

SISTEMAS DE VÍDEO 3D

*Carlos Martins N° 63629
Gonçalo Amaral N° 57979
Rui Belfo N° 56705*

Instituto Superior Técnico
Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

E-mail: cjamartins@ist.utl.pt, goncalo_amaral@hotmail.com, rui.belfo@ist.utl.pt

ABSTRACT

Este artigo enquadra-se na categoria de artigo de divulgação sendo o seu objetivo dar a conhecer alguns aspetos dos sistemas de vídeo 3D.

Será divulgada a história do 3D, assim como alguns fenómenos relacionados com a visão stereo.

O artigo centraliza-se nos aspetos relacionados com a captura, codificação e visualização da imagem 3D.

Por fim será feito um breve relato acerca da evolução do 3D em Portugal.

Index Terms – História 3D, Captura 3D, Codificação 3D, Visualização 3D.

1. INTRODUÇÃO

A evolução da TV e do cinema é considerada uma das maiores conquistas da civilização moderna. Para o bem e para o mal os *media* acabam por definir o nosso estilo de vida moderno. Alguns perguntam-se e muitos de nós estamos curiosos, como vai ser a nossa relação com os *media* dentro de alguns anos? Que tipo de filmes e que programas de televisão vamos ver? Apesar do cinema e da televisão terem evoluído durante décadas, existem alguns marcos importantes. No início os filmes eram mudos, mais tarde passaram a ter a componente sonora, a televisão e o cinema inicialmente eram a preto e branco, agora são a cores, atualmente o último grito de tecnologia envolve efeitos especiais e animações feitas por computador.

Se apreciarmos estes marcos, podemos notar que tudo evolui de forma a aproximar-se da maneira como vemos as coisas na vida real. O som, as cores e as animações computadorizadas trouxeram-nos uma boa parte desse mundo. Na vida real frequentemente as coisas estão perto de nós, as pessoas, os objetos, os animais, pressentimos a noção de espaço e de tridimensionalidade, conseguimos ver de diferentes ângulos e perspetivas à medida que alteramos a nossa posição. Até agora tudo isto não era possível nem comercialmente viável, no entanto a tecnologia evoluiu e hoje as imagens podem transmitir-nos algo mais, uma

dimensionalidade e uma expansão dos limites que nos aproxima cada vez mais do real.

Há quase um século o grande realizador *Eisenstein* disse que o futuro do cinema era o 3D, caiu no descrédito, muitos dos seus críticos morreram sem se aperceber das palavras proféticas deste génio.

"Vision is the art of seeing the invisible."
Thomas Swift

2. HISTÓRIA DO 3D

A história do 3D tem como génese os primeiros desenvolvimentos em estereoscopia. As tentativas mais antigas para definir este problema começam com os Tratado sobre Óptica de Euclides *c.* 300 a.C. . Galeno, o famoso médico e filósofo *c.* 120 d.C. descreve as bases fisiológicas da estereoscopia e a sua relação com o *Chiasma* óptico. Já no renascimento *Leonardo da Vinci* descreve extensivamente variadas técnicas de profundidade que induzem a ilusão estereoscópica.



Figura 1 – “Cristo Morto” pelo pintor renascentista *Andrea Mantegna*

Em 1611 *Johannes Kepler* na sua teoria da projeção, fazendo valer algumas deficiências genéticas do seu aparelho visual que lhe proporcionava uma estranha forma de visão dupla, conclui os fundamentos da perceção estereoscópica. Já no século XIX *Charles Wheatstone* inventa o espelho estereoscópico.

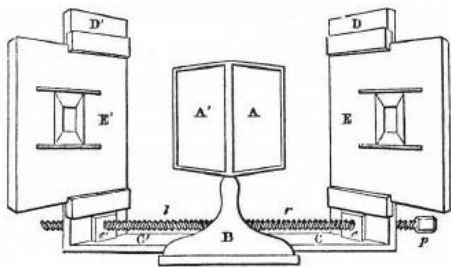


Figura 2 – Espelho estereoscópio de *Wheatstone*

No ano de 1849 *Brewster* inventa a primeira câmara com lentes duplas, sendo o grande pioneiro e o mais reconhecido cientista que contribui em primeira instância para os fundamentos da imagem 3D. Pouco tempo depois *Herman von Helmholtz* inventa o estroboscópio para além da teoria relacionada com a percepção tri-cromática da cor. Mesmo antes da invenção do cinema, em 1861, *Coleman* inventa o cinematoscópio, surgindo em 1889 a primeira câmara de cinema estereoscópica desenvolvida por *Friese*.

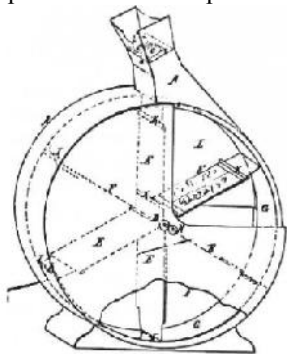


Figura 3 – Cinematoscópio de *Coleman*

Na mesma altura *Edison* submete patente para um sistema de *playback* estereoscópico. Já nos primórdios do século XX são comercializados os sistemas de projeção em teatro *Eclipse* e *Anaglyph*. Em 1935 *Land* que inventou o polarizador de calcite aos 18 anos, demonstra em Washington D.C. o sistema SMPTE. *John Norling* cria em 1939 o primeiro spot publicitário 3D para a *Chrysler* usando um sistema de polarização *dual band*. No festival de cinema Britânico de 1951 aparece o sistema *Telekinema*, ao mesmo tempo surge o sistema *Cinerama*. Embora não se tenha popularizado, o cinema 3D na década de 50 do século XX, durou cerca de 9 meses, tendo sido desenvolvidos dezenas de sistemas, a tecnologia existia e era aceitável, no entanto os realizadores por falta de formação nunca conseguiram entender os fundamentos da estereoscopia. O filme mais popular desta primeira época dourada do 3D será provavelmente *“Bwana Devil”*. Teremos que esperar quase 30 anos para o aparecimento no cinema do *“Tubarão 3D”*. O grande salto que popularizou o 3D foi dado com o filme *“Avatar”* realizado por *James Cameron*.



Figura 4 – Frame do filme *“Avatar 3D”* do realizador *James Cameron*

Pouco depois surgem as transmissões 3D ao vivo, como por exemplo o torneio de Wimbledon, ou o mundial de futebol da África do Sul.

Já em 2011 é lançado no mundo dos videojogos a consola da *Nintendo 3DS*, sendo esta a primeira do género na área dos videojogos.

3. CAPTURA E VISUALIZAÇÃO 3D

3.1 Realidade a 3 dimensões

Há algum tempo atrás, foi criada a tecnologia 2D, também chamada de bidimensional ou seja, tecnologia em duas dimensões: largura e comprimento.



Figura 5 -Televisão com imagem 2D

A imagem 2D é chamada também de imagem normal, dado que convencionalmente pode ser vista na televisão, na *internet* e no cinema. É capaz de despertar dois dos nossos sentidos, a visão e a audição. Esta tecnologia 2D é ainda utilizada, porém está a ser ultrapassada, dando origem ao 3D (Realidade em três dimensões).

Hoje em dia, principalmente no ramo dos jogos e desenhos animados existe uma grande predominância da tecnologia 3D, onde se visualiza não só a altura e a largura daquilo que se vê, mas também a profundidade.

Esta tecnologia consiste na elaboração de imagens de duas dimensões, por forma a dar uma ilusão de uma imagem a três dimensões. Numa imagem a duas dimensões só temos a percepção da altura e largura, como uma representação gráfica (x e y), enquanto nas imagens 3D temos a percepção

de mais uma dimensão, a profundidade (z). A tecnologia 3D funciona com a sobreposição de imagens, em ângulos diferentes, de tal forma que, com a ajuda de óculos especiais, cada olho vê uma imagem diferente.

Porém, é graças a um fenómeno chamado de estereoscopia (Estereoscopia é também uma palavra composta de nomes gregos *stereo* e *skopia* que significam "visão em volume"), que projeta uma imagem em dois pontos de observação diferentes.

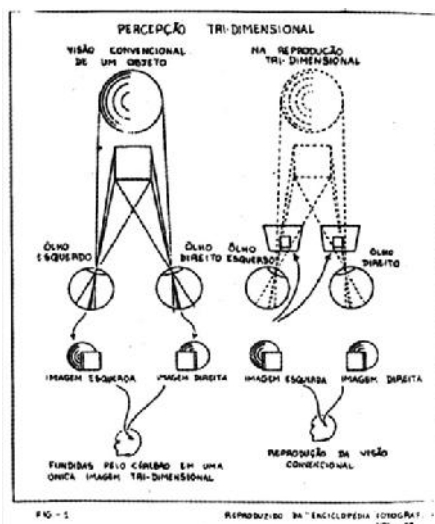


Figura 6 – Triangulação do olho humano

A projeção de imagens em 3D assemelha-se à forma como o olho humano tira a “fotografia” da paisagem envolvente da realidade, pois o olho esquerdo tem uma perspectiva diferente daquela que é oferecida pelo olho direito, ou seja, tanto na captação, como na projeção é preciso duas imagens para simular os olhos esquerdo e direito e compor uma única imagem. A correção desse enquadramento é feita por *software* específico, em tempo real, que reduz as oscilações na imagem, deixando a composição mais realista.

A câmara estereoscópica simula a visão do olho humano. Cada lente é colocada a cerca de seis centímetros uma da outra (já que essa é a distância média entre os olhos de uma pessoa). E nesse processo ainda devem ser controlados *zoom*, foco, abertura, enquadramento (que deve ser exatamente o mesmo) e o ângulo relativo entre elas.

Mas com o passar do tempo e cada dia que passa grandes empresas tentam ao máximo criar algo de único e temos o caso da *Sony* que registou uma patente para um ecrã autoestereoscópico (ecrã sem óculos) que ajustará a imagem 3D de modo a que o utilizador obtenha uma visualização perfeita quer esteja perto do ecrã, quer esteja longe. O segredo está em saber a distância a que o utilizador está, o sistema terá capacidade de alterar o efeito de profundidade (paralaxe horizontal), de uma forma dinâmica.

3.2 Técnicas de captação de imagem 3D

O funcionamento do sistema visual humano é um processo difícil de reproduzir, no entanto existem algumas técnicas que conseguem simular a captação de imagem em 3D. A maioria destas técnicas requer o uso de dois canais de captação diferentes, colocados a cerca de 6,5cm de distância uma da outra, simulando a captação por cada um dos olhos. A imagem proveniente de cada uma das câmaras é então sobreposta e gerada a imagem em 3D.

3.2.1 Side-By-Side

Um dos métodos para recriar imagens em 3D é através da utilização de duas câmaras independentes, colocadas lado a lado num suporte com *slide bar*, permitindo regular a distância a que as duas câmaras se encontram uma da outra, com recurso a um cabo disparador duplo garante o sincronismo entre as duas máquinas fotográficas.

O ajuste da distância entre câmaras é importante como forma de garantir o efeito 3D em paisagens que se encontrem mais longe e melhorar a noção de profundidade, no entanto para paisagens mais próximas poderá não ser possível aproximar as duas câmaras para a distância ótima devido às próprias dimensões das câmaras.



Figura 7 – Técnica de captura *side-by-side*.

3.2.2 Câmaras 3D

Outro dos métodos para a captação de imagem em 3D são as máquinas com duas câmaras incorporadas, que se destinam à captação de imagem 3D. Com estas máquinas não se conseguem uma noção tão nítida da profundidade uma vez que não é possível regular a distância entre as duas lentes.



Figura 8 - Câmaras 3D

3.2.3 Beam Splitter

O *Beam Splitter* é uma técnica constituída por duas câmaras posicionadas perpendicularmente, em que uma das câmaras capta as imagens diretamente e a outra capta as imagens refletidas num espelho com um ângulo de 45°. Assim é possível simular o efeito da estereoscopia do sistema visual humano. Esta técnica permite um melhor ajuste para captar imagens que se encontrem próximas da câmara, no entanto este equipamento é pesado e de grandes dimensões.

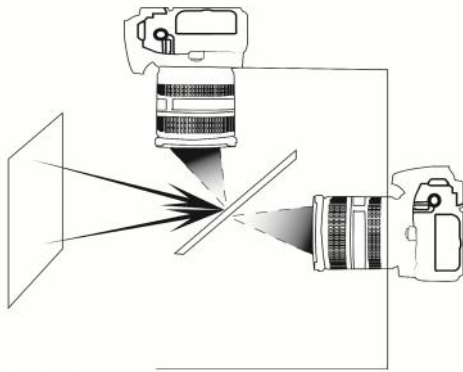


Figura 9 – Técnica de captura *Beam Splitter*.

3.2.4 Free Viewpoint

Este sistema necessita que a imagem do objeto seja capturada por diversas câmaras em ângulos diferentes, de maneira a que seja possível deslocar em torno do objeto, conforme o ângulo pelo qual se está a olhar para o monitor.

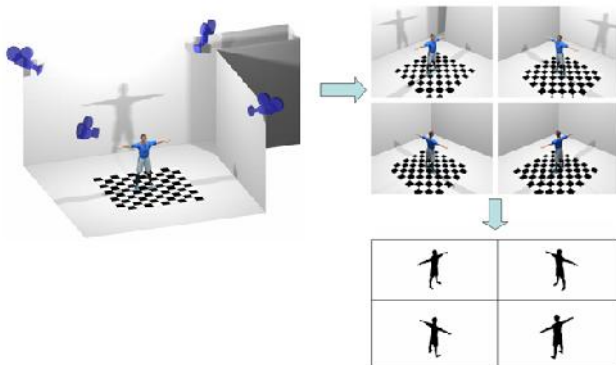


Figura 10 - Captura de imagem em *Free Viewpoint*

4. CODIFICAÇÃO

A imposição de normas para a codificação 3D não tem sido pacífica. O próprio sistema, baseando-se na sua génese, na emissão de duas imagens em paralelo, pressupõe o uso

do dobro da largura de banda, sendo que as técnicas de compressão terão que ser melhores do que as utilizadas pelo 2D. A universalidade do sistema de compressão e codificação permitirá uma maior difusão do 3D por via da compatibilidade entre os diversos equipamentos, pressupondo também o princípio de escalabilidade para uso em equipamentos com capacidades de processamento distintas, não se deve também descurar a compatibilidade inversa, o ideal seria que os equipamentos 2D consigam reproduzir dados codificados para equipamentos 3D. Em termos técnicos para além do elevado fator de compressão, da compatibilidade e escalabilidade necessários, será também importante um acesso aleatório rápido.

Descreve-se de seguida alguns métodos atualmente usados para codificação e compressão.

4.1 Compressão Espacial

O operador entrega o conteúdo 3D stereo sobre um sinal 2D HD, usando a largura de banda deste. Existe perda de resolução tanto para o olho esquerdo como para o direito. O objetivo será compactar duas imagens numa única trama, o dispositivo do cliente (*box*), irá tornar a imagem num efeito 3D. Os métodos mais comuns de compressão espacial são a combinação *side-by-side* e a *over/under*. Na aproximação *side-by-side* são retiradas colunas adjacentes de *pixels* da imagem, sendo a segunda imagem embutida *side-by-side*. Na versão *over/under*, são retiradas linhas adjacentes, sendo a segunda imagem embutida nestas linhas de *pixels*. Será no fundo entremear uma imagem com outra, como é óbvio a qualidade será 50% inferior.

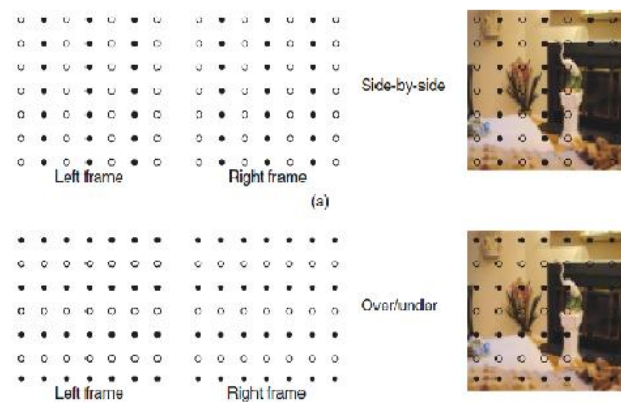


Figura 11 - Seleção dos *pixels*. a) *Side-by-side*, b) *Over/under*

4.2 Multiplexagem Temporal

A multiplexagem temporal dobra o *frame rate* de 50 para 100 Hz, permitindo a representação sequencial tanto para o olho esquerdo como para o direito numa *frame rate* normal de 50 Hz. Este método apresenta a resolução total para cada olho, no entanto ocupa o dobro da largura de banda.

4.3 Compressão para vídeo *stereo* convencional (CSV)

A norma *Moving Picture Experts Group* (MPEG)-2 contém um método de codificação MPEG-2 *Multi View*

Profile (MVP) que combina explora uma redundância espacial e temporal entre as duas imagens. Esta norma foi melhorada com a introdução do suplemento *stereo Supplemental Enhancement Information (SEI)*, já na norma H.264, este permite usar o conceito de predição para compressão. Embora não tendo sido inicialmente desenhada para este efeito, a ferramenta pode ser reorganizada para tirar partido das redundâncias entre um par de vistas *stereo*. Este método permite a compatibilidade inversa, um televisor 2D pode decodificar a informação apresentando apenas a informação relativa à imagem esquerda do par *stereo*. Apenas são enviadas *frames I* na vista esquerda de modo a aproveitar a redundância espacial. Em termos de acesso basta enviar *frames I* na imagem relativa à vista direita.

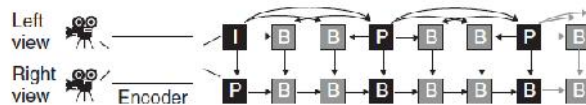


Figura 12 - MPEG-2 multi-view com H.264/SEI

4.4 Vídeo + Profundidade (V+D)

Mais recentemente surgirão algumas propostas para abandonar o antigo conceito estereoscópio para a captação e visualização de imagens 3D. O novo conceito visa a captura de imagens num sistema de 2 sinais em que o primeiro capta um sinal de vídeo manoscópico e o segundo um sinal de profundidade, associando a profundidade matricialmente ao vídeo *pixel a pixel*. Desta forma pode ser gerada uma vista virtual 3D do lado do utilizador usando métodos de *Depth Image Based Rendering (DIBR)*. Este sistema torna possível a compatibilidade inversa com sistemas 2D, além de uma importante escalabilidade em diversos tipos de equipamentos distintos. A informação *pixel a pixel* para a profundidade pode ser considerada uma luminância monocromática com um intervalo compreendido entre $[Z_{near}, Z_{far}]$, esta informação é quantizada com 8 *bits* variando de 0 a 255.



Figura 13 – Representação (V+D) para vídeo 3D

4.5 Multiview Video + Profundidade (MV+D)

O sistema *multiview* aqui descrito pretende codificar a informação obtida por várias câmaras que se encontram a filmar o mesmo alvo. Expandindo o vetor de câmaras disponíveis, é possível teoricamente uma melhor experiência 3D para o utilizador final. Os sistemas *Multiview Video Coding (MVC)* e V+D não conseguem lidar com a informação proveniente de uma grande quantidade de câmaras, daí o grupo MPEG começou a desenvolver esforços no intuito de criar uma norma que

suporte estes requerimentos, baseados no sistema MV+D. Este sistema utiliza alguns passos complexos, a profundidade tem que ser estimada a partir das N vistas no ponto de captura, o sinal com a cor N com a profundidade N tem que ser codificado e transmitido, no decodificador, a informação tem que ser decodificada e as várias vistas virtuais precisam de ser reconstruídas. Usando este método a compressão será cerca de 30% para N=2 e de 25% para N>2.

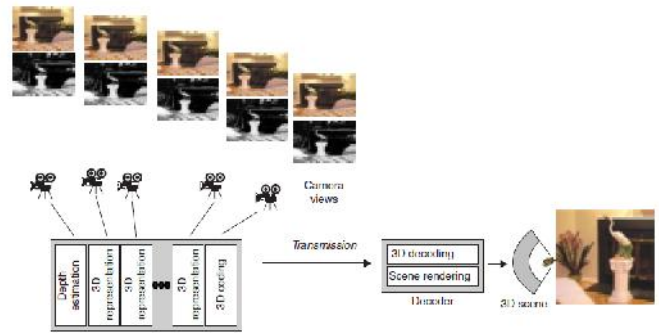


Figura 14 – Conceito (MV+D)

5. TRANSMISSÃO E VISUALIZAÇÃO 3D

5.1 Transmissão 3D

Inicialmente o método de penetração para visualização que teve mais impacto no utilizador foi o conteúdo gravado em sistema *Read-Only-Memory (ROM)*, por exemplo em disco *Blu-Ray*. A transmissão comercial tem tido uma penetração mais lenta, para já está restrita ao *IPTV*, esperando-se mais desenvolvimentos que envolvam transmissão por cabo, satélite e *over-the-air*, aproveitando as potencialidades da tecnologia inerente à proliferação da Televisão Digital Terrestre (TDT). De seguida apresentam-se alguns diagramas de blocos relativos aos meios de transmissão envolventes mais populares segundo proposta de [2].

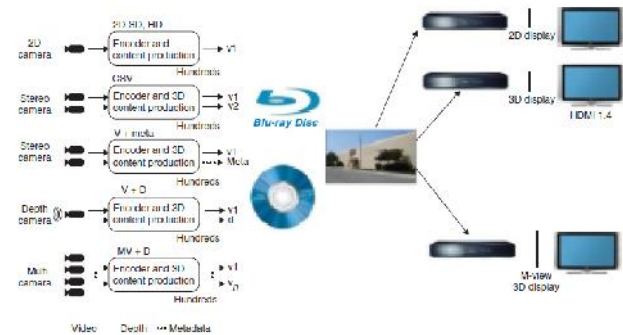


Figura 15 – Diagrama de Blocos para visualização 3D em casa através de sistema ROM

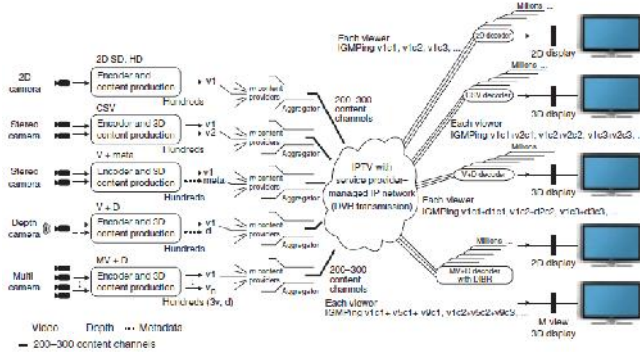


Figura 16 – Diagrama de Blocos para rede comercial 3D usando IPTV

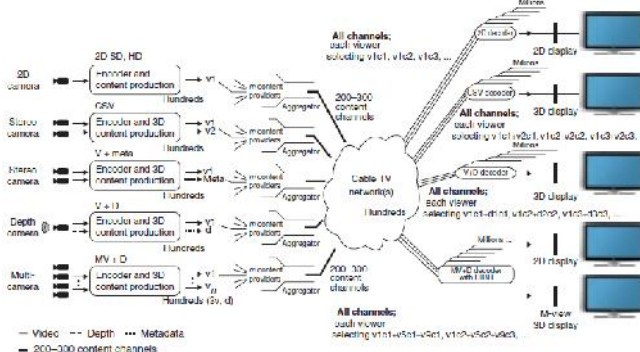


Figura 17 – Diagrama de Blocos para rede comercial 3D por cabo

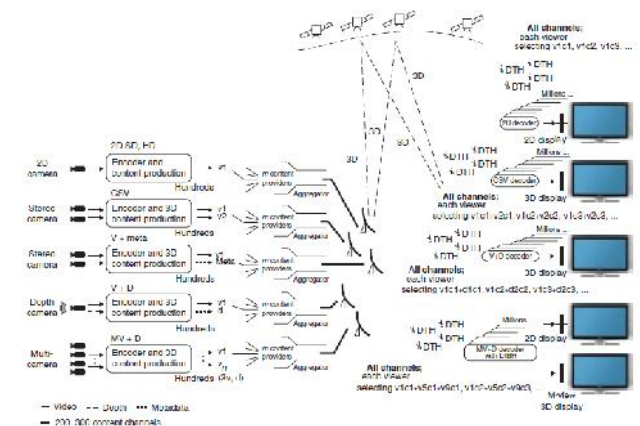


Figura 18 – Diagrama de Blocos para visualização 3D usando infraestrutura satélite DTH

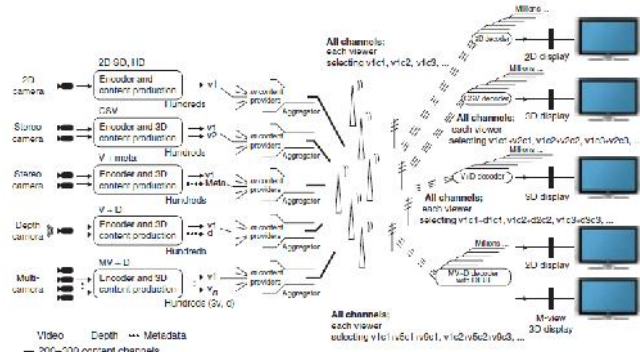


Figura 19 – Diagrama de Blocos para visualização 3D usando infraestrutura over-the-air

5.2 Visualização 3D

5.2.1 Anáglifo

Óculos que utilizam dois filtros de cores complementares, como por exemplo vermelho e azul ou vermelho e verde. A imagem apresentada, por exemplo, em vermelho não é vista pelo olho que tem um filtro da mesma cor, mas que se vê a outra imagem em azul ou verde.



Figura 20 – Anáglifo para visualização 3D

Este sistema, por seu baixo custo, emprega-se sobretudo em publicações e também em monitores de computador e no cinema. Apresenta o problema da alteração das cores, perda de luminosidade e cansaço visual após um uso prolongado. Normalmente o filtro vermelho é usado no olho esquerdo e o azul no olho direito.

5.2.2 Polarização

É utilizada luz polarizada para separar a imagem da esquerda da imagem direita. O sistema de polarização não altera as cores, ainda que ocorra uma certa perda de luminosidade. Usa-se tanto em projeção de cinema 3D como em monitores de computador. Hoje em dia é o sistema mais económico para uma qualidade de imagem aceitável.



Figura 21 – Óculos polarizados para visualização 3D

5.2.3 Alternativo

Com este sistema apresentam-se as imagens em sequência, mostrando-se alternativamente as imagens esquerda e direita, sincronizando com óculos dotados de obturadores de cristal líquido, de maneira a que cada olho vê somente sua imagem correspondente. A uma frequência elevada, tudo isto se torna impercetível. A técnica é utilizada em monitores de computador, TV e cinemas 3D de última geração.

5.2.4 Display Autoestereoscópico

Nos displays autoestereoscópicos, a vista esquerda e direita é multiplexada espacialmente, permitindo ao observador visualizar uma imagem tridimensional sem a necessidade óculos especial. Cada imagem do par estéreo é “fatiada” e reside sobre as colunas pares e ímpares do monitor. As fatias são direcionadas para o olho do observador por meio de uma película lenticular colocada na superfície do monitor ou pelo cálculo de distância e posicionamento dos olhos do observador.

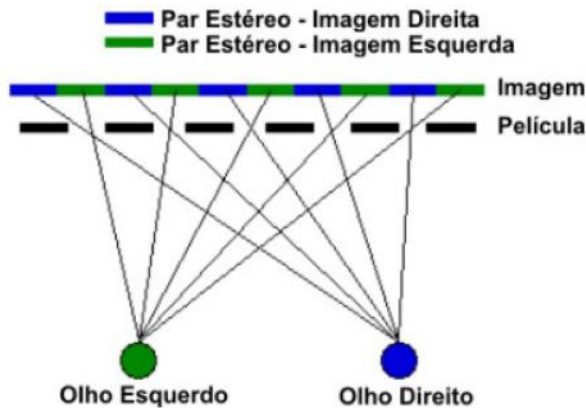


Figura 22 – Display Autoestereoscópico.

6. 3D EM PORTUGAL

O televisão 3D em Portugal ao nível comercial inicia-se com a venda do primeiro equipamento compatível com esta tecnologia, um modelo *Panasonic* cujo preço inicial rondava os 3000€. Já antes em fase de testes, tanto a *Meo* como a *ZON* tinham disponíveis alguns equipamentos. A empresa portuguesa *ZON* foi pioneira no 3D em Portugal, a primeira emissão 3D foi a final do *Masters de Augusta em 2010*, popular evento golfista. Mais tarde transmite também os jogos de preparação da seleção portuguesa para o Mundial da África do Sul, foi também a primeira empresa a disponibilizar conteúdos *video-on-demand* em 3D através dos seus servidores.

Hoje em dia várias empresas disponibilizam estes conteúdos tanto a nível televisivo como cinematográfico, considerando-se o 3D já disseminado em Portugal, também graças à baixa verificada nos preços dos equipamentos.

7. CONCLUSÃO

O 3D parece que veio para ficar, esperam-se mais e melhores desenvolvimentos tecnológicos. Em relação ao cinema o 3D representa já quase metade das receitas, o que promove sem dúvida a continuação e a proliferação deste negócio, será também benéfico para as produtoras uma vez que ajuda a travar a pirataria dada a incapacidade de reprodução do 3D na maioria dos lares. Para a televisão esperam-se também tempos áureos, com as empresas

provedoras de serviços 3D a investirem cada vez mais e com preços cada vez mais apetecíveis nos equipamentos de visualização, perspectiva-se a médio prazo um negócio tentador para estas empresas. No mundo dos videojogos algumas produções têm ficado abaixo das expectativas, no entanto o investimento continua e há cada vez mais seguidores dos jogos em 3D.

Os principais entraves a proliferação da tecnologia poderão ser para já o ainda elevado custo dos equipamentos e os poucos conteúdos existentes, a não uniformização das normas 3D permite uma grande divagação em termos tecnológicos, sendo de esperar alguns avanços neste campo. Para além disto alguns problemas relacionados com o bem-estar e a saúde têm travado o 3D por este os mais hipocondríacos, de facto alguns cientistas na área da medicina defendem que o 3D pode em certas etapas do desenvolvimento, ser prejudicial para o sistema visual humano.

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] Gross, Thomas - Stereoscopic Imaging, Lecture Slide 1. Swiss Federal Institute of Technology Zurich.
- [2] Minoli, Daniel – 3DTV Content Capture, Encoding and Transmission. Wiley, 2010. ISBN 978-0-470-6493-2
- [3]http://amalia.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2011_2012/Slides%202012/CAV_10_3D_Systems_2012_Web.pdf
- [4]http://www.visaomonocular.org/Banco_de_Arquivos/Artigos/Estereoscopia_AbordagemBasica.pdf
- [5]<http://dl.dropbox.com/u/12374133/CAV/resources/Artigo-de-Divulgacao.pdf>