada a elevada largura de banda que utiliza (20 MHz), o MUSE foi usado, essencialmente, para difusão directa por satélite (DBS – Direct Broadcast by Satellite), já que o Japão suporta economicamente este tipo de difusão, usando modulação em frequência (FM) sem compressão.

Para difusão terrestre foi previsto o recurso a FM com limitação de largura de banda, um modo de transmissão muito afectado por sombras e interferência resultante de múltiplos caminhos de propagação.

Tendo em conta as limitações tecnológicas da sua época, o MUSE foi um sistema bastante avançado e ainda está em uso¹⁰⁴, apesar do Japão ter há muito iniciado a migração para a HDTV digital (com a norma ISDB).

2.8.3.3 – O HD-MAC na Europa

A norma HD-MAC, elaborada a partir da norma MAC, foi proposta pela Comissão Europeia, em 1986, na tentativa de estabelecer uma norma HDTV para a Europa¹⁰⁵.

Tal como a norma D2-MAC, que havia sido anteriormente adoptada como uma das normas para difusão por cabo, e da qual derivava, a HD-MAC era uma intrincada mistura de vídeo analógico multiplexada com som digital. O sinal de vídeo incluía 1250

¹⁰² A NHK havia demonstrado o seu sistema na Europa, em 1982, na Irlanda, para a EBU – European Broadcasting Union. O sistema foi rejeitado na Europa, principalmente devido ao custo de adaptar a taxa de refrescamento (60 Hz) aos sistemas europeus (50 Hz), que optou por desenvolver o seu próprio sistema, na altura baseado na família MAC.

¹⁰³ A NHK desenvolveu o MUSE ao mesmo tempo que trabalhava no desenvolvimento do primeiro sistema de produção de HDTV para produção em estúdio e para intercâmbio internacional de programas de televisão, mesmo entre regiões com diferentes *standards*, o seu principal objectivo.

¹⁰⁴ O fim das emissões em MUSE está previsto para 2007.

¹⁰⁵ O chamado projecto Eureka 95 que seria abandonado em Janeiro de 1993

linhas, das quais 1152 visíveis, a 50 quadros/s e uma relação de proporcionalidade de 16:9.

Apesar de terem sido efectuadas algumas transmissões experimentais com o sistema HD-MAC – por exemplo durante os Jogos Olímpicos de 1992 – os receptores de HD-MAC não chegaram a ser introduzidos no mercado da electrónica de consumo.

O sistema foi definitivamente abandonado em 1993, quando a UE e a EBU resolveram concentrar os seus esforços na Televisão Digital, com a norma DVB (Digital Video Broadcasting), que permite tanto SDTV como HDTV.

2.8.4 – Os sistemas actuais para difusão de HDTV (digitais)

O movimento para a implementação da HDTV concentrou os seus esforços de uniformização, em primeiro lugar, ao nível dos sistemas de produção, de forma a facilitar a distribuição de conteúdos, evitando os problemas existentes com os anteriores sistemas analógicos.

Assim, a primeira versão da norma para HDTV digital, foi aprovada em 1990 pelo CCIR ¹⁰⁶ (Recomendação ITU-R 709). Na altura não foi conseguido acordo em relação a alguns aspectos fundamentais, como o número de linhas de varrimento, que só viria a ser unificado em 2000, na quarta revisão da norma (Nota 3.7).

Actualmente, os sistemas de difusão de HDTV baseiam-se em tecnologia digital, que entretanto foi desenvolvida e que requer menos largura de banda ¹⁰⁷. A norma HDTV aprovada para estúdio, esteve na base dos principais sistemas de difusão de HDTV actualmente em uso (ISDB, no Japão, DVB, na Europa, e ATSC, nos EUA), que adoptaram o número de linhas determinado por essa norma.

¹⁰⁶ O CCIR (Comité Consultatif International Radiophonique) é actualmente a ITU-R (International Telecommunications Union – Radiocommunication Sector)

¹⁰⁷ Actualmente a maioria dos serviços HDTV utiliza codificação MPEG2, que também é usada para SDTV. Porém os progressos conseguidos na tecnologia de codificação levaram já à introdução do AVC (*Advanced Video Coding*), uma tecnologia sofisticada que permite transmitir aproximadamente o dobro do conteúdo que a MPEG2 na mesma bit rate. O AVC foi desenvolvido em parceria pela ITU e pela MPEG e é conhecido como ITU-T H.264, ou ISO/IEC14496-10 (MPEG4-Part10)

3 – A TELEVISÃO DIGITAL

Em termos práticos, e a um nível elementar, podemos dizer que a Televisão Digital (DTV) usa técnicas de codificação digital para transportar informação de vídeo e de áudio, bem como sinais de dados, até ao receptor em casa do consumidor¹⁰⁸. Como as transmissões propriamente ditas ainda são analógicas, isto significa que a informação contida nessas transmissões é constituída apenas por dados digitais que modulam um sinal de portadora analógica.

3.1 – FORMATOS DE VÍDEO DIGITAL

Os sistemas profissionais de vídeo já usam formatos digitais desde os anos 1980. É o caso dos formatos D1 (para sinal de vídeo por componentes)¹⁰⁹ e D2 (para sinal de vídeo composto), usados para gravar e editar sinais de vídeo.

3.1.1 – Vídeo por componentes

No formato D1, é feita a digitização de cada um dos componentes do sinal de vídeo (Y, C_b e C_r).

O formato usado em edição profissional é o correspondente à recomendação CCIR-601, estabelecida em 1982, que define os parâmetros de digitalização para sinais de vídeo na forma de componentes, baseada num sinal Y, C_b, C_r de formato 4:2:2 (4 amostragens Y para 2 amostragens C_b e 2 amostragens C_r) com 8 bits por amostragem (com previsão para o estender a 10 bits por amostragem)¹¹⁰.

Para aplicações menos exigentes, em termos de resolução, e tendo em vista a redução da *bit rate*, foram definidos alguns formatos próximos do 4:2:2, mas mais

¹⁰⁸ MORRIS, Steven; SMITH-CHAIGNEAU Anthony: *Interactive TV standards*. 2ª ed. Estados Unidos da América, Elsevier (Focal Press), 2005. ISBN 0-240-80666-2

¹⁰⁹ O formato de vídeo digital D1 foi introduzido, em 1983, pela Sony. Permitia registar sinais de vídeo por componentes, com uma resolução *standard*, sob forma digital não comprimida (em vez da forma de sinal analógico de banda larga usado até então). Este formato era muito dispendioso e acabou naturalmente sendo substituído por outros mais económicos, com recurso a compressão, nomeadamente o sistema Digital Betacam, também da Sony, ainda hoje amplamente usado pelos produtores profissionais de televisão.

¹¹⁰ O então CCIR (Comité Consultatif International des Radiocommunications) normalizou as condições de digitalização (recomendação CCIR-601, que é agora a norma ITU-R BT.601) e de interface paralelo (recomendação CCIR-656) de sinais de vídeo digital na forma de componentes (Y, Cr, Cb em formato 4:2:2).

simplificados. Por ordem decrescente de resolução, esses formatos são: 4:2:0, SIF, CIF e QCIF.

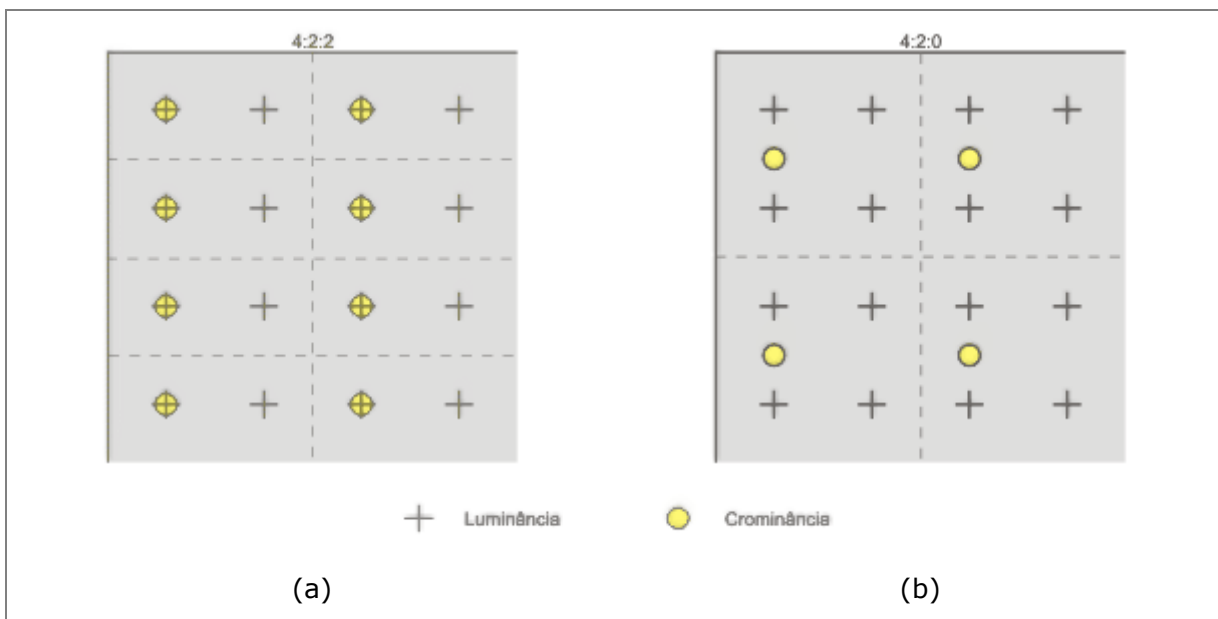


Fig. 3.1 – Posição das amostras (a) Formato 4:2:2; (b) Formato 4:2:0

Para o transporte do sinal, a indústria de televisão usa preferencialmente o formato BT.601, com um interface chamado SDI – Serial Digital Interface¹¹¹. Inicialmente usado apenas para transferência de sinal, em cabo coaxial, a pequenas distâncias, no interior dos estúdios, tem vindo a ser usado, mais recentemente, para transferência de sinal entre instalações, em fibra óptica, cobrindo distâncias de alguns quilómetros, por exemplo, entre os estúdios de produção e os centros de difusão.

3.1.2 – Vídeo composto

A digitalização de um sinal composto tem pouca vantagem sobre a sua forma analógica para fins de produção, uma vez que o sinal composto não é muito adequado para a maior parte das operações de manipulação do sinal – edição, compressão – ou para permuta internacional. Praticamente, a única vantagem que tem, é a possibilidade de múltiplas cópias sem degradação.

¹¹¹ O interface digital série (SDI – Serial Digital Interface) é uma norma baseada numa velocidade de transferência de 270 Mbits/s de um sinal de vídeo por componentes, codificado com 10 bits por amostra, de acordo com a norma ITU-R BT.601, e com quatro canais de áudio digital. A maioria dos novos equipamentos para difusão digital incluem um interface SDI o que simplifica muito a sua instalação e a distribuição do sinal. Este interface utiliza um conector BNC standard de 75 Ohm (o mesmo que é utilizado no vídeo analógico) e permite transmitir sinais, sobre cabo coaxial, a cerca de 200 metros.

3.1.3 – *Vantagens dos formatos digitais*

Os formatos de vídeo digitais facilitam a interoperabilidade de equipamentos e a permuta internacional de programas, independentemente do standard de emissão usado para a difusão (NTSC, PAL, SECAM, D2-MAC, MPEG). Além disso, permitem efectuar múltiplas cópias sem qualquer degradação de qualidade, facultam a criação de efeitos especiais, que não seriam possíveis em formato analógico, e simplificam todos os géneros de edição.

3.1.4 – *A inconveniente largura de banda*

O calcanhar de Aquiles dos formatos digitais é a elevada *bit rate* que os torna inadequados para transmissão sem uma compressão prévia do sinal – principalmente dos que têm melhor resolução.

Assim, para que a Televisão Digital se tornasse uma realidade, para além da disponibilidade de formatos digitais, ainda foi necessário criar as condições que permitissem efectuar a necessária compressão.

3.2 – A COMPLEXIDADE OU O PREÇO DA SOFISTICAÇÃO

Como salienta Hervé Benoit¹¹², as condições essenciais para iniciar os serviços de difusão de Televisão Digital só se verificaram após o desenvolvimento de soluções técnica e economicamente viáveis para problemas que podem ser classificados em duas grandes categorias:

- A codificação da fonte – o termo técnico para compressão – que abrange todas as técnicas de compressão de vídeo e áudio usadas para reduzir, tanto quanto possível, a *bit rate* (em termos de Mb/s necessários para transmitir imagens em movimento, com uma dada resolução, e som associado) com a menor degradação perceptível possível na qualidade. Tendo em conta que num canal de RF podem ser transmitidos vários serviços de programas televisivos, além da compressão em MPEG-2 do sinal digitizado, a codificação da fonte inclui a multiplexagem dos sinais dos diversos canais.
- A codificação de canal, que abrange todos os poderosos algoritmos de correcção e as técnicas de modulação espectralmente mais eficientes que lhes estão associadas (em termos de Mb/s por MHz), desenvolvidos tendo em conta a largura de banda disponível e as imperfeições previsíveis do canal de

¹¹² BENOIT, Hervé: *Digital television*. Grã-Bretanha, Elsevier (Focal Press), 2002. ISBN 0-240-51695-8, p. 22.

comunicação. Além da correção de erros de percurso, a codificação do canal inclui também a modulação em RF.

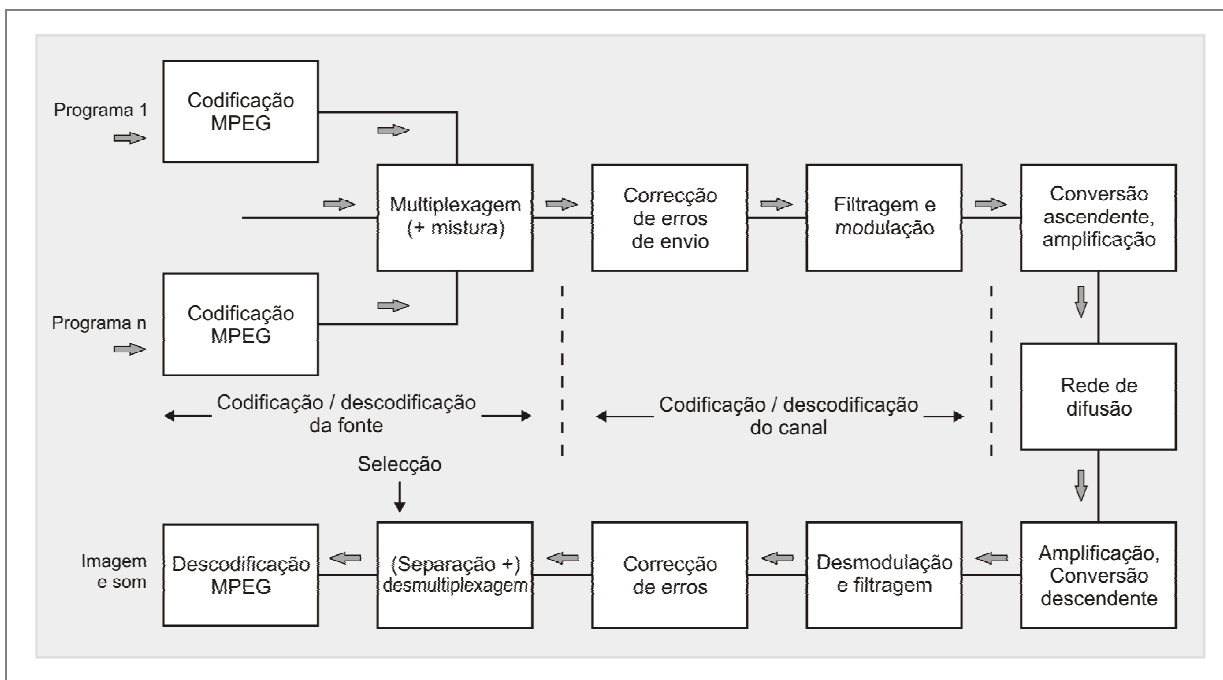


Fig. 3.2 – Sistema de transmissão-recepção de TV digital

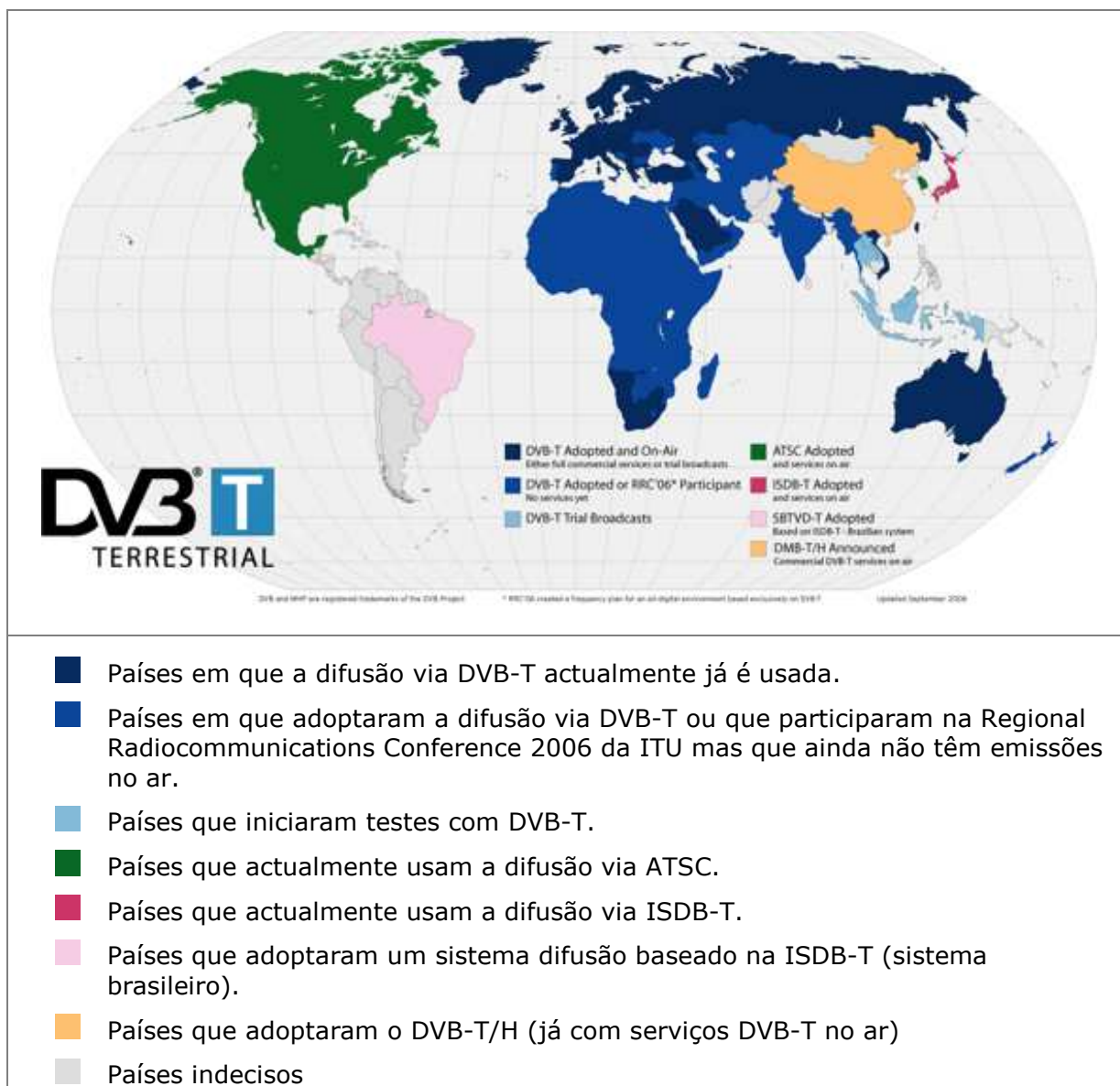
Dito desta forma, parece simples. Porém o processo de transmissão e recepção de TV inteiramente digital é bastante complexo, como ilustra, ainda que de forma muito simplificada, o diagrama na Figura 3.2 onde estão identificadas estas duas grandes categorias.

A complexidade dos sistemas de Televisão Digital é o preço da sua sofisticação.

3.3 – OS SISTEMAS DE TV DIGITAL

Apesar dos esforços que foram feitos para tentar evitar a segmentação do mercado global, como aconteceu com os sistemas analógicos, também para a Televisão Digital surgiram várias normas. As principais, que parecem fadadas para vingar, são: a DVB na Europa, a ATSC nos EUA e a ISDB no Japão. Para além destas, é ainda de referir a norma SCTE usada nos EUA para difusão por cabo.

A Figura 3.3 ilustra a implantação dos principais sistemas de difusão de Televisão Digital.



- Países em que a difusão via DVB-T actualmente já é usada.
- Países em que adoptaram a difusão via DVB-T ou que participaram na Regional Radiocommunications Conference 2006 da ITU mas que ainda não têm emissões no ar.
- Países que iniciaram testes com DVB-T.
- Países que actualmente usam a difusão via ATSC.
- Países que actualmente usam a difusão via ISDB-T.
- Países que adoptaram um sistema difusão baseado na ISDB-T (sistema brasileiro).
- Países que adoptaram o DVB-T/H (já com serviços DVB-T no ar)
- Países indecisos

Fig. 3.3 – Implantação dos principais sistemas de difusão de Televisão Digital (actualizado em Setembro de 2006)

3.3.1 – A DVB na Europa

O chamado Projecto DVB (Digital Video Broadcasting), foi criado em 1993, como um consórcio de organizações da indústria de televisão tanto do sector público como do sector privado. O seu objectivo é estabelecer um quadro de trabalho para a introdução dos serviços de Televisão Digital baseados na norma MPEG-2¹¹³. Actualmente engloba mais de 200 organizações, de mais de 30 países do mundo inteiro, e encoraja a introdução de sistemas, que, tendo em conta as circunstâncias, nomeadamente de

¹¹³ A MPEG-2 é uma norma internacional registada sob a designação ISO/IEC IS 13818-2.

carácter económico, vão ao encontro das necessidades reais das indústrias de electrónica de consumo e de difusão.

A norma DVB determina o recurso à compressão de vídeo MPEG-2, e à compressão de áudio MPEG Layer II, o que tem como resultado a possibilidade de embutir muito mais serviços de programas televisivos na mesma capacidade de canal do que com TV analógica. Por exemplo, um *transponder* de satélite usando DVB pode conter 6 a 8 vezes mais serviços de programas televisivos do que em TV analógica.

A DVB também abre a porta para o mundo dos guias de programação electrónicos, Internet, difusão de dados e televisão interactiva.

Os sistemas de transmissão DVB baseiam-se no conceito de contentores de dados ou condutas de dados, quase isentas de erros¹¹⁴, que podem transportar todos os tipos de dados sobre todos os tipos de meios (satélite, cabo, (S)MATV¹¹⁵, canais terrestres, MMDS¹¹⁶). Os sistemas são, assim, transparentes para SDTV, EDTV e HDTV, para áudio de todos os níveis de qualidade e, de um modo geral, para todos tipos de dados.

Na Europa, a DVB¹¹⁷ desenvolveu normas específicas para os diversos tipos de redes de difusão de DTV: DVB-T para as redes terrestres, DVB-C para as de cabo e DVB-S para as de satélites.

Mais recentemente, a DVB desenvolveu também a norma DVB-T/H para os serviços móveis.

As normas DVB são publicadas pelo ETSI – Europe Telecommunications Standards Institute, e estão disponíveis através dos *sites* da organização.

3.3.2 – A ATSC e a SCTE nos EUA

A norma ATSC foi desenvolvida pela organização com o mesmo nome, a ATSC – The Advanced Television Systems Committee, Inc., uma organização internacional sem fins lucrativos para o desenvolvimento de *standards* voluntários para Televisão Digital.

Criada em 1982, a ATSC tem actualmente cerca de 140 associados, representativos das indústrias de difusão, de equipamentos de difusão, cinematográfica, de electrónica de consumo, de computadores, de cabos, de satélites e de semicondutores¹¹⁸.

¹¹⁴ vide § 4.3.4.3.

¹¹⁵ vide § 4.2.7.2.

¹¹⁶ MMDS – Multichannel Multipoint Distribution Service – tecnologia de telecomunicações sem fio, usada, por exemplo, como alternativa à distribuição de televisão por cabo, em zonas com muito baixa densidade populacional

¹¹⁷ A DVB produz especificações que são subsequentemente normalizadas num dos organismos Europeus de standardização, geralmente o European Telecommunications Standards Institute (ETSI). O ETSI, o Centre for Electrotechnical Standards (CENELEC) e a European Broadcasting Union (EBU) formaram um comité técnico conjunto (JTC – *joint technical committee*) para lidar com a família de normas DVB.

A ATSC trabalha especificamente na coordenação de normas de televisão entre diferentes meios de comunicação, com enfoque na Televisão Digital, sistemas interactivos e comunicações multimedia de banda larga, e no desenvolvimento de estratégias de implementação de Televisão Digital.

A norma ATSC para TV digital inclui televisão de alta definição (HDTV), televisão de definição *standard* (SDTV), difusão de dados, áudio com som envolvente multicanal e difusão por satélite *direct-to-home*.

A norma ATSC está actualmente dividida em diversas partes que fornecem especificação detalhada dos parâmetros do sistema:

- A/53, Part 1:2007, "Digital Television System"
- A/53, Part 2:2007, "RF/Transmission System Characteristics"
- A/53, Part 3:2007, "Service Multiplex and Transport Subsystem Characteristics"
- A/53, Part 4:2007, "MPEG-2 Video System Characteristics"
- A/53, Part 5:2007, "AC-3 Audio System Characteristics"
- A/53, Part 6:2007, "Enhanced AC-3 Audio System Characteristics"

Estes documentos podem ser livremente descarregados do *site* da organização.

No que diz respeito à difusão por cabo, as normas são produzidas pela SCTE – Society of Cable Telecommunications Engineers, que, entre outras actividades, elabora normas para a indústria das telecomunicações por cabo, em consonância com o trabalho de investigação e desenvolvimento produzido pela CableLabs¹¹⁹

A norma ANSI/SCTE 07, "Digital Video Transmission Standard for Cable Television" está disponível no *site* da organização.

3.3.3 – A ISDB no Japão

A norma ISDB é mantida pela organização japonesa de normalização ARIB (*Association of Radio Industries and Businesses*). A ARIB conta actualmente com mais de 270 associados, entre empresas de telecomunicações, empresas e organizações de radiodifusão, empresas de pesquisa, desenvolvimento e produção de equipamento de

¹¹⁸ Os membros fundadores da ATSC foram organizações que integravam a JCIC (Joint Committee on InterSociety Coordination): a EIA (Electronic Industries Association), a IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), a NAB (National Association of Broadcasters), a NCTA (National Cable Television Association) e a SMPTE (Society of Motion Picture Television Engineers)

¹¹⁹ A CableLabs é um consórcio de operadores de sistemas de televisão por cabo que se dedica à pesquisa e ao desenvolvimento de novas soluções para os serviços por cabo.

A SCTE é uma organização para definição de normas para a indústria de telecomunicações por cabo, acreditada pelo ANSI.

rádio, além de diversas empresas e corporações com actividade comercial e de prestação de serviços (bancos, electricidade, gás, etc.).

A ISDB é na verdade um conjunto de especificações onde se incluem as normas nucleares: a ISDB-S (televisão por satélite), a ISDB-T (televisão terrestre), a ISDB-C (televisão por cabo) e a difusão móvel na banda de 2,6 GHz. Todas se baseiam na codificação de vídeo e de áudio e no *stream* de transporte descritos pela norma MPEG-2 e têm capacidade para televisão de alta definição (HDTV).

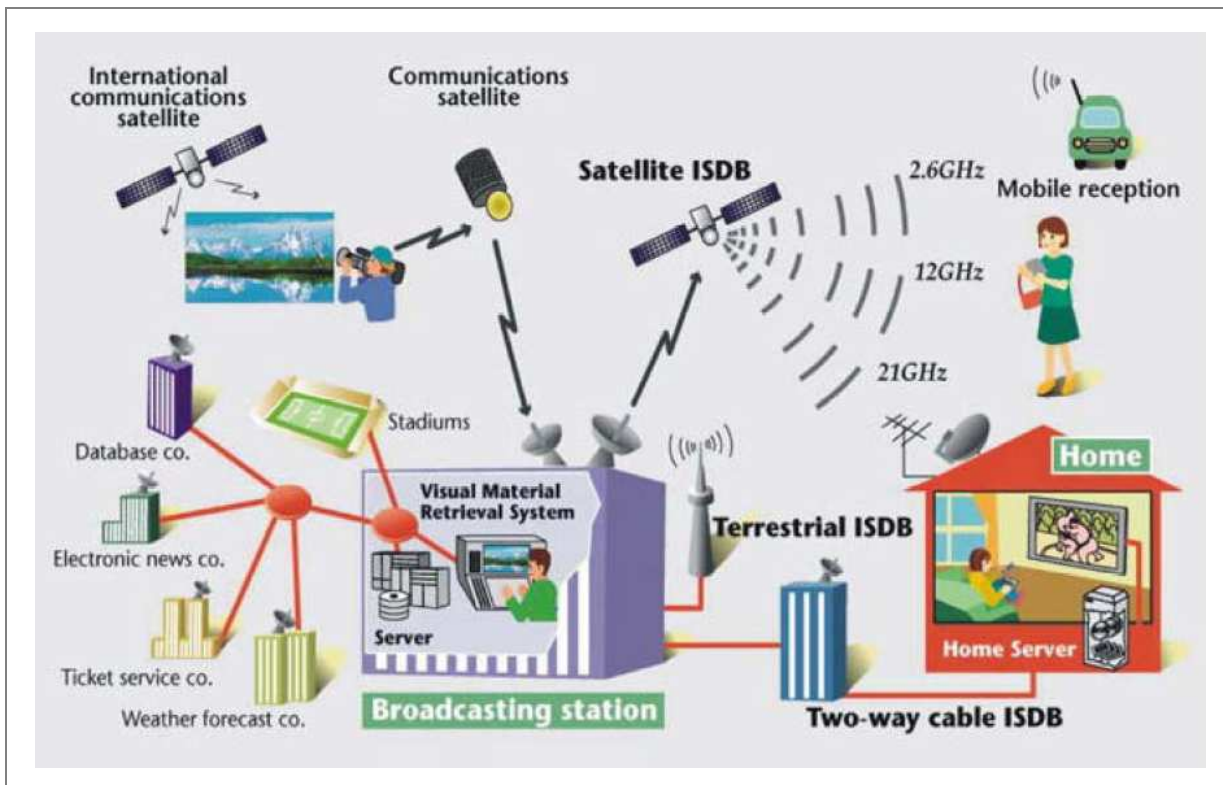


Fig. 3.4 – Utilização das normas ISDB para diversas formas de difusão: *Satellite ISDB*; *Two-way cable ISDB*; *Terrestrial ISDB*; *Mobile reception*.

A norma abrange ainda várias especificações complementares, emitidas também pela ARIB, por exemplo:

- STD-B10, "Service Information for Digital Broadcasting System"
- STD-B24, "Data Coding and System Specification for Digital Broadcasting"
- STD-B25, "Access Control System Specification for Digital Broadcasting"
- STD-B29, "Transmission System for System for Digital Terrestrial Sound Broadcasting"

- STD-B31, “Transmission System for System for Digital Terrestrial Television Broadcasting”
- STD-B32, “Video Coding, Audio Coding and Multiplexing Specification for Digital Broadcasting”

As normas podem ser obtidas gratuitamente, quer junto da ARIB, quer no *website* de outra organização japonesa, o DiBEG (*Digital Broadcasting Experts Group*), criado em 1997 para promover a divulgação da ISDB.

3.3.4 – Similaridades e diferenças

A fase de codificação é muito semelhante em todas as normas, pois todas elas aceitaram a MPEG-2 como a única norma para compressão de vídeo digital (Nota 3.8). Na compressão do áudio já começam a surgir diferenças. A Europa e o Japão optaram pela compressão áudio MPEG (AAC – *Advanced Audio Coding*), enquanto os EUA preferiram usar a norma Dolby AC-3.

Mas, é a fase de codificação de canal (que adiciona redundância “controlada” aos dados multiplexados para os imunizar contra os erros produzidos por diferentes problemas no canal), sobretudo a forma de modulação (que converte esses dados num sinal analógico que é adequado para a transmissão via amplificadores de potência), que marca as diferenças. Por exemplo, para a difusão terrestre, onde o processo é mais complexo:

- A Europa adoptou a especificação DVB-T (DVB – Terrestrial) para a qual escolheu a tecnologia de transmissão COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*);
- Nos EUA, o ATSC (Advanced Television Systems Committee) escolheu um sistema usando a tecnologia 8-VSB (*8 level - vestigial sideband*) (Nota 3.9); O Canadá e a Coreia do sul adoptaram o mesmo sistema;
- O Japão através do seu DiBEG (Digital Broadcasting Experts Group) pegou no COFDM e criou a sua própria variante, que inclui *time interleaving*, e a que chamou ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting, Terrestrial);

A maioria dos operadores de cabo usam a tecnologia QAM (*quadrature amplitude modulation*), que se revela a mais adequada para sistemas de difusão por cabo, apesar de diferentes sistemas usarem diferentes parâmetros de transmissão que nem sempre são compatíveis – na Europa, a DVB definiu a norma DVB-C (DVB – Cable) enquanto que, nos EUA, a CableLabs definiu a norma OpenCable.

A maioria dos operadores de satélite usam a modulação QPSK (*quadrature phase-shift keying*), apesar de, mais uma vez, existirem diversas variantes – a DVB definiu a norma DVB-S (DVB – Satellite) para a difusão por satélite, enquanto a ATSC optou pelas normas A/80 e A/81.

Por outro lado, o Brasil e a China que (mais uma vez) tinham decidido favorecer a alternativa de produção de normas de difusão *home-grown* de forma a evitar as questões relacionadas com propriedade intelectual exterior ao país, parecem ter mudado de estratégia. Assim, recentemente, o Brasil adoptou a solução ISDB-T (é a primeira vez que uma norma de televisão baseada na norma japonesa é adoptada por um país estrangeiro) e a China optou pela solução DVB-T/H.

Outro aspecto em que as diferenças se fazem sentir é nas normas adoptadas para o *middleware*. Tal como escolheram diferentes sistemas de modulação, a Europa, os EUA e ao Japão, também escolheram diferentes *standards* para a informação do serviço¹²⁰ e para a difusão de dados. Assim, apesar de terem decidido criar normas abertas para o *middleware*, cada um dos respectivos organismos reguladores produziu diferentes normas para o *middleware*, desenhadas para trabalhar com os outras normas para DTV que eles próprios já tinham produzido.

Na Europa, a DVB desenvolveu um *middleware* único para os diversos tipos de redes de DTV, baseado nas características comuns das suas próprias especificações (DVB-T para as redes terrestres, DVB-C para as de cabo e DVB-S para as de satélites), que normalizou com a denominação MHP – *Multimedia Home Platform*.

Nos EUA, a ATSC, desenvolveu o sistema de *middleware* DASE – *Digital TV Applications Software Environment* – baseado nas suas normas para DTV. Este tem vindo a ser usado como base para a próxima geração de normas ACAP¹²¹. O Canadá e a Coreia também adoptaram as normas ATSC, incluindo a ACAP, para os seus serviços de transmissão terrestre. No que diz respeito aos sistemas de difusão por cabo nos EUA, as normas foram produzidas pela CableLabs, que modificou as normas ATSC para a informação do serviço, de forma a torná-las mais ajustadas à transmissão por meio de cabo. A CableLabs desenvolveu a norma para *middleware* OCAP¹²² que contempla uma série de características específicas das redes de cabo dos EUA.

¹²⁰ A informação necessária para descodificar os serviços ITV (os serviços interactivos possíveis com a DTV). Um programa de TV digital não é interactivo de per se. A interactividade é adicionada por um serviço ITV, isto é, um serviço de informação interactivo para Televisão Digital

¹²¹ A especificação ACAP (Advanced Common Applications Platform), derivada da DASE e da MHP, por intermédio da GEM, foi introduzida pela CableLabs em 2003.

¹²² A especificação OCAP (OpenCable Application Platform), também derivada da MHP, define um conjunto de interfaces comuns para aplicações, formatos de dados e protocolos para serviços interactivos por cabo. Como tal, os operadores de cabo, fornecedores de conteúdos e fabricantes de electrónica de consumo ao escreverem aplicações de acordo com a especificação, sabem que elas correrão em todos os dispositivos compatíveis com OCAP.

A japonesa DIBEG criou a linguagem BML – *Broadcast Markup Language* – para *ITV*. Não são conhecidos utilizadores deste sistema fora do Japão e a organização de normalização japonesa ARIB – *Association of Radio Industries and Business* – está actualmente a desenvolver um *standard* mais avançado para *middleware* que se aproxima mais do MHP.

O Brasil, ao decidir produzir internamente normas alternativas para *broadcasting* em transmissão terrestre, criou outro desafio para a normalização do *middleware* e do GEM – Globally Executable MHP¹²³.

Contudo, o panorama da diversidade ainda não está completo. O Brasil, a China e o Japão usam DVB-C para os serviços por cabo e alguns operadores de satélite dos EUA usam a norma DVB-S. Mas, o mais complicado de todos os cenários, parece ser o da Coreia devido à mistura dos diferentes sistemas de transmissão seleccionados: o OCAP foi escolhido para a rede de cabo, a MHP para a rede de satélite e a ACAP para a rede terrestre.

3.4 – A TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DTV SEGUNDO A NORMA DVB

Um olhar, ainda que ligeiro, sobre o processo de transmissão e recepção de DTV permite perceber um pouco melhor a sua complexidade. São várias as fases de processamento que o sinal de TV tem que percorrer desde a sua origem até ser exibido no ecrã do espectador.

A descrição que se segue refere-se à norma europeia DVB, naturalmente adoptada também por Portugal.

3.4.1 – Codificação da fonte

O primeiro passo para a difusão de programas de DTV, consiste em fazer passar os sinais de vídeo e de áudio por codificadores MPEG-2¹²⁴.

O codificador MPEG-2¹²⁵ é uma espécie de caixa de ferramentas de compressão. A ferramenta usada depende dos níveis de resolução e de compressão pretendidos.

Estão definidos quatro níveis de resolução:

- nível baixo – correspondente à resolução SIF, até 360 × 288 pixels;
- nível principal – corresponde à resolução standard 4:2:0, até 720 × 576 pixels;

¹²³ A GEM, só por si não é uma especificação mas um quadro de referência para as organizações que queiram definir, em colaboração com a DVB, especificações baseadas na MHP – como é o caso da CableLabs.

¹²⁴ Esta operação situa-se no chamado nível de compressão da norma (*MPEG compression layer*)

¹²⁵ vide § 4.1.7.6.

- nível alto-1440 – visa a HDTV, resolução até 1440 × 1152 pixels;
- nível alto – otimizado para HDTV *wide screen*, resolução até 1920 × 1152 pixels;

Em relação à compressão, uma questão um pouco mais complicada, são definidos cinco perfis possíveis que determinam o grau de complexidade do codificador e do decodificador. Nem todas as combinações possíveis de níveis e perfis têm interesse prático. Actualmente, a combinação mais importante, usada para difusão na Europa, é a do chamado perfil principal com o nível principal (MP@ML – *main profile at main level*). Esta combinação corresponde à codificação MPEG-2 de imagens entrelaçadas em formato 4:2:0 com uma resolução de 720 × 480 pixels a 25 Hz, incluindo codificação de imagens I, P e B, e produz geralmente uma *bit rate* entre 4 Mb/s (que proporciona uma qualidade semelhante ao PAL ou ao SECAM) e 9 Mb/s (que se aproxima da qualidade para estúdio ditada pela norma CCIR-601).

3.4.2 – Multiplexagem das fontes e condicionamento do acesso

Numa segunda fase do processo, os *streams* elementares (ES) – de vídeo, de áudio e eventualmente outros com informação privada – são combinados, de uma forma organizada, e complementados com informação adicional necessária na recepção para efectuar a sua separação, a sincronização da imagem e do som e a selecção pelo utilizador das componentes que lhe interessam. Produz-se assim um único *bitstream*, que contém vídeo, áudio e informação privada¹²⁶.

Para isso, cada *stream* elementar é cortada em lotes (*packets*) que formam *streams* elementares de lotes (PES – *packetized elementary streams*). Nesta fase os quadros de imagem e as amostras de áudio perdem a sua individualidade e passam a existir apenas lotes de bits MPEG-2. Um lote de bits de vídeo MPEG-2 pode incluir até 16 *streams* elementares, enquanto um de áudio comporta até 32 ES e um de informação privada até 2 ES. Em cada lote, pode ser incluída, além das outras informações necessárias para a descodificação, uma referência horária para possibilitar a sincronização de áudio e vídeo no receptor¹²⁷.

¹²⁶ Esta operação situa-se no chamado nível de sistema da norma (*MPEG system layer*) que combina os vários componentes de um programa digital num *stream* de transporte multi-programa. Nesses componentes incluem-se: vídeo comprimido, áudio comprimido, dados, informação horária, informação do sistema, informação para acesso condicional, dados relacionados com o programa. O nível de sistema foi definido pela norma ISO-IEC 13818-1.

¹²⁷ A referência temporal incluída num trecho de um pacote pode ser de um de dois tipos: uma referência que permite ao decodificador saber quando deve descodificar um quadro (DTS – *decoding time stamp*), ou uma referência que o decodificador usa para saber quando deve exibir um quadro (PTS – *presentation time stamp*).

Os lotes são depois agrupados em pacotes (*packs*) aos quais são também adicionadas informações do sistema, incluindo uma referência de relógio usada na recepção para sincronizar o relógio do decodificador com o do codificador ¹²⁸.

A norma MPEG-2 prevê duas formas de empacotamento para dois tipos diferentes de aplicação. Assim, os *streams* produzidos são diferentes, conforme se trate de uma aplicação onde o número de erros introduzido pelo canal é muito baixo ¹²⁹ – por exemplo, para armazenamento – ou de uma aplicação em que, pelo contrário, o número de erros introduzido pelo canal é relativamente elevado – como no caso da televisão em que há necessidade de transportar o sinal a longas distâncias ¹³⁰. A Figura 3.5 ilustra o esquema de princípio de construção destes dois tipos de *stream*.

No caso que nos interessa, a transmissão de televisão, o *stream* de transporte é composto por pacotes relativamente pequenos – 188 bytes – de forma a facilitar a implementação de algoritmos de correcção de erros eficientes. Este tipo de *stream* pode combinar num único *multiplex* vários programas – cerca de quatro a oito serviços de programas televisivos por canal de RF, dependendo dos parâmetros escolhidos para a codificação.

Assim, para que o receptor possa encontrar a informação certa neste emaranhado de bits, o *stream* de transporte MPEG-2 inclui a chamada informação específica dos programas (PSI – *program specific information*) (Nota 3.10).

Mas isto não é tudo. O processo pode ser ainda mais complicado. Acontece que, com o aumento do número de emissões de televisão em formato digital, está a diminuir a proporção dos programas difundidos com acesso livre. Para garantir o pagamento pelos subscritores do serviço, as distribuidoras de programas pagos têm que condicionar o acesso a esses programas, o que é feito baralhando (*scrambling*) a informação no emissor – uma operação que consiste basicamente em trocar a ordem das parcelas de informação que vão no *stream* de transporte – que depois têm que ser correctamente reordenadas nos receptores que tenham acesso autorizado (os dos utentes que pagam o serviço).

¹²⁸ Trata-se aqui da referência do relógio do programa (PCR – *program clock reference*) que é usada no decodificador para sincronizar o relógio do sistema (STC – *system time clock*), o qual fornece a base de tempo e unidade de medida comum para as referências de descodificação e de exibição dos quadros (DTS e PTS). Na norma MPEG-1 era designada como referência do relógio do sistema (SCR – *system clock reference*).

¹²⁹ São os chamados meios quase isentos de erro (QEF – *quasi error-free*) com uma taxa de erros em bits (BER – *bit error rate*) < 10⁻¹⁰.

¹³⁰ São os meios propensos a erros (*error-prone*) com uma BER > 10⁻⁴.

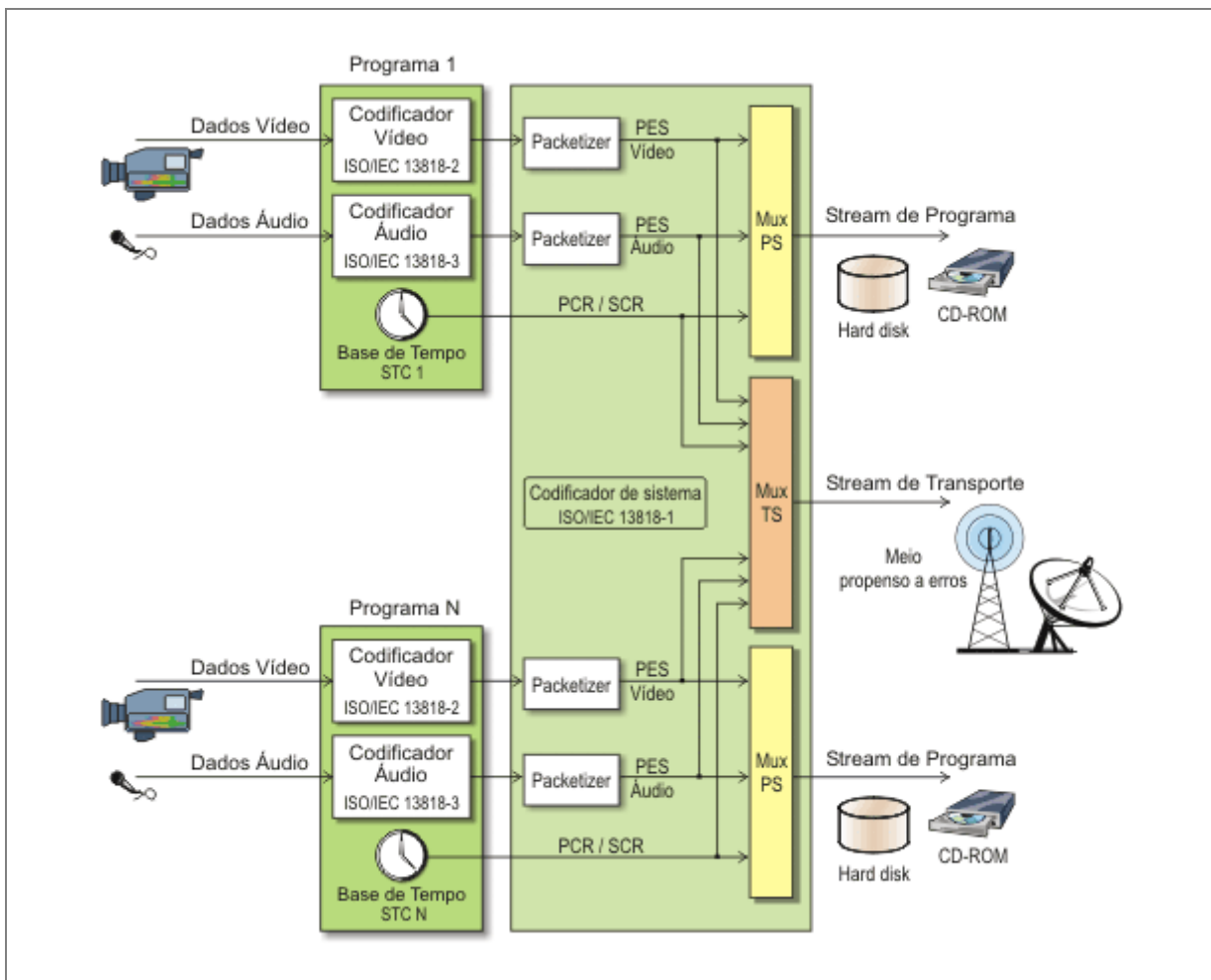


Fig. 3.5 – Diagrama conceptual da geração dos *streams* de programa e transporte em MPEG-2.

A norma DVB prevê a possibilidade do *scrambling* ser feito em dois níveis diferentes, nos pacotes do nível de transporte ou nos lotes de *streams* elementares (PES), não podendo ambos ser usados simultaneamente¹³¹.

Neste caso, para além da informação referente a cada programa e da informação do guia electrónico de programação (EPG – *Electronic Program Guide*), o *stream* de transporte MPEG-2 inclui também a informação que permite que os decodificadores dos utilizadores autorizados possam aceder aos programas com acesso condicionado.

3.4.3 – Codificação de canal

Uma vez concluída a codificação da fonte, incluindo a multiplexagem e eventual *scrambling*, o *stream* de transporte está disponível para ser enviado aos consumidores através de uma ligação em radiofrequência (por satélite, cabo ou rede terrestre).

¹³¹ O *scrambling* nos lotes de *streams* elementares é feito geralmente no nível de compressão e apresenta mais limitações do que quando é feito nos pacotes de transporte.

Desafortunadamente, estes meios de transmissão não estão isentos de erros. Bem pelo contrário, são muito propensos a erros provocados por perturbações que afectam o sinal (ruído, interferência, ecos). Ora um sinal de Televisão Digital, ao qual foram suprimidas quase todas as redundâncias, exige uma taxa de erros extremamente baixa para ter um bom desempenho. Não sendo esse o caso, antes de efectuar a modulação de radiofrequência, há que tomar medidas de precaução para permitir que, na recepção, possa ser detectada a maioria dos erros introduzidos pelo canal de transmissão e, tanto quanto possível, efectuada a sua correcção. Estas medidas de precaução, designadas genericamente como correcção de erros de percurso (FEC – *forward error correction*) ou codificação de canal¹³², consistem, quase sempre, em reintroduzir redundância no sinal, mas agora uma redundância calculada. Estas medidas reduzem pois a eficiência da codificação da fonte mas melhoram o desempenho do sinal.

As medidas específicas de correcção dependem da natureza do canal de transmissão. É interessante notar que, qualquer que seja o caso, se estabelece uma espécie de canal virtual, quase isento de erros, entre a entrada de codificação do canal no emissor e a saída de descodificação de canal no receptor, que é muitas vezes designado por “super canal”.

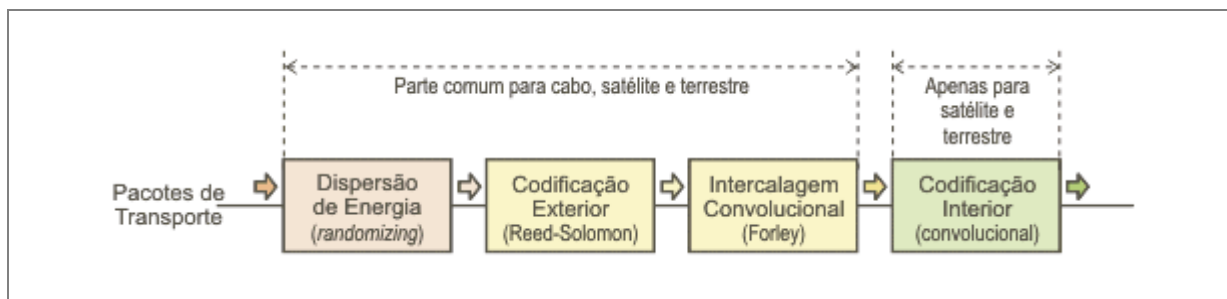


Fig. 3.6 – Principais operações no processo de codificação de erros de percurso em DVB.

A norma DVB define quatro operações principais no processo de codificação de erros de percurso, como mostra a Figura 3.6.

As três primeiras operações são comuns a todos os meios de transmissão e a última apenas nos casos de transmissão terrestre e por satélite. Muito resumidamente, podemos caracterizar estas operações¹³³ da seguinte forma:

¹³² Para alguns autores, o termo “codificação de canal” inclui o processo de modulação.

¹³³ Estas operações de codificação assentam em teoria muito complexa com elevado grau de desenvolvimento matemático.

- a dispersão de energia – baralha novamente o sinal com o objectivo evitar longas sequências de `0's ou de `1's que possam introduzir uma componente contínua no sinal;
- a codificação exterior – é feita com recurso à codificação Reed-Solomon, (abreviadamente RS), e introduz alguma redundância no sinal acrescentando bits de paridade a seguir aos bytes de informação dos pacotes de transporte – esta **adição de 16 bytes**, aumenta o tamanho do pacote de 188 para 204 bytes, mas permite que o decodificador, na recepção, corrija até 8 bytes com erro em cada pacote;
- a intercalagem convolucional de Forley (dispersão temporal dos erros) tem como objectivo aumentar a eficiência da codificação Reed-Solomon dispersando no tempo os *bursts* de erros introduzidos pelo canal de comunicação e reduzindo a probabilidade da sua capacidade de correcção (8 bytes/pacote) ser excedida;

No caso das redes de difusão por cabo, a codificação de canal termina aqui. No caso das de satélite e terrestre, a codificação de canal ainda inclui mais um passo:

- a codificação interior – é uma codificação convolucional¹³⁴ que complementa eficazmente a codificação RS e a intercalagem de Forley, corrigindo outro tipo de erros, como os introduzidos por ruído branco com distribuição gaussiana (AWGN – *additive white gaussian noise*)

Na sua forma básica, a codificação convolucional produz dois *streams* para transmissão, cada um com a mesma *bit rate* do *stream* que entra no codificador (isto é, por cada bit que entra no codificador, saem dois). Esta característica do codificador, é expressa pelo valor da chamada taxa de codificação ($R_C = 1/2$), introduz um elevado nível de redundância (100%) e permite reduzir a potência necessária para a emissão (e, portanto, economizar nos emissores e/ou antenas), à custa da duplicação da largura de banda necessária (comparativamente ao *stream* não convolucionado, para a mesma técnica de modulação).

No caso da difusão por satélite, em que os sinais que saem do codificador convolucional são aplicados directamente (após filtragem) às entradas (I e Q) do modulador QPSK, é possível reduzir a redundância, usando uma técnica chamada de *puncturing*, em que nem todos os bits dos *streams* que saem do codificador são usados para a modulação (mapeamento dos símbolos). Desta forma, a

¹³⁴ A codificação convolucional transforma um *stream* em *n streams*, neste caso dois, aumentando assim a sua redundância.

Um dos parâmetros que normalmente descreve os codificadores convolucionais é a taxa de código, RC (code rate), k/n , expressa pela relação entre o número de bits que entram no codificador convolucional (k) e o número de bits, que saem do codificador convolucional, usados para mapear os símbolos (n) num ciclo de codificação.

codificação convulocional multiplica a *bit rate* por um factor entre 1,14 (com $R_C = 7/8$) e 2 ($R_C = 1/2$), o que permite obter as *bit rates* previstas na norma DVB¹³⁵

3.4.4 – Modulação

Depois dos sinais serem submetidos aos processos acima descritos (codificação da fonte, inserção de dados, multiplexagem, eventualmente com *scrambling*, e codificação de canal) obtém-se um *stream* de dados pronto a ser usado na modulação de uma portadora que o levará até aos utilizadores finais.

A técnica de modulação usada varia com o meio de difusão (satélite, cabo ou rede terrestre) e tem que ser optimizada para as diferentes condicionantes específicas de cada canal de difusão – quer sejam restrições técnicas inerentes do meio¹³⁶, quer sejam situações herdadas da TV analógica, com a qual a TV digital ainda tem que coexistir, no que respeita, por exemplo, a largura de banda disponível no canal¹³⁷.

Assim, para a difusão por satélite (DVB-S), onde a relação sinal ruído é mais baixa, a opção foi pela modulação 4-QAM (QPSK)¹³⁸, que permite obter o compromisso mais favorável entre eficiência espectral e taxa de erros (BER).

No caso da difusão por cabo, onde a relação sinal ruído é bem mais favorável, pode ser usada a modulação 64-QAM (6 bits/símbolo)¹³⁹, cerca de três vezes mais eficiente em termos de ocupação espectral¹⁴⁰.

3.4.5 – A difusão terrestre, uma complexidade acrescida

Para a Televisão Digital terrestre, o tipo de modulação é ainda mais complexo e recorre à chamada multiplexagem por divisão em frequências ortogonais (OFDM – *orthogonal frequency division multiplexing*)¹⁴¹.

¹³⁵ As taxas de codificação definidas pela norma DVB para satélite e difusão terrestre, a que correspondem 5 modos de puncturação, são $R_C = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6$ e $7/8$.

¹³⁶ Por exemplo, na recepção de sinal de satélite, a relação sinal-ruído é muito baixa (10 dB, ou menos), mas praticamente não existem ecos. Já na recepção de sinal difundido por cabo, a relação sinal ruído é muito forte (geralmente acima dos 30 dB) mas o sinal pode ser muito afectado por ecos devidos a desadaptações de impedância na rede. No caso da recepção terrestre as condições são as mais difíceis, especialmente na recepção móvel, pois o sinal é afectado por todo o tipo de problemas (ecos, resultantes de múltiplos caminhos de propagação, interferências e grandes variações do nível do sinal).

¹³⁷ Na difusão por satélite, a largura do canal é geralmente entre 27 e 36 MHz, devido à necessidade de usar modulação de frequência (FM) para a transmissão de programas de TV analógica (largura de banda de 6 a 8 MHz, com portadoras de som associadas) decorrente da baixa relação sinal-ruído. Nas redes por cabo e terrestres, a largura do canal varia de 6 MHz, nos EUA, a 7 ou 8 MHz, na Europa, devido ao uso de modulação em amplitude (AM) com banda lateral vestigial (VSB) para vídeo e uma ou mais portadoras de áudio.

¹³⁸ vide § 4.1.8

¹³⁹ As normas americanas chegam mesmo a usar 256-QAM (8 bits/símbolo), que também começa a ser a modulação mais usada na Europa.

¹⁴⁰ No entanto, na recepção, é necessário recorrer a um sistema equalizador de eco para eliminar o efeito dispersivo que os ecos, que afectam a difusão por cabo, têm na constelação de símbolos.

O princípio em que se baseia a OFDM envolve a distribuição de um *stream*, com uma *bit rate* elevada, por um grande número de portadoras ortogonais (de algumas centenas a alguns milhares), pouco espaçadas no domínio da frequência, transportando assim, cada uma delas, uma *bit rate* baixa. Cada uma das portadoras é modelada em QPSK ou QAM (dependendo do compromisso entre a *bit rate* tolerada e a robustez desejada). A norma DVB fixou para a difusão terrestre uma modulação OFDM com 2048 portadoras (2K) ou 8192 portadoras (8K).

A norma DVB-T é usada principalmente na Europa, em canais UHF de 8 MHz de largura, mas foi desenhada para se adaptar também a canais de 7 MHz (VHF na Europa e na Austrália) e de 6 MHz (no continente americano e no Japão) e para coexistir com as transmissões de televisão analógica¹⁴²

Para adaptar o *stream* à modulação OFDM e para aumentar ainda mais a robustez do sistema, depois de passar por uma codificação de canal idêntica à dos sistemas de satélites (norma DVB-S), os dados para sistemas terrestres ainda são sujeitos a um complexo processo de intercalagem que passa por duas etapas:

- a primeira etapa de intercalagem, opera ao nível do bit, e forma matrizes de 126 palavras de 2, 4 ou 6 bits, dependendo da modulação escolhida para as portadoras individuais (QPSK, 16-QAM ou 64-QAM);
- a segunda etapa agrupa essas matrizes em grupos de 12 (modo 2K) ou 48 (modo 8K) para formar os símbolos OFDM, que vão desde 1512×2 bits (modo 2K em QPSK) até 6048×6 bits (modo 8K em 64-QAM) que serão usados para modular 1512 ou 6048 portadoras, respectivamente, em cada um dos modos.

As restantes portadoras são usadas para transportar referências para sincronização do receptor e avaliação de alterações no canal¹⁴³ e também informação sobre os parâmetros da transmissão (TPS – Transmission Parameter Signal), indispensável ao receptor.

A Figura 3.7 mostra um diagrama de blocos do processo de codificação de canal e da modulação em DVB-T. Este diagrama, apesar de simplificado, dá uma ideia de como este processo é bem mais complicado do que no caso da transmissão por cabo ou por satélite.

¹⁴¹ A especificação DVB-T foi concluída em 1997, constando no documento ETSI EN 300 744 – *Digital Video Broadcasting (DVB) - Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*.

¹⁴² Assegurada por uma boa protecção contra interferências, quer de canais adjacentes (ACI – *adjacent channels interference*), que no interior do próprio canal (CCI – *co-channel interference*).

¹⁴³ Trata-se de sinais piloto desenhados para ajudar o receptor a autosincronizar-se com o transmissor e a corrigir distorções lineares relacionadas com os efeitos do canal. Isto pode ser conseguido apenas por avaliação estimativa do canal, a partir das distorções no sinal piloto, e por equalização do canal em função desses resultados.

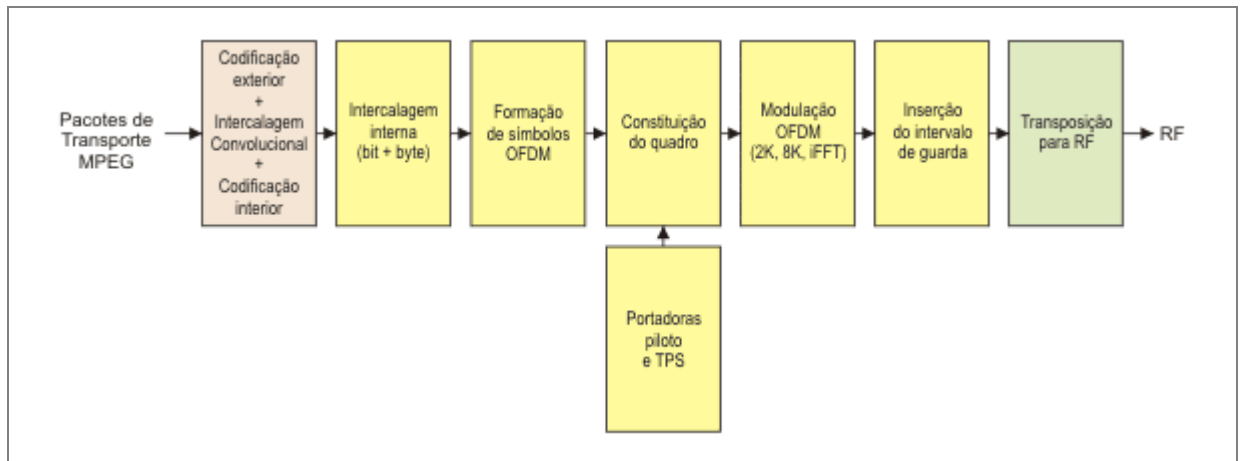


Fig. 3.7 – Principais etapas da codificação de canal e da modulação em DVB-T (as etapas assinaladas a amarelo são específicas da transmissão terrestre).

3.4.5.1 – Principais diferenças nas outras normas

A ATSC, ao nível de compressão, também converte vídeo analógico (HDTV) e áudio (Dolby) em pacotes de transporte MPEG2, cada um com 188 bytes e uma taxa constante de 19,28 Mbps (que no caso da DVB-T é variável entre 5 e 31 Mbps).

No bloco de codificação de canal e modulação, tal como a norma DVB-T, adiciona redundância “controlada” aos dados multiplexados, juntando a cada pacote 20 bytes, que permitem a recuperação de até 10 bytes com erro por pacote. A norma usada para isto é também a codificação Reed-Solomon. Em seguida, um modulador de código Trellis (TCM – Trellis Code Modulator) converte estes bits num *stream* de símbolos 8ASK com uma taxa de codificação de $2/3$ ¹⁴⁴. Estes símbolos são convertidos numa forma de onda VSB analógica (Nota 3.9) que pode ser transmitida via amplificadores de RF. Um piloto de baixa potência é adicionado ao sinal, que pode ser usado pelo receptor para se auto-sincronizar com o transmissor.

A ISDB-T é muito semelhante à DVB-T, apresentando as seguintes principais diferenças:

- tem três modos de número de subportadora OFDM: 2K, 4K, e 8K (a DVB-T não inclui o modo 4K).
- usa DQPSK, além de outras constelações usadas pela DVB-T, para ultrapassar ambiguidades de fase no receptor.

¹⁴⁴ vide § 4.3.4.3.

- inclui um tempo de *interleaving* opcional de até 400 mseg.
- inclui segmentação de largura de banda para permitir a possibilidade de recepção parcial.
- tem uma estrutura de *frame* complexa com uma grande quantidade de ajustes de atrasos.

3.4.6 – Conversão de frequência e emissão

O processo de modulação, sobretudo nos casos do cabo e do satélite, é realizado sobre uma portadora com uma frequência inferior à efectivamente utilizada na emissão¹⁴⁵. Isto significa que os sinais I e Q modulam (QPSK para satélite e QAM para cabo) uma portadora de frequência intermédia (IF – *intermediate frequency*) da ordem dos 70 MHz.

O sinal em IF é, depois, sujeito a uma conversão ascendente (*up-converted*) para a banda de frequência apropriada – dependente do meio – para efectuar a transmissão para os utilizadores finais.

No caso do satélite, a mudança de frequência é feita para o valor requerido para o *uplink* para o *transponder* do satélite, onde é novamente convertida para difusão para os utilizadores finais na banda de KU (de 10,7 a 12,75 GHz).

A difusão directa por cabo é relativamente rara na Europa, e, a maior parte das vezes, envolve um satélite e uma estação *head-end*, que assegura a desmodulação QPSK e a remodulação QAM, bem como a transposição para o canal VHF ou UHF apropriado.

3.4.7 – Recepção de sinais de TV digital

Na recepção, o processo é o inverso da emissão, embora algumas operações sejam mais simples do que as correspondentes na emissão, o que contribui para tornar mais acessível o custo dos receptores.

No caso do satélite, em que os sinais recebidos, com frequências da ordem dos GHz, estariam sujeitos a perdas consideráveis nos cabos, tem lugar uma primeira conversão descendente (*down-conversion*), na cabeça da antena (LNC – *low noise converter*), que traz a frequência para a faixa de 950 a 2150 MHz (entrada do IRD – *integrated receiver decoder*¹⁴⁶), onde sofre uma segunda conversão descendente

¹⁴⁵ Este procedimento tem como principais vantagens a economia nos circuitos de modulação e de desmodulação, menos onerosos para frequências mais baixas, e a possibilidade de todo o circuito, a montante da modulação e a jusante da desmodulação, poder ser o mesmo independente da frequência e meio de transmissão.

¹⁴⁶ Popularmente conhecido como *set-top box*

(depois da selecção do canal de RF) para uma frequência intermédia, que é habitualmente de 480 MHz.

Na transmissão por cabo, há apenas uma conversão descendente do canal VHF / UHF para uma IF que, na Europa, é de 36,15 MHz.

Depois da desmodulação coerente desta IF, os sinais analógicos I e Q são entregues para conversão A/D, filtragem e reformatação de I e Q (*symbol demapping*). Só então, a FEC (*forward error correction*) recupera os pacotes de transporte de 188 bytes.

Em seguida, o *desmultiplexer* selecciona o PES correspondente ao programa escolhido pelo utilizador, o qual pode ter sido previamente reordenado (*descrambled*) com recurso ao ECM / EMM e à chave do utilizador (*smart card*)”

Finalmente, o decodificador MPEG-2 reconstrói os sinais de vídeo e de áudio do programa desejado, que podem então ser reproduzidos no ecrã e nas colunas de som.

3.5 – A ALTERNATIVA IPTV

Para além dos métodos de difusão tradicionais, que recorrem às chamadas redes de banda larga (*broadband*), isto é, em que cada canal é modulado numa frequência portadora de tal forma que não interfere com qualquer dos outros canais, começa a ser cada vez mais comum o recurso à difusão sobre redes de banda base (*baseband*), isto é, redes em que o suporte físico (par entrelaçado, coaxial, fibra óptica, ...) é integralmente dedicado à transmissão de um *bitstream*. Se, por um lado, esta característica torna as redes de banda base mais robustas do que as de banda larga, por outro lado, a velocidade de transmissão fica condicionada pela máxima velocidade de um único transmissor ou receptor. Neste aspecto, as redes de banda larga, apesar de não serem tão robustas como são, por natureza, as de banda base, proporcionam uma maior capacidade de transmissão a um custo menor.

O problema da velocidade nas redes de banda base tem vindo a perder importância à medida que vai progredindo a tecnologia de redes, impulsionada sobretudo pelo fenómeno da Internet (Nota 3.11). Na realidade, as soluções encontradas para aumentar a largura de banda nestas redes, como os serviços DSL – Digital Subscriber Line – para ligar os subscritores de serviços Internet às centrais mais próximas das suas residências, já as converteram em verdadeiras redes de banda larga, no sentido em que a informação digital é enviada sobre um canal e a voz noutra canal, partilhando ambos um único par de fios.

3.5.1 – Protocolo Internet

A utilização universal da Internet fez também com que se generalizasse a utilização do protocolo IP (Internet Protocol) como protocolo de comunicação de dados. Recentemente, tem mesmo crescido, de forma considerável, o interesse na utilização do IP para transportar serviços de telefonia, áudio e vídeo.

O protocolo IP situa-se no nível de rede¹⁴⁷, isto é, tem como principal função fornecer o serviço de encaminhamento de pacotes de bits (enquanto unidades de transporte de informação) nos nós de redes de comunicação com ligações partilhadas por outro tráfego. O roteamento IP é completamente *connectionless*, o que significa que os *routers* IP nada sabem acerca do fluxo de pacotes. Esta característica torna o roteamento IP muito flexível e evita a necessidade de gestão das ligações, mas, por outro lado, significa que, por natureza, é impossível prever a carga numa determinada ligação ou num determinado *router*. Assim, existe a probabilidade estatística de um determinado *router* ficar congestionado o que pode interferir com um determinado fluxo IP. A consequência para o utilizador é que o vídeo pode congelar, ou o áudio pode ficar deturpado durante algum tempo, até que o congestionamento termine.

O protocolo IP tem uma estrutura multiplexada que pode transportar dados arbitrários em pacotes de tamanho variável. O IP suporta largura de banda *on-demand*, pois adapta-se à largura de banda disponível variando a velocidade de transmissão do pacote.

O tamanho variável dos pacotes IP é uma desvantagem em aplicações sensíveis a atrasos, porque os pacotes muito longos, que necessitem de um tempo considerável para percorrer a ligação, podem atrasar os pacotes menores – embora este aspecto tenda a perder importância à medida que aumenta a velocidade nas ligações¹⁴⁸.

Nas ligações Internet, o IP transporta os dados de acordo com o protocolo TCP – Transmission Control Protocol – que permite uma detecção de erros *datacentric*, em que os erros podem ser detectados conferindo na recepção um código de redundância cíclica¹⁴⁹ transmitido no pacote, que é usado para, em caso de erro, retransmitir o pacote.

¹⁴⁷ Tomando como referência o modelo ISO/OSI – International Standard Organization's Open System Interconnect – que considera sete níveis de informação numa rede de comunicação de dados. Do mais baixo para o mais alto, esses níveis são: físico, ligação de dados, rede, transporte, sessão, apresentação e aplicação.

¹⁴⁸ Na verdade, a capacidade do IP para suportar redes *connectionless*, torna-se a sua grande limitação para aplicações que exijam qualidade de serviço. As redes *connectionless* suportam reconfiguração dinâmica através de *rerouting* para contornar ligações congestionadas, ou deficientes, na rede. Isto faz com que a variação no atraso dos pacotes seja muito difícil de controlar e o MPEG-2 é extremamente sensível a essas variações. Além disso, actualmente, as redes IP não dispõem de mecanismos para controlar a admissão e, portanto, a única forma de garantir largura de banda é sobredimensionando.

¹⁴⁹ O código de redundância cíclica (CRC – *cyclic redundancy check*) utilizado é o CRC-32

Existe, portanto, um grau de certeza razoável na entrega de pacotes em TCP/IP, mas a sua entrega atempada não pode ser garantida. Nas aplicações de streaming, a exigência é precisamente a inversa: a entrega dos pacotes tem que ser em tempo real, sendo aceitável um nível razoável de erros de transmissão. Por isso, neste caso, em que a retransmissão do pacote não tem qualquer utilidade, em vez do protocolo TCP é usado um protocolo baseado em datagramas, o UDP – User Datagram Protocol, que não tem verificação de erros e que exige muito menos recursos (*overhead*) – tempo de computação, memória, largura de banda.

Para a difusão de TV digital em redes com protocolo IP é pois necessário adaptar os pacotes de transporte MPEG-2 para o transporte em UDP/IP.

Com esse objectivo, o DVB produziu a norma DVB-IPTV para televisão em protocolo Internet.

3.5.2 – *Streaming de media, os novos termos e as novas funcionalidades*

Os termos *streaming* de media e difusão Web (*webcasting*) são frequentemente usados como sinónimos. No entanto, David Austerberry¹⁵⁰ considera o termo *webcasting* como o equivalente à difusão por televisão, mas sobre a Web – quer seja o acesso por cabo ou *wireless*, quer seja sobre a INTERNET ou em *intranets* privadas.

Assim, o *webcasting* abarca ambos os processos, *streaming* e descarga (*download*) de ficheiros.

O *streaming* é a entrega directa da fonte para o dispositivo de reprodução (*player*), em tempo real. Este é um processo contínuo, sem armazenamento intermédio do *clip* de media. O conteúdo, quer seja “ao vivo” ou pré-gravado, é transmitido (*streamed*) para um *schedule* e “despejado” para o espectador, ou, em alternativa, é entregue a pedido (*on-demand*), sendo, neste caso, o utilizador que “puxa” o conteúdo, muitas vezes de forma interactiva.

Em muitos aspectos, o *streaming* é similar à televisão convencional. Mesmo se o conteúdo estiver armazenado para entrega a pedido, ele é entregue ao *player*, em tempo real, a um ritmo controlado, como se fosse “ao vivo”. Este processo difere da entrega de música em formato MP3, em que o ficheiro é primeiro descarregado, na sua totalidade, para o disco local e só depois é tem lugar a sua reprodução (*playback*) – um processo chamado *download-and-play*.

¹⁵⁰ AUSTERBERRY, David: *The technology of video and audio streaming*. 2ª ed. Estados Unidos da América, Elsevier (Focal Press), 2005. ISBN 0-240-80580-1. p.7.

Austerberry¹⁵¹ diz mesmo que o *streaming* de media já existe há cerca de setenta anos. A televisão convencional, com a qual nós crescemos, ter-se-ia chamado *streaming* de media se tivesse sido inventada hoje. Os sistemas originais de televisão entregam imagens vivas de uma câmara, através da rede de distribuição, a um receptor doméstico. Nos anos 1950, a Ampex desenvolveu uma forma de arquivar os *streams* de imagem: o gravador de banda magnética. Isto proporcionou às emissoras de televisão a opção entre difusão (*streaming*) ao vivo e emissão de programas pré-gravados. Qualquer que seja o caso, o receptor de televisão não tem armazenamento nem *buffering*; a imagem é mostrada em sincronismo com as emissões do transmissor.

No entanto, hoje, o *streaming* de media significa normalmente a entrega de ficheiros codificados digitalmente sobre a *World Wide Web* para PCs, ou difusão IP (*IP broadcasting*). A grande diferença está em que, enquanto a difusão convencional de televisão tem um canal de via única para o espectador, a entrega por protocolo Internet (IP – Internet Protocol) usufrui de uma ligação bidireccional entre a fonte de media e o espectador. Isto proporciona uma ligação que pode ser interactiva e que oferece funcionalidades que eram simplesmente impossíveis nas formas de difusão convencionais – terrestre e satélite, uma vez que, por cabo, também já é possível estabelecer uma via de retorno.

O *streaming* também difere da televisão no sentido em que a fonte de media (o servidor) pode adaptar-se para cobrir uma disponibilidade de banda variável, com o objectivo de fornecer a melhor qualidade de imagem possível sob as condições prevalentes na rede, ao passo que a televisão é normalmente transmitida sobre uma ligação com largura de banda fixa com uma elevada qualidade de serviço (*QoS – Quality of Service*).

Um *unicast stream* normal sobre IP, utiliza uma ligação um-para-um entre o servidor e o cliente – reproduzidor de media (*player*). O *scheduled streaming* também pode ser *multicast*, sendo que, neste caso, um único *stream IP* é entregue à rede. Os *routers* entregam o mesmo *stream* a todos os espectadores que tenham solicitado aquele conteúdo. Isto permite grandes economias na utilização de *corporate networks* para aplicações como *briefings* ao vivo ou sessões de formação. Como um único *stream* é visto por todos, o *multicast* não pode ser usado para entrega a pedido.

Tal como acontece na subscrição de serviços de Televisão Digital, o *streaming* de media permite condicionar o acesso ao conteúdo, através do recurso a uma gestão de conteúdos digital.

¹⁵¹ AUSTERBERRY, David: op. cit., p.8

3.6 – O PAPEL DO MIDDLEWARE

Actualmente, a maioria dos espectadores de DTV, capta o sinal via uma *set-top box*, que descodifica os sinais digitais e os transforma em sinais analógicos que os televisores conseguem usar. No entanto, já existem televisores, designados por *iDTV* – *integrated DTV*, que têm um receptor de televisão digital integrado e em que o acesso ao sinal é controlado por um *smart card* amovível.

As *set-top box* podem ser comparadas a micro-computadores dedicados às tarefas de recepção e descodificação de sinais de DTV. Tal como num PC, o *software* que corre nestes dispositivos opera em diversos níveis, proporcionando todas as funcionalidades necessárias à sua utilização, desde as de mais baixo nível, como o controlo do hardware, até às de nível superior, como o diálogo com o utilizador.

O *software* desempenha um papel primordial, por exemplo, na gestão do acesso condicional às emissões de *pay TV*. Porém, a parte mais importante do *software* é a que se destina a garantir a completa interoperabilidade entre diferentes operadores de *bouquets* de TV digital e que se designa genericamente por *middleware*¹⁵².

O *middleware* pode ser funcionalmente comparado a um sistema operativo de alto nível com um interface gráfico de utilizador (GUI – *graphical user interface*), tal como o Windows, o que é muito diferente de um sistema operativo em tempo real de baixo nível (RTOS – *real time operating system*¹⁵³), sobre o qual o *middleware* opera.

Uma das funções primordiais da maioria dos *middlewares* é tornar a aplicação independente da plataforma de *hardware* na qual vai correr (assumindo que essa plataforma dispõe dos recursos suficientes – as funcionalidades e o poder de processamento necessários).

Para que a mesma plataforma de *hardware* possa suportar, com relativa facilidade, diversos *middlewares*, que diferem uns dos outros, não só pela sua API (para as aplicações), mas também pelo seu interface com as camadas de *software* de nível mais baixo, os fabricantes de *set-top boxes* muitas vezes fornecem um interface para *middleware*, com as suas próprias API, através da chamada camada de adaptação.

A Figura 4.3-8 ilustra as diversas camadas de *software* de uma *set-top box* que usa um *middleware* em comparação com as camadas de um computador pessoal (PC – *personal computer*).

¹⁵² O termo *middleware* é algo vago e, de facto, não significa nada mais do que estar situado algures entre o *hardware* e as aplicações (*application software*). O *middleware* às vezes também é chamado de “motor de interactividade” ou, mais raramente, apenas API (*Application Programming Interface*). O termo API, no sentido estrito, designa apenas o interface disponibilizado, para as aplicações, pela camada de *software* imediatamente abaixo delas. É essencialmente constituída por um conjunto de funções predefinidas, neste caso no *middleware*, que as aplicações podem chamar.

¹⁵³ como, por exemplo, PSOS, VXWorks ou Nucleus, para citar apenas alguns.

É o *middleware* que define a *look and feel* do interface do utilizador, o aspecto e as possibilidades do Guia Electrónico de Programação (EPG), o nível de interactividade das aplicações que são fornecidas ao utilizador (programas *pay-per-view*, jogos, serviços específicos exigindo um canal de retorno ao prestador do serviço, funções especiais tais como gravação em disco rígido, etc.).

Geralmente todos os *middlewares* oferecem dois níveis de interactividade:

- Uma interactividade local ou *off-line* do tipo carrossel, o que significa que o utilizador apenas tem acesso aos dados que são difundidos ciclicamente, de forma semelhante à informação Teletexto das transmissões de TV analógica (este é particularmente o caso do Guia Electrónico de Programação).
- Uma interactividade *on-line*, em que o utilizador está ligado ao servidor através de um canal de retorno (retorno por modem telefónico ou por cabo). O utilizador pode assim ter acesso a dados remotos, seja de uma forma comparável ao Videotexto (por ex.: Prestel ou Minitel), à Internet, dentro dos limites possibilitados pelo prestador do serviço e/ou pelo terminal ligado ao ecrã de TV.

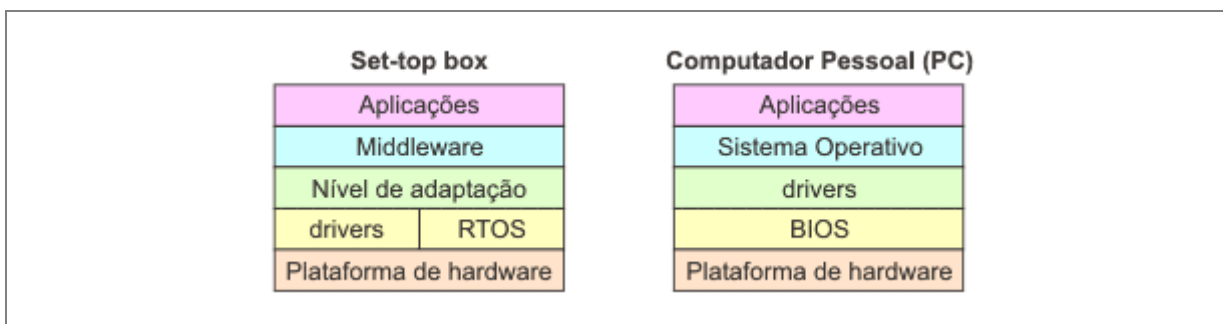


Fig. 3.8 – Comparação das camadas de *software* de uma set-top box com as de um PC.

Os *middlewares* permitem ainda descarregar dados e *software* para a memória FLASH da *set-top box* através do canal de difusão, o que permite efectuar actualizações e melhorias do próprio *middleware* (por exemplo, para correcção de *bugs* ou inclusão de novas funcionalidades) bem como descarregar aplicações.

Notas do capítulo 3:

Nota 3.1.

Segundo uma das normas usadas em telefonia digital (DS0 – Digital Signal 0), cada sinal de voz é amostrado 8 000 vezes por segundo usando um esquema de conversão analógico-digital a 8 bits (e codificação com compressão logarítmica). O sinal resultante é representado por 64 kilobits/segundo. Em geral, a redução da data rate para 32 kilobits/segundo resulta numa perda de qualidade do som. Quando comprimido a uma data rate de 8 kilobits/segundo, o som é manifestamente afectado, mas ainda é aceitável para redes telefónicas a longa distância. A mais alta compressão alcançável é de cerca de 2 kilobits/segundo, que tem como resultado um som altamente distorcido, mas que ainda assim utilizável em algumas aplicações como comunicações militares e submarinas.

Nota 3.2.

Outra forma de qualificar os métodos de compressão que tem a ver com o tamanho dos grupos de dados que entram e saem do codificador. A maioria dos programas de compressão de dados pega num grupo de dados do ficheiro original, comprime-o de alguma forma, e depois escreve esse grupo comprimido no ficheiro de saída. Por exemplo, suponhamos que queremos comprimir o sinal de uma forma de onda que foi digitizada a 12 bits. Podemos ler duas amostras adjacentes do ficheiro original (24 bits), descartar completamente uma das amostras, descartar os quatro bits menos significativos da outra amostra e escrever os restantes oito bits no ficheiro de saída. Com 24 bits na entrada e 8 bits na saída, implementámos um esquema com entrada fixa e saída fixa, usando um algoritmo lossy, com uma taxa de compressão de 3:1. Apesar de, em si mesmo, este processo ser muito rudimentar, torna-se muito eficaz quando é usado com uma técnica chamada compressão por transformada – esta associação de técnicas está na base de processos mais complexos, como o JPEG.

Nota 3.3.

No sistema introduzido pela Bell, nos E.U.A., nos anos 1960, conhecido por *T-carrier*, cada sinal de voz é amostrado 8 000 vezes por segundo usando uma conversão analógico-digital com compressão logarítmica (*companded*) a 8 bits. Como resultado, cada sinal de voz é representado por 64 000 bits/segundo e os 24 canais reunidos em 1,544 megabits/segundo. Este foi um grande salto proporcionado pelo DSP, pois, até

então, cada ligação exigia um par de fios para a passagem de sinais de voz analógicos.

Nota 3.4.

Em muitos casos, a gravação dos instrumentos individuais e da voz dos cantores é feita separadamente, para proporcionar ao engenheiro de som maior flexibilidade na criação do produto final. O complexo processo de combinar as pistas individuais é designado como *mix down*. Uma das aplicações mais interessantes na preparação de música é a reverberação artificial. Se os canais individuais forem simplesmente adicionados, a peça resultante soa débil e diluída, como se os músicos tivessem a tocar no exterior. Isto acontece porque os ouvintes são muito influenciados pelo eco ou reverberação contido na música, que é geralmente mínimo no som do estúdio. O DSP permite adicionar ecos e reverberações artificiais durante a mistura para simular vários ambientes ideais para audição. Os ecos com um atraso de poucas centenas de milissegundos dão a sensação de locais tipo catedral. A adição de ecos com atraso de 10 a 20 milissegundos confere a percepção de salas de audição com dimensões mais modestas.

Nota 3.5.

Os sistemas de processamento de som, só para voz, também reduzem a precisão de 16 para 12 bits por amostra, com uma alteração de qualidade quase imperceptível. Esta redução pode ir para apenas 8 bits por amostra se a amplitude do passo de quantização for diferenciado (se os passos não tiverem todos a mesma amplitude). Esta diferenciação é feita de forma logarítmica em consonância com a sensibilidade do ouvido às variações de intensidade sonora – em sonoridades mais fracas percebemos variações menores do que em sonoridades mais fortes. Este é um procedimento amplamente utilizado e chamado de *companding*. Com esta técnica, reduz-se a data rate para apenas 64 k bits/seg – menos de 10% da taxa de dados da música de alta fidelidade.

De notar que a utilização da taxa de dados de 64 k bits/seg resulta da aplicação directa da teoria da amostragem e da quantização a sinais de áudio. No entanto, existem técnicas para baixar ainda mais a taxa de dados, que se baseiam na compressão do *stream* de dados, através da remoção das redundâncias inerentes aos sinais de voz. Uma das formas mais eficientes de compressão de um sinal áudio é a codificação predictiva linear (LPC – *Linear Predictive Coding*), da qual existem diversas variantes e subgrupos. Dependendo da qualidade da voz exigida, a LPC pode reduzir a taxa de dados até 2 a 6 k bits/seg. Estes esquemas utilizam-se em aplicações onde é muito importante reduzir a taxa de dados e onde alguma falta de naturalidade do som

pode ser tolerada, por exemplo, nas comunicações militares, nos telefones celulares e na voz gravada digitalmente para correio de voz e multimedia.

No início, este tipo de compressão era aplicado às formas de onda digitizadas. Actualmente já se utiliza um processo mais sofisticado que, em vez de se basear na forma de onda, se baseia nos padrões de voz. Este processo conhecido como vocoding (de *voice coding*, em vez de *wave coding*) modela os mecanismos de produção de voz – a partir de modelos matemáticos dos órgãos intervenientes no trato vocal (cavidade vocal, laringe e faringe) e na excitação vocal (pulmões) – e transmite apenas os respectivos parâmetros, uma quantidade de informação normalmente inferior à equivalente em *wave coding*.

Nota 3.6.

A norma DVB prevê que a compressão de áudio, para TV digital, seja de acordo com a norma MPEG, nível II, que permite uma qualidade *hi-fi* a partir de 128 kb/s por canal (256 kb/s em estéreo) – embora também permita o uso da codificação nível I.

O nível I (ou pré-Musicam), recorre um algoritmo designado por PASC – *precision adaptative sub-band coding*, desenvolvido pela Philips para as cassetes de áudio digital DCC, e usa uma *bit rate* escolhida entre 14 possíveis, na gama de 32 a 488 kb/s por canal, sendo que a qualidade subjectiva *hi-fi* requer 192 kb/s por canal áudio (384 kb/s em estéreo).

O nível II, ou Musicam, recorre a um algoritmo conhecido como Musicam, desenvolvido para europeia DAB – Digital Audio Broadcasting, e requer apenas 50 a 70% da *bit rate* do nível I para uma qualidade de áudio equivalente, o que é conseguido à custa de uma maior complexidade do codificador e do decodificador; a *bit rate* é fixa e escolhida de 32 a 192 kb/s por canal, sendo a qualidade *hi-fi* obtida a partir de 128 kb/s por canal (256 kb/s em estéreo).

O nível III, mais conhecido por MP3, baseia-se num modelo psico-acústico diferente e recorre à codificação de Huffman e a uma análise de sinal baseada na DCT; atinge uma taxa de compressão que, para uma dada qualidade, é aproximadamente o dobro da conseguida com o nível II, o que, mais uma vez, é conseguido à custa de uma complexidade e de tempos de codificação e de decodificação significativamente acrescidos; a qualidade *hi-fi* requer apenas 64 kb/s por canal (128 kb/s para estéreo).

Mais recentemente, a norma AAC (*Advanced Audio Coding*) para codificação de áudio digital, também conhecida como MP4, e apontada como a sucessora da MP3, tem vindo a ser incorporada em diversos dispositivos de áudio e também na norma para vídeo MPEG-4, que já está a ser usada na difusão de mobile TV.

Nota 3.7

Na reunião da Assembleia Geral do CCIR (actualmente o ITU-R) realizado em Maio de 1986, os países europeus insistiram nas 1250 linhas de varrimento, com um sistema de 50 campos, mas não se conseguiu estabelecer uma norma uniforme internacional. Depois de 1987, as discussões em torno da tecnologia digital induziram diversas propostas de sistemas. Contudo, com base na norma adoptada em 1990 (Recomendação ITU-R 709), o número de 1080 linhas de varrimento efectivas (adoptado em 1997) e o número total de 1125 linhas de varrimento (adoptado em 2000) foram estabelecidos como normas internacionais uniformes (Recomendação ITU-R 709 revisão 4).

Nota 3.8

Em virtude da constante evolução e aperfeiçoamento dos algoritmos de compressão, tem vindo a emergir e a afirmar-se uma nova norma que aumenta, para o dobro ou mais, a eficiência conseguida com o MPEG-2. Por outras palavras, é possível obter uma qualidade comparável à do MPEG-2 com menos de metade da bit rate exigida pela MPEG-2 video e pela MPEG-2 Layer II audio. Esta melhoria deve-se em parte a uma melhor compreensão das técnicas de compressão e em parte ao efeito progressivo da lei de Moore que permite hoje incluir nos equipamentos níveis de complexidade muito acrescidos comparativamente às possibilidades existentes há dez anos atrás. Para além da eficiência, a nova norma também se distingue por ter mais nomes do que qualquer outra anterior: a norma AVC (Advanced Video Coding) foi desenvolvida em parceria pela ITU e pela MPEG e é conhecida também como ITU-T H264, ou ISO/IEC14496-10 (MPEG4-Part10).

Nota 3.9

A modulação 8-VSB (*8 level - vestigial sideband*), que foi adoptada nos EUA para a difusão digital terrestre, foi desenhada para transportar um único canal de HDTV e tem capacidade para transportar o *stream* de 19,39 Mbit/s gerado pelo codificador MPEG-2 (*Transport Layer*) num canal RF de 6 MHz. Na modulação com banda lateral vestigial, junto com a portadora, é transmitida a banda lateral superior, resultante da modulação, e apenas uma parte da banda lateral inferior – é um compromisso entre a DSB, ideal para baixas frequências, e a SSB, que requer menor largura de banda. A 8-VSB é uma forma de modulação unidimensional porque usa apenas modulação da amplitude da portadora (ao contrário da QAM que é bidimensional, pois utiliza ambos os componentes I e Q para modulação), em que o sinal de banda base é constituído por segmentos de *stream* de 828 símbolos codificados em 8 níveis, com os 3 bits por símbolo resultantes da última etapa de codificação do canal – um codificador trellis (codificador convolucional com uma taxa de codificação de 2/3 - ver § 4.3.4.3), a qual divide o *stream* de 207 bytes, produzido pela codificação externa (Reed Solomon), em

4 palavras de 2 bits, a cada uma das quais faz corresponder os 3 bits que são aplicados à entrada do modulador VSB.

Nota 3.10

A norma MPEG-2 prevê a inclusão de informação específica dos programas (PSI – *program specific information*) através de quatro tipos de tabelas:

- tabela de alocação dos programas (PAT – *program allocation table*) – com a correspondência entre cada programa e o pacote de bits que contém o mapa desse programa;
- tabela de mapa do programa (PMT – *program map table*) – com a identificação dos pacotes que compõem o programa e que podem ser misturados (*scrambled*) no caso do programa ser de acesso condicionado (tem que existir uma tabela destas por cada programa que está a ser transmitido);
- tabela de acesso condicional (CAT – *conditional access table*) – com a identificação dos pacotes que contêm a informação necessária para desfazer a mistura (uma tabela destas deve estar presente logo que o programa a ser transmitido tenha acesso condicionado);
- tabelas privadas – para veicular informação particular.

Para além destas, a norma DVB prevê a utilização de mais quatro tipos de tabelas para informação de serviço (DVB-SI):

- tabela de informação da rede (NIT – *network information table*) – com informação específica da rede para que o receptor possa autosintonizar-se no caso da rede comportar mais do que um canal de RF;
- tabela de descrição do serviço (SDT – *service description table*) – com os nomes e outros parâmetros dos serviços incluídos no multiplex;
- tabela de informação de eventos (EIT – *event information table*) – com informação relativa a eventos que estejam ou vão ocorrer;
- tabela de data e hora (TDT – *time and date table*) – para actualizar o relógio de tempo real da *set-top box*.

A norma DVB ainda permite a utilização de três tipos de tabelas opcionais para agrupamento de serviços, actualização de informação de estado de eventos e actualização de tabelas que deixaram de ser válidas.

Nota 3.11

A expansão da Internet impulsionou a busca de mais largura de banda. No *backbone* dos operadores a solução disponível é a utilização de fibra óptica, sendo já hoje possível disponibilizar sobre uma mesma fibra óptica mais de 120 canais a 10 Gbps

cada um. Estes números, que não param de crescer, não são sequer comparáveis, com as ligações a 300 bps proporcionadas pelos primeiros modems. Porém, para os utilizadores residenciais e pequenas empresas, os operadores ainda têm necessidade de rendibilizar as redes de cabo de cobre existentes e, por isso, empenham-se na resolução do que é chamado o problema da "última milha" (ou "último quilómetro"), isto é, a ligação da casa do utilizador à central de comunicações mais próxima. Assim foram desenvolvidas diversas tecnologias de linhas digitais de assinante, das quais a mais difundida é a ADSL, com velocidades que podem hoje atingir os 24 Mbps – já muito longe dos 1200 bps dos primeiros modems de utilização generalizada.

4 – A MUDANÇA PARA A TELEVISÃO DIGITAL

É consensual a ideia de que a DTV tornou obsoleta a vetusta televisão analógica e que a substituirá por completo.

Esta ideia é cabalmente defensável, quer se aborde a questão do ponto de vista dos telespectadores / consumidores, quer se enverede pela perspectiva dos fornecedores de serviços de televisão

4.1 – A NECESSIDADE DE MUDANÇA

Logo no início dos anos de 1970, constatou-se a inviabilidade de introduzir melhorias significativas na qualidade das transmissões de televisão, usando a tecnologia analógica, pois esta não permitia efectuar a compressão necessária para transmitir o volume de informação exigido pela alta definição sobre um canal tradicional de 6 MHz. Assim, o recurso a tecnologia digital surgiu como uma possibilidade real capaz de proporcionar ferramentas que permitissem atingir a meta da melhoria da qualidade da transmissão, rumo à HDTV.

No final da década de 1980, a possibilidade de se dispor de sistemas de difusão de TV com tecnologia digital parecia ainda remota, já que não se vislumbrava viabilidade técnica nem económica de sistemas capazes de comportar a elevada *bit rate* necessária para a transmissão de imagens animadas de vídeo inteiramente digitais – de 108 a 207 Mb/s para imagens SDTV de 525 ou 625 linhas; cerca de 1 Gb/s para HDTV de 1250 linhas¹⁵⁴.

Segundo Hervé Benoit, nos anos 1980, a crença de que o problema não poderia ser economicamente resolvido num prazo previsível (em grande parte devido ao custo da enorme quantidade de memória necessária), esteve na origem de normas híbridas, tais como D2-MAC (vídeo analógico, som digital), e atrasou a introdução do vídeo 100% digital¹⁵⁵. Por esse motivo, ainda foram canalizados grandes investimentos para

¹⁵⁴ Grosso modo, transmitir uma imagem com 525 linhas, com 720 pixels efectivos por linha, 30 quadros por segundo (em varrimento entrelaçado), com cada pixel amostrado a 10 bits, significa transmitir $525 \times 720 \times 30 \times 10 \approx 108$ Mbits/segundo. Isto só para a imagem propriamente dita. Depois ainda há que contar com toda a informação adicional que é necessário juntar ao fluxo de dados.

¹⁵⁵ BENOIT, Herve: *Digital television*. Estados Unidos da América, Elsevier (Focal Press), 2002. ISBN 0-240-51695-8, p. 1.

sistemas analógicos, assistidos digitalmente (como o HD-MAC), que permitiram simplesmente melhorar a qualidade da imagem fornecida ao telespectador.

Porém, logo após a sua introdução, ainda durante a segunda metade dos anos 1980, estes sistemas tornaram-se obsoletos, em consequência dos rápidos progressos conseguidos, quer na tecnologia de integração de circuitos (ICs) em larga escala, quer nas técnicas de compressão de sinais.

4.2 – A INEVITABILIDADE DA MUDANÇA

Segundo Steven Morris e Anthony Smith-Chaigneau¹⁵⁶, milhões de pessoas em todo o mundo já vêem Televisão Digital e o seu número está a crescer à medida que os operadores de rede e os governos se vão apercebendo dos benefícios da difusão digital. Nos últimos anos, a televisão interactiva tornou-se a *next big thing* para a indústria de difusão, em resposta à procura incessante de meios para fazer dinheiro e para captar mais audiência, por parte das emissoras e dos operadores de distribuição.

A migração dos sistemas de televisão para a tecnologia digital afigura-se-nos, pois, como um processo inevitável e irreversível. A tecnologia analógica de transmissão de televisão deixará, certamente, de ser utilizada num prazo relativamente curto. Em alguns países, inclusive na Europa, as taxas de penetração da DTV já são significativas – por exemplo, em Inglaterra já ultrapassa os 60%¹⁵⁷ – e alguns já estão mesmo prestes a concluir a fase de *switch off* das transmissões analógicas – por exemplo, a Suécia¹⁵⁸. A questão agora é, apenas, saber quando é que tal processo estará concluído em toda a Europa.

4.2.1 – O ponto de vista do consumidor

Do ponto de vista do consumidor, a inevitabilidade da mudança decorre, por um lado, do facto da DTV, além de introduzir melhorias significativas na forma como o telespectador percebe a emissão, contribuir também para enriquecer a sua experiência televisiva, tornando-a interactiva. Por outro lado, é inegável que a Televisão Digital caminha a passos largos para uma convergência com o computador, que lhe permitirá oferecer serviços aliciantes, quiçá irresistíveis, para o comum dos consumidores. Estes factores certamente contribuirão para atrair cada vez mais

¹⁵⁶ MORRIS, Steven; SMITH-CHAIGNEAU Anthony – *Interactive TV standards*. 2ª ed. EUA, Elsevier (Focal Press), 2005. ISBN 0-240-80666-2.

¹⁵⁷ fonte: OBERCOM – Observatório da Comunicação – <http://www.obercom.pt>, 2006-05-30.

¹⁵⁸ O processo de *switch off* das emissões analógicas deverá estar concluído em Fevereiro de 2008 – fonte: Broadband TV News – <http://www.broadbandtvnews.com/today/?p=468>, 2007-03-12 (citado pela DVB).

consumidores, tão logo os serviços estejam amplamente disponíveis, desde que, naturalmente, o seu custo seja razoavelmente acessível.

Porém, actualmente, do ponto de vista do consumidor, a diferença entre ver DTV e televisão convencional ainda não é assim tão radical, pelo menos numa primeira aproximação, sendo a mudança mais evolucionária do que revolucionária e mais perceptível ao nível dos serviços que pode oferecer.

A DTV pode oferecer ao consumidor, essencialmente, cinco vantagens:

- Mais canais;
- Emissões mais personalizadas;
- Melhor qualidade de imagem (até à resolução da TV de alta definição);
- Som de elevada qualidade;
- Interactividade e serviços e aplicações adicionais.

4.2.1.1 – Mais canais

Em termos de ocupação do espectro de radio frequências, as emissões de DTV são mais eficientes do que as emissões analógicas. Isto significa que, enquanto espectadores, na banda de frequência usada por um canal analógico, podemos receber vários canais digitais.

A possibilidade de dispor de múltiplos canais foi, aliás, o principal motor do desenvolvimento inicial da Televisão Digital liderado pelos operadores de satélite e de *pay TV*. Entre os benefícios apontados para os consumidores, sobressaía a possibilidade de uma gama de escolha mais alargada, em virtude da compressão digital permitir que um maior número de programas seja transmitido, simultaneamente, numa dada largura de banda.

A oferta de múltiplos canais é ainda a chave da oferta de serviços da maioria dos operadores de Televisão Digital com distribuição terrestre, apesar de, em virtude das limitações de espectro, os serviços digitais terrestres multicanal não poderem competir com a quantidade de serviços disponíveis, por exemplo, na difusão por satélite ou por cabo.

4.2.1.2 – Emissões mais personalizadas

As emissões de DTV são mais facilmente adaptáveis a públicos específicos do que as emissões analógicas. Para o consumidor, isto significa que os conteúdos que recebe – programas e outras informações, incluindo a publicidade – podem corresponder mais

aos seus interesses do que os conteúdos que são emitidos para públicos mais vastos, baseados em critérios de audiências menos específicos.

Além disso, a possibilidade de receber trilhas de áudio e subtítulos na sua língua nativa, mesmo em programas que estejam também a ser difundidos simultaneamente para outras regiões, em outras línguas, facilita ao consumidor a percepção dos conteúdos, permitindo-lhe desfrutar melhor a sua experiência televisiva.

4.2.1.3 – Melhor qualidade de imagem

Apesar da maioria dos operadores ter dado pouca atenção à melhoria da qualidade limitando-se a aumentar a quantidade da oferta (mais programas) e ficando-se por serviços com uma qualidade comparável ao PAL, ou seja, com uma qualidade de imagem comparável à das emissões analógicas, ou, por vezes até pior, a verdade é que a DTV já permite uma resolução significativamente acrescida, ao nível da alta definição (HDTV – até 1920 × 1080 pixels), o que, comparado definição ainda corrente (*standard* – 720 × 480 pixels), representa uma melhoria substancial.

Este acréscimo de resolução, que se traduz num maior realismo da imagem visionada, tem ainda mais impacto com a utilização de ecrãs de grandes dimensões e com uma relação de proporção 16:9 – que se adapta melhor ao campo de visão humano do que a “velha” 4:3¹⁵⁹. Este aspecto ganha cada vez mais importância à medida que se vai acentuando a tendência para a opção por ecrãs maiores (Nota 4.1).

4.2.1.4 – Som de elevada qualidade

O som digital, que já tinha começado a ser usado nos sistemas com definição melhorada, é também um dos aspectos em que o telespectador beneficia. A Televisão Digital associa ao som de alta-fidelidade, além da estereofonia, a possibilidade de recurso ao som envolvente (5.1 canais – *surround sound*) que confere ainda maior realismo à experiência televisiva.

Outro aspecto importante do áudio na Televisão Digital, que já referimos, é a possibilidade de coexistência de diversas trilhas em diferentes línguas.

4.2.1.5 – Interactividade e serviços e aplicações adicionais.

Apesar da possibilidade de resolução acrescida – alta definição – da DTV ser atractiva, os novos serviços e aplicações parecem ser a característica mais interessante para muitos espectadores.

159 Apesar disto, os serviços HDTV, que já estão disponíveis nos EUA, na Austrália e no Japão, ainda não estão disponíveis na Europa.

A difusão digital oferece muitos serviços que simplesmente não são possíveis na difusão analógica. Por exemplo, pode-se incluir informação extra, transportada no *stream*, para enriquecer a experiência de ver televisão, ou pode-se disponibilizar aplicações que permitam aos espectadores usufruir de novas maneiras de interagir com a televisão. Estas aplicações podem ser simplesmente para proporcionar algumas melhorias nos programas de TV existentes – tais como legendas multilíngues ou guias electrónicos de programação (EPGs), que fornecem informação actualizada sobre os horários das emissões – ou podem ser melhores serviços de informação, como os noticiários, ou outros serviços de informação adicionais adstritos a programas específicos – por exemplo, emissão de biografias ou de estatísticas durante a difusão de eventos desportivos.

Os novos serviços, também já permitem introduzir alguma interactividade, o que proporciona uma maior diversão ao espectador e o encoraja a participar, enriquecendo ao seu exercício televisivo.

Apesar do conceito de televisão interactiva não ser novo, a sua definição não é pacífica. Assim, podemos considerar diversos níveis de interactividade, desde o muito baixo, que consiste em ligar e desligar, regular o volume e escolher o canal ¹⁶⁰, que já existia na televisão analógica, passando por uma interactividade moderada que não interfere no conteúdo, apenas a forma como é visto, por exemplo, o *video on demand* (que inclui controlos *VCR-like* como *pause*, *rewind* e *fast forward*), até ao nível mais alto, em que a audiência interfere no programa que está a ser difundido, por exemplo, com recurso a alguma forma de votação em tempo real que determine o desenrolar do programa.

A verdadeira interactividade, em que o espectador pode alterar a experiência de visionamento (por exemplo, escolhendo o ângulo de onde quer assistir a um determinado programa em directo, como um jogo de futebol) exige um caminho de retorno para o prestador de serviço, por onde a informação sobre as suas opções possa ser enviada ¹⁶¹, bem como uma enorme capacidade de processamento e de resposta, em tempo real, às solicitações dos utilizadores / telespectadores – algo que hoje ainda não está disponível.

O caminho de retorno pode existir no caso da difusão por cabo, onde é possível criar uma plataforma que integre esse caminho no próprio cabo. Nos casos da difusão por

¹⁶⁰ Embora a existência de interactividade neste nível seja tão questionável como a assunção de que folhear um livro o torna interactivo.

¹⁶¹ A existência de um caminho de retorno para o fornecedor de serviço, pode não ser uma condição necessária para a existência de alguma interactividade. Se um programa puder ser descarregado, com a respectiva aplicação, para a *set-top box* (por exemplo um filme) poderá responder a controlos locais. Neste caso, o único caminho necessário é para efectuar o *download*.

satélite e da difusão terrestre, o caminho de retorno possível é por ligação telefónica, fixa ou móvel, de voz ou de dados (nesta circunstância, será mais um serviço cobrado pelo prestador de serviço telefónico) – embora nestes casos, a situação mais comum seja a não existência de caminho de retorno. No caso da IPTV, o problema do canal de retorno está resolvido por natureza.

Alguns serviços, como o teletexto, estão já perfeitamente estabelecidos. Outros, como o EPG e o VOD estão em início de expansão, rumo a uma popularidade que já se adivinha. Os mais sofisticados, como a possibilidade de escolha do ângulo de visionamento de um programa, estão ainda no campo das possibilidades.

As possibilidades de oferta da televisão interactiva residem em boa parte nas características do *software* subjacente (*middleware* e respectivas APIs), o qual pode oferecer ainda outras facilidades, como por exemplo, suporte para gravação em disco rígido, em substituição do VCR tradicional, e subseqüentes novas funcionalidades, como o *pause* em programas que estão a ser transmitidos e o *fast-forward* através da publicidade emitida. Há mesmo quem considere que esta versão melhorada dos sistemas de gravação domésticos constitui um aliciante mais capaz de alavancar o mercado da Televisão Digital do que a interactividade propriamente dita.

4.2.1.5.1 – Teletexto

O teletexto é um serviço de informação, em forma de texto, que é emitido junto com o sinal de televisão. Já existe na televisão analógica¹⁶², sendo transmitido no espaço de tempo que dura a parte do sinal de vídeo composto usada para o sincronismo vertical.

Basicamente consiste num conjunto, mais ou menos extenso, de páginas em que é possível navegar com o auxílio do controlo remoto do aparelho de televisão. Estas páginas proporcionam ao telespectador informação de natureza diversa, desde a programação do canal, a notícias gerais ou temáticas, por exemplo, desportiva, financeira ou cultural (Nota 4.2).

Todas as páginas são transmitidas ciclicamente e é o descodificador, incorporado no receptor de televisão, que as armazena em memória e as exhibe para o utilizador, quando este as solicita. O utilizador não pode requisitar as páginas directamente ao prestador de serviços¹⁶³.

¹⁶² O primeiro canal a incorporar o serviço de teletexto nas suas emissões de televisão foi a BBC. O sistema foi anunciado em 1972 e introduzido oficialmente em 1974. Para aceder ao serviço é necessário um televisor adequado, sendo que, a maioria dos televisores que se vendem desde os anos 1990 incorporam este sistema.

¹⁶³ Ao contrário do acontece com a Internet, onde os conteúdos são distribuídos a pedido, o teletexto é difundido e não fica “mais lento” quando o número de utilizadores aumenta significativamente. O teletexto já provou ser um serviço noticioso (em texto) fiável, mesmo quando ocorrem eventos críticos, como os ataques terroristas de 11 de Setembro



Fig. 4.1 – Exemplo de página de teletexto da emissão de televisão analógica da Radiotelevisão Portuguesa

Nos sistemas de Televisão Digital o teletexto é entregue em pacotes de transporte MPEG-2. Em particular, na Europa, a plataforma MHP prevê também a difusão de serviços de informação, super teletexto, não necessariamente ligados a qualquer serviço de áudio/vídeo, com possibilidade de suportar texto, hipertexto, imagens, gráficos, *clips* de áudio, *clips* de vídeo, streams de áudio e streams de vídeo escaláveis (para ocupar, por exemplo, $\frac{1}{4}$ do ecrã), o que significa uma interactividade acrescida, pelo menos ao nível da *set-top box*.

4.2.1.5.2 – *Guia Electrónico de Programação (EPG)*

Um guia electrónico de programação (EPG¹⁶⁴) é um guia *on-screen* sobre os programas que estão ou vão ser emitidos, com possibilidades de navegação e selecção, que permitem ao telespectador obter uma série de informações sobre a programação como o nome, o horário, o canal, o género, etc., dos programas que estão a ser emitidos e dos que serão emitidos a seguir. Quando associados a gravadores de vídeo digital (DVR – *digital video recorder*)¹⁶⁵, permitem que o

de 2001, em que os principais *sites* noticiosos ficam indisponíveis em consequência da subida desmesurada da procura de informação.

¹⁶⁴ O EPG – *Electronic Program(me) Guide*, também é, por vezes, designado por IPG – *Interactive Program(me) Guide*, ou ainda por ESG – *Electronic Service Guide*.

¹⁶⁵ Um gravador de vídeo digital, DVR – *Digital Video Recorder* (ou PVR – *Personal Video Recorder*) é um dispositivo que grava vídeo, em formato digital, num disco rígido, ou em outro meio. O termo tanto se aplica a *set-top boxes* como a *software* para computadores pessoais capaz de capturar e reproduzir vídeo para e a partir de um disco. Alguns fabricantes de electrónica de consumo já começaram a oferecer televisores com *hardware* e *software* de DVR incorporados. Também se está a tornar a principal forma de gravação de vídeos de vigilância, usada por empresas de CCTV, uma vez que proporcionam mais tempo de gravação do que os velhinhos VCRs.

espectador grave o programa, na hora prevista para a sua emissão, e o veja posteriormente de acordo com a sua disponibilidade.



Fig. 4.2 – Acesso ao Guia Electrónico de Programas no serviço IPTV SmartTV fornecido em Portugal pela Clix: (a) através da barra informativa na parte inferior da imagem; (b) através do menu central.

A tecnologia baseia-se na difusão de dados, normalmente incluídos no pacote de transporte MPEG-2, para uma aplicação que geralmente reside no *middleware* da set-top box¹⁶⁶.

Um guia (electrónico) de programas inclui um interface gráfico de utilizador, onde o telespectador pode consultar a lista de programas, a informação descritiva disponível sobre eles – *synopsis*, actores, realizador, ano da produção, etc. – e o canal onde é transmitido. O EPG pode ainda fornecer o acesso a outros serviços do operador, como sejam os canais / programas pagos (*pay per view*) ou o aluguer de vídeo (VOD – *video on demand*) e à respectiva informação – género, ficha técnica, custo do aluguer, etc.

4.2.1.5.3 – Vídeo a pedido (VOD)

Os sistemas de VOD, permitem aos utilizadores seleccionar e ver conteúdos de vídeo, através de uma rede, como parte de um sistema de televisão interactiva. Os sistemas VOD funcionam como verdadeiros clubes de vídeo em que o utilizador não tem que sair de casa e tem vídeos ao alcance de alguns cliques (no controlo remoto).

Os sistemas VOD podem funcionar por *streaming*, em que o conteúdo é exibido à medida que os pacotes de transporte vão sendo decodificados na *set-top box*, ou por *download*, em que o conteúdo é descarregado para a set-top box antes de ser exibido.

¹⁶⁶ É uma tecnologia predominantemente do mundo da rádio e da televisão digitais, embora se possam embutir EPGs no VBI (*vertical blanking interval*) existente na tecnologia analógica.

Os sistemas por *download* e alguns dos sistemas por *streaming* fornecem algumas das funcionalidades dos VCR convencionais como: pausa (*pause*), avanço rápido (*fast forward*), retrocesso rápido (*fast rewind*), avanço lento (*slow forward*), retrocesso lento (*slow rewind*), saltar para o quadro anterior ou seguinte, etc. No casos dos sistemas por *streaming*, estas funcionalidades exigem mais recursos do servidor e também podem necessitar de uma maior largura de banda¹⁶⁷.



Fig. 4.3 – Acesso ao serviço VOD: (a) fornecido por cabo pela operadora portuguesa TVCabo – em que os vídeos são difundidos para os assinantes em horários fixos; (b) fornecido por IPTV pela operadora portuguesa Clix – em que o utilizador pode visualizar o vídeo na hora que lhe convier, dentro do período de aluguer contratado.

4.2.2 – O ponto de vista da indústria

Tecnicamente, a DTV proporciona muitos novos desafios e muitas novas oportunidades. A introdução da TV digital e interactiva está a causar grandes mudanças no mundo da televisão que obrigam as indústrias de televisão e de difusão a evoluir em muitas frentes. O multimedia e a convergência entre os mundos da electrónica de consumo e do computador pessoal desempenham um papel muito importante nesta mudança. Os modelos de negócio têm vindo a mudar e os prestadores de serviços de televisão, para alargar o seu mercado, ou para evitar perdê-lo para os concorrentes, têm vindo a aliciar os consumidores com os novos serviços possíveis com a DTV.

¹⁶⁷ É possível colocar servidores de vídeo em LANs, o que torna mais rápidos os tempos de resposta às solicitações dos utilizadores. Os servidores de *streaming* de vídeo também podem servir uma comunidade mais vasta de utilizadores através de uma WAN, sendo que, neste caso a capacidade de resposta poderá ser mais reduzida. Os serviços de *download* de VOD são praticáveis para habitações equipadas com modem para cabo ou ligações DSL.

Estes novos serviços, proporcionados pela transição para o digital, significam também novos negócios e lucros acrescidos.

4.2.2.1 – Qualidade e quantidade

Para além de outras vantagens, o recurso ao processamento digital proporciona um certo número de melhorias a nível da qualidade, quando comparado com as emissões analógicas. Os sinais analógicos estão sujeitos a interferências e a “fantasmas”, que reduzem a qualidade da imagem, e cada canal requer a quase totalidade da banda de frequência disponível para difundir com uma qualidade aceitável. Pelo contrário, os sinais digitais, apesar de não serem perfeitos, são menos sensíveis a interferências e na banda de frequência usada por um canal analógico pode-se transmitir vários canais digitais (seis a oito, com definição standard).

A melhoria da qualidade do sinal e a possibilidade de difusão de um maior número de canais, reflecte-se, naturalmente, numa melhoria da qualidade do serviço prestado pelas empresas de difusão e no alargamento do seu leque de oferta.

4.2.2.2 – Emissões mais direccionadas

Sendo as emissões de DTV mais facilmente adaptáveis a públicos específicos, podem ser feitas por medida, por exemplo, para se ajustarem a mercados regionais. Isto é conseguido substituindo canais específicos no sinal digital com programação regional ou inserindo na programação nacional informação específica para uma região – anúncios, por exemplo.

Também a possibilidade transportar conteúdo multilíngue – com a inserção de trilhas de áudio e subtítulos em diversas línguas – permite que um programa de TV, numa emissão única, se adapte bem a públicos de diferentes regiões. Permite mesmo que os espectadores em diferentes países possam todos receber o mesmo conteúdo, mas ainda assim ouvi-lo e “vê-lo” na sua língua nativa. Isto pode ser uma grande vantagem, por exemplo, para os operadores de satélites que operam em diversos países.

Da mesma forma os serviços interactivos com os seus *news tickers*, informação meteorológica e *e-commerce* podem ser direccionados para regiões específicas, tanto dentro de um país como através de mais do que um país.

4.2.2.3 – Interactividade e serviços e aplicações adicionais.

Apesar da possibilidade de resolução acrescida da DTV de alta definição ser atractiva, a interactividade e os novos serviços e aplicações parecem ser a característica mais

interessante para muitos telespectadores e, também, para muitas das pessoas ligadas à indústria de difusão.

O conceito de ITV não é novo. Pode-se dizer que começou com o teletexto ¹⁶⁸ nos anos de 1980, apesar de, facto pouco conhecido, mencionado por Morris e Smith-Chaigneau ¹⁶⁹, desde os anos de 1970, a empresa Warner-Qube, nos EUA, ter trabalhado numa forma de VOD (*video-on-demand*). Infelizmente, esta e outras tentativas pioneiras acabaram numa prateleira devido ao custo, então incomportável, de ter que levar redes de duas vidas até às casas dos consumidores. De então para cá, a evolução da tecnologia e as mudanças nos mercados tornaram possível a via com retorno e os prestadores de serviços de televisão procuram já diferenciar-se e capitalizar sobre estas novas tecnologias, acrescentando à sua oferta de serviços novas funcionalidades que proporcionem aos consumidores uma experiência de televisão mais activa e mais cativante. Para as pessoas que trabalham nesta indústria, o aspecto mais importante é que os consumidores pagarão para os utilizar.

4.2.2.4 – Lucro acrescido

Tipicamente, a migração dos processos de produção para tecnologia digital traduz-se em significativos decréscimos de custos, uma vez que, para produzir o mesmo trabalho é necessária menos mão-de-obra – ou, de uma perspectiva mais social, com a mesma mão-de-obra, pode-se produzir mais.

Por outro lado, a inclusão de novos serviços, com um leque crescente de possibilidades como, por exemplo, o VOD, que tem um incomensurável mercado potencial, significam novas fontes de receitas que, uma vez instalada a estrutura para a DTV, podem ser criadas sem grandes custos adicionais.

Assim, a transição para o digital deverá significar tanto uma redução de custos como novas possibilidades para aumentar as receitas. Este é, por excelência, o grande móbil para qualquer empresa.

4.3 – O PAPEL DO STREAMING

A Internet é uma rede de comunicação global, com uma grande penetração e com um número sempre crescente de utilizadores a nível doméstico. Este facto criou novos modelos de negócios viáveis, que levaram ao aumento da largura de banda de acesso à rede global a partir das habitações. Nesta questão, os modems para cabo e o

¹⁶⁸ Alguns autores consideram mesmo que o teletexto foi o precursor, ou no mínimo o inspirador, da Internet.

¹⁶⁹ MORRIS, Steven; SMITH-CHAIGNEAU Anthony: op. cit., p. 1.

xDSL¹⁷⁰ têm vindo a competir para fornecer aos utilizadores ligações à Internet cada vez mais rápidas. Além disso, o aumento das facilidades de acesso, aliado à baixa de preços e à crescente facilidade de utilização de *hubs* e *switches*, que permitem partilhar o acesso Internet entre vários computadores, tornou-se uma razão para muitos consumidores investirem em tecnologia para redes domésticas.

Estes dois factores, o aumento da largura de banda para acesso doméstico à Internet e a crescente utilização de redes domésticas com IP (Internet Protocol), permitem a introdução de serviços de distribuição, por *streaming*, de áudio e de vídeo para as habitações, e no seu interior, através da rede IP.

A especificação DVB para protocolo Internet (DVB-IPTV) veio permitir o transporte de serviços DVB sobre redes baseadas em IP.

4.3.1 – A evolução dos média: do incunábulo ao rich media

Da mesma forma que o cinema e a rádio, enquanto principais meios de comunicação de massas, foram destronados pela televisão, também o *streaming* está destinado a transformar a *world wide web*.

Os *standards* originais da *web*, baseados em texto, já se expandiram muito para além da funcionalidade original dos protocolos básicos, permitindo incorporar imagem e animação – com o vídeo e o áudio, também aqui, adoptados como a forma mais natural de comunicar.

É preciso não esquecer que, graças à nossa convivência com a televisão, que perdura há mais de cinquenta anos, passámos a esperar, de facto, que o vídeo seja o meio predominante de disseminação de conhecimento e de entretenimento. Esta expectativa, já fortemente arraigada, levou a sucessivos desenvolvimentos que agora permitem que o vídeo seja entregue sobre a Internet como um *live stream*.

A evolução é cada vez mais célere. Se foram necessários cerca de 500 anos para, do incunábulo de Gutenberg, chegarmos ao livro electrónico (*e-book*) dos nossos dias, bastou apenas cerca de 10 anos para passarmos da página Web de texto para o *rich media*¹⁷¹.

Comparativamente aos 500 anos da imprensa, a imagem em movimento apenas está disponível há 100 anos. Desde o desenvolvimento da cinematografia, nos anos 1890,

¹⁷⁰ Primeiro foi o HDSL – High *bit rate* DSL. Mais recentemente, tem sido o ADSL – Asymmetric DSL e as suas evoluções ADSL2, ADSL2+ e ADSL2+M.

¹⁷¹ Mas, os elementos da página Web não são assim tão diferentes dos elementos dos livros de 1500. Ainda encontramos na página Web alguns dos principais componentes dos manuscritos ilustrados: a iluminura na letra maiúscula inicial (*historiated initial*) e as cercaduras florais ou as notas à margem passaram a imagens GIF; as ilustrações, gravuras e meios-tons dos suportes impressos são agora imagens JPEG.

por Edison e pelos irmãos Lumière, que o filme se tornou parte integrante da nossa cultura e da nossa forma de entretenimento.

Cerca de cinquenta anos mais tarde, a televisão foi apresentada ao público, trazendo imagens em movimento até às nossas casas. Contudo, a combinação de filme e conteúdo textual televisivo sempre foi simplória e limitada a algumas linhas de texto e a um logotipo. A baixa resolução das definições standard da televisão não permite o uso de caracteres com pequenas dimensões.

Embora algumas estações de televisão por cabo estejam a transmitir com um *design* mais *web-like* – em que o programa principal é comprimido para uma área menor do écran e conteúdos adicionais são incluídos em *banners* e em faixas laterais – a interactividade com o telespectador é ainda inexistente. A televisão apenas suporta uma interactividade muito limitada, do tipo *voting* por navegação *on-screen* e selecção numa pequena lista de opções.

4.3.2 – A evolução recente das redes

Como salienta David Austerberry¹⁷², a televisão e as TI (tecnologias de informação) evoluíram separadamente, com o desenvolvimento das capacidades das redes de comunicações a assumir um papel relevante no progresso das TI.

De facto, nos últimos anos, registou-se uma grande expansão transversal na disponibilidade de largura de banda em redes de comunicações, que tem vindo a ser acompanhada da baixa de preço dos circuitos de fibra óptica, de tal forma que se tornou normal interligar *switches* com fibra óptica nas *corporate networks*.

Por outro lado, a Gigabit Ethernet está a substituir a 10baseT. Em muitos países, o lacete local¹⁷³ está a ser liberalizado, o que dá ao consumidor a opção de escolha de fornecedores de ADSL, assim como a alternativa de usar um serviço de comunicação de dados fornecido sobre a rede local de televisão por cabo.

Toda esta competição está a fazer baixar os preços.

Acresce ainda que, com a terceira geração de redes sem fios (*wireless*), tornou-se possível receber vídeo em dispositivos móveis.

Todos estes novos desenvolvimentos no domínio das redes estão a libertar a tecnologia de *streaming* da tradicional plataforma de computação (o PC).

¹⁷² AUSTERBERRY; David: op. cit., p. ix.

¹⁷³ O lacete local consiste no circuito físico, constituído por pares de cobre entrançados na rede de acesso local, ligando o equipamento terminal nas instalações do utilizador à infra-estrutura de rede do operador.
(in ANACOM, <http://www.anacom.pt/>, secção FAQ, 2007-08-01).

4.3.3 – As barreiras e as oportunidades

Potencialmente, o *streaming* sobre IP permite que as redes de distribuição, por cabo telefónico, ou mesmo *wireless*, possam oferecer aos utilizadores novas funcionalidades no âmbito da Televisão Digital. A primeira destas novas funcionalidades é o conteúdo poder ser fornecido a pedido. Tal possibilidade chegou a ser prometida pela televisão convencional, mas nunca se provou que fosse viável, pelo menos, financeiramente.

Mas, apesar de toda a evolução, ainda existem muitas barreiras. Um dos problemas, é o imenso parque de aparelhos para televisão analógica existente e que ainda demorará muitos anos a renovar. Outro problema maior, é o custo da adopção e instalação da tecnologia. Para além do custo elevado dos servidores de media, há que contar ainda com o custo de novos dispositivos de ligação das redes domésticas à Web – por exemplo, novos e mais potentes *routers* – e das *set-top boxes* para decodificar o sinal de forma que possa ser exibido numa televisão preparada para receber o sinal analógico. Se é verdade que já existe uma base instalada relativamente larga de (*legacy*) *set-top boxes*, também é certo que isso não ajuda nada. Pelo contrário, constitui mais uma barreira, uma vez que lhes falta suporte para IP e, quem quiser embarcar na experiência da IPTV, terá também o custo da sua substituição.

Desde os primeiros tempos da televisão que o vídeo é considerado um excelente suporte de comunicação, pelo que, a resolução destes problemas e o conseqüente advento de serviços verdadeiramente interactivos, com a possibilidade do utilizador escolher o que quer e quando quer ver, trás muitas novas oportunidades.

Por exemplo, os governos passam a ter a possibilidade exhibir aos cidadãos os debates e as acções das suas comissões de trabalho, o que, combinado com *e-mail*, oferece uma plataforma para o chamado “governo aberto”.

Os agentes de ensino e formação, que adoptaram precocemente o *streaming* no desenvolvimento das possibilidades do ensino à distância, adicionando-lhe vídeo, podem conferir um rosto e uma voz aos professores e auxiliares de formação.

Também para as empresas se abre mais um canal de comunicação, quer para as suas relações públicas, quer para a interlocução com colaboradores e com investidores, por exemplo com *briefings* ao vivo ou sessões de formação *on line* interactivas.

Até os publicitários, que são naturalmente conservadores – sempre preocupados em evitar quaisquer eventuais barreiras tecnológicas que se interponham entre eles e os consumidores – no que diz respeito a tecnologia, já começaram a experimentar este novo meio, pois, a aceitação e utilização generalizada de *plug-ins* para navegadores web, faz com que cresça imenso a sua audiência potencial. Assim, os publicitários podem agora acrescentar mais um meio aos canais já existentes, como um novo

caminho para chegar a mais uma audiência, geralmente constituída por um grupo demográfico específico.

O *streaming* (de vídeo sobre IP) tem sido muitas vezes apontado como um canal de distribuição alternativo à rádio e à televisão convencionais. Mas, como salienta Austerberry¹⁷⁴ esta é uma visão redutora. Inevitavelmente, o *streaming* torna-se a opção certa sempre que se tira partido das suas vantagens especiais. Por exemplo, como parte de uma apresentação interactiva em *rich media*, ele torna-se um novo canal de comunicação que pode competir, por direito próprio, com a imprensa, a rádio e a televisão convencional.

4.3.4 – As novas funcionalidades

As novas funcionalidades proporcionadas pela Televisão Digital, baseadas na interactividade, materializam-se mais facilmente em IPTV – dada a natureza bidireccional dos canais de comunicação – do que com os métodos tradicionais de difusão, sobretudo terrestre e satélite, que são, por natureza, canais de via única para o espectador.

Até agora, o guia (electrónico) de programação (EPG) tem sido a mais importante nova funcionalidade oferecida pela Televisão Digital, já que proporciona ao utilizador o controlo e a gestão da oferta de múltiplos canais. Porém, o *streaming* veio aproximar-nos, ainda mais, da possibilidade de oferta de funcionalidades de carácter realmente interactivo, como seja a possibilidade do utilizador escolher o que quer ver num, aparentemente simples, serviço de “verdadeiro” *video-on-demand*¹⁷⁵. Este tipo de funcionalidade, que fica disponível com a instalação de serviços de difusão por *unicast stream* (ligação um-para-um entre o servidor e o cliente), com uma largura de banda que se ajusta às condições da ligação ao utilizador, era simplesmente impossível nos sistemas de difusão da televisão convencionais.

No que respeita a condicionamento de acesso, o *streaming* também proporciona uma gestão mais flexível que pode ser usada sempre que o proprietário do conteúdo queira controlar quem o pode visualizar, por exemplo, por razões de confidencialidade corporativa, ou em situações de entretenimento, para assegurar que o espectador paga pelo conteúdo.

¹⁷⁴ AUSTERBERRY; David: op. cit., p. 3

¹⁷⁵ Na distribuição de TV digital por cabo, não sendo usada a possibilidade de *download*, o VOD é emitido (*broadcast*) em horários fixos com uma chave que condiciona o acesso a quem requisita o serviço. Já na distribuição por IPTV é possível o recurso ao *unicast*, o que permite ao utilizador visualizar o vídeo na hora que lhe convier, dentro do período de aluguer contratado, como acontece com os conteúdos alugados nos clubes de vídeo.

A possibilidade de serviços bidireccionais, proporcionada pela existência de um canal de retorno, abre também caminho à oferta de serviços, típicos da sociedade de informação, integrados no serviços de televisão, como o *e-mail*, o *e-commerce* ou o *home banking*.

4.3.5 – As aplicações do streaming

Onde quer que a comunicação electrónica seja usada, as aplicações do *streaming* são infindáveis. O *streaming* pode ser distribuído como um pacote completo de vídeo de programação linear, como uma subscrição de serviço, ou como *pay-per-view* (PPV). Pode fazer parte de um sítio Web interactivo ou pode ser uma ferramenta autónoma para *video preview* e para provas de filmes (*film dailies*).

Algumas das possíveis aplicações do *streaming* são:

- Difusão na Internet (por exemplo, em comunicação corporativa)
- Educação (em conferências e ensino à distância)
- Canais de base Web (IPTV e rádio sobre Internet)
- Distribuição de música (*music-on-demand*)
- Vídeo a pedido (VOD)
- Navegação em conteúdos Internet e intranet (*asset management*).

A grande vantagem do *streaming* sobre as formas convencionais de difusão de televisão, é a exploração da ligação IP – um meio cada vez mais ubíquo. Paradoxalmente, essa é também a sua grande desvantagem¹⁷⁶.

4.4 – A CONVERGÊNCIA

O *rich media* veio combinar Web multimedia interactivo e televisão num excitante novo media. É verdade que já usamos o CD-ROM multimedia há algum tempo, e que ele se tornou muito popular em aplicações vivensas – por exemplo, de formação – com navegação interactiva em torno de uma combinação inextricável de infografismo, vídeo e áudio. Porém, os programas eram sempre fisicamente distribuídos em CD-ROM – e agora são-no em DVD – pois, infelizmente, os ficheiros MPEG-1 eram demasiado volumosos para permitir o *streaming*. Agora, os progressos feitos na compressão de áudio e de vídeo, já permitem que tais ficheiros sejam distribuídos na Web em tempo real.

¹⁷⁶ vide § 4.3.5.1.

Os media estão a convergir. Há um esbatimento crescente das fronteiras e das linhas divisórias tradicionais dos meios de comunicação de massas. As editoras agora têm os *e-books* e os jornais têm os seus próprios sítios Web mostrando o que está por detrás das histórias e permitindo o acesso aos seus arquivos. A *set-top box* da televisão pode ser usada para navegar na Web, enviar *e-mail* ou interagir com o programas e os anúncios. Um sítio Web pode ter áudio e vídeo embutido.

Emergiram novas tecnologias, com destaque para o *standard* MPEG-4 e para a terceira geração *wireless*. O MPEG-4 deu um salto em frente como plataforma para *rich media*. Agora, é possível sincronizar conteúdo "sintético" tridimensional com vídeo "normal" e outras imagens numa apresentação interactiva.

Os novos dispositivos *wireless* podem mostrar fotografias e vídeo, assim como texto e grafismos. Os ecrãs destes dispositivos móveis podem chegar a 320×240 pixels com cor plena e, apesar da largura de banda ser muito inferior às centenas de kilobits que podem ser descarregados para um PC através de um modem para cabo ou uma ligação ADSL, muita coisa pode ser feita por um criador de conteúdos engenhoso e inovador.

A convergência levanta muitos desafios. Como restringir os custos de produção? Como gerir o conteúdo? Como integrar as diversas disciplinas criativas? Podem os conteúdos ser reutilizados para outro media a um custo compensador?

As próprias tecnologias levantam questões. Como criar conteúdos que sirvam quer para o ecrã minúsculo de um dispositivo móvel, quer para televisão de alta definição?

Algumas respostas estão aí. Vários operadores de televisão já apostaram nestas novas possibilidades e já disponibilizam alguns programas em formatos adequados para recepção em telemóveis. A avaliar pelo interesse suscitado na indústria, as respostas que ainda faltam, não devem tardar.

4.5 – OS MEDIA CENTER

Um centro multimedia, mais conhecido por *media center*, ou *home theater PC* (abreviadamente HTPC), é constituído basicamente por um computador ligado a uma televisão, em que o computador foi especialmente adaptado para proporcionar entretenimento multimedia. Assim, o computador está preparado para reproduzir música, exibir filmes e mostrar fotografias armazenadas numa *drive* local ou, algures, na rede a que está ligado.

Os *media centers* são verdadeiros centros de integração de media, o que normalmente inclui a capacidade de recepção de TV (analógica e digital) pelos diversos meios de

difusão (terrestre, cabo, satélite e IPTV) além do acesso a Internet e telefonia sobre IP.

Com um interface de fácil utilização, manobrável com um controlo remoto, os *media centers* podem vir a ocupar um lugar de relevo na recepção de TV digital, como alternativa, mais sofisticada, à *set-top box*.

4.6 – O PAPEL DAS NORMAS

Por definição, “uma norma é um documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece regras, linhas directrizes ou características, para actividades ou seus resultados, garantindo um nível de ordem óptimo num dado contexto”¹⁷⁷.

4.6.1 – Uma herança de multiplicidade

David Austerberry¹⁷⁸, lembra que, ao longo dos anos os EUA e a Europa adoptaram diferentes *standards* (...). Primeiro foram as normas de televisão com os EUA a adoptarem o formato de 525 linhas e 30 *frames* por segundo, enquanto a Europa optava por 625 linhas e 25 *frames* por segundo.

Depois, foram os diferentes *standards* de telecomunicações com sinais digitizados, com a hegemónica Bell nos EUA a definir uma gama de largura de banda de 1,544 Mbits/s (T1)¹⁷⁹ e o ETSI (Europe Telecommunications Standards Institute) a optar por 2,048 Mbits/s (E1)¹⁸⁰.

Ainda nos primeiros tempos da televisão, surgiram diversas tecnologias que competiram para levar a imagem e o som a casa dos telespectadores. Depois de realizados muitos testes e de esgrimida muita argumentação política, acabaram por emergir as três principais normas actualmente em uso: NTSC, PAL e SECAM.

A proliferação de normas tem levantado dificuldades, quer para os consumidores, quer para os fabricantes de electrónica de consumo, que se vão agravando com a globalização dos mercados. Esta situação é particularmente gritante na Europa, onde países vizinhos usam variantes diferentes de PAL ou SECAM.

¹⁷⁷ Instituto Português da Qualidade
<http://www.ipq.pt/CUSTOMPAGE.aspx?modid=0&pagID=3&faqID=21>, 2007-07-30 11:08

¹⁷⁸ AUSTERBERRY; David: op. cit., p. 9.

¹⁷⁹ Originalmente, o formato T1 transportava 24 sinais de voz, modulados por código de pulsos, multiplexados no tempo, cada um codificado em *streams* de 64 kbit/s, deixando 8 kbit/s para informação de framing, o que facilita a sincronização e a desmultiplexagem no receptor. Os canais dos circuitos T2 e T3 transportam múltiplos canais T1, multiplexados, com taxas de transmissão que vão até aos 44,736 Mbit/s.

¹⁸⁰ Correspondente a 32 canais de 64 kbit/s

Se, por um lado, podemos considerar, como Austerberry, que é relativamente fácil converter o sinal de um *standard* para o outro e que, portanto, a diferença de *standards* não impossibilita a distribuição internacional de media, a verdade é que também não a facilita.

Neste aspecto, a norma ITU-R BT.601, para digitização de vídeo por componentes, que está também na base da estrutura de amostragem posteriormente adoptada pela norma MPEG, teve a virtude da aceitação universal como formato para produção e veio criar uma plataforma para intercâmbio internacional de programas.

Já no que se refere à migração para o digital, como salientam Steven Morris e Anthony Smith-Chaigneau¹⁸¹, teria feito sentido não repetir a fragmentação de normas, uma vez que a tecnologia para unificar o mundo digital estava disponível.

Seria óbvio que a introdução de sistemas de difusão digital comuns representaria enormes economias de escala para os fabricantes de electrónica de consumo e, sobretudo, para os consumidores. Mas, tal não aconteceu e ainda existe fragmentação no mercado da difusão da DTV. Questões comerciais e políticas bem como o síndrome *NIH (not invented here)* criaram diversas normas para DTV que competem entre si.

Tal como escolheram diferentes sistemas de modulação, a Europa, os EUA e o Japão, também escolheram diferentes normas para a informação de serviço (*information service*) necessária para descodificar os serviços de DTV e para a difusão de dados.

Estas escolhas, em sobreposição ao uso do PAL, do NTSC e do SECAM, fazem com que existam ainda mais diferenças entre os países – ainda que algumas diferenças sejam mais superficiais do que outras.

Neste contexto, o consórcio DVB tem vindo a patrocinar o esforço de uniformização dos sistemas de difusão de DTV. Embora as suas normas não sejam de adopção obrigatória, todos os países da Europa, pelo menos para a difusão terrestre, as adoptaram ou já expressaram a intenção de as adoptar quando iniciarem as emissões.

4.6.2 – A necessidade de normas abertas para *middleware*

Há muita discussão em torno das virtudes e dos inconvenientes dos sistemas abertos *versus* sistemas proprietários. O actual movimento do mercado da Televisão Digital, de soluções de *middleware* proprietárias, em mercados verticais¹⁸², para normas abertas, em mercados horizontais, parece atestar a necessidade de adopção de uma

¹⁸¹ MORRIS, Steven; SMITH-CHAIGNEAU Anthony: op. cit., p. 3

¹⁸² As soluções verticais são características do mercado norte-americano, onde a DTV se instalou mais cedo. No mercado europeu, já prevalecem as soluções abertas.

estandardização aberta para o *middleware* dos sistemas de televisão interactiva (Nota 4.3).

4.6.2.1 – A emergência de normas abertas para o *middleware*

Apesar das normas abertas não serem uma novidade para a indústria de difusão, tanto as emissoras públicas como os operadores de *pay-TV* só agora estão, de facto, a começar a usar normas abertas para o *middleware* de *ITV* (*interactive television*) para tentar levá-la a uma audiência mais vasta. Por outro lado, os governos estão a exigir o uso de normas abertas para sistemas de DTV em que haja participação de fundos públicos, o que, obviamente, inclui o *middleware* que esses sistemas utilizam.

Com o crescimento da *ITV*, os organismos responsáveis pelos *standards* de televisão, em todo mundo, decidiram criar normas abertas para o *middleware* necessário para correr esses serviços.

Começa assim a consolidar-se o emergente mercado do *middleware* baseado em normas abertas.

O projecto MHP (*Multimedia Home Platform*) da DVB (*Digital Video Broadcast*) lidera, desde os últimos três a quatro anos, o desenvolvimento deste mercado, conjuntamente com as normas OCAP (*OpenCable Application Platform*) e ACAP (*Advanced Common Application Platform*).

Como estas normas foram produzidas pelos mesmos organismos que criaram outras normas de DTV, os EUA, a Europa e o Japão, todos produziram diferentes *standards* para o *middleware* – que foi desenhado para trabalhar com as suas próprias normas de informação de serviço e de difusão de dados.

4.6.3 – E a multiplicidade perpetua-se

É curioso notar que, se por um lado, como sublinham Morris e Smith-Chaigneau¹⁸³ a origem da força impulsionadora das normas abertas advém precisamente das grandes dificuldades criadas pela diversidade com que temos vivido, por outro lado, esta proliferação de normas para *middleware* teve um impacto no mercado, fragmentando-o ainda mais, de tal forma que diferentes operadores podem instalar diferentes soluções (proprietárias ou abertas) e diferentes *standards* de transmissão.

A menos que a indústria, como um todo, tenha muito cuidado com a forma como essas normas são adoptadas e usadas, o nível de fragmentação acrescido só lhe pode trazer mais problemas e complicar ainda mais a vida aos utilizadores se, cada opção

¹⁸³ MORRIS, Steven; SMITH-CHAIGNEAU Anthony: op. cit., p. 3

que façam, lhe puder cercear o acesso a alguns serviços, em particular os de carácter *free to air*.

Notas do capítulo 4:

Nota 4.1.

Apesar da expectativa criada em torno da qualidade acrescida na imagem da Televisão Digital, a verdade é que os ganhos de qualidade, muitas vezes anunciados, não se verificaram na difusão digital, mesmo para a definição *standard*. Os operadores de televisão, não parecem ter considerado, até agora, que a qualidade da imagem, só por si, seja um factor de diferenciação em relação à televisão analógica. Por outro lado, há que ter em conta que a largura de banda adicional, necessária para melhorar a qualidade, aumenta os custos da transmissão.

Porém, outro grupo de intervenientes no mercado, os editores de DVD, abordou a questão da qualidade numa perspectiva diferente. Para eles, a qualidade digital tornou-se uma forma de diferenciação e de sedução dos clientes, principalmente quando usam ecrãs de grande formato. Apesar do DVD usar as mesmas técnicas de compressão que a DTV, e de terem sido lançados, mais ou menos, ao mesmo tempo, a diferença de atitude, face à qualidade, entre operadores de televisão e editores de DVD é bem marcada, tendo estes conseguido um desenvolvimento inicial bem mais rápido. De notar que, ao contrário do que acontece com a televisão, o sucesso do DVD não pode ser atribuído exclusivamente ao conteúdo, já que, geralmente, os seus títulos estão também disponíveis em cassetes VHF a preços mais baixos.

Nota 4.2.

São utilizados dois métodos para proporcionar legendas a um público telespectador. Um deles, conhecido como legendagem *in-vision*, ou aberta (*open*), passa pela inserção de texto directamente na imagem a ser exibida, antes de a emitir. O outro, conhecido como legendagem fechada (*closed*), passa pela transmissão das legendas sob a forma de dados codificados, num canal que acompanha o sinal de imagem (por exemplo, teletexto). A utilização do teletexto como forma de legendagem tem vindo a aumentar, na medida em que é cada vez maior o número de aparelhos de TV com esta funcionalidade.

Em muitos países, a legendagem é a forma mais comum de traduzir as falas dos programas em língua estrangeira e é também usada, cada vez mais, como um serviço para as pessoas com surdez ou dificuldade auditiva.

Apesar da legendagem pressupor que o telespectador é capaz de ler (uma limitação para as crianças, para os analfabetos e para as pessoas com dificuldades visuais), e de não poder transmitir toda a informação contida numa fala em língua estrangeira, tem algumas vantagens quando comparada com a dobragem do som. As mais importantes são:

- é menos onerosa;
- os telespectadores conhecedores da língua original, ou que desejem aprendê-la, podem ouvir as falas originais sem interferência;
- é possível, usando teletexto, transmitir as falas traduzidas em diversas línguas, em simultâneo (muito útil, por exemplo, nas transmissões por satélite para diversos países).

A transmissão de legendas por teletexto é, normalmente, efectuada usando um número de página dedicado no serviço de teletexto. A página de legendas é formatada de forma que estas se sobrepõem à imagem – um sinal de controlo na página de legendas informa o descodificador de que se trata de uma página para ser sobreposta ao programa, e não para ser exibida no display normal de teletexto.

Nota 4.3.

À medida que os sistemas de DTV foram sendo instalados, os operadores de redes quiseram tirar o máximo partido dos pontos fortes destas novas tecnologias, com o objectivo de criar novas fontes de receitas. Surgiu, pois, o interesse pelos serviços interactivos, o que, por sua vez, fez despontar o desejo de dispor de soluções de *middleware* que permitissem que as aplicações interactivas corresse nas várias plataformas de *hardware*.

Ora, no início da DTV e durante alguns anos, as soluções sobre *middleware* proprietário foram, de longe, as mais comuns. Estiveram disponíveis diversas destas soluções, oferecidas por empresas que não resistiram à tentação das soluções verticais, como a Open TV, a NDS, a Canal +, a Power TV e a Microsoft – que figuram na vanguarda dos principais intervenientes neste mercado. Naturalmente, os serviços e as aplicações que corriam em *middleware* proprietário, estavam estreitamente ligadas a essas plataformas e, uma vez que os operadores normalmente escolhem diferentes tecnologias de *middleware* e de condicionamento de acesso, assistiu-se ao desenvolvimento de mercados verticais.

Num mercado vertical, o operador de rede controla a especificação das *set-top boxes* usadas na sua rede e as aplicações que nela correm. Isto quer dizer que a *set-top box* torna-se frequentemente o maior encargo financeiro para o operador da rede, pois ele

compra o receptor directamente do fornecedor da *set-top box* e aluga-o (muitas vezes em *leasing*), ou oferece-o ao espectador, como parte integrante da subscrição.

5 – CONCLUSÕES

De forma muito simplificada, podemos dizer que a DTV converte as imagens e o som captados por uma câmara de televisão numa sequência de bits que são injectados num emissor e transmitidos à distância, em formato digital, até aos receptores. Estes efectuem a reconversão e sincronização das imagens e dos sons para que possam ser perceptíveis pelos nossos sentidos. Alguns modelos de receptores mais modernos já incorporam esta funcionalidade (televisores digitais integrados). Os outros fazem-no através de uma *set-top box* exterior.

Na realidade, a tecnologia envolvida na Televisão Digital é extremamente complexa. A DTV tem vindo a ser difundida fundamentalmente por três tipos de suportes: cabo, satélite e difusão terrestre – esta última com um grau de complexidade ainda mais acrescido e ainda não disponível em Portugal.

Mais recentemente, surgiram sistemas baseados em *streaming* sobre IP, que aproveitam as ligações ADSL, sobretudo as assentes em linhas de pares de cobre do serviço telefónico¹⁸⁴. Os serviços de televisão estão assim a libertar-se dos meios tradicionais de difusão (terrestre, cabo e satélite), tirando partido da convergência, cada vez mais óbvia, com as tecnologias de informação e do concomitante desenvolvimento das redes (e também, embora fora do âmbito deste estudo, das emergentes tecnologias *mobile*).

5.1 – A MATURIDADE DA TECNOLOGIA NOS DIVERSOS MEIOS DE DIFUSÃO

No entanto, apenas os sistemas de difusão por satélite e por cabo parecem ter atingido a maturidade plena, que alguns anos de avanço na implantação lhes confere. A tecnologia de difusão terrestre, não obstante já estar plenamente instalada em alguns países pioneiros, só agora parece ter entrado decididamente no caminho que conduzirá ao *switch off* das emissões terrestres analógicas em todos os países da Europa.

Tal como os actuais sistemas analógicos, a Televisão Digital terrestre usa o espectro radioeléctrico como meio de transmissão, mas com a vantagem de proporcionar uma

¹⁸⁴ Com uma aparente tendência para evolúrem para linhas em fibra óptica até à habitação do assinante (FTTH – *fibre-to-the-home*).

substancial economia nessa utilização, em virtude de uma maior eficiência espectral. Assim, torna possível o reaproveitamento do espectro radioelétrico para a introdução de outro tipo de serviços de comunicações electrónicas, ou mesmo para expandir a oferta da própria de televisão, seja em quantidade (ao nível do número de programas), em qualidade (televisão de alta definição), ou em funcionalidade, com introdução de novas opções (ao nível da interactividade e da mobilidade).

A tecnologia de difusão de TV sobre IP ainda apresenta algumas limitações que, enquanto não forem ultrapassadas, podem condicionar a sua aceitação pelo público – quem já subscreveu o serviço, conhece bem os característicos quadrados que surgem amiúde no ecrã, sobretudo em cenas mais movimentadas, quando os blocos MPEG não são devidamente actualizados. No entanto, é a tecnologia mais promissora em termos de desenvolvimento futuro, pois está liberta dos processos de modulação necessários aos sistemas de difusão tradicionais, não tem as limitações espectrais das emissões terrestre, não carece de grandes aparatos para ultrapassar grandes distâncias como acontece na difusão por satélite e, em relação às redes de cabo, tem as vantagens da tendência da Internet para ubiquidade e do menor custo da cablagem, como factores facilitadores da sua implementação. Por outro lado, as tecnologias de DSP ainda têm campo para desenvolvimentos que vão, certamente, permitir melhorar o desempenho dos servidores de media e melhorar significativamente a qualidade.

5.2 – AS VANTAGENS PARA OS CONSUMIDORES

Para os consumidores de serviços de televisão, a difusão de sinal digital oferece alguns benefícios como sejam:

- melhor qualidade da imagem (para uma dada largura de banda) e do som;
- mais canais, nomeadamente em sinal aberto;
- emissões mais personalizadas;
- novos serviços, sobre aplicações interactivas, como o EPG e o VOD.

5.3 – OS BENEFÍCIOS PARA A INDÚSTRIA

Para os operadores de televisão, o processamento e transmissão de sinais sob a forma digital também apresenta diversas vantagens em relação ao formato analógico, nomeadamente:

- a possibilidade de oferecer melhor qualidade da imagem, para uma dada largura de banda, e melhor qualidade do som;

- menor necessidade de largura de banda para uma dada resolução da imagem e, conseqüentemente, possibilidade da transmissão de um maior número de canais numa dada largura de banda;
- oferta de novos serviços, explorando as possibilidades de aplicações que proporcionam interactividade e, cada vez mais, a compatibilidade com os computadores e a Internet;
- menor necessidade de potência dos emissores, para a mesma área de cobertura da emissão analógica.

Em resumo, os operadores de televisão passam a dispor da possibilidade de oferecer mais e melhores serviços aos seus clientes.

É curioso notar que a interactividade, apontada muitas vezes como um dos aspectos mais relevantes da Televisão Digital (comparativamente à analógica), e contrariamente a algumas previsões e expectativas iniciais, até agora, não teve um papel determinante no desenvolvimento do mercado da Televisão Digital.

6 – BIBLIOGRAFIA E WEBGRAFIA

6.1 – REFERÊNCIAS

01. ANTONIOU, Andreas: *Digital Signal Processing: Signals, Systems, and Filters*. New York, McGraw-Hill, 2005 (966 pág.). ISBN 0-07-145425-X
02. AUSTERBERRY, David: *The technology of video and audio streaming*. 2ª ed. Estados Unidos da América, Elsevier (Focal Press), 2005 (360 pág.). ISBN 0-240-80580-1
03. BENOIT, Hervé: *Digital television: MPEG-1, MPEG-2 and Principles of the DVB system*. Grã-Bretanha, Elsevier (Focal Press), 2002 (218 pág.). ISBN 0-240-51695-8
04. DHAKE, Arvind M.: *Television Engineering*. New Delhi, Tata McGraw-Hill Publishing Company, 1979. ISBN 0-07-096389-4
05. MORRIS, Steven; SMITH-CHAIGNEAU, Anthony: *Interactive TV standards*. 2ª ed. Estados Unidos da América, Elsevier (Focal Press), 2005 (612 pág.). ISBN 0-240-80666-2
06. SMITH, Steven W.: *Digital Signal Processing: A Practical Guide for Engineers and Scientists*. EUA, Newnes, 2002 (SoftCover, 630 pág.). ISBN 0-7506-7444-X

6.2 – LEGISLAÇÃO E NORMAS

ASSEMBLEIA DA REPÚBLICA: *Lei n.º 27/2007 de 30 de Julho* (Lei da Televisão). Portugal, Diário da República, 1.ª série – N.º 145 – 30 de Julho de 2007. p. 4847-4865.

Digital Video Broadcasting (DVB): *DVB Commercial Module - Multimedia Home Platform, User and Market Requirements: Enhanced and interactive digital broadcasting in the local cluster*. DVB BlueBooks, DVB Document A062, Abril 2001, modificado Abril 2005.

http://www.mhp.org/documents/mhp_a062.pdf
2007-06-09 17:36

International Standards Organization: *ISO/IEC 13818. Information technology -- Generic coding of moving pictures and associated audio information*. ISO/IEC 1995 (E), Recommendation ITU-T H.262 (MPEG-2 Video Encoding).

6.3 – OUTRA BIBLIOGRAFIA ESPECÍFICA DO TEMA

ADAMS, Michael: *OpenCable Architecture: Digital Broadcast Technologies*. 1ª edição. EUA, Cisco Press; Cisco Press Fundamentals Series, 1999. ISBN-10: 157870135X. ISBN-13: 978-1578701353

<http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=106971&seqNum=1&rl=1>
2007-05-22 15:55

ANTILLA, Hannu: *Mobile teletext*. DVB-SCENE, DVB, Ed. nº 22, Junho de 2007, p. 4.
http://www.dvb.org/news_events/news/issue_22_of_dvbscene_focu/index.xml
2007-06-09 17:22

BALIGH, M. H.; NOURMOHAMMAD, J.i; BASHIRI, S.; GHAHRI, M. R.; BARARI, M.: *Comparison between different standards of Digital Terrestrial Television Broadcasting*. IRIB, Iran, July Aug 2001, Studio Systems, Audio Video & Broadcasting, Broadcasting Technology.

<http://www.studio-systems.com/Broadcasting/JulyAug2001/Comparison/106.htm>
2007-05-04 16:00

BBC – British Broadcasting Corporation: *The BBC story*

<http://www.bbc.co.uk/heritage/story/index.shtml>
2006-11-19 01:40

DALLAS SEMICONDUCTOR – MAXIM: *Bandwidth Versus Video Resolution*. Application Note 750, 2001

http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/appnote_number/750
2006-12-12 22:13

DALLAS SEMICONDUCTOR – MAXIM: *Understanding Analog Video Signals*. Application Note 1184, 2002

http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/an_pk/1184
2006-12-12 22:17

DALLAS SEMICONDUCTOR – MAXIM: *Video Basics*. Application Note 734, 2001.

http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/appnote_number/734
2007-04-04 17:10

DPMA - Deutsches Patent - und Markenamt: *Walter Bruch*

http://www.dpma.de/infos/galerie/erfindergalerie/e_bio_bruch.html
2006-11-27 22:19

Early Television Foundation and Museum Website: *Mechanical TV Standards*.

http://www.earlytelevision.org/mechanical_standards.html
2006-11-19 01:20

ETSI (European Telecommunications Standards Institute): *Analogue Television systems*

<http://portal.etsi.org/radio/AnalogueTVBroadcasting/ATVB.asp>
2006-11-27 17:52

Europe's Information Society: *Public policy treatment of digital terrestrial television (DTT) in communications markets: Annexes to Final report for the European Commission*. Espanha. Analysis Limited, 2005

Europe's Information Society – Thematic Portal

http://ec.europa.eu/information_society/policy/ecomms/doc/info_centre/studies_ext_consult/dttv/final_report_on_dttv_for_ec260805.pdf

2007-05-02 16:40

FLEMING, Chip: *A Tutorial on Convolutional Coding with Viterbi Decoding*. EUA, Spectrum Applications, 1999 (updated 2006)

<http://home.netcom.com/%7Echip.f/viterbi/tutorial.html>

HEDMAN, Anders: *A Media Rich Interface vs A Simple Interface for Interactive Television*. Montreal, Centrum för användarorienterad IT-design, 2002. In proc of E-Learn 2002 World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, & Higher Education, Montreal, Canada

<http://cid.nada.kth.se/pdf/CID-212.pdf>

2007-05-17 11:43

HERNANDEZ, José Moctesuma: *Televisión Digital*. México, Universidad de Colima, Facultad de Telemática, 1999 (Tesis para la obtención del grado de maestro en ciencias, área telemática).

http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Jose%20Moctesuma%20Hernandez.pdf

Hochschule Mittweida (FH) - University of Applied Sciences: *Walter Bruch*

<http://www.htwm.de/hsm/geschichte/bruch.htm>

2006-11-27 16:13

KUHN, Kelin J.: *Conventional Analog Television: An Introduction*

University of Washington - College of Engineering - Electrical Engineering

<http://www.ee.washington.edu/conselec/CE/kuhn/ntsc/95x4.htm>

2006-11-29 12:05

ITU / CPM - International Telecommunication Union / Conference Preparatory Meeting: *CPM Report on technical, operational and regulatory/procedural matters to be considered by the 2007 World Radiocommunication Conference*. Geneva, ITU / CPM, 2007.

KUHN, Kelin J.: *HDTV Television: An Introduction*. University of Washington, College of Engineering - Electrical Engineering [EE 498], 1995

<http://www.ee.washington.edu/conselec/CE/kuhn/hdtv/95x5.htm>

2006-11-29 14:55

LONG, Mark : *The World of Satellite Television*. 9ª ed. EUA, The Book Publishing Co., 1983 ISBN 1-57067-069-2

The Manhattan Rare Book Company

<http://www.manhattanrarebooks-science.com/swinton.htm>

2007-04-03 14:30

McCANN, Ken: *Advanced Audio and Video Coding within DVB*. The Digital Video Broadcasting Project (DVB), 2003

[http://www.dvb.org/\(RoxenUserID=d8e065b1aef9c20266509f53c46f6fba\)/documents/modules/Advanced%20Audio%20and%20Video%20Coding%20within%20DVB.pdf](http://www.dvb.org/(RoxenUserID=d8e065b1aef9c20266509f53c46f6fba)/documents/modules/Advanced%20Audio%20and%20Video%20Coding%20within%20DVB.pdf)

2007-05-15 16:47

McLEAN, Don F.: *The Television Age*, IEE, 8th July 2000, IEE Millennium Weekend

MEYER, Laurence; FONTAINE, Gilles: *Final evaluation of the 16:9 Action Plan*. European Commission, Information Society and Media, IDATE - Institut de l'Audiovisuel et des Télécommunications en Europe. Volume 1: Main report (report 1691), 2000

http://ec.europa.eu/dgs/information_society/evaluation/data/pdf/report1691_en.pdf

2006-12-13 16:48

MORGÜL, Avni. *Recent Developments in Digital Television*. Istanbul, Bogaziçi University, 2001 (Submitted to NEU-CEE 2001 Levkosa, TRNC)

<http://esaki.ee.boun.edu.tr/~morgul/Recent%20TV.pdf>

2006-03-31 11:25

PENG, Chengyuan; VUORIMAA, Petri: *A Digital Teletext Service*. Finlândia, 2001. *WSCG'2001 - the 9-th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision'2001*, Journal of WSCG (Winter School of Computer Graphics - University of West Bohemia), República Checa, 2001. Volume 9, Number 3 - Short Communication Papers, p. 120-125. ISBN 80-7082-713-0

QUINNELL, Richard: *Designing Digital Filters*. DSP - Techonline Community 2003 (1 de Agosto),

<http://www.dspdesignline.com/showArticle.jhtml?articleID=192200504>,

2007-03-16 10:43

ROBIN, Iain A.: *Digital Filters: An Introduction*. DSP - Techonline Community 2002 (1 de Abril),

<http://www.dspdesignline.com/howto/showArticle.jhtml?articleID=192200474>

2007-03-16 10:53

TERVO, Richard: *EE4253 Digital Communications: Convolutional Coding*. Brunswick, University of New Brunswick, Department of Electrical and Computer Engineering, 2001

<http://www.ece.unb.ca/tervo/ee4253/convolution1.htm>

XAVIER, Sidney: *Voz sobre IP na PHB*. Belo Horizonte. Prodabel-CDE (Centro de Desenvolvimento e Estudos da Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte), 2000 (Monografia apresentada à PROBADEL/PUC como requisito para a obtenção do certificado do Curso de Pós-Graduação em Informática Pública)

6.4 – GERAL

Adobe Systems Incorporated: *A Digital Video Primer: Understanding and Using High-Definition Video*. EUA, 2006

http://www.adobe.com/products/premiere/pdfs/hdprimer_0306.pdf

2007-04-16 21:50

CRANTOR, Jean Marc ; DAIDJ, Nabyla ; MEYER, Laurence: *Final evaluation of the 16:9 Action Plan: Widescreen TV in Europe*, IDATE - Institut de l'Audiovisuel et des Communications en Europe, Volume 3.

http://ec.europa.eu/dgs/information_society/evaluation/data/pdf/report1693_en.pdf

2006-12-02 16:24

DELOITTE TOUCHE TOHMASU. *Technology, Media and Telecommunications: TMT Trends: Predictions, 2006: A focus on the media sector*. Londres, The Creative Studio at Deloitte and Touche LLP, 2006.

DELOITTE TOUCHE TOHMASU. *Technology, Media and Telecommunications: TMT Trends: Predictions, 2006: A focus on the telecommunications sector*. Londres, The Creative Studio at Deloitte and Touche LLP, 2006.

EBU • UER - European Broadcasting Union • Union Européenne de Radio-Télévision: *50 years of eurovision*. EBU dossiers 2004/1

http://www.ebu.ch/CMSimages/en/dossiers_1_04_eurovision50_ve_tcm6-13890.pdf

2006-12-03 17:11

GONÇALVES, Carlos César Correia: *Pesquisa e investigação: premissas para o seu conhecimento*. Lisboa, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia, 2004.

GONÇALVES, Carlos César Correia: *Para que se faz e como se faz uma investigação*. Lisboa, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia, 2004.

GONÇALVES, Carlos César Correia: *Para a elaboração de uma Dissertação de Mestrado ou uma Tese de Doutoramento*. Lisboa, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia, 2005.

VALADARES, Carlos: *Informação à velocidade da luz: Comentário a um artigo*. [Trabalho realizado no âmbito da cadeira Tecnologías punta y sus aplicaciones a la gestión del patrimonio audiovisual] Madrid, UCM, 2005.

WATERS, George T.: *Horses for courses*. EBU Technical Review, EBU Technical Department, No. 253 (Autumn 1992) (Editorial).

http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev_253-editorial.html

2006-11-30 17:58

Índice de figuras e sua origem

	página
Fig. 1.1 – A tensão numa tomada de energia para consumo doméstico é um sinal analógico que varia com o tempo de forma sinusoidal	38
Fig. 1.2 – Tipos de sinais: (a) sinal analógico não quantizado; (b) sinal discreto não quantizado; (c) sinal analógico quantizado; (d) sinal discreto quantizado ou sinal digital	40
Fig. 1.3 – Representação de sinais no domínio do tempo e no domínio da frequência: (a) um sinal sinusoidal tem uma frequência bem definida; (b) Um sinal de voz tem frequências numa banda de cerca de 16 Hz a 20 KHz	41
Fig. 1.4 – Exemplo de processo de digitização: (a) sinal de entrada, contínuo no tempo; (b) Sinal amostrado; (c) sinal digitizado; (d) erro de quantização. adaptado de: SMITH, Steven W.: Digital Signal Processing: A Practical Guide for Engineers and Scientists. EUA, Newnes, 2002 (SoftCover, 630 pág.). ISBN 0-7506-7444-X. Fig. 3-1, p. 37.	43
Fig. 1.5 – Exemplo de processos de amostragem. Um sinal contínuo é adequadamente amostrado se contiver toda a informação necessária para reconstruir o sinal original: (a), (b) e (c) são exemplos de amostragem adequada – cada um dos sinais forma um par único com o padrão da amostragem; (d) amostragem inadequada – a frequência do sinal é superior à frequência de Nyquist – o resultado é conhecido como aliasing e, corrompe a informação. SMITH, Steven W.: op. cit., Fig. 3-3, p. 41.	45
Fig. 1.6 – Conversão digital-analógica: (a) trem de pulsos representando a informação digital; (b) espectro do trem de pulsos; (c) sinal analógico reconstituído a partir do trem de pulsos usando um filtro passa-baixo; (d) espectro do sinal analógico reconstituído. SMITH, Steven W.: op. cit., Fig. 3-6, p. 47.	47
Fig. 1.7 – Multiplexagem: (a) ocupação espectral de sinais modulados em frequência – FDM; (b) transmissão de sinais multiplexados no tempo – TDM	50
Fig. 1.8 – Estrutura de uma imagem digital SMITH, Steven W.: op. cit., Fig. 23-1, p. 375.	56
Fig. 1.9 – Sinal de televisão (norma NTSC) visto num osciloscópio SMITH, Steven W.: op. cit., Fig. 23-9, p. 385.	61

Fig. 1.10	- Ocupação espectral do sinal de televisão analógica NTSC	62
	adaptado de: NYACK, Cuthbert: NTSC Color Signal http://cnyack.homestead.com/files/modulation/ntsc_sig.htm e de: PEMBERTON, Alan: World Analogue Television Standards and Waveforms http://www.pembers.freemove.co.uk/World-TV-Standards/Colour-Standards.html	
Fig. 1.11	- Hierarquia das parcelas de um vídeo MPEG	65
	adaptado de: BENOIT, Hervé: Digital television: MPEG-1, MPEG-2 and Principles of the DVB system. Grã-Bretanha, Elsevier (Focal Press), 2002. ISBN 0-240-51695-8. Fig. 3.10, p.39	
Fig. 1.12	- Exemplo de um grupo de imagens em MPEG-2.	66
	adaptado de: BENOIT, Hervé: op. cit., Fig. 3.9, p.38	
Fig. 1.13	- (a) Constelação de um sinal QPSK; (b) Constelação de um sinal 16-QAM	68
Fig. 2.1.a	- Disco de varrimento mecânico de Nipkow	73
	descrito na "Sciences & Vie nº831 December 1986" (Image © Sciences & Vie) Belgacom http://users.swing.be/philippe.jadin/nipkowdisk.htm • 2007-04-02 23:06	
Fig. 2.1.b	- Disco de Sanabria para triplo varrimento mecânico entrelaçado	73
	foto publicada em "Chicago: Historia de Nuestra Comunidad Puertorriqueña" por Manuel Martinez Television History - The First 75 Years http://www.tvhistory.tv/disk.jpg • 2007-04-02 22:27	
Fig. 2.2.a	- TV a cores de Baird: representação esquemática do sistema	77
	Television History - The First 75 Years Early television experiments -- Baird Sketch of the Baird Color System http://www.tvhistory.tv/EarlyTVBaird.htm • 2007-04-03 20:53	
Fig. 2.2.b	- TV a cores de Baird: fotografia de uma imagem transmitida	77
	Television History - The First 75 Years Early television experiments -- Baird "Television in Colour" (Miss Paddy Naismith, the well knowm Airwoman) The first photograph of a colour television image ever published, the image on the screen of Mr. Baird's 600 line colour televisor. http://www.tvhistory.tv/EarlyTVBaird.htm • 2007-04-03 20:537	
Fig. 2.3	- Sinal de televisão NTSC no domínio da frequência	79
	Adaptado de: GALIANA, Th.: A televisão. Brasil, Estúdios Cor - Enciclopédia Diagramas nº 41, 1966. Fig. 28, p. 76.	
Fig. 2.4	- Representação esquemática de uma rede de distribuição de CATV	85
	Adaptado de: KUMAR, Balaji: Impact of Internet Traffic on Public Telephone Networks. New Telecom Quarterly, Technology Futures, Inc., 1997. http://www.tfi.com/pubs/ntq/articles/view/97Q1_A4.html 2007-04-06 13:56	

Fig. 2. 5	– Satélite em órbita geoestacionária Adaptado de: LONG, Mark: The World of Satellite Television. 9ª ed. Estados Unidos da América, The Book Publishing Co., 1983 ISBN 1-57067-069-2. Fig. 1.1, p. 9	87
Fig. 3.1	– Posição das amostras (a) Formato 4:2:2; (b) Formato 4:2:0 adaptado de International Standards Organization: ISO/IEC 13818. Information technology - - Generic coding of moving pictures and associated audio information. ISO/IEC 1995 (E), Recommendation ITU-T H.262 (MPEG-2 Video Encoding). (a) p. 19, Fig. 6-1. (b) p. 21, Fig. 6-5.	98
Fig. 3.2	– Sistema de transmissão-recepção de TV digital adaptado de BENOIT, Hervé: Digital television. Estados Unidos da América, Elsevier (Focal Press), 2002. ISBN 0-240-51695-8, p. 110, Fig. 8.1	100
Fig. 3.3	– Implantação dos principais sistemas de difusão de Televisão Digital The Digital Video Broadcasting Project http://www.dvb.org/graphics/internal/Adoption-Map_DVB-T.jpg • 2007-05-01 17:48	101
Fig. 3.4	– Utilização das normas ISDB para diversas formas de difusão: <i>Satellite ISDB; Two-way cable ISDB; Terrestrial ISDB; Mobile reception</i> DIBEG – Digital broadcasting experts group http://www.dibeg.org/techp/070201_pamphlet.pdf • 2007-05-28 16:08	104
Fig. 3.5	– Diagrama conceptual da geração dos <i>streams</i> de programa e transporte em MPEG-2. adaptado de BENOIT, Hervé: op. cit., p. 64, Fig. 4.3	110
Fig. 3.6	– Principais operações no processo de codificação de erros de percurso em DVB.	111
Fig. 3.7	– Principais etapas da codificação de canal e da modulação em DVB-T (as etapas assinaladas a amarelo são específicas da transmissão terrestre). adaptado de BENOIT, Hervé: op. cit., p. 107, Fig. 7.16	115
Fig. 3.8	– Comparação das camadas de <i>software</i> de uma <i>set-top box</i> com as de um <i>PC</i> adaptado de BENOIT, Hervé: op. cit., p. 125, Fig. 9.1	122
Fig. 4.1	– Exemplo de página de teletexto da emissão de televisão analógica da Radiotelevisão Portuguesa. Teletext Then and Now - The teletext Museum Teletext Gallery - Teletext around the world - Portugal http://teletext.mb21.co.uk/gallery/europe/portugal/index.shtml 2007-06-09 13:21	135

Fig. 4.2	– Acesso ao Guia Electrónico de Programas no serviço IPTV SmartTV fornecido em Portugal pela Clix: (a) através da barra informativa na parte inferior da imagem; (b) através do menu central. NOVIS - Telecom, S.A., Serviços Clix http://acesso.clix.pt/televisao/demonstracao.html?seccao=guia_tv 2007-06-09 18:41	136
Fig. 4.3.a	– Acesso ao serviço VOD fornecido por cabo pela operadora portuguesa TVCabo – em que os vídeos são difundidos para os assinantes em horários fixos. TV Cabo http://www.tvcabo.pt/Televisao/ServicosPowerbox.aspx 2007-06-10 14:55	137
Fig. 4.3.b	– Acesso ao serviço VOD fornecido por IPTV pela operadora portuguesa de Clix – em que o utilizador pode visualizar o vídeo na hora que lhe convier, dentro do período de aluguer contratado. NOVIS - Telecom, S.A., Serviços Clix http://acesso.clix.pt/televisao/demonstracao.html?seccao=home_video 2007-06-10 14:55	137

Índice de quadros e tabelas

	página
Quadro 1 – Delimitação do objecto de estudo	36
Tab. 1.1 – <i>Data rate versus</i> qualidade de som em sinais áudio	52
Tab. 1.2 – Algumas formas de modulação em quadratura	68
Tab. 2.1 – Comparação entre os sistemas HDTV e SDTV	92

Chave de abreviaturas, siglas e acrónimos

Português

ANACOM	Autoridade Nacional de Comunicações
CE	Comissão Europeia
ERC	Entidade Reguladora para a Comunicação Social
EUA	Estados Unidos da América
OBERCOM	Observatório da Comunicação
PT	Portugal Telecom
RTP	Rádio e Televisão de Portugal
SIC	Sociedade Independente de Comunicação
TD	Televisão Digital
TDT	Televisão Digital Terrestre
TI	Tecnologias de Informação
TV	Televisão
TVAD	Televisão de Alta Definição
TVI	Televisão Independente, S.A.

Francês

SECAM	Séquentiel Couleur Avec Mémoire
-------	---------------------------------

Inglês

ACAP	Advanced Common Application Platform (EUA)
ADC	Analog-to-Digital Conversion
ADSL	Asymmetric DSL
AM	Amplitude Modulation
API	Application Programming Interface
ARIB	Association of Radio Industries and Business (Japão)
ASI	Asynchronous Serial Interface
ASK	Amplitude Shift Keying
ATSC	Advanced Television Systems Committee (EUA)
AVC	Advanced Video Coding

Inglês

BBC	British Broadcasting Corporation (inicialmente British Broadcasting Company)
BER	Bit Error Rate
BML	Broadcast Markup Language (Japão)
CATV	Cable Television (?)
CATV	Community Antenna Television
CBS	Columbia Broadcasting System
CCD	Charge-Coupled Device
CCTV	Closed Circuit Television (?)
COFDM	Coded Ortogonal Frequency Division Multiplexing
CRT	Cathode-Ray Tube
CVBS	Composite Video Baseband Signal
D2-MAC	Duobinary MAC
DAC	Digital-to-Analog Conversion
DASE	Digital TV Applications Software Environment (EUA)
DIBEG	Digital Broadcasting Experts Group (Japão)
DSL	Digital Subscriber Line
DSP	Digital Signal Processing
DTH	Direct-to-Home
DTV	Digital TV
DVB	Digital Video Broadcast
DVB-SI	DVB System Information
DVR	Digital Video Recorder
ECM	Entitlement Control Message (DVB)
EDTV	Enhanced Definition Television
EIA	Electronic Industries Alliance
EMM	Entitlement Management Message (DVB)
EPG	Electronic Program Guide
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCC	Federal Communications Commission
FDM	Frequency-Division Multiplexing
FEC	Forward Error Correction
FM	Frequency Modulation

Inglês

FSK	Frequency Shift Keying
FWA	Fixed Wireless Access
GEM	Globally Executable MHP
HD-MAC	High Definition MAC
HDTV	High Definition Television
HTPC	Home Theater PC
IDTV	Improved Definition Television
IF	Intermediate Frequency
IRD	Integrated Receiver Decoder
ISDB	Integrated Services Digital Broadcasting
ISP	Internet Service Provider
ITU	International Telecommunication Union
JPEG	Joint Photographic Experts Group
LNC	Low Noise Converter
LPC	Linear Predictive Coding
LSB	Least Significant Bit
MAC	Multiplexed Analogue Components
MATV	Master Antenna Television
MMDS	Multichannel Multipoint Distribution Service
MHP	Multimedia Home Platform
MPEG	Motion Pictures Experts Group
NHK	Nippon Hoso Kyokai (Japão)
NTSC	National Television Standards Committee (EUA)
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PAL	Phase Alternate Lines
PAT	Program Allocation Table (DVB)
PC	Personal Computer
PES	Packetized Elementary Stream
PMT	Program Map Table (DVB)
PPV	Pay Per View
PSI	Program Specific Information (MPEG-2)
QAM	Quadrature Amplitude Modulation

Inglês

QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RCA	Radio Corporation of America
RF	Radio Frequency
RLC	Run Length Coding
SDI	Serial Digital Interface
SDTV	Standard Definition Television
SECAM	SEquential Chrominance And Memory
SFN	Single Frequency Network
SHF	Super High Frequency
TCP	Transmission Control Protocol
TDM	Time-Division Multiplexing
TV	Television
UDP	User Datagram Protocol
UHF	Ultra High Frequency
VCR	Video Cassette Recording
VHF	Very High Frequency
VLC	Variable Length Coding
VOD	Video On Demand

Índice analítico

A

amostra. *Ver* amostragem
amostragem, 42, 47, 54, 61, 62, 65, 89, 95, 145
frequência de Nyquist, 43, 44
taxa de amostragem, 43, 46, 51, 69
teorema da amostragem, 43, 56

C

codificação, 47, 53, 54, 56, 58, 59, 63, 64, 65, 67, 95, 102, 103, 105, 109
de canal, 97, 103, 108, 110, 112, 113
exterior, 110
interior, 110
codificação da fonte. *Ver* compressão
compressão, 47, 48, 57, 58, 63, 68, 87, 89, 96, 97, 100, 103, 105, 108, 109, 113, 127, 128, 129, 142
lossless, 48, 58
lossy, 48, 58, 59
conversão, 41, 42, 71, 77, 88, 103, 113, 114
analógico-digital, 41, 42, 61, 89, 115
digital-analógico, 41, 45, 89
crominância, 49, 58, 61, 65, 67, 76, 77, 78, 79, 80

D

difus~, 54, 111, 160
difusão, 34, 35, 80, 100, 111, 144, 150
por cabo, 35, 66, 81, 82, 84, 89, 93, 98, 103, 108, 110, 111, 114, 115, 118, 129, 131, 135, 139, 150
por satélite, 35, 81, 84, 88, 93, 100, 104, 108, 110, 111, 114, 118, 129, 132, 141, 150

terrestre, 32, 35, 81, 82, 83, 84, 90, 93, 103, 108, 110, 111, 113, 118, 129, 132, 141, 145, 150

digitização, 41, 45, 47, 59, 95, 145

DTV. *Ver* televisão digital

F

frequência, 39, 43, 44, 53, 58, 65, 69, 74, 77, 78, 81, 85, 112, 114
espectro, 39, 46, 77, 78, 80, 82, 83, 129, 150
largura de banda, 39, 49, 51, 66, 68, 74, 77, 79, 80, 82, 83, 87, 89, 92, 93, 94, 97, 110, 111, 114, 115, 116, 118, 129, 135, 137, 139, 141, 143, 144, 151, 152
frequência de amostragem. *Ver* amostragem: taxa de amostragem

L

luminância, 49, 58, 61, 65, 77, 78

M

middleware, 104, 119, 120, 132, 134, 145, 146
multiplexagem, 48, 68, 89, 97, 106, 108, 111, 116

Q

quantização, 42, 45, 54, 56, 58, 68

S

set-top box, 34, 35, 119, 133, 134, 140, 143, 144, 150
sinal, 37, 39, 41, 71

- analógico ou contínuo, 38, 41, 43, 47, 49, 59, 69, 115, 119, 136
- de televisão, 59, 60, 61, 68, 77, 83, 109
- digital, 38, 41, 44, 49, 68, 119, 136, 151
- discreto, 38
- quantizado, 38
- sinal de cor. *Ver* crominância
- sinal de luminância. *Ver* luminância
- T**
- televisão, 29, 32, 34, 36, 56, 57, 72, 73, 74, 75, 77, 79, 80, 87, 92, 127, 138, 140, 144
- atividade de televisão, 32
- analógica, 81, 86, 100, 111, 117, 127, 131, 132, 140
- canal. *Ver* serviço de programas televisivo
- digital, 33, 35, 37, 53, 95, 97, 98, 99, 100, 105, 111, 119, 127, 128, 129, 130, 133, 135, 136, 137, 140, 145, 146, 150, 152
- emissora. *Ver* operador de televisão
- operador de difusão. *Ver* operador de distribuição
- operador de distribuição, 32, 107, 151, 152
- operador de televisão, 32, 79, 92, 118, 128, 129, 143, 146
- serviço de programas televisivo, 32, 63, 66, 77, 82, 83, 84, 85, 92, 97, 100, 107, 129, 132, 133, 134, 136, 141, 142, 151, 152
- televisão convencional. *Ver* televisão analógica
- televisão por cabo. *Ver* difusão por cabo
- televisão por satélite. *Ver* difusão por satélite

