

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IMAGEM E SOM**

PEDRO DOLOSIC CORDEBELLO

**A EXPERIÊNCIA DA ESTEREOSCOPIA
NO AUDIOVISUAL CONTEMPORÂNEO (2005-2012)**

SÃO CARLOS

2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IMAGEM E SOM**

PEDRO DOLOSIC CORDEBELLO

**A EXPERIÊNCIA DA ESTEREOSCOPIA
NO AUDIOVISUAL CONTEMPORÂNEO (2005-2012)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Imagem e Som, na Área de Concentração Imagem e Som, como requisito parcial para a obtenção de grau de mestre em Imagem e Som.

Orientação: Prof. Dr. João Carlos Massarolo

SÃO CARLOS

2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Educação e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Imagem e Som



**BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE
PEDRO DOLOSIC CORDEBELLO**

Prof. Dr. João Carlos Mássarolo
Presidente – UFSCar

Prof. Dr. Helio Augusto Godoy de Souza
Membro externo – UFMS

Prof. Dr. Leonardo Antonio de Andrade
Membro interno – UFSCar

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho àquela para quem devo minha vida, a quem palavras jamais serão suficientes para expressar gratidão e afeto: minha mãe, Lueci Aparecida Dolosic. E para minha querida irmã, Carolina Dolosic Cordebello.

Expresso meu mais sincero agradecimento ao meu orientador, Prof. Dr. João Carlos Massarolo, para quem além de suas competências acadêmicas, devo uma amizade de longa data, anterior mesmo ao curso de graduação, enquanto também fui seu orientando e bolsista em iniciação científica e projetos de extensão.

Sou imensamente grato aos membros integrantes de minha banca de qualificação, o Prof. Dr. Francisco Rolfsen Belda e o Prof. Dr. Arthur Autran Franco de Sá Neto. Suas contribuições e observações foram de suma importância para o resultado da presente.

Pelas contribuições científicas, apoio e inspiração pelo tema deste trabalho, desde os experimentos que realizávamos quando em seu doutorado até a honra em ser coautor em alguns trabalhos, ao Prof. Dr. Leonardo Antonio de Andrade.

Ao Prof. Dr. Hélio Augusto Godoy de Souza, eminente pesquisador sobre a estereoscopia no Brasil, por seu apoio incondicional, por todo o vasto material e informações a mim concedidos.

Aos colegas do PPGIS e todos os amigos do DAC-UFSCar.

Prof. Antonio Carlos Vilela Braga
Prof. Dr. Carlos Eduardo Moraes Dias

In memoriam

RESUMO

Filmes estereoscópicos tridimensionais ganham importância significativa na indústria do entretenimento atualmente. O cinema 3-D pretende trazer de volta o público para as salas, e a televisão estereoscópica é a tecnologia que vai trazer essa experiência imersiva em casa.

No entanto, para produzir, transportar e exibir com alta qualidade o conteúdo estereoscópico, muitas habilidades e tecnologias estão envolvidas.

O objetivo deste trabalho é trazer algumas das mais recentes conquistas tecnológicas nesta área a qualquer pessoa interessada, e contribuir para a produção científica neste campo de pesquisa.

Palavras-chave: Estereoscopia. Audiovisual. Cinema tridimensional

ABSTRACT

Stereoscopic three dimensional pictures has gained significant importance in the entertainment industry nowadays. 3-D movies are intended to bring back the audience to the theater, and the stereoscopic television is the technology which will bring such immersive experience in the home.

However, to produce, transport and show high quality stereoscopic content many skills and technologies are involved.

The aim of this work is to bring some of the newest technological achievements in this area to anyone interested, and to contribute to scientific production in this research field.

Keywords: Stereoscopy. Audiovisual. Three-dimensional movies.

Lista de Figuras e Gráficos

Figura 01 - Exemplo de oclusão	14
Figura 02 - O padrão presumido de incidência de luz na presunção da volumetria.....	15
Figura 03 - Gravura ilustrando a perspectiva linear	15
Figura 04 - Exemplo fotográfico de perspectiva atmosférica	15
Figura 05 - Exemplo de tamanho relativo	16
Figura 06 - Gradiente de textura	16
Figura 07 - Ilustração do desvio de paralaxe	18
Figura 08 - Demonstração da paralaxe de movimento	19
Figura 09- Ilustração do resultado da superposição dos campos visuais	20
Figura 10 - Estereoscópio de Wheatstone	22
Figura 11 - Gravuras estereoscópicas desenhadas por Wheatstone	22
Figura 12 - Festa de Halloween	23
Figura 13 - Cartaz de divulgação dos “Plastigramas”	26
Figura 14 - Gráfico enumerando títulos em 3-D lançados no século XX	27
Figura 15 - Situações possíveis de paralaxe	31
Figura 16 - Fotograma anaglífico monocromático do curta-metragem <i>Ciranda</i>	33
Figura 17 - Fusão de duas imagens monocromáticas (R e L) em um anáglifo	34
Figura 18 - Diagramas das curvas espectrais dos filtros em óculos vermelho	35
Figura 19 - Processo anaglífico	35
Figura 20 - O <i>crosstalk</i> em imagem anaglífica.....	36
Figura 21 - Diagrama de separação espectral do filtro-pente	38
Figura 22 - Princípio de funcionamento do processo Dolby Infitec	39
Figura 23 – Exemplo de sistema estereoscópico por luz polarizada empregando dois projetores	40
Figura 24 - Ilustração do sistema Technicolor 3-D	43
Figura 25 - Ilustração do processo por óculos obturadores	45
Figura 26 - Diagrama esquemático de funcionamento da auto estereoscopia por barreira de paralaxe	46
Figura 27 - Aparelho celular LG Optimus 3D com tela auto estereoscópica	47
Figura 28 - Princípio de funcionamento do mecanismo lenticular	48
Figura 29 - Projeção holográfica	49
Figura 30 - Conceito da abordagem de câmeras paralelas	50

Figura 31 - Exemplo de câmera de vídeo moderna para gravação estereoscópica.	51
Figura 32 – “RIG” para montagem lado-a-lado e integração eletrônica de câmeras HDC-P1 Sony	52
Figura 33 - Representação da variação de escala volumétrica em detrimento do valor interaxial	52
Figura 34 - RIG especular implementado pela Disney Research, e monitoramento de imagem	53
Figura 35 - Câmera fotográfica Lytro	54
Figura 36 - Esquema ilustrativo para o “círculo de confusão”	57
Figura 37 - Gráfico do roteiro de paralaxe	59

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
2.	CONCEITOS DE ESTEREOSCOPIA.....	13
2.1	Fundamentos da visão binocular e da percepção tridimensional.....	13
2.2	Brevíssimo histórico acerca da estereoscopia nas artes visuais: do renascimento ao audiovisual contemporâneo	21
3.	O ESTADO DA TÉCNICA.....	29
3.1	A propósito da plano-estereoscopia: conceitos gerais.....	29
3.2	Paralaxe: o pilar da plano-estereoscopia.....	30
3.3	Exibição.....	32
3.3.1	Exibição de imagens 3-D em suportes eletrônicos.....	32
3.3.2	Aquisição de imagens 3-D em suportes eletrônicos.....	37
3.3.3	Transmissão e armazenamento.....	40
3.3.4	Estereoscopia por obturação optica.....	44
3.3.5	Autoestereoscopia por barreira de paralaxe.....	46
3.3.6	Autoestereoscopia por Mecanismo Lenticular.....	47
3.3.7	Outras abordagens.....	48
3.4	Aquisição de imagens 3-D em suportes eletrônicos.....	49
3.4.1	Arranjos com câmeras pareadas.....	50
3.4.2	Abordagens especializadas.....	54
3.5	Transmissão e armazenamento.....	54
4.	IMPLEMENTAÇÃO DA ESTEREOSCOPIA NO AUDIOVISUAL CONTEMPORÂNEO: CONSIDERAÇÕES.....	55
4.1	Acerca do espaço cênico e a profundidade visual em cinema: aspectos fotográficos.....	56
4.2	Implicações na montagem e pós-produção.....	58
4.3	Distribuição e Exibição.....	61
5.	CONCLUSÃO.....	62
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
7.	WEBGRAFIA.....	66
8.	FILMOGRAFIA.....	69
9.	GLOSSÁRIO.....	69

1. INTRODUÇÃO / ESTRUTURA

O audiovisual contemporâneo atravessa um período de revoluções técnicas e estéticas, com destaque para os vídeos e filmes estereoscópicos, também conhecidos como filmes em relevo, filmes plásticos, ou popularmente pela sigla “3-D”¹, em alusão à tridimensionalidade que estas imagens proporcionam quando observadas de forma binocular. Vale notar a curiosa relação entre o impacto que a primeira exibição cinematográfica sonora promoveu, justamente pelo fato de proporcionar uma experiência realista ao espectador, e o apelo visual prometido pela nova tecnologia em “3-D”. Ambas convergem para o mesmo propósito, a partir do momento em que o espectador abstrai o dispositivo cinematográfico, deixando-se persuadir pelo “real da tela”, imergindo assim no universo filmico. A sensação de quase materialidade da imagem de objetos, e a persuasão de sua natureza espacial, corroboram para este fim.

Os modernos recursos da eletrônica digital apenas incrementaram a tecnologia cinematográfica de captação, registro e exibição de imagens em movimento. Maior parte dos artifícios visuais divulgados pela indústria como inovações, a exemplo do próprio “3-D”, são estudados e experimentados desde os primórdios do cinema e antes mesmo do advento da fotografia.

Enquanto estratégia para o marketing de produtos audiovisuais, tanto para equipamentos quanto para conteúdo, a estereoscopia parece alimentar o fetiche tecnológico do público, ávido por novas experiências. O segmento exibidor cinematográfico, abatido pela evasão de audiência das salas, proporcionaria novamente um diferencial atrativo aos clientes. O cinema 3-D agregaria valor ao conteúdo que veicula, tal como o advento do som e a imagem em cores fizeram um dia, proporcionando às salas de cinema um novo momento de prosperidade, com auferição de maior lucro na venda de ingressos. Por extensão, a estereoscopia viria a ser implementada em televisão, vídeo-games, computadores, telefones celulares e *home-video*, não restringindo sua aplicação para fins de entretenimento. Onde quer que a tecnologia do vídeo esteja incorporada, a imagem tridimensional seria aplicável por

¹ Ao longo deste trabalho, o termo “3-D” fará menção à imagem estereoscópica, denotando as três dimensões do espaço volumétrico que esta imagem é capaz de reproduzir ao espectador. Geralmente emprega-se o termo “S3D”, abreviatura de *Stereoscopic 3 (three) Dimensional*, para denotar a estereoscopia tridimensional, a fim de se evitar confusão com o termo “3-D”, empregado em alusão à imagem sintética de sólidos em projeção bidimensional, gerada por computação gráfica.

recorrência. Ao longo dos últimos anos, notamos que a implementação da estereoscopia vem se disseminando, com a retomada desta tecnologia no cinema a partir do ano de 2005.

Poucos têm conhecimento de que se presencia atualmente, de fato, o ressurgimento das imagens tridimensionais em movimento. O “cinema 3-D”, também designado no passado por “cinema em relevo”, permaneceu na obscuridade durante os intervalos situados entre suas diversas aparições ao longo da história. Televisão e vídeo tridimensionais padeceram de semelhante situação, devido às suas limitações tecnológicas nos suportes analógicos. A maturidade tecnológica dos aparatos audiovisuais pode ser considerada o principal vetor desta nova fase da cinematografia estereoscópica, onde projetores, câmeras e demais recursos valem-se da precisão de ferramentas computacionais, da estabilidade intrínseca aos sinais digitais, de circuitos e dispositivos cada vez mais compactos e acessíveis.

A adoção do sistema estereoscópico no audiovisual ao longo dos últimos anos tornou-se ao mesmo tempo virtuosa e controversa. Defensores e entusiastas da técnica creditam à imagem tridimensional a propriedade de finalmente reproduzir a visão natural com realismo, elevando a imagem técnica a um novo patamar estético; os grandes desenvolvedores e fornecedores de tecnologia vislumbram uma oportunidade para alavancar a digitalização massiva do cinema e da televisão; exibidores de cinema agregam valor ao ingresso, valorizando as salas de exibição que, digitalizadas, tornam-se multimídia, com novas oportunidades de oferta de serviços. Em contrapartida, os que fazem objeção ao 3-D questionam o emprego da imagem tridimensional, em virtude de suas limitações específicas de exibição ainda não solucionadas, como a necessidade de se empregar óculos para visualização; contestam as telas auto-estereoscópicas, dadas suas diversas restrições operacionais para a adequada visualização; alertam sobre a complexidade operacional e o primoroso controle de qualidade exigido em todas as etapas, desde a captação ou síntese, até a exibição de imagens estereoscópicas, com implicações diretas na viabilidade econômica das produções; e, por fim, as implicações estético-narrativas decorrentes do emprego deste dispositivo, ponderando os benefícios ante as limitações impostas.

O presente trabalho se propõe elucidar o estado da técnica nas imagens tridimensionais estereoscópicas do audiovisual contemporâneo, tomando por referência a indústria cinematográfica, analisando os principais desdobramentos ocorridos a partir da nova era do “3-D” iniciada em 2005. Partindo-se do pressuposto de que a arte é

indissociável da tecnologia, a pesquisa retratada nesta dissertação busca abordar a evolução tecnológica que proporcionou a retomada do cinema estereoscópico e, por extensão, da imagem tridimensional nos demais suportes técnicos. A partir de uma perspectiva técnica, buscamos compreender a relação entre os aprimoramentos tecnológicos e seus desdobramentos nos métodos de realização audiovisual.

A metodologia de pesquisa compreendeu o levantamento de referencial bibliográfico relevante ao tema, bem como a pesquisa de campo.

A dissertação ora apresentada busca sistematizar estes conhecimento segundo a seguinte estrutura: O primeiro capítulo introduz e contextualiza o tema e o recorte adotado; o capítulo 2 explicita os conceitos e traz um panorama histórico do tema; o capítulo 3 elenca as tecnologias do processo estereoscópico contemporâneo, desde a aquisição à exibição de imagens, porém em ordem inversa, para maior clareza didática; o quarto capítulo propõe uma reflexão sobre o estado da técnica, diante do panorama exposto.

2. CONCEITOS DE ESTEREOSCOPIA

2.1. Fundamentos da visão binocular e da percepção tridimensional

A visão estereoscópica não se constitui enquanto uma percepção direta, sendo um processo psicovisual. Sensações visuais e auditivas configuram estímulos oriundos de fenômenos físicos ondulatórios, os quais promovem a excitação de receptores específicos nos respectivos órgãos sensores. No processo da visão, faz-se necessário que a luz refletida (ou emitida) pelo meio-ambiente projete-se sobre a retina, no interior do globo ocular, onde a radiação luminosa é convertida em impulsos nervosos; na audição, as vibrações sonoras que se propagam pelo ar através do ouvido atingem o tímpano, o qual repercute através de ossículos conjugados o estímulo mecânico recebido até a cóclea, onde células especiais convertem o som em impulsos nervosos. As percepções auditivas e sonoras propriamente ditas, assim como os demais sentidos, ocorrem no cérebro, para onde convergem em igual natureza, todos na forma de impulsos nervosos.

O ser humano, assim como a maioria dos predadores, possui sensores auditivos e visuais em pares, e isto se dá com um propósito específico, que é proporcionar a percepção espacial do ambiente. O grande trunfo desta paridade não é apenas proporcionar redundância, assegurando a continuidade do sentido caso um dos olhos ou ouvidos venham a faltar; trata-se, de fato, no modo como tais órgãos sensores se encontrarem dispostos anatomicamente. Ambos os olhos e ouvidos de um indivíduo apreendem, grosso modo, o mesmo estímulo, pois se encontram no mesmo ambiente. São as sutis defasagens nos pontos de vista de cada globo ocular, distantes entre si aproximadamente 6,5cm em média², que proporcionam a espacialidade visual, pois quando os estímulos visuais são processados pelo cérebro do observador, mecanismos cognitivos agregam a impressão de relevo, espaço e volume àquilo que se vê: (MENDIBURU 2009, p. 25).

Assim a visão binocular frontal permite, por triangulação, a perseguição de um alvo, e a determinação intuitiva de sua distância, propriedade imprescindível aos

² A distância relativa aos centros óticos dos globos oculares em um indivíduo denomina-se distância interocular, possuindo valor médio de 6,5 cm para adultos. Não se trata, portanto, de um valor absoluto e constante em uma determinada população, tampouco ao se considerar que a interocular varia durante o crescimento, sendo geralmente inferior em crianças. Este é um parâmetro fundamental para os ajustes de visualização confortável, conforme será abordado no segundo capítulo deste trabalho.

animais predadores, categoria que inclui o ser humano. Animais vulneráveis a predadores, por sua vez, possuem geralmente visão lateral, com olhos dispostos em oposição diametral na cabeça, facultando a visão panorâmica em até 360°, que lhes permite rápida reação de fuga ante ameaças.³

Interessa-nos compreender a visão binocular frontal humana, apesar de a visão panorâmica omnidirecional ser a mais abrangente ao se considerar apenas o quesito campo de cobertura. É fundamental a compreensão do modo com que duas imagens dissimilares propiciam a percepção de um espaço unívoco, e a discriminação de distâncias egocêntricas.

Antes, contudo, importa esclarecer alguns aspectos da visão monocular, uma vez que a percepção de profundidade visual não se constitui prerrogativa exclusiva da visão binocular frontal. A espacialidade pode ser apreendida mediante os chamados indutores de profundidade psicológicos, que são indícios incorporados ao repertório visual e à experiência pessoal, operando em nível cognitivo, os chamados fatores extra estereoscópicos. Alguns artifícios geométricos empregados para simular profundidade nas imagens planas a partir de tais indutores são elencados a seguir:

a) Interposição ou oclusão - objetos situados a frete podem obstruir parcialmente objetos distantes, gerando a impressão de o primeiro estar mais próximo do observador;



Fig. 01 - Exemplo de oclusão. A ausência de profundidade leva ao paradoxo: vê-se um modelo em escala de casa à frente do homem, ou um gigante atrás da casa? (Fonte: MENDIBURU 2009, p.13).

b) Sombra e luz – a direção presumida da luz incidente, bem como o padrão de sombras e dispersão luminosa, induzem a noção de relevo superficial e permitem estimar volume e rotundidade;

³ Cf. BICAS, H.E.A., 2004.

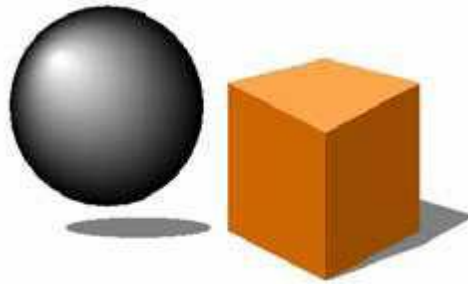


Fig. 02 - O padrão presumido de incidência de luz, sua dispersão na superfície dos objetos, bem como a projeção de sombras, auxiliam na discriminação volumétrica (Fonte: <http://www.tecgraf.puc-rio.br/~abraposo/pubs/livro_pre_svr2004/CAP11_stereo.pdf>, Acesso em 09/ Setembro/2009)

c) **Perspectiva linear** - mediante distorções da projeção bidimensional, a perspectiva linear baseia-se na convergência das paralelas em um ponto de fuga no horizonte, agindo como “... uma transformação geométrica, que consiste em projetar o espaço tridimensional sobre um espaço bidimensional...” (AUMONT, 2007 p. 213).

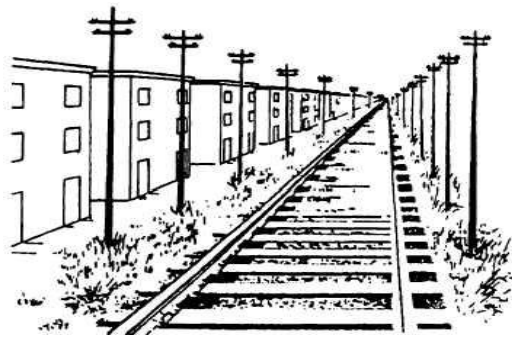


Fig. 03 - Gravura ilustrando a perspectiva linear (Fonte: <http://draftingmanuals.tpub.com/14276/img/14276_272_1.jpg>, acesso em 20 de março de 2012)

d) **Perspectiva aérea** – dada pela interposição da atmosfera entre o objeto e o observador: quanto maior a distância, mais proeminentes a difusão, o azulamento, a convecção do ar modulando a refração da luz e a nebulosidade por particulados em suspensão.

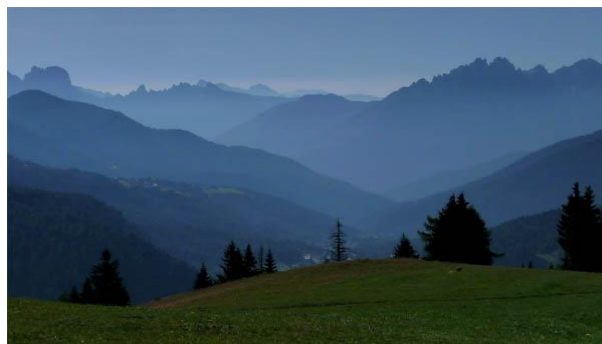


Fig. 04 - Exemplo fotográfico de perspectiva atmosférica. (Adaptado de <[http://4.bp.blogspot.com/-4hPYdaMCqY8/T2pjYnUIDI/AAAAAAAAEEw/28valqvlifM/s1600/P1140587\(1\).jpg](http://4.bp.blogspot.com/-4hPYdaMCqY8/T2pjYnUIDI/AAAAAAAAEEw/28valqvlifM/s1600/P1140587(1).jpg)> Acessado em 20 de Agosto de 2013)

e) **Tamanho relativo** – o conhecimento prévio de formas e proporções é um fator coadjuvante no julgamento de proximidade e distância, em imagens planas. É um critério subjetivo, que funciona mediante o repertório visual do observador, o qual determina uma escala relativa enquanto assimila aquilo que vê.



Fig. 05 - Exemplo de tamanho relativo. Formas reconhecidas assumem escala em proporção a um referencial subjetivo (Fonte: MENDIBURU 2009, p. 12).

f) **Gradientes de textura** - são convenções espaciais baseadas em padrões que se repetem. Ao se observar a imagem deste padrão, infere-se profundidade a partir do gradiente de textura visto em perspectiva.

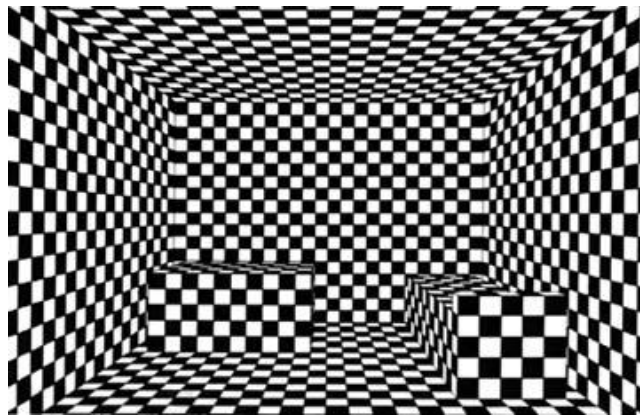


Fig. 06 - O gradiente de textura é apreendido mediante padrões repetidos dispersos rumo ao ponto de fuga no horizonte da imagem. A ilustração demonstra uma ilusão de óptica que permite simular um espaço. (Figura disponível em <<http://www.cs.ru.nl/~ths/rt2/col/h9/9gebiedENG.html>>, acessado em 07/jun/2012)

g) **Paralaxe** - Operando em nível fisiológico há um último indutor, a **paralaxe de movimento**, que será retomada brevemente, pois antes cumpre definir o termo **paralaxe**.

A percepção tridimensional propriamente dita decorre exclusivamente mediante estímulo de ambos os olhos em um indivíduo saudável.⁴ Denomina-se **estereopsia** a faculdade perceptiva de confrontar as duas imagens discretamente dissimilares captadas por cada globo ocular e, mediante as defasagens dos pontos contíguos, inferir volume e profundidade àquilo que se vê. Apesar do estímulo visual duplo, a percepção que se tem é singular, unívoca, tal qual se observássemos o mundo através de um olho ciclópico, virtualmente disposto entre ambos os globos oculares. À visão tridimensional atribuiu-se a adjetivação **estereoscópica**, cuja tradução do original em grego seria “eu vejo sólido”.⁵

Considerando que ambos os globos oculares distam alguns centímetros entre seus centros ópticos, as imagens sensibilizadas em cada retina possuirão um ligeiro deslocamento espacial na horizontal, para dados pontos correspondentes no mundo real. Este fenômeno denomina-se **desvio de paralaxe**, constituindo-se o indutor de profundidade fundamental, já operando fisiologicamente em nível binocular, facultando a visão estereoscópica propriamente dita. Pode ser constatada, experimentalmente, ao se observar alternadamente com um olho cada vez, a posição relativa de um objeto estático próximo, tido como referencial fixo, a outro distante, também estático. A impressão ao se alternar os olhos é que o objeto próximo desloca-se em relação ao distante, gerando assim uma ilusão de movimento.⁶

⁴ Cf. BICAS, H.E.A., 2004. É condição imperativa para a perfeita visão binocular estereoscópica: ambos os olhos devem gozar de igual capacidade funcional, sem desvios oculomotores e/ou assimetrias ópticas.

⁵ Estereopsia advém da palavra grega “*estereós*” (στέρεο), que por sua vez significa **sólido**. O primeiro autor a empregar o termo grego em seus estudos sobre óptica e visão tridimensional foi o jesuíta belgo François d’Aguilon (Cf. GOSSER, H.M., 1975, p. 33). Toda a terminologia cunhada a partir de *estereós* designa, no campo audiovisual, alguma relação volumétrica ou espacial (p. ex. som estereofônico, imagem estereoscópica).

⁶ Giovanni Battista Della Porta (1538-1615), filósofo italiano, foi o pioneiro na descrição do fenômeno de desvio de paralaxe (Idem, *Ibidem*).

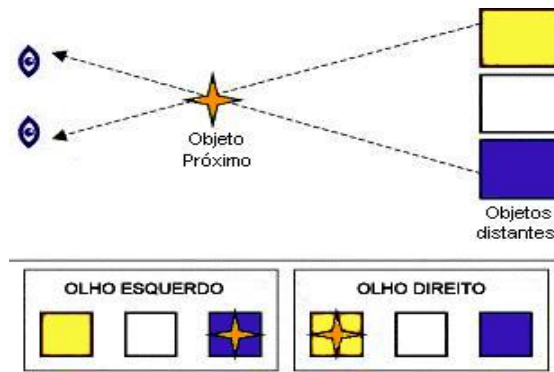


Fig. 07 - Ilustração do desvio de paralaxe: o objeto próximo se interpõe ora ao quadrado extremo da direita, ora ao da esquerda (adaptado de <<http://astronomia.blog.br/wpcontent/uploads/2006/12/200612artigofigural.jpg>>, Acessado em 03/JUN/2012)

É este desvio de paralaxe entre as imagens planas visualizadas concomitantemente que proporciona, quando observadas em condições adequadas, a sensação volumétrica na qual se fundamentam todas as tecnologias de reprodução técnica das imagens tridimensionais.

Cumpra mencionar que a paralaxe de movimento demonstra ser o mais eficaz indício de profundidade para a visão monocular. A imagem plana do cinema e vídeo convencionais incorpora tal princípio nos movimentos de câmera, a exemplo do travelling e do Steadicam⁷. Oclusões, revelações, e o deslocamento relativo dos objetos ao referencial (câmera) promovem uma “varredura” espacial, que resulta em paralaxe de movimento e, por conseguinte, a impressão de espacialidade.

⁷ O movimento de travelling é aquele onde a câmera movimenta-se suportada por um trilho ou rodízios; o movimento de Steadicam assemelha-se ao travelling, porém a câmera é conduzida livremente, suportada em um mecanismo carregado pelo operador, e este aparato absorve trepidações do transporte manual da câmera. *Steadicam* é o nome deste aparato, desenvolvido pelo operador de câmera Garret Brown, durante a segunda metade dos anos 70.

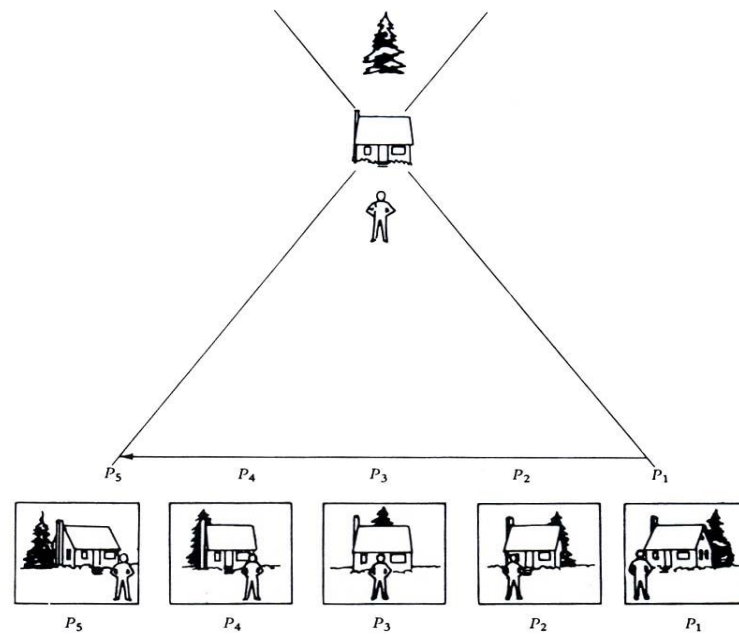


Fig. 08 - Demonstração da paralaxe de movimento. Os objetos vistos dispostos “em planta”, acima, aparentam mudar suas posições relativas quando a câmera se move entre as posições P1 e P5 (AUMONT 2007, p. 45)

A visão tridimensional que temos do mundo é resultado exclusivo da interpretação mental das duas imagens bidimensionais que cada olho capta a partir de seu ponto de vista, e das informações sobre o grau de convergência e divergência dos globos oculares. Os centros ópticos dos olhos humanos estão em média a 65 milímetros um do outro⁸ e podem convergir de modo a cruzarem seus eixos em qualquer ponto a poucos centímetros diante do nariz, ficando estrábicos; podem também divergir ou ficar em paralelo quando focalizam algo no infinito. Além de interpretar ambos os campos visuais apreendidos pelos olhos, fundindo-os em uma única impressão visual, o cérebro coordena os movimentos da musculatura oculomotora e, ao analisar o grau de convergência ou divergência dos eixos visuais, computa a distância egocêntrica relativa ao objeto visado.

⁸ Valor médio, deduzido da conversão de 2,5 polegadas, Cf. MENDIBURU 2009, p. 85

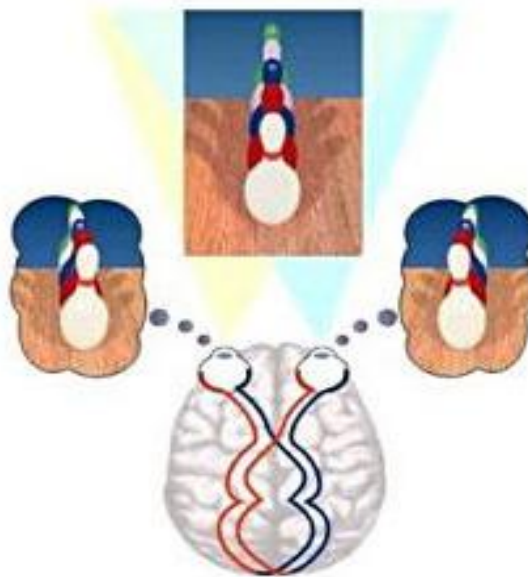


Fig.09 - Ilustração do resultado da superposição dos campos visuais. A imagem ciclópica, ao centro, é uma construção do córtex visual, o qual também deduz a distância egocêntrica ao objeto (Figura disponível em <<http://3d.echeva.com/2010/02/11/6-consejos-para-una-experiencia-3d-estereoscopica-perfecta/>>, acessado em 07/junho/2012)

No entanto, a estereopsia é um fenômeno condicionado a alguns fatores, comprovados mediante experimentos clínicos simples. Objetos situados apropriadamente dentro do campo visual, na região denominada **horóptero**, são percebidos em relevo, pois suas imagens formam-se em pontos correspondentes na superfície de ambas as retinas. Fora do horóptero a visão é monocular, uma vez que o objeto seja visto por apenas um dos olhos ou, quando visto por ambos os olhos, promova a diplopia (a visão plana do mesmo objeto, porém duplicada).⁹ O conceito de horóptero é fundamental para a compreensão da visão natural egocêntrica, pois não nos apercebemos dela no cotidiano. A violação do horóptero pode causar grande desconforto, pois a diplopia revela um mecanismo visual inconsciente em condições normais.

Os engenhos capazes de simular a impressão de profundidade através de gravuras, imagens binoculares estáticas e, posteriormente, nas imagens em movimento, operam de modo a contemplar adequadamente a visão ciclópica com um par de imagens estéreo. O desenvolvimento da tecnologia das imagens tridimensionais é contextualizado de modo sintético no breve histórico a seguir.

⁹ Cf. BICAS, H.E.A.,2004.

2.2. Brevíssimo histórico acerca da estereoscopia nas artes visuais: do renascimento ao audiovisual contemporâneo

Decerto, a maior contribuição do período renascentista às artes plásticas foi o desenvolvimento da técnica de representação do espaço tridimensional nas imagens planas. O desenvolvimento do método de representação do espaço tridimensional no espaço bidimensional tem como precursores Filippo Brunelleschi (1387-1446) e Leon Batista Alberti (1404 – 1472), e fora denominado *perspectiva artificialis* (ARNHEIN, 1980 *apud* GODOY, 2009). Os artifícios pictóricos de proporção relativa, ponto de fuga, entre outras técnicas gráficas remontam a essa época, e baseiam-se no princípio dos indutores de profundidade já descritos. Leonardo da Vinci (1452-1519) compilou as regras desta representação do espaço real da natureza na imagem pictórica plana em seu *Tratado da Pintura*. Decorrem quinhentos anos para o advento da fotografia, mas desde o Renascimento a questão do realismo das imagens é uma preocupação nas artes visuais.

A representação do espaço tridimensional através de um par de imagens é uma técnica que foi registrada em 1838, com a invenção de um aparelho denominado estereoscópio¹⁰. Na mesma década são datados os primeiros registros fotográficos da história. Apesar da fotografia e o estereoscópio serem contemporâneos, o uso do estereoscópio com pares de fotografias, em vez de gravuras, é posterior à sua concepção e data de meados de 1880, segundo afirma Lypton (LYPTON, 1982).

¹⁰ Aparato que permite emular a estereoscopia, capacidade de reprodução da visão binocular humana, a partir de duas imagens bidimensionais (ZONE, 2007). No início essas imagens eram ilustrações, substituídas posteriormente, com o advento da fotografia. Os dispositivos de visualização estereoscópica serão abordados em profundidade no Capítulo 2.

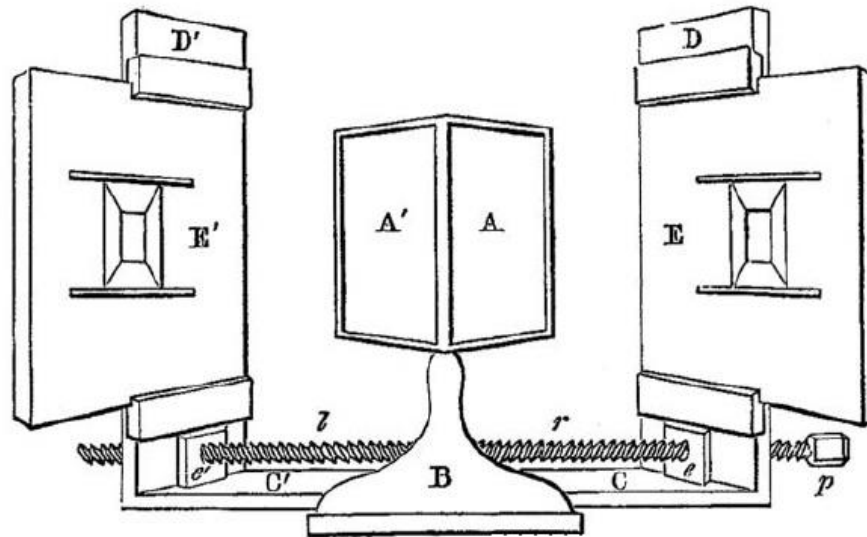


Fig.10 - O estereoscópio de Wheatstone. Gravuras pareadas eram afixadas nas tábuas laterais, e a visualização do efeito tridimensional se dava mediante observação dos espelhos ao centro (Fonte: ZONE, 2007, p. 6).

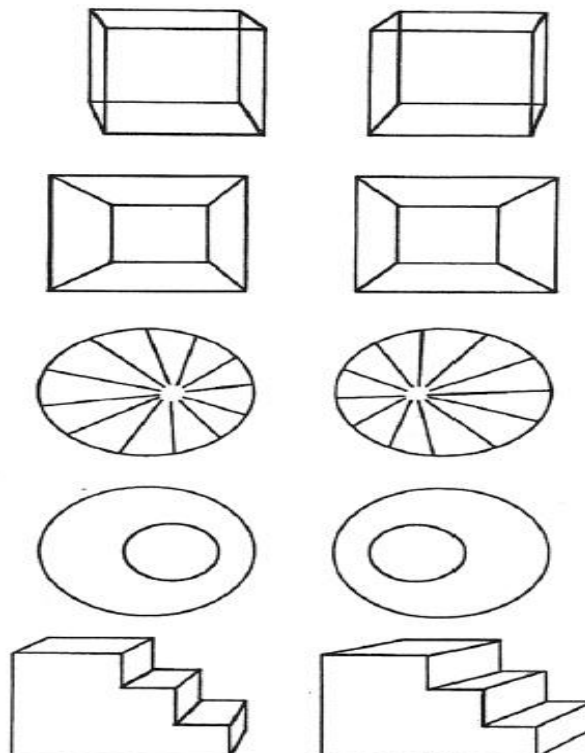


Fig.11 - Gravuras estereoscópicas desenhadas por Wheatstone. As distorções geométricas de um desenho, em relação a seu par correspondente, representam o desvio de paralaxe horizontal. (Idem, p. 8.)

Ao final do século XIX houve a popularização de máquinas fotográficas capazes de registrar fotografias binoculares, e livros que exploravam o recurso da estereoscopia

para entretenimento.¹¹ Assim, as fotografias eram comercializadas em jogos que incluíam aparelhos para sua visualização. Também conforme Adams (ADAMS, 2001), o processo de visualização estereoscópica constituiu-se em verdadeiro hábito das famílias de classe média alta, que se reuniam em torno da observação de fotografias de lugares exóticos. É notável que boa parte das fotografias conhecidas daquele período sejam estereoscópicas.

Esboços de narrativas na forma de pequenas histórias eram contados tal qual em fotonovelas, mediante conjuntos de estereogramas sucessivos, montados em equipamentos na forma de cabine.

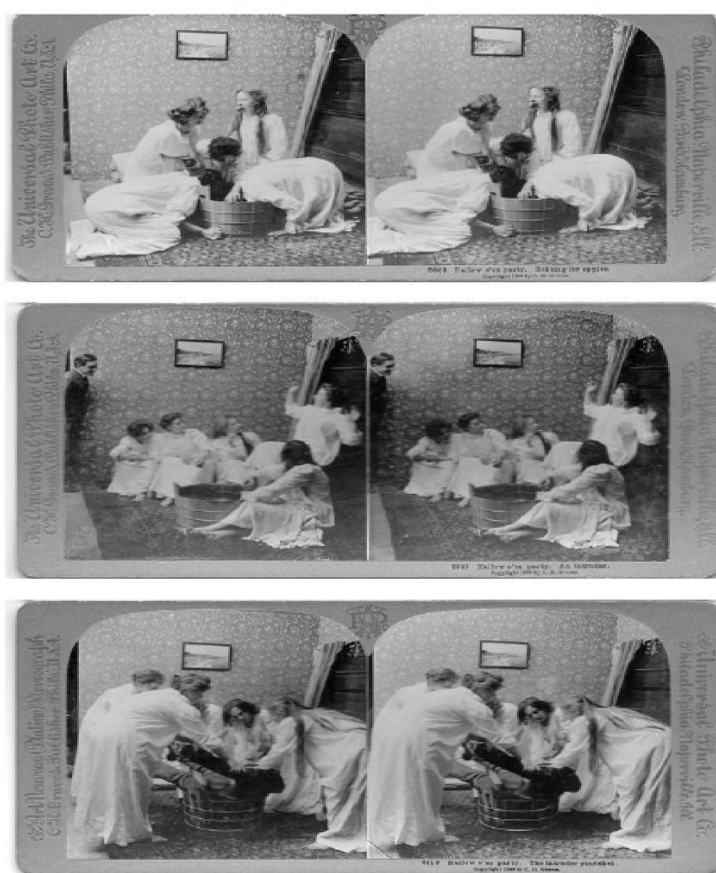


Fig. 12 - “Festa de Halloween”, narrativa em três estereogramas, publicada por C.H. Graves. No topo, a pesca de maçãs; no meio, a chegada do intruso e, por fim, a punição do intruso (Fonte: ZONE, 2007. p. 17).

Estes equipamentos foram precursores do kinetoscópio de Edison, conforme Ray Zone argumenta:

¹¹ Ver: Adams, G. O passe de mágica do turismo fantástico: o sistema de viagem estereoscópica de Underwood & Underwood. Anais do XXIV Congresso Brasileiro da Comunicação. Campo Grande, MS. Setembro de 2001. Disponível em: <<http://reposcom.portcom.intercom.org.br/bitstream/1904/4646/1/NP7ADAMS.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2009.

Após 1870, fabricantes de visualizadores de estereógrafos começaram a construir cabines que mostravam sequencialmente cartelas estereográficas. Esta visualização sequencial naturalmente implicava em uma narrativa.¹²

Passado o ineditismo da novidade, houve a decadência dos estereogramas ao final do século XIX. Lypton aponta que o declínio de popularidade deu-se basicamente pelo desencantamento das pessoas, devido à necessidade de se empregar estereoscópios e aparatos semelhantes para a visualização destas imagens, o que impedia a observação coletiva, restrição decisiva para o abandono da técnica (LYPTON, 1982, p.27).

A documentação visual deste momento da história, mesmo que de modo amador e com finalidade particular, encontra-se no suporte fotoquímico, tomado em imagens binoculares. Essas fotografias estereoscópicas entraram em declínio comercial, mas encontraram aplicações científicas na documentação fotogramétrica aérea e na fotointerpretação de imagens de satélite.¹³

Um levantamento preliminar de informações dá vulto à extensa quantidade de produções cinematográficas em 3-D, logo no primeiro cinema. Algumas, bastante notórias. “A chegada do trem à estação” não foi o primeiro filme realizado pelos irmãos Lumière, apesar de estar na primeira projeção da história, junto a outros filmes. Curiosamente, uma segunda versão, tomada com câmera binocular, fora realizada posteriormente pelos próprios autores, já no início do século XX, sendo exibida na França em projeção de duas bandas no modo anaglífico¹⁴. Louis Lumière demonstrou grande interesse pela técnica anaglífica, registrando uma patente pioneira para sistemas estereoscópicos de cinema no ano de 1900 (ZONE, 2007, p. 141).

Posteriormente, Sergei Eisenstein mostrou-se um entusiasta do cinema estereoscópico, conforme observa Rosenfeld (2002, p 248)¹⁵:

O grande cineasta russo S. M. Eisenstein, falecido há alguns anos, foi um entusiasta do filme em relevo (na Rússia já se projetam há vários anos filmes plásticos). Disse Eisenstein que o cinema tridimensional é um anseio latente do público, anseio esse baseado nos mais profundos impulsos do homem.

¹² In : ZONE, R. *Stereoscopic cinema and the origins of 3-D film, 1838–1952*. The University Press of Kentucky, 2007. p 15. Tradução nossa.

¹³ A fotointerpretação de imagens estereoscópicas vale-se do desvio de paralaxe enquanto uma ferramenta para aferição de distâncias, tanto topográficas como astronômicas, entre corpos celestes.

¹⁴ O modo anaglífico vale-se da projeção simultânea de duas imagens monocromáticas, cada qual tingida em um matiz de cor específico e complementar. Óculos com filtros coloridos destinam a cada olho apenas a imagem respectiva. A técnica será abordada no Capítulo 2.

¹⁵ In: ANATOL ROSENFELD. *Cinema, Arte e Indústria*. São Paulo: Perspectiva, 2002. p. 248

Reitera, inclusive, que a imersão coloca o espectador em contato íntimo com a imagem, avaliando que:

...mais importante ainda é o seguinte: a imagem, palpavelmente tridimensional, se lança da tela para dentro da sala de espetáculos – pássaros parecem voar através do cinema ou se projetam na profundidade dos espaços, panteras e onças saltam nos braços dos espectadores (p. 248)

Considerando a influência do eminente teórico e realizador soviético junto aos críticos e cineastas desde então, certamente pode-se considerar a forte reverberação de suas idéias sobre cinema estereoscópico na época, pois “O argumento mais forte de Eisenstein é que o cinema plástico transformará em realidade um sonho milenar.” (ROSENFELD, 2002, p. 248).

Nas décadas de 1920 e 1950, a estereoscopia cinematográfica foi amplamente explorada. Diversas produções foram captadas e exibidas estereoscopicamente. Na década de 1920 com produções experimentais de grande repercussão; já na década de 1950, o cinema investiu maciçamente em produções estereoscópicas para recuperar o público perdido para a audiência da TV.

Despontam como produções tridimensionais pioneiras da indústria os filmes de longa metragem *The Power of Love*¹⁶, lançado em Los Angeles no ano de 1922 com projeção anaglífica, e *M.A.R.S. or Radio-Mania*¹⁷ com sistema Teleview de fotogramas alternados¹⁸, em 1923.

O grande volume de produções neste período deve-se aos curta-metragens experimentais, onde podemos destacar os *Plastigramas*, de Ives-Leventhal. (ZONE, 2007).

¹⁶ THE POWER OF LOVE. Direção: Nat G. Deverich e Harry K. Fairall. EUA: Haworth Pictures Corporation, 1922. Filme presumidamente desaparecido. Informações obtidas on-line em <<http://www.imdb.com/title/tt0013506/>> acessado em 27 de setembro de 2009.

¹⁷ M.A.R.S. OR RADIO-MANIA. Direção: Roy William Neill. EUA: Herman Holland Productions, 1923. Informações obtidas on-line em <<http://www.imdb.com/title/tt0014391/>> acessado em 10 de junho de 2010.

¹⁸ O sistema Teleview empregava um obturador mecânico disposto ante os olhos de cada espectador. O obturador, sincronizado à projeção, promovia a oclusão alternada dos olhos, conforme o fotograma que estava sendo exibido (alternavam-se fotogramas para cada olho, ora o esquerdo, ora o direito, sucessivamente).

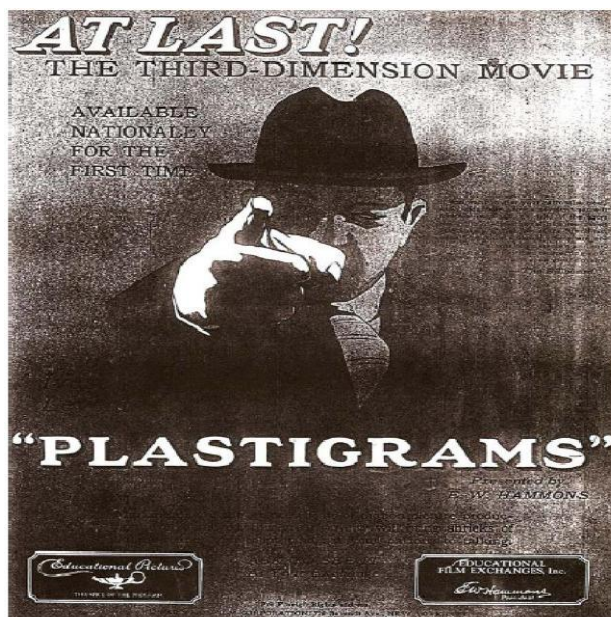


Fig. 13 - Cartaz de divulgação dos “Plastigramas” (-ZONE, 2007 , p. 79)

Este surto de produção não se sustentou por problemas de ordem técnica – a dificuldade e custos de se operacionalizar e rodar duas câmeras, bem como a árdua tarefa de projeção síncrona (Cf. LIPTON, 1982, p. 37).

Sucedeu um período de calma nos anos que se seguiram. O ressurgimento do cinema tridimensional acontece na década de 1950, quando Alfred Hitchcock produz um de seus clássicos empregando estereoscopia. Por conta das deficiências tecnológicas na etapa de projeção, à ocasião do lançamento e, mesmo posteriormente, apenas a versão “plana” de *Disque M Para Matar*¹⁹ foi amplamente difundida. Pommer (2010) relata em seu artigo a experiência de assistir a versão 3-D original deste filme, cujo raro exemplar neste formato ainda possui uma cópia armazenada na cinemateca francesa.²⁰

Conforme esta breve exposição demonstra, nota-se que durante todo o século XX, apesar de intermitentemente, produziram-se diversos filmes estereoscópicos. As deficiências tecnológicas impediam maior sobrevida à inovação, e diversos ciclos se sucederam ao longo do tempo, cada qual pontuando uma nova tentativa, sempre frustrada, de incorporar definitivamente esta tecnologia ao cinema. Após o grande “boom” do anaglífico nos anos 1950, o 3-D ressurgiu temporariamente nos anos 80, época em que o vídeo desponta como suporte alternativo à produção de conteúdos estereoscópicos, apesar da parca qualidade técnica que proporcionava então, decaindo

¹⁹ DIAL M FOR MURDER . Alfred Hitchcock, EUA: Warner Bros., 1954. 105min.

²⁰ Pommer, M.E. **Frontalidade e profundidade visual no cinema**. Caderno de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas – UFSC, 2010. Disponível em < <http://150.162.1.115/index.php/cadernosdepesquisa/article/view/1984-8951.2010v11n98p6/12827>> Acessado em 12/fev/2010.

gradualmente até o quase esquecimento. Esta situação de marginalidade perdura até meados da primeira década de 2000, quando um novo ciclo entrou em ignição.

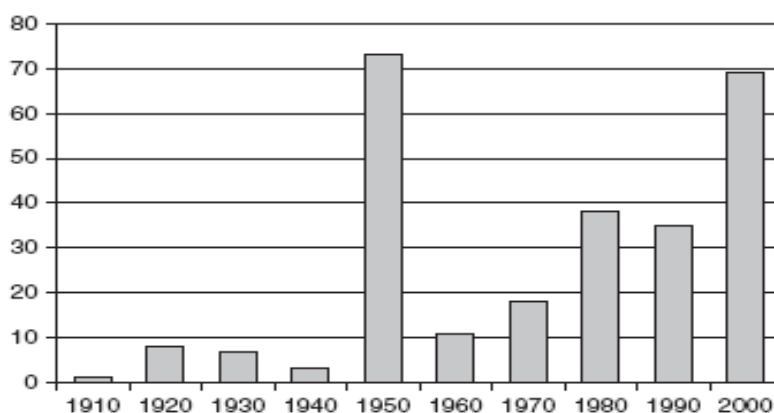


Fig.14 - Gráfico enumerando títulos em 3-D lançados a cada década do século XX, cujo auge deu-se nos anos 1950 (Fonte: MENDIBURU, 2009, p. 9).

O marco definitivo na propulsão do cinema 3-D fora estabelecido em 2009, com o filme épico *Avatar*²¹, de James Cameron. Segundo divulgação da agência de notícias *Reuters*, o filme ultrapassou o montante de US\$ 2 bilhões em arrecadação nas bilheterias após sete semanas em cartaz, superando o lucro de “*Titanic*”, do mesmo diretor, até então a maior bilheteria da história mundial do cinema²².

O lançamento de *Chicken Little* em 3-D no ano de 2005, evento inaugural da era digital estereoscópica em Hollywood, não teve o mesmo impacto na mídia, apesar desta iniciativa ter estimulado a implantação dos primeiros sistemas de projeção estereoscópicos modernos (ZONE, 2012, p. 2). Reporta-se que 100 salas nos E.U.A. receberam o sistema Dolby Infitec²³ para a estréia do filme, à ocasião. O número de títulos com tecnologia estereoscópica lançados no intervalo entre *Chicken Little* e *Avatar* muito provavelmente não contribuiu de forma significativa para a ampla difusão do cinema tridimensional. Coube ao marketing de *Avatar* criar a expectativa necessária para estimular a adequação maciça em salas ao redor do mundo. Este filme é considerado “divisor de águas” na história moderna do cinema, e seu lançamento

²¹ AVATAR. Direção: James Cameron. EUA: 20th Century Fox, 2010.

²² AGÊNCIA REUTERS. "Avatar" ventured further into rarefied territory at the worldwide box office during the weekend, surpassing the \$2 billion mark days after it broke the record held by "Titanic." Disponível em: <http://www.reuters.com/article/2010/01/31/us-boxoffice-idUSTRE60S11J20100131>> Acessado em 18 jan 2011.

²³ Sistema proprietário para visualização estereoscópica, produzido pela Dolby Laboratories Inc., o qual será abordado em detalhes no segundo capítulo.

demarca uma revolução de ordem tecnológica e econômica muito significativa (ZONE 2012, p. 3).

Cumprido frisar que tais mudanças refletiram-se no aprimoramento tecnológico do parque exibidor nacional. Segundo levantamento publicado pelo portal especializado em análises de mercado “Filme B”, durante 2010 havia em funcionamento 259 salas digitais 3-D no Brasil, em um universo estimado superior a 2200 salas de cinema no país²⁴. O parque exibidor equipado com esta tecnologia praticamente dobra em pouco mais de um ano, excedendo o cômputo de 400 salas em agosto de 2011.²⁵ Os números relativos à digitalização das salas comerciais brasileiras não refletem que o exibidor arca integralmente com as despesas na migração para suporte digital, cujas cifras situam-se ao redor de US\$ 130 mil por cabine de projeção, além da eventual troca da tela para projeções 3-D, que por sua vez exige maior eficiência na reflexão luminosa.²⁶

²⁴ Conforme dados em < <http://www.filmeb.com.br/portal/html/graficosetabelas.php>> Acessado em 14 jan 2011.

²⁵ Segundo informações disponíveis em < <http://www.telaviva.com.br/23/08/2011/brasil-tem-411-salas-3d/tl/237683/news.aspx>>. Acessado em 05 jul 2013.

²⁶ Cf. DE LUCA, 2011.

3. O ESTADO DA TÉCNICA

3.1. A propósito da plano-estereoscopia: conceitos gerais

Algumas condições são imperativas para que percebamos a visão estereoscópica, e a compreensão destes fatores condicionais é de suma importância para o êxito do processo técnico de reprodução de imagens tridimensionais.

É oportuno tratar da definição do que é a plano-estereoscopia propriamente dita. O suporte para observação de imagens em movimento é, via de regra, uma tela emissiva ou reflexiva, em cuja superfície a modulação luminosa produz imagens visíveis. Portanto, temos a gênese da imagem em uma superfície, que pode ser a tela em uma sala de cinema, o painel de cristal líquido em um televisor, etc. As formas e disposições espaciais da tela podem assumir as mais diversas configurações, porém a imagem óptica jamais se forma aquém ou além dela. Nossos olhos focalizam a janela determinada pela moldura do requadro desta tela, e dali apreendem a informação visual.

No mundo natural, estamos acostumados a observar os objetos físicos dispostos no espaço volumétrico que nos cerca. Uma fotografia, por sua vez, é objeto em si. A imagem, por esta dupla realidade que lhe é característica, pode ser encarada como objetual, ou interpretada como a impressão da realidade da qual o observador teria, segundo o ponto de vista retratado (AUMONT 2007, p. 61).

Imagens plano-estereoscópicas subvertem estas noções, ao simularem para ambos os olhos a impressão de estarem diante do espaço volumétrico. A interpretação mental, ao se visualizar um estereograma, é de que acontece a reprodução volumétrica da cena retratada.

Ao observarmos uma imagem bidimensional, como uma fotografia, nossos olhos procedem à focalização na superfície de onde interessa adquirir informação luminosa. A luz refletida perpassa os globos oculares e projeta-se sobre a superfície da retina, a camada fotossensível que traduz luminosidade em impulsos nervosos que são conduzidos por nervos ao córtex visual, onde a mente traduz tais impulsos em percepção visual consciente. Indivíduos providos de visão binocular apreendem dois campos visuais ligeiramente distintos, um correspondendo a cada olho, e o cérebro os funde em uma percepção unívoca, conforme já explicitamos anteriormente.

A plano-estereoscopia encarrega-se de prover tais campos visuais artificialmente, mediante duas imagens planas, as quais projetam sobre as retinas dos respectivos olhos informações luminosas de maneira análoga à que o observador teria

vislumbrando o espaço tridimensional. A impressão resultante no observador é de que está a ver uma janela, e não mais um quadro diante de si. Esta janela, sendo de dimensões suficientes para cobrir ambos os campos visuais, e reproduzindo imagens com qualidade e luminosidade adequadas, induzirá a uma sensação imersiva. A título de exemplo, mencionamos as salas de projeção estereoscópicas I-MAX em tela gigante e os visores binoculares de realidade virtual, aplicações da plano-estereoscopia que pormenorizaremos em seqüência.

3.2 Paralaxe: o pilar da plano-estereoscopia

Paralaxe na plano-estereoscopia, conforme define ANDRADE (2012, p. 16) é:

...a distância entre os pontos correspondentes das imagens do olho direito e do esquerdo na imagem projetada na tela. Em resumo, disparidade e paralaxe são duas entidades similares, com a diferença que paralaxe é medida na tela do computador²⁷ e disparidade, na retina. É a paralaxe que produz a disparidade, que por sua vez, produz o estéreo.²⁸

Em conformidade a este postulado, podemos elencar quatro combinações possíveis para a disposição dos pontos correspondentes na tela que reproduz imagens tridimensionais, a saber:

- **Paralaxe zero:** conhecida como ZPS (do inglês *Zero Parallax Setting*). Um ponto com paralaxe zero é aquele onde cruzam os eixos ópticos visuais, e a percepção recai no plano de projeção da própria tela, devido à projeção em pontos homólogos dos olhos (Fig. 15, A).
- **Paralaxe negativa:** significa que o cruzamento dos eixos ópticos relativos a cada olho encontra-se entre os olhos e a tela de projeção, dando a sensação de o objeto estar se projetando em relevo, ou para fora da tela (Fig. 15, B).
- **Paralaxe positiva:** o cruzamento dos eixos ópticos ocorre atrás do plano de projeção, dando a sensação de que o objeto ou o relevo encontram-se em profundidade relativos à tela.
- **Paralaxe divergente:** nele os eixos ópticos divergem entre si, e os pontos que seriam correspondentes não se fundem, ocasionando diplopia (Fig. 15, D).

²⁷ E não somente na tela do computador, mas quaisquer telas capazes de reproduzir imagens plano-estereoscópicas.

²⁸ ANDRADE, L.A. **Uma Nova Técnica de Compressão Espacial Aplicada a Vídeos Estereoscópicos**. Tese de Doutorado. ICMC-USP, 2012 p. 16

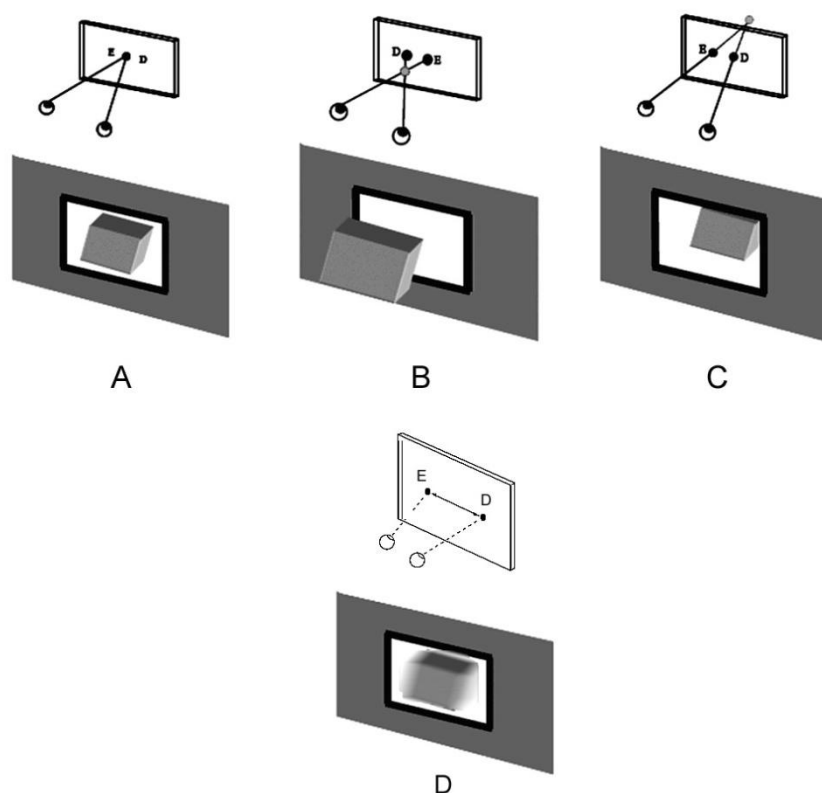


Fig .15- Situações possíveis de paralaxe: a) zero, b) negativa, c) positiva e d) divergente. (Fonte: adaptado de ANDRADE 2012, p. 16)

A percepção de profundidade acontece quando temos paralaxe positiva ou negativa presente na imagem. Pode ocorrer a combinação das possibilidades elencadas acima, em uma imagem 3-D. Conforme a excursão de paralaxe dentro da imagem, se constrói o relevo, se dá rotundidade e volume. E, como em todo suporte técnico de imagens, estes valores devem permanecer dentro de margens toleráveis, sob pena de o efeito estereoscópico parecer defeito. A condição de paralaxe divergente ocasiona rivalidade retinal, ferindo a visão em vez de representar algo a ela (MENDIBURU 2009, p. 25). Modular adequadamente a paralaxe, desde a concepção até a veiculação de imagens tridimensionais é o propósito do estereoscopista.

SPOTTISWOODE, R.&N. (1953) referem-se por transmissão estereoscópica ao conjunto de técnicas de captação, processamento, e exibição de imagens volumétricas em suportes planos. Trataremos individualmente de cada uma destas etapas, tomando como ponto de partida a exibição e visualização de imagens, pelos motivos que justificamos a seguir.

3.3. Exibição

Discorreremos agora sobre os principais métodos para exibição de imagens estereoscópicas conforme as tecnologias disponíveis até o presente momento, dando ênfase àquelas empregadas em cinema e vídeo.

Priorizou-se tratar a etapa de exibição em virtude desta se configurar o propósito final da imagem estereoscópica em suportes planos, além dos aspectos históricos envolvidos, pois a evolução desta tecnologia remonta aos experimentos com estereoscópios, culminando no estado da técnica contemporânea, conforme abordamos no capítulo inicial. Há artifícios que permitem representar a sensação de profundidade binocular através de ferramentas que podemos considerar simultaneamente como dispositivo e modalidade artística em si, tomando como exemplo a estereoscopia anaglífica. Técnicas ainda em desenvolvimento, como a imagem volumétrica holográfica serão tratadas ao final.

3.3.1. Estereoscopia Anaglífica Bicromática

O processo anaglífico é uma técnica bastante consagrada enquanto método para difusão de imagens plano-estereoscópicas quer em movimento ou estáticas. O termo advém do grego, e significa “esculpir novamente”²⁹. Pode-se empregar esta abordagem em diferentes suportes, como imagens impressas, projeções em película, vídeo e cinema em quaisquer formatos ou resoluções, quer em natureza analógica ou digital, indistintamente. Devido a esta versatilidade, aliada ao emprego de óculos de filtragem passivos³⁰, este método bastante antigo ainda encontra amplo campo de aplicações, e os aprimoramentos tecnológicos contemporâneos trouxeram-no de volta às salas de cinema.

Em essência, uma imagem anaglífica nada mais é senão um estereograma singular, onde as visões da esquerda e da direita são mescladas, cada qual empregando uma componente cromática de faixa espectral específica, geralmente cores complementares entre si.

²⁹ ZONE (2007, p. 55)

³⁰ Diz-se que os óculos são passivos em razão de dispensarem qualquer tipo de atuador (-elétrico ou mecânico) para seu funcionamento.



Fig .16 - Fotograma anaglífico monocromático do curta-metragem *Ciranda*, de autoria de Leonardo Andrade (Fonte: imagem do autor).

Podemos considerar que consiste em um método análogo à multiplexação³¹ de dois sinais distintos em um único, que será transportado ou exibido. Daí resulta uma imagem policromática onde, a olhos nus, pode-se perceber a superposição de ambas as visadas, cujos pontos correspondentes que possuam desvio de paralaxe serão notados deslocados entre si, nas respectivas cores complementares.

Para visualizar imagens anaglíficas, empregam-se óculos com filtros adequados, responsáveis pela de-multiplexação do anáglifo em um par estereoscópico.

É o processo mais popular na disseminação da estereoscopia, sendo experimentado e aprimorado há mais de 150 anos. A relativa simplicidade característica do método anaglífico convencional traz consigo um ônus, que é a menor qualidade de reprodução dentre todos os demais métodos de visualização estereoscópicos, em virtude do prejuízo da supressão de cores complementares em cada vista. Contudo, quando esta deficiência é considerada de menor relevância ao propósito do efeito tridimensional pretendido, a abordagem anaglífica justifica-se, sendo extremamente eficaz de implementar devido a seu baixo custo e total compatibilidade com quaisquer suportes capazes de reproduzir imagens planas convencionais em cores (MINOLI, 2012 , p. 73).

É de suma importância o controle de qualidade na consistência da reprodução de cores e contrastes até o estágio de exibição das imagens anaglíficas, sob pena de

³¹ Multiplexação é a técnica de aglutinar dois sinais distintos em um único sinal portador. Pode ser revertida mediante de-multiplexação, sem acarretar degradação aos sinais originais.

incompatibilizar a filtragem nos óculos.³² A natureza dos filtros nos óculos propriamente ditos é aspecto de suma importância no êxito do processo, e os avanços tecnológicos na elaboração de filtros ópticos permitiram significativas melhorias na reprodução de imagens anaglíficas.

Podemos classificar os processos de filtragem anaglíficos em duas categorias, conforme os princípios de operação: a primeira, empregando filtros “*notch*” e passa-banda; a segunda, empregando filtros pente. Fundamentam-se no princípio da tricromia, segundo o qual as imagens em cores são amostradas em três componentes primárias no processo aditivo (vermelho, verde e azul)³³. A imagem relativa a cada lado do par estéreo tem suprimida uma determinada gama de cores (faixa espectral), e o lado contíguo é reproduzido dentro da faixa suprimida de seu par. Mesmo imagens monocromáticas, em preto-e-branco, podem ser utilizadas na geração de imagens tridimensionais anaglíficas, bastando designar a cada lado uma cor, e fundir o par estéreo somando-se ambas as imagens.

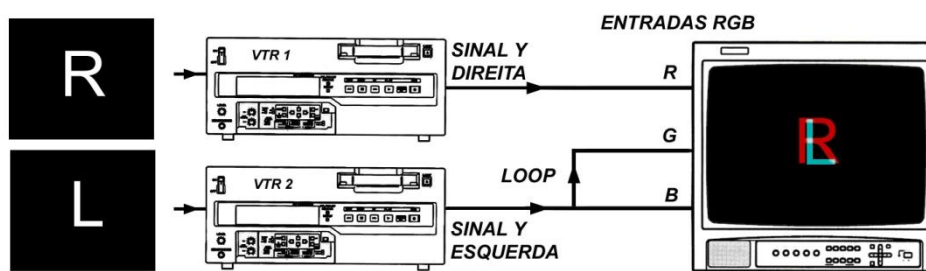


Fig. 17 - Fusão de duas imagens monocromáticas (R e L) em um anáglifo, multiplexando as cores primárias em um par vermelho / ciano através do matriciamento de sinais vermelho, verde e azul (R, G, B). Fonte: imagem do autor.

O emprego de filtragem por cores complementares remonta ao funcionamento de filtros passa-banda e *notch*. Nestes, o espectro de cores é dividido em duas porções contínuas, distintas, e cada lado do par estéreo é reproduzido dentro de sua faixa respectiva. O filtro complementar sempre bloqueará a imagem que deve ir ao olho vizinho por reflexão, permitindo apenas a transmissão da imagem designada ao respectivo olho.

³² Ver WOODS, A. J., HARRIS, C. R. **Comparing levels of crosstalk with red/cyan, blue/yellow, and green/magenta anaglyph 3D glasses**. Proceedings of SPIE Stereoscopic Displays and Applications XXI, vol. 7253, pp. 0Q1-0Q12, January 2010. Disponível em: < <http://cmst.curtin.edu.au/local/docs/pubs/2010-11.pdf> >. Acesso em 20 fev 2012.

³³ Cf. BOVIK, 2000 p. 11

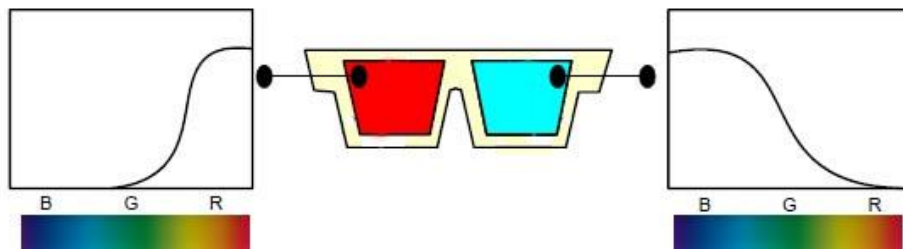
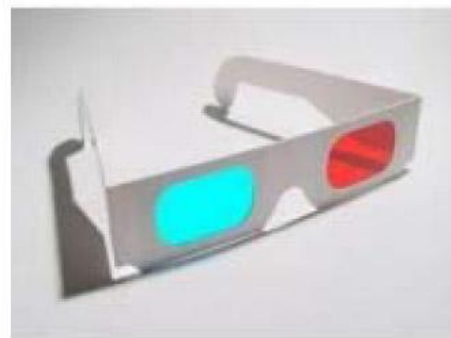


Fig. 18.- Diagramas das curvas espectrais dos filtros em óculos vermelho – ciano. Imagem do autor.

Arranjos de cores complementares compreendem as combinações vermelho-ciano (um filtro em cor primária, vermelho; outro filtro em cor secundária, ciano, que é azul somado a verde) , verde-magenta (um filtro em cor primária, verde; outro filtro em cor secundária, magenta, que é azul somado a vermelho) e azul-amarelo (um filtro em cor primária, azul; outro filtro em cor secundária, amarelo, que é verde somado a vermelho). Neles, o filtro passa-banda corresponde àquele que absorve apenas a cor primária, deixando atravessar a secundária, que possui banda mais larga devido à sua composição dada pela soma de duas primárias; e o filtro *notch* corresponde àquele que bloqueia a cor secundária, permitindo que apenas a primária o atravesse.



(a)



(b)

Fig.19 - Processo anaglífico. a) Imagem estereoscópica policromática elaborada mediante composição anaglífica por cores complementares vermelho e ciano e b) óculos com filtros para visualização.-(Fonte: http://www.ckirner.com/download/capitulos/Fundamentos_e_Tecnologia_de_Realidade_Virtual_e_Aumentada-v22-11-06.pdf . Acessado em 16 mai_2013)

Outras combinações de cores podem ser empregadas na conformação de imagens anaglíficas, como azul-vermelho, verde-vermelho e laranja-azul, sendo esta

uma combinação considerada bastante efetiva³⁴. Deve-se notar, porém, que tais combinações são pouco eficazes na reprodução de anáglifos coloridos, por não contemplarem todo o espectro (a exemplo da combinação azul-vermelho).

A opção por uma determinada combinação deve considerar diversos fatores como, por exemplo, a eficácia dos filtros disponíveis para a confecção dos óculos, e mesmo o suporte técnico onde as imagens serão reproduzidas, conforme apontam WOODS e HARRIS (2012)³⁵. Filtros mal dimensionados propiciam a anomalia denominada *crosstalk*³⁶, também referida por “*ghosting*”, devido ao surgimento de uma aura fantasmagórica, característica deste fenômeno, conforme ilustramos a seguir.



Fig. 20 - Na segunda imagem, fotografia obtida através de um filtro verde precário, de uma cena anaglífica verde-magenta (acima) reproduzida em monitor LCD. O *crosstalk* do canal magenta é percebido como “fantasma” no tronco da árvore, indicado pela seta. Estereograma por Hélio Godoy. (Fonte:imagens do autor).

³⁴ Cf. MINOLI, 2012 p. 73

³⁵ WOODS, A. J., HARRIS, C. R. **Comparing levels of crosstalk with red/cyan, blue/yellow, and green/magenta anaglyph 3D glasses**. Proceedings of SPIE Stereoscopic Displays and Applications XXI, vol. 7253, pp. 0Q1-0Q12, January 2010. Disponível em: < <http://cmst.curtin.edu.au/local/docs/pubs/2010-11.pdf> >. Acesso em 20 fev 2012.

³⁶ *Crosstalk* é um termo em inglês que significa interferência cruzada. Advém da área de telecomunicações, onde a interferência entre duas linhas telefônicas resulta em uma “conversa cruzada”.

Portanto, para o sistema anaglífico, vale frisar que a obtenção de filtros absolutamente complementares é algo impraticável, uma vez que a largura de faixa recai sobre uma curva. A superposição das curvas de filtros complementares demonstra que, para determinadas cores intermediárias, ambos os filtros sempre terão alguma permeabilidade residual, gerando algum nível de *crosstalk*³⁷.

Não obstante, há alguns inconvenientes quanto às diferentes densidades dos filtros, a exemplo do par amarelo-azul. A imagem vista através do filtro amarelo é percebida como mais clara que a do filtro azul, podendo ocasionar falsa percepção estereoscópica devido ao fenômeno *pulfrich*³⁸. Cumpre observar, inclusive, que nossa visão não distingue as cores primárias vermelho, verde e azul em proporções equivalentes. A luz percebida como branca, na reprodução em vídeo, equivale à mistura de aproximadamente 59 % de verde, 30% de vermelho e 11% de azul³⁹. Fica evidente o desequilíbrio na quantidade de luz que transpõe os filtros em óculos amarelo-azul, pois o lado amarelo apreende 89 % da luz transmitida. Das combinações possíveis elencadas, a que propicia uma distribuição mais balanceada é a verde-magenta, onde tem-se 59% da luz transmitida pelo filtro verde, e 41% pelo filtro magenta (somatório de azul e vermelho). Posteriormente, na seção 3.1.3., retomaremos as combinações de cores no modo anaglífico, quando empregado na transmissão e difusão de vídeo estereoscópico em modo “*frame-compatível*”.

3.3.2. Estereoscopia Anaglífica Policromática

A evolução tecnológica na fabricação de filtros ópticos culminou com o advento do processo **Dolby Infitec**⁴⁰, capaz de reproduzir imagens mediante processo anaglífico totalmente coloridas. “O funcionamento do sistema desenvolvido pela Dolby é o que mais se parece com o sistema anaglífico das projeções tridimensionais com película 35mm dos anos 1950-60” (LUCA 2011, p.210). Trata-se de um sistema que segmenta todo o espectro por bandas, de modo que as faixas adjacentes entre si pertencem alternadamente aos lados esquerdo e direito.

³⁷ Idem, Ibidem.

³⁸ Ver LYPTON, 1982 p. 52

³⁹ JVC. Just Bits Free. Disponível em <ftp://ftp.jacweb.jvc.com/jvcpro> Acessado em m

⁴⁰ Ver JORKE, H.; FRITZ, M. **INFITEC - A New Stereoscopic Visualisation Tool By Wavelength Multiplex Imaging**. Disponível em <http://jumbovision.com.au/files/Infitec_White_Paper.pdf> Acessado em 12 jul 2013

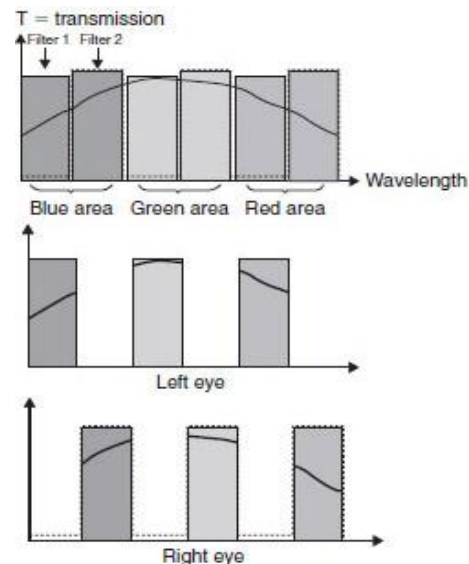


Fig. 21 - Diagrama de separação espectral do filtro-pente. (Fonte: MENDIBURU, 2009, p. 174)

É um mecanismo de multiplexação espectral fundamentado no conceito de **filtro-pente**, segundo o qual os componentes em frequência são atenuados em intervalos regulares, ao longo de todo o espectro (MENDIBURU 2009, p. 172). Empregam-se filtros com defasagem entre os lados esquerdo e direito, de modo que as componentes que correspondam ao campo visual em um lado dos óculos sejam bloqueadas, enquanto as do lado contíguo respondam de modo inverso, permitindo a luz atravessar. Uma série de faixas sucessivas de cores intervaladas representa cada imagem do par estéreo, de modo que a impressão às vistas do espectador seja de estar vendo imagens com plena reprodução de cores. Inspeccionando-se os óculos da Dolby, pode-se perceber que os filtros complementares são aparentemente transparentes. Entretanto, os reflexos da luz branca nos filtros evidenciam seu princípio de funcionamento, exibindo matizes de magenta em um lado, e ciano no outro. A ilustração seguinte elucida o mecanismo de filtro-pente no sistema Dolby 3-D.

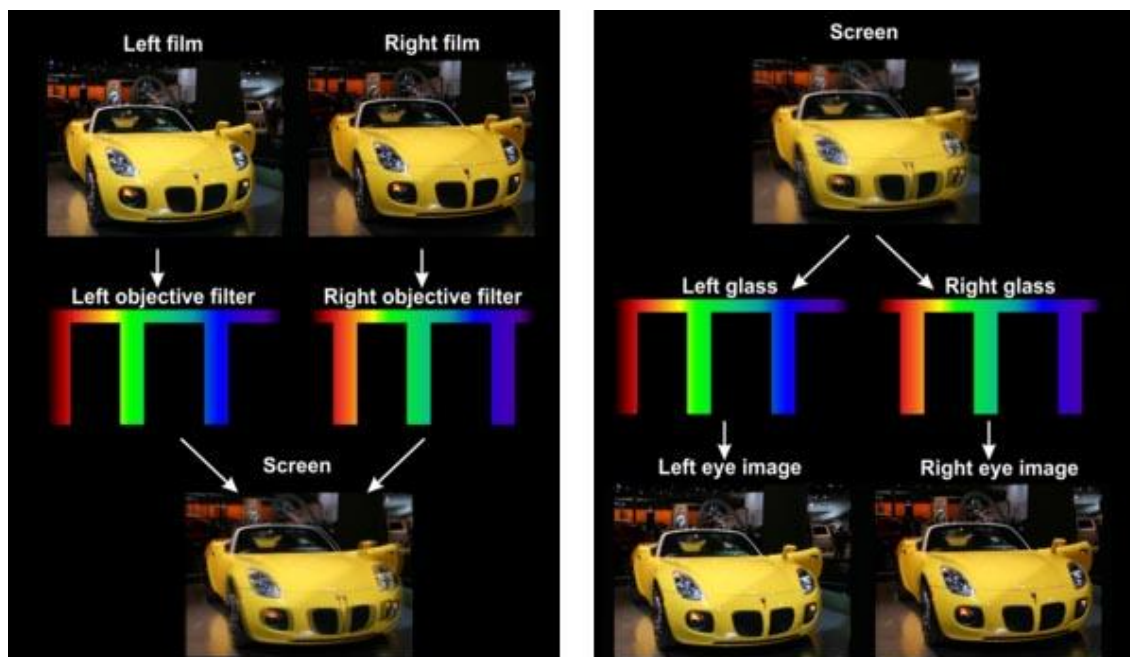


Fig. 22 - Princípio de funcionamento do processo Dolby Infitec. À esquerda, a projeção superposta das duas imagens, cada qual mediante respectivo filtro; à direita, a visualização binocular da tela, mediante óculos com filtros-pente. Fonte: < http://en.wikipedia.org/wiki/Dolby_3D> Acessado em 12 de agosto de 2013.

O trunfo tecnológico deste sistema reside na alta tecnologia dos filtros nos óculos o que, em contrapartida, os torna bastante onerosos, motivo pelo qual são reutilizados até quinhentas vezes (LUCA 2011, p. 211). Como não opera com luz polarizada, permite o emprego de telas convencionais, brancas. Resulta, por conseguinte, em imagens com baixo nível de *ghosting*, podendo ser implementado em projetores digitais mediante adaptação de um filtro rotativo específico. Desenvolvido exclusivamente para projeção profissional, o sistema *Infitec* é um desdobramento da tecnologia anaglífica dedicado à instalação em salas de cinema, tão somente, sendo homologado pela DCI⁴¹.

A *Panavision*, conceituada empresa no ramo de tecnologia cinematográfica, concebeu um sistema de projeção estereoscópica equivalente ao *Infitec*, denominado *Panavision 3-D*, para ser implantado em salas com projeção em película 35mm. Poucos distribuidores disponibilizaram cópias de filmes neste tipo de sistema, havendo um favorecimento para a migração ao suporte digital (LUCA 2011, p. 220), em detrimento do vasto legado de projetores em 35mm ainda em operação no mercado global.

⁴¹ DCI – *Digital cinema initiatives*. Consórcio formado pelos estúdios Disney, Fox, Paramount, Sony Pictures, Universal e Warner Brothers. É a entidade responsável pela homologação de padrões e especificações para o cinema digital.

3.3.3. Estereoscopia por Luz Polarizada

Esta modalidade é a mais amplamente difundida, e fundamenta-se no princípio da polarização de ondas eletromagnéticas. A luz, enquanto radiação ondulatória de natureza eletromagnética possui dois campos dispostos ortogonalmente entre si: o magnético e o elétrico. O comportamento natural da luz demonstra que os vetores destes campos comportam-se de maneira aleatória (LYPTON, 1981, p. 81).

Mediante filtros especiais, é possível subtrair da luz despolarizada a radiação predominante em um eixo específico relativo à frente de onda, resultando em luz polarizada.

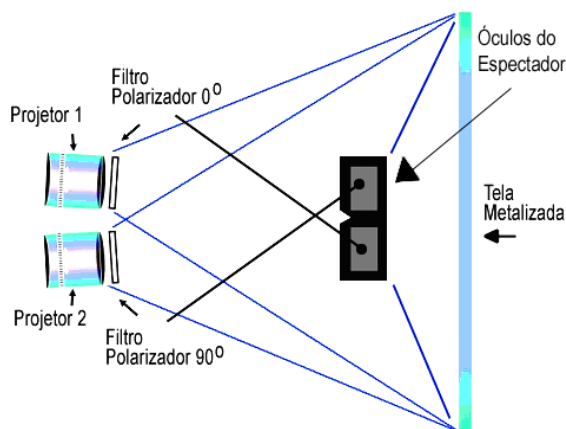


Fig. 23- Exemplo de sistema estereoscópico por luz polarizada empregando dois projetores, um para reproduzir cada imagem do par estéreo. (Fonte: ANDRADE 2012, p.19).

A luz pode ser polarizada linearmente ou em orientação circular, sendo esta última a mais comumente empregada, principalmente em monitores de vídeo profissionais de segunda geração (MENDIBURU, 2011, p. 74), e em televisores domésticos com óculos passivos. Os sistemas disponíveis comercialmente para salas de cinema que se valem de polarização da luz são o *Real-D* e o *MasterImage*, ambos homologados pela DCI. O *Real-D* foi o sistema pioneiro da retomada do cinema tridimensional, adotado em salas preparadas para o lançamento de *Chicken Little 3-D*⁴², em 2005. Para funcionar adequadamente, sistemas de luz polarizada prescindem de telas que não modifiquem o padrão polar da luz emitida pelo projetor, com alto rendimento reflexivo, que propicie um ganho luminoso capaz de suplantar a perda de luz dos filtros polarizadores, os quais são instalados tanto no equipamento projetor, como nos óculos

⁴² Cf. LUCA, 2011, p. 207.

dos espectadores. O “*Real-D* exige telas metalizadas com ganho mínimo 2.3...” (LUCA 2011, p. 209).

A ampla difusão de filmes 3-D somente não alcança maior público devido à escassez de salas digitais em número suficiente para servir a demanda. Equipar o circuito exibidor com tecnologia digital 3-D é uma operação de envergadura sem precedentes. Mesmo o fornecimento de novos equipamentos de projeção aptos à exibição estereoscópica não supriria o mercado global em curto intervalo de tempo. Isso sem considerarmos a disponibilidade de vultosos investimentos por parte do exibidor, que além dos custos com equipamento, tem de arcar com adaptações em sua infraestrutura, e mesmo recolher os royalties, conforme o contrato firmado com o provedor da tecnologia adquirida estipular.

A crescente demanda do público por filmes tridimensionais, para os quais há maior arrecadação em bilheteria, mobilizou a indústria a buscar uma medida paliativa, em um momento em que não se pode abrir mão do vasto parque de projetores 35mm instalados, e tampouco adotar tecnologia digital inferior à especificada pela DCI.

Em países emergentes, ou de grande população, há de se considerar o potencial lucro da exibição estereoscópica, sem, no entanto, ignorar as limitações em questão. Mercados como a China são considerados estratégicos por Hollywood, além de uma grande oportunidade de negócios para os fornecedores de soluções digitais de exibição cinematográfica. A receita adicional oriunda de filmes 3-D, mesmo que projetados em película, arregimentaria uma significativa parcela dos recursos necessários para financiar a migração definitiva para um parque exibidor em suporte eletrônico em médio prazo. Eis uma brecha para inovação.

Dois sistemas proprietários empregando o suporte em película foram desenvolvidos visando preencher esta lacuna, a saber: o Technicolor 3-D e o Oculus 3-D. Em ambos os casos, a solução consiste em promover ligeira adaptação no projetor mecânico preexistente e melhorias na tela.

Merece destacar que tanto o Technicolor 3-D quanto o Oculus 3-D — nada guardam de semelhança quanto às projeções estereoscópicas dos “tempos dourados”, quando o filme era projetado em modo anaglífico para visualização com óculos de lentes coloridas, exceto o fato de também funcionarem com película, em cópia específica no formato estéreo, e prescindirem de óculos - os mesmos empregados na projeção digital nos sistemas passivos atuais.

Os sistemas 3-D atuais baseados em película apropriam-se de técnicas precursoras dos anos 60 e 70. O emprego de dois projetores simultâneos, um para cada lado da imagem, sempre representou um desafio técnico em termos de operação, considerando a grande dificuldade de sincronização absoluta, sendo abolido mediante o emprego de técnicas de anamorfização, amplamente difundidas para a obtenção imagem em razões de aspecto panorâmicas.⁴³ Cada imagem, esquerda e direita, é comprimida através de distorção óptica, sendo encerrada distorcida ocupando cada qual uma metade do fotograma.

No sistema da *Technicolor 3-D*⁴⁴, cada imagem em razão de aspecto 2,35:1 ocupa metade da altura de um fotograma, em um arranjo denominado “*over-under*” (ou seja, 4 perfurações)⁴⁵. O trunfo deste método reside em uma lente especial, produzida pela *Schneider Optics*, cuja montagem no projetor segue a rotina habitual do projecionista, sendo o único componente adquirido para adequar a projeção. Equipada com filtros polarizadores e um arranjo óptico específico, esta lente se encarrega de fazer com que ambas as imagens, cada qual em uma orientação polar, recaiam em perfeita convergência sobre a tela, analogamente ao procedimento do sistema digital. A deficiência desta abordagem acontece em função da não-homogeneidade de distribuição de luz dentro do fotograma no projetor, devido ao fenômeno conhecido por *vignetting*, onde a região central do quadro é mais iluminada do que a periferia. Cada imagem do par estéreo é projetada com gradação luminosa diferente, exigindo que haja compensação desta assimetria durante a intermediação e copiagem.

⁴³ Anamorfização é o processo de compressão óptica de formatos “scope” em janelas 2,35:1. Lentes especiais comprimem a imagem para que caiba no fotograma em janela com razão de aspecto inferior. Vê-se no fotograma a cena distorcida com um aparente esticamento na vertical. Durante a projeção, outra lente anamórfica estica a imagem na horizontal, revertendo o processo e preenchendo a janela maior novamente. Este — procedimento de compressão por distorção geométrica é empregado em alguns formatos de vídeo, a exemplo do NTSC widescreen 16:9, encapsulado em sinais de vídeo 4:3.

⁴⁴ Descritivo disponível em: < www.technicolor.com/en/hi/3d > Acessado em 18 jan 2011.

⁴⁵ Este e outros formatos de transmissão estereoscópica serão pormenorizados na última seção deste capítulo.

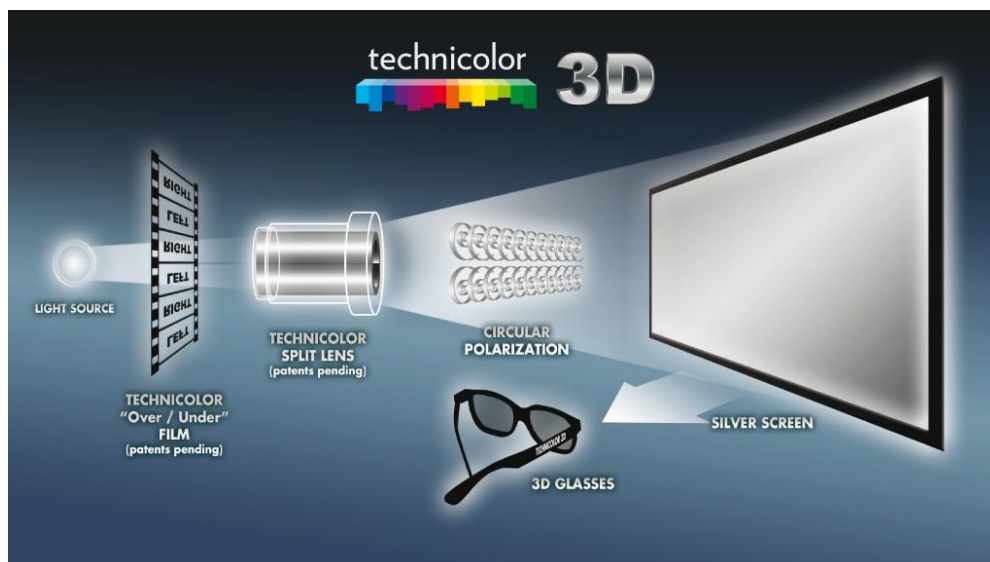


Fig. 24 - Ilustração do sistema Technicolor 3-D. (Fonte: Divulgação Technicolor. Disponível em www.technicolor.com/en/hi/3d> Acessado em 18 jan 2011)

O sistema “Oculus 3-D”, desenvolvido entre outros pelo pioneiro Lenny Lipton⁴⁶, possui uma abordagem parecida, empregando um arranjo óptico um pouco mais complexo do que a lente do Technicolor. Seu diferencial dá-se na orientação das sub imagens no fotograma, cada qual disposta ao longo da vertical do quadro, rotacionadas de modo que suas porções superiores encontrem-se no eixo longitudinal do filme. Este método minimiza o *vignetting*, mas possui por inconveniente amplificar a falta de fixidez no registro de projeção, algo muito perceptível em equipamentos desprovidos de adequada manutenção⁴⁷.

Nenhum destes sistemas foi adotado enquanto padrão, e cada qual demanda processamento laboratorial e copiagem específicos. Sendo incompatíveis entre si, representam um problema na distribuição, que teria de disponibilizar cópias em película tanto monoscópicas quanto em dois formatos estereoscópicos distintos. Em detrimento das deficiências envolvendo perda de luz e resolução de imagem na película, a qualidade destes sistemas é considerada inferior àquela dos equivalentes digitais (LUCA 2011, p. 220).

As telas para projeção de luz polarizada, conforme já mencionado, prescindem de cobertura metalizada, a fim de não alterar o padrão polar da luz nela refletida, o que penalizaria a filtragem nos óculos. É impreterível a troca da tela branca fosca

⁴⁶ Ver LIPTON, L. **Foundations of the Stereoscopic Cinema, a study in depth**. Nova York: Van Nostrand Reinhold Co., 1982.

⁴⁷ Os sintomas destas inconsistências técnicas são percebidos na forma de cintilação e trepidação da imagem na tela.

convencional por outras com superfície prateada, quando se adota este tipo de tecnologia.

3.3.4. Estereoscopia por Obturação Óptica

O processo de obturação óptica da luz é uma abordagem mediante multiplexação temporal (MENDIBURU 2009, p. 172), e assim aplica-se apenas a dispositivos capazes de exibir imagens alternadas ou em movimento, de modo que cada lado do par estéreo é exibido por vez, alternadamente, em sincronismo com obturadores de luz diante dos olhos do espectador. É um processo ativo, que emprega óculos munidos de circuito eletrônico e uma fonte de alimentação (usualmente uma pilha pequena), onde no lugar das lentes encontram-se janelas de vidro com cristal líquido. Este cristal líquido obscurece instantaneamente a janela, quando exposto a uma tensão elétrica, bloqueando a passagem de luz, voltando a ficar transparente assim que a corrente cessa. O circuito eletrônico acoplado aos óculos aciona as janelas de ambos os olhos, fazendo com que enquanto um estiver obscurecido, o outro esteja aberto, alternando rapidamente o processo de abrir e fechar a passagem de luz aos olhos. Diz-se que estes são óculos obturadores, ou em inglês *shutter glasses* (STEREOGRAPHICS 1997, p. 27).

Devido à persistência retiniana, quando este processo de obturação alternada se dá em frequência suficiente, ele não é percebido. Assim, sincronizando a exibição de fotogramas sucessivos do par estereoscópico, em consonância à abertura e fechamento do obturador diante dos olhos, torna-se possível promover a percepção do efeito estereoscópico binocular. Através de um emissor de pulsos infravermelhos, acoplado ao equipamento de projeção ou *display*, um sinal de sincronização é emitido aos óculos dos espectadores, assegurando que em um determinado instante qualquer, apenas a imagem relativa a um dos campos visuais atinja o olho a que se destina. (LUCA 2011, p.213).

No cinema, esta tecnologia encontra-se presente no sistema *XpanD*. O método de multiplexação temporal é o mais utilizado em vídeo, sendo adotado nos modernos monitores domésticos da Samsung, Panasonic, LG, Sony, entre outros fabricantes (idem). Em monitores LCD, denomina-se técnica de “*page-flip*”, devido á alternância sucessiva com que as imagens são exibidas. Nos antigos televisores com tubos de raios catódicos (monitores CRT), esta era a abordagem mais difundida, para a qual se

empregavam vídeos em modo quadro-sequencial ou campo-sequencial⁴⁸, reproduzidos a partir de fontes de vídeo analógicas, como videocassetes.

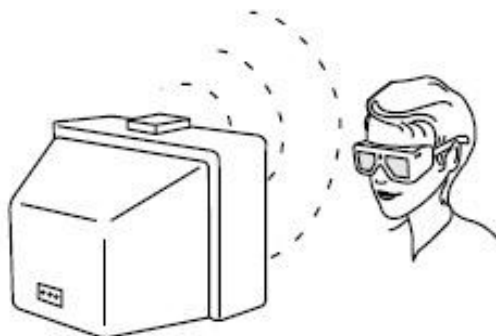


Fig.25 - Ilustração do processo por óculos obturadores (Fonte: STEREOGRAPHICS, 1997, p. 27).

Os pulsos de sincronização dos óculos obturadores são irradiados por um equipamento emissor, acoplado à fonte de sinal de vídeo, conforme o sistema de exibição (videocassete, servidor de cinema digital, etc.). O sinal de sincronismo pode ser alojado em uma das pistas de áudio não utilizada para som síncrono do videocassete, extraído do sincronismo de vídeo ou originado a partir de uma referência do servidor, quando da projeção em salas de cinema digital. Em sistemas antigos, os óculos obturadores conectavam-se por cabos à fonte de sincronismo. Atualmente, a microeletrônica permite alojar um transceptor para os pulsos sincronizantes embutido no aro dos óculos.

A virtude desta abordagem reside em sua fácil incorporação a sistemas monoscópicos, tanto em monitores de vídeo, como em projetores eletrônicos. O *XpanD*⁴⁹ fora concebido para aceitar conteúdos codificados para os padrões *Real-D* e *Dolby Infitec* já mencionados, bastando alimentar o projetor com o sinal oriundo de um servidor de vídeo em conformidade com os padrões DCI.

O custo de aquisição e manutenção dos óculos obturadores figura como a maior desvantagem deste sistema. É um equipamento eletrônico, portanto frágil, e cada espectador precisa utilizar um para assistir às imagens. Falhas na sincronização e latência no tempo de obturação podem comprometer a visualização.

⁴⁸ Estes modos de transmissão serão descritos na seção 3.1.3.

⁴⁹ Informações adicionais sobre sistema *XpanD* podem ser obtidas em <<http://www.xpandcinema.com>>. Acessado em 10 mai 2011.

3.3.5. Autoestereoscopia por Barreira de Paralaxe

A auto estereoscopia permite apresentar uma imagem espacial ao espectador a olhos nus, sem o intermédio de óculos ou quaisquer paramentos acessórios. Desta condição natural de se observar a cena advém o grande interesse em sistemas de visualização auto-estereoscópicos. Dispositivos de imagem auto-estereoscópicos por barreira de paralaxe valem-se da interposição de uma barreira opaca fendida entre o observador e a tela, a qual faculta para cada olho o desvio de paralaxe respectivo, representado nas imagens componentes. Em um monitor de vídeo, esta barreira pode ser situada na superfície exterior do vidro da tela. “Nestes monitores, as visões esquerda e direita são multiplexadas espacialmente, permitindo ao observador visualizar uma imagem tridimensional (KIRNER & TORI, 2004 *apud* ANDRADE 2012, p. 21). Cada imagem componente do par estéreo é segmentada verticalmente em tiras, sendo distribuída alternada e regularmente no eixo horizontal da tela. A barreira interposta faz com que cada olho observe apenas os segmentos pares ou ímpares, que por sua vez representam a visão esquerda ou direita, respectivamente. A proximidade dos segmentos faz com que as imagens sejam percebidas como contínuas, por cada olho.

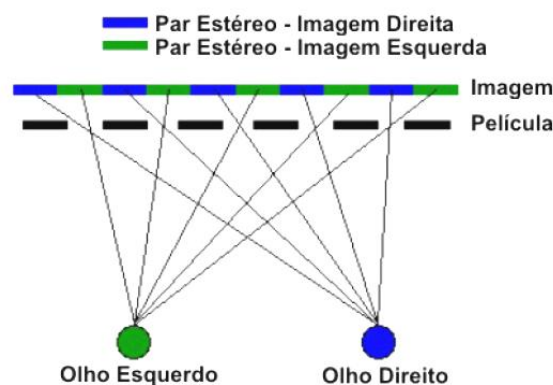


Fig. 26 - Diagrama esquemático de funcionamento da auto estereoscopia por barreira de paralaxe, denominada por película na figura. (Fonte: ANDRADE 2012, p. 21)

Devido ao fenômeno de difração da luz, o método de barreira de paralaxe padece de aberração cromática e perda de resolução. A barreira em si já forma uma superfície opaca descontínua, que subtrai uma parcela da luz disponível na tela.

Barreiras de paralaxe são amplamente empregadas como mecanismo auto estereoscópico em monitores de vídeo e telas de pequenas dimensões, como por exemplo dispositivos móveis (telefones celulares e tablets).



Fig. 27- Aparelho celular LG Optimus 3D com tela auto estereoscópica. (Fonte: ANDRADE 2012, p. 9)

3.3.6. Autoestereoscopia por mecanismo lenticular

Resguardando alguma similaridade quanto à forma de representação de imagens por auto estereoscopia em relação ao método de barreira de paralaxe, temos o mecanismo lenticular, também conhecido por panoramagrama.

Uma fotografia lenticular auto-estereoscópica vale-se igualmente de uma imagem de base composta, onde o par estéreo é imbricado, e estreitos segmentos do lado esquerdo e direito são dispostos alternadamente. Uma folha de lenticulas verticais com secção cilíndrica é disposta diante da imagem composta (LYPTON, 1982).

Por sua natureza física, é implementado com maior êxito em impressos. O emprego da técnica em vídeo é pouco comum⁵⁰, e no cinema é bastante prejudicado, pois trata-se de tela reflexiva, e as lenticulas sendo montadas à frente dela distorcem a luz projetada. Vale frisar que tanto para a barreira de paralaxe quanto para o mecanismo lenticular é de suma importância o perfeito posicionamento destes elementos ópticos ante a imagem composta, preservando perpendicularidade entre o alinhamento das lenticulas e o eixo horizontal da imagem.

⁵⁰ Lypton descreve o emprego da técnica em vídeo empregando monitores de tubo CRT (Ver LYPTON 1982, p. 289).

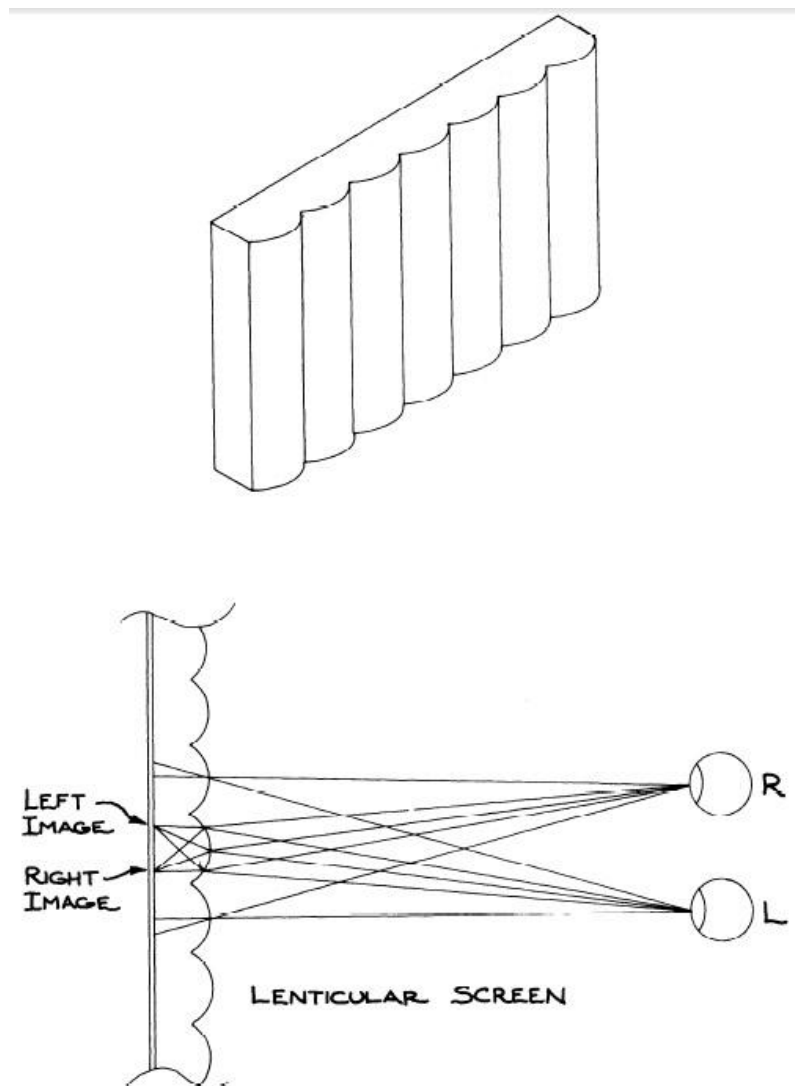


Fig. 28 - Princípio de funcionamento do mecanismo lenticular (Fonte: LYPTON 1982, p. 71).

3.3.7. Outras abordagens

A holografia, técnica capaz de permitir visualização espacial absoluta facultando percepção real em três dimensões, deixa o campo da ficção científica e desponta como possibilidade real no futuro. Seu funcionamento baseia-se em complexos mecanismos de modulação e interferência de luz coerente (*lasers*). A empresa britânica Musion⁵¹ vem demonstrando um sistema funcional de projeção holográfica em espetáculos. No Brasil, o professor de física da UNICAMP José Lunazzi vem experimentando processos holográficos há várias décadas, buscando desenvolver mecanismos de reprodução de imagens tridimensionais no espaço visando aplicações em cinema⁵².

⁵¹ Ver < <http://www.musion.co.uk/> > Acessado em 28 dez 2010

⁵² Ver < <http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/doctorlunazzi/cinema/cinema.htm> > Acessado em 10 de set 2013.



Fig-.29- Projeção holográfica. A imagem binocular é projetada para cada um os olhos. (Fonte: <<http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/doctorlunazzi/protTV/protTV.htm>> Acessado em 20 set 2013).

Em aplicações de realidade virtual é comum o emprego de *head-mounted display (HMD's)*s, ou viseiras com monitores acoplados. A proximidade dos olhos para com os monitores embutidos nos HMD's exige emprego de lentes de focalização. A vantagem dos HMD's reside em sua natureza “auto-estereoscópica”, pois cada imagem é mostrada exclusivamente ao respectivo olho pelo aparato. Uma vez que o dispositivo é individual, cada espectador precisa utilizar um HMD dedicado.

Cada uma das abordagens descritas possui virtudes e deficiências que devem ser levadas em consideração ao se escolher uma delas. Não existe padrão dominante, a exemplo dos três sistemas mais difundidos para uso em cinema. Inovações contínuas neste setor tornam mera especulação estabelecer qual será o sistema definitivo de projeção do cinema digital e na televisão ou vídeo. A relação custo/performance deve ser calculada ponderando os diversos fatores envolvidos, e a melhor solução resultará desta ponderação.

3.4. Aquisição de imagens 3-D em suportes eletrônicos

Um dos fatores críticos para a aquisição de imagens estereoscópicas é a preservação da disparidade binocular característica da visão humana, onde cada olho

percebe praticamente a mesma imagem, salvo por uma ligeira diferença de perspectiva, conforme já explicitamos. Contudo, a “produção com alta qualidade de conteúdo estereoscópico ainda é uma arte exigente, que requer domínio—da complexa interação entre percepção humana, as propriedades de exibição em 3D, e a intenção artística” (HEINZLE et al, 2011, p. 1)⁵³. Diversas técnicas e arranjos compreendem a metodologia de aquisição para imagens tridimensionais, conforme a finalidade que se pretende.

3.4.1. Arranjos com câmeras pareadas

O emprego de duas câmeras idênticas montadas paralelamente lado a lado, preservando entre si uma distância equivalente à interocular humana, que é de aproximadamente 65 mm, configura a principal abordagem empregada na tomada de imagens binoculares para fins estereoscópicos. (LYPTON, 1982; MENDIBURU, 2009; STEREOGRAPHICS, 1997; MINOLI, 2012).

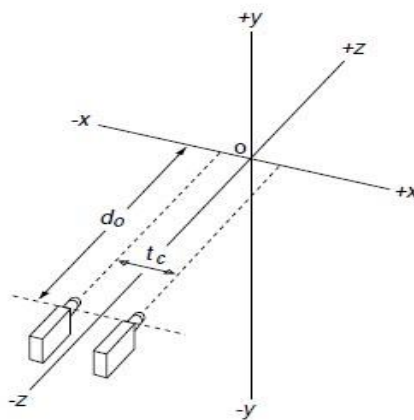


Fig. 30 - Conceito da abordagem de câmeras paralelas. Os eixos ópticos das lentes pertencem ao plano horizontal X-Z, enquanto a superfície sensora é disposta paralela ao plano X-Y. (-Fonte: STEREOGRAPHICS 1997, p. 36)

Para tanto, câmeras singulares podem ser montadas ou dispostas fisicamente lado a lado, ou dois conjuntos ópticos podem ser integrados no mesmo corpo de câmera. Todos os controles e funções das câmeras devem ser ajustados e atuados de modo

⁵³ Tradução nossa do original: “...” production of high quality stereoscopic content is still a challenging art that requires mastering the complex interplay of human perception, 3D display properties, and artistic intent.”

simétrico e concomitante, de modo a assegurar a captação de um par estéreo coeso. A eletrônica digital permitiu que o estado da técnica atingisse um patamar de precisão e confiabilidade, visto que quando se empregavam câmeras de película (ou mesmo vídeo analógico), tornava-se demasiado complexo sincronizar e operar ambas as câmeras harmoniosamente. Alguns equipamentos integram em um mesmo corpo ambos os blocos ópticos de câmera.



Fig. 31- Exemplo de câmera de vídeo moderna para gravação estereoscópica. A imagem é adquirida por dois blocos ópticos integrados a um corpo de câmera singular. (-Fonte: <<http://www.panasonic.com/business/provideo/ag-3da1.asp#>>- Acessado em 20 set 2013)

A variação da distância entre os eixos ópticos das câmeras permite que se controle a perspectiva de maneira a alterar a proporção da forma (MENDIBURU 2009, p. 19). Para tanto, empregam-se armações de montagem horizontal (*RIG's*, no jargão técnico em inglês), que permitem afixar solidariamente ambas as câmeras, e ajustar as distâncias entre elas, conforme intento do estereoscopista (STEREOGRAPHICS 1997, p. 36; MENDIBURU 2011, p. 37)⁵⁴. Sistemas motorizados equipados com mecanismos de precisão são implementados para prover o deslocamento simétrico entre as câmeras em relação ao trilho do RIG, quando necessário, conforme ilustra a figura a seguir.

⁵⁴ *RIG's* são amplamente utilizados na prática da fotografia e cinematografia estereoscópicas. Trataremos de *RIG's* especulares em seguida. Pode ocorrer confusão quanto ao emprego do termo, visto que é mais comumente utilizado em referência a arranjos com espelhos.



Fig. 32_- À esquerda, RIG para montagem lado-a-lado e integração eletrônica de câmeras HDC-P1 Sony. À direita, RIG com trilhos com montagem para duas câmeras, capaz de variação contínua do valor de interaxial. (Fontes respectivas: - <<http://www.sony.co.uk/pro/product/broadcast-products-system-cameras-camera-camcorder-adapters/hdfa-200/overview>> e <<http://inition.co.uk/3D-Technologies/calcutta-side-side-rig>> Acesso em 22 set 2013).

Dadas objetivas de distância focal semelhantes, ao se aumentar o afastamento interaxial resulta uma redução de volume daquilo que se registra em três dimensões; em contrapartida, reduzir o afastamento causa o aumento da escala espacial. A estas condições denomina-se, respectivamente **hiper** e **hipo-estereoscopia**. A condição em que a reprodução de volumetria espacial guarda fidelidade à visão natural denomina-se **orto-estereoscopia**, e esta é simulada quando câmeras são dispostas resguardando distância interaxial similar à dos olhos humanos (em média, 65mm). O espectador tem a impressão de gigantismo, ao contemplar uma cena hiper-estereoscópica, e de nanismo, ao visualizar cenas hipo-estereoscópicas.

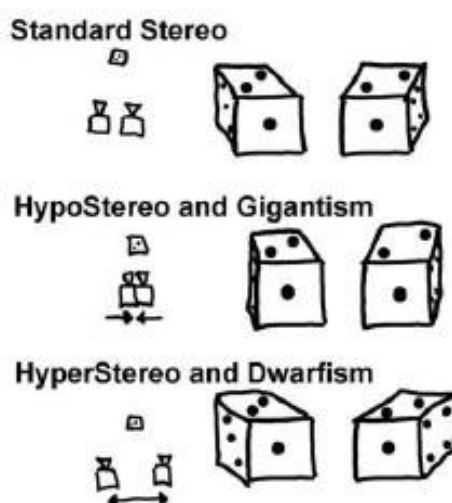


Fig. 33_- Representação da variação de escala volumétrica em detrimento do valor interaxial. (MENDIBURU 2009, p. 19)

Quando as dimensões físicas das câmeras, e respectivas lentes, pode haver restrição quanto à mínima distância interocular, ou quando se procura induzir à percepção hipo-estereoscópica onde se exija um afastamento entre as câmeras inferior à largura dos próprios equipamentos, empregam-se *RIG*'s especulares com semi-espelhos. A Disney Research em Zurich desenvolveu um *RIG* especular motorizado semi-automático, acoplado a um microcomputador dedicado, com monitoramento estereoscópico em tela sensível a toque (*touchscreen*). Todos os parâmetros técnicos de funcionamento do sistema são microcontrolados.



Fig. 34 - À direita, *RIG* especular implementado pela Disney Research, com câmeras montadas a noventa graus ante um semi-espelho; à esquerda, tela de monitoramento e controle do sistema (-Fonte: HEINZLE et al, 2011, p.1)

As empresas Pace Fusion e 3ality se destacam no mercado cinematográfico, produzindo “rigs” bastante sofisticados, que permitem o uso de quaisquer câmeras—de uso convencional monoscópico. Há grande número de patentes e empresas fabricando semelhante equipamento no ramo (MENDIBURU 201, p. 42).

O ajuste e controle de convergência das câmeras, quando realizado continuamente, demanda as habilidades de um novo tipo de profissional, o controlador de convergência (*convergence puller*). A atribuição deste profissional se assemelha à do operador de foco, e constitui-se na observação técnica da imagem em tempo real, procedendo aos ajustes necessários para assegurar o controle de qualidade. Também o técnico em imagem digital (ou *DIT*), passa a incorporar novas habilidades, atuando como estereoscopista. A vigilância da imagem pelo estereoscopista visa suplantar, já na etapa de aquisição, as principais anomalias que prejudicam a perfeita visualização do efeito tridimensional. Corrige-se translação horizontal de imagem, convergência, assimetrias, entre outros parâmetros (HEINZLE et al, 2011; MENDIBURU, 2011)

Para imagens sintéticas, criadas por meio de computação gráfica ou desenho, os mesmos aspectos devem ser observados.

3.4.2. Abordagens especializadas

Outras abordagens incluem a fotografia integral, concebida pelo pesquisador francês Lippman, no final do século 19⁵⁵. São possíveis mediante câmeras de campo luminoso (lightfield cameras). A implementação desta técnica é descrita por Ren Ng, fundador da Lytro⁵⁶. Até o presente momento não foram documentados testes com imagem em movimento.



Fig. 35.- Câmera fotográfica Lytro. Mediante painel micro-lenticular fixado defronte ao sensor, captura imagens integrais em diversos planos focais, que podem ser traduzidas em estereogramas. (Fonte: < <https://www.lytro.com/camera/>> Acessado em 20 set 2013).

3.5. Transmissão e armazenamento

A transmissão estereoscópica pode ser implementada em praticamente todos os meios onde a imagem plana é reproduzida convencionalmente, como canais de televisão, sistemas de vídeo, cinema digital, etc. São empregados alguns artifícios para

⁵⁵ Ver OKOSHI, 1977.

⁵⁶ NG, Ren. **Digital light Field photography**. Tese de doutorado: Stanford, 2006.

tanto, como os modos: side-by-side, under-over, anaglífico, mapa de profundidade e multiview coding (Cf. MINOLI, 2010).

Mundialmente diversas emissoras empreenderam transmissões em 3-D estereoscópico digital, a exemplo da BskyB, Sky3D, ESPN e BBC channel4. No Brasil, a RedeTV! o faz regularmente ; a TV Globo adotou a tecnologia nas transmissões do Carnaval desde 2009, e realizou testes piloto tanto em gravações de novelas (*Viver a Vida* e *Caminho das Índias*), como nos jogos da Copa do Mundo 2010 em circuito fechado. A TV Bandeirantes também fez transmissões ocasionais esparsas (Carnaval e fórmula Indy).

Há ampla difusão de conteúdos estereoscópicos através da internet via streaming ou sites de vídeo, uma vez que o conteúdo pode ser acessado sob demanda , sem a restrição por quantidade de canais inerente às plataformas de broadcast.

Salas digitais permitem a reconfiguração do modelo de negócios do exibidor cinematográfico com conteúdos alternativos: *games* coletivos on-line, exibição em tempo real de shows e eventos esportivos. A experiência TV Globo / Casablanca durante a Copa em 2010 assinalou a maximização de receitas em períodos ociosos das salas onde houve exibição ao vivo de partidas (informação verbal)⁵⁷.

O tráfego e armazenamento de vídeos e filmes estereoscópicos digitais com qualidade exige maior largura de banda e técnicas avançadas de codificação (ANDRADE, 2012).

Mecanismos de emulação permitem conversão 2D/3D. Esta prática é questionável em termos de qualidade, exceto quando feita por processo artesanal de roscopia- (MENDIBURU, 2010).

4. IMPLEMENTAÇÃO DA ESTEREOSCOPIA NO AUDIOVISUAL CONTEMPORÂNEO: CONSIDERAÇÕES

⁵⁷ Informação obtida na palestra de Alex Pimentel, consultor de pós-produção da empresa TeleImage, durante o Congresso Anual da Sociedade Brasileira de Televisão e Telecomunicações em São Paulo-SP, em 24 de Agosto de 2010.

4.1. Acerca do espaço cênico e a profundidade visual em cinema: aspectos fotográficos

A profundidade de campo é tida, por excelência, enquanto procedimento narrativo na *mise-en-scène* do cinema moderno e, por extensão, do vídeo. Ela não só respeita fotograficamente a unidade do espaço e a ambigüidade do real, mas também está na base da relação filme-espectador:

1. a profundidade de campo coloca o espectador numa relação com a imagem mais próxima à que ele mantém com a realidade. Logo, é justo dizer que, independente do próprio conteúdo da imagem, sua estrutura é mais realista;
2. ela implica, por conseguinte, uma atitude mental mais ativa e até mesmo uma contribuição positiva do espectador à *mise-en-scène*. Enquanto que, na montagem analítica, ele só precisa seguir o guia, dirigir sua atenção para a do diretor, que escolhe para ele o que deve ser visto, lhe é solicitado um mínimo de escolha pessoal. De sua atenção e de sua vontade depende em parte o fato de a imagem ter um sentido (BAZIN, 1991, p. 77).

Bazin (1991) vai analisar o uso da profundidade de campo e do plano seqüência — como elementos de uma linguagem cinematográfica evoluída e mais próxima de suas especificidades — em vários realizadores, como Orson Welles, por exemplo. Bordwell (2009) corrobora estes conceitos, ao afirmar que “...se os atores não estão situados em diferentes planos, “não há realmente *mise-en-scène*, não há sentido de profundidade”⁵⁸.

Um dos recursos narrativos consagrados na linguagem audiovisual da imagem bidimensional é o desfoque do plano profundo, buscando evidenciar o primeiro plano, proporcionando um efeito estético denominado *bouquet*, devidamente incorporado à sintaxe visual do cinema e decodificado pelo expectador de forma natural. O efeito *bouquet* acontece por conta do fenômeno óptico conhecido por “círculo de confusão”, o qual se manifesta em magnitude diretamente proporcional à abertura e distância focal da objetiva de uma câmera.

⁵⁸ BORDWELL, David. **Figuras Traçadas na luz - A Encenação do Cinema**. Campinas: Papirus, 2009 p. 39

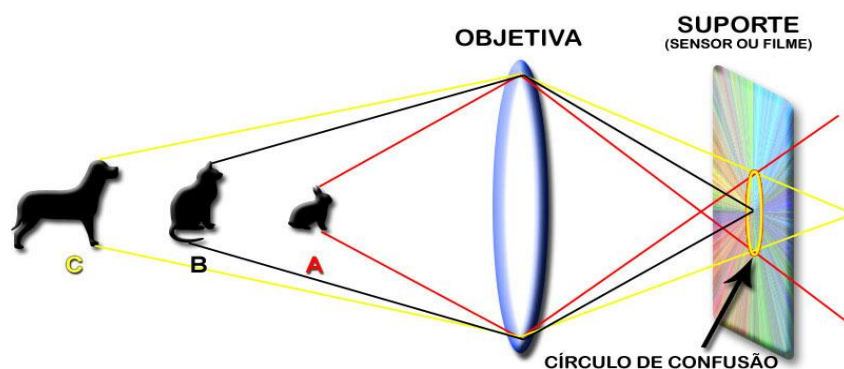


Fig. 36 - Esquema ilustrativo para o “círculo de confusão”⁵⁹.

Conforme o esquema nota-se que o elemento “B” é focalizado nitidamente sobre o suporte de imagem; os elementos situados aquém e além ao ponto “B” no eixo óptico da lente apresentam-se fora do ponto focal sendo, portanto, projetados fora do plano óptico do suporte. A projeção dos raios de luz divergentes oriundas de elementos fora do plano focal da objetiva, fator determinado por sua profundidade de campo, caracteriza um padrão disforme, “borrado”, inverossímil ao espectador. Compete ao observador da imagem resultante interpretar tal padrão como fundo (ao estar parcialmente ocultado pelo objeto em foco), ou como elemento secundário em primeiro plano, quando este obstruir parcialmente aqueles situados em planos posteriores. Este processo, eminentemente cognitivo, dá-se de forma natural por parte do espectador, que por estar diante de uma imagem bidimensional vale-se dos indícios de profundidade tais como oclusão, tamanho relativo, gradientes de textura, ponto de fuga e posição relativa ao horizonte para assimilar a noção de espaço transposta da cena espacial para sua respectiva imagem bidimensional. Tal mecanismo opera segundo uma disposição mental automática daquele que observa uma imagem plana.

Andrew (1989) se opõe à utilização do foco seletivo ao apontar que “na realidade, qualquer cineasta cujo objetivo seja realista (...) precisa utilizar o foco em profundidade.”⁶⁰ De fato, o emprego deste artifício precisa ser reconsiderado na imagem estereoscópica, uma vez que o potencial expressivo da imagem tridimensional reside, justamente, na possibilidade de se trabalhar com vários planos dramáticos na mesma cena e que, para tanto, precisam apresentar-se de forma igualmente nítida, com ampla

⁵⁹ Adaptado de < <http://realvision.ae/blog/2010/07/circle-of-isolation-shooting-good-stereoscopic-3d-for-live-sports/>> Acessado em 31/ jul/ 2011.

⁶⁰ ANDREW, J. D. **As Principais Teorias do Cinema**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1989, p. 168

profundidade de campo ao espectador. A tomada de cena estereoscópica e em grande profundidade de campo adquire, assim, maior caráter contemplativo, não obstante realista, realçando a ambigüidade espacial ao partir do pressuposto de que:

Há então uma realidade psicológica mais profunda, que deve ser preservada pelo cinema realista: a liberdade de o espectador escolher sua própria interpretação do objeto ou evento. Alguns diretores têm usado a fotografia em profundidade de campo para manter esse privilégio do espectador (*Ibid.*, p. 164).

4.2. Implicações na montagem e pós-produção

No que tange à montagem, o cinema estereoscópico impõe determinadas restrições, pondo em cheque alguns padrões da prática de montagem corrente. Eminentemente contemplativos, os planos estereoscópicos prescindem de um maior tempo de duração para a devida acomodação visual e assimilação por parte do espectador. Tal argumento respalda-se no fato de que a percepção e leitura dos elementos visuais componentes de um determinado plano visual são premeditadamente dirigidos, e no cinema bidimensional isso se dava mediante o emprego de foco seletivo, da composição e enquadramento, ou mesmo dos movimentos de câmera e contrastes de cor e luz. Para Andrew (1989), “o plano geral e a profundidade de campo enfatizam (...) sua relação com a realidade perceptiva e especificamente com o espaço”⁶¹.

Coube à montagem o papel de definir a geografia e relevo do cinema bidimensional. Convenções de decupagem estabeleceram as regras sacramentadas no cinema plano, onde “(...) um repertório de formas desempenha papel primordial”⁶².

Nesse sentido, evidencia-se para o cinema estereoscópico o intenso diálogo com o *design*⁶³. O meticuloso planejamento da *mise-en-scène* mostra-se imperativo para o êxito estético e dramático do filme plástico 3-D. Brian Gardner, supervisor de estereoscopia em Hollywood, publicou um relato em um artigo que trata deste aspecto na produção do referido filme, onde o autor demonstra a metodologia empregada para

⁶¹ ANDREW, J. D. Op. cit.. p. 160

⁶² Pommer, M.E. **Frontalidade e profundidade visual no cinema**. Caderno de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas – UFSC, 2010, p. 19 . Disponível em < <http://150.162.1.115/index.php/cadernosdepesquisa/article/view/1984-8951.2010v11n98p6/12827>> Acessado em 12/fev/2010.

⁶³ Cf. COUTO, C.S.C, 2004.

sistematizar o trabalho, desde a concepção até a finalização do projeto cinematográfico.⁶⁴

A proposição de Gardner reitera conceitos empíricos experimentados ao longo da história do cinema 3-D. Ela consiste em se elaborar uma linha cronológica, e sobre ela traçar um gráfico relativo à disparidade das imagens componentes do par estéreo, o “roteiro de paralaxe”⁶⁵. A intensidade dramática em cada seqüência é então estabelecida mediante a evolução plano a plano desta disparidade, onde o clímax pressupõe existência de grande profundidade visual, e os demais momentos são estruturados com valores de profundidade menores, em proporção à atmosfera pretendida. Situações de forte introspecção da personagem, por exemplo, tornam-se evidentemente opressores ao se empregar pouca ou nenhuma profundidade visual, em contraste ao clímax, conforme a ilustração seguinte:

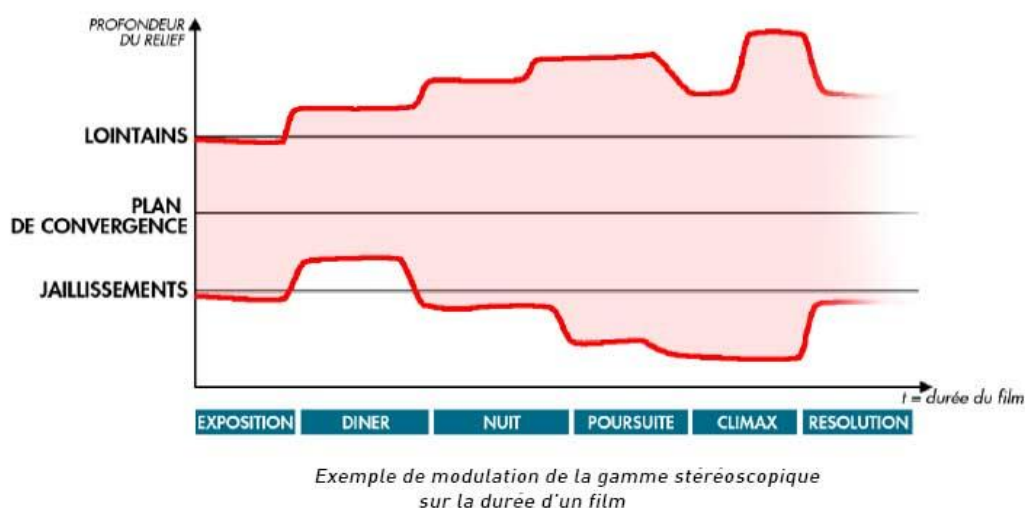


Fig. 37 – Gráfico do roteiro de paralaxe: ao longo do eixo horizontal tem-se a evolução da curva dramática do filme; o eixo vertical projeta a disparidade pretendida em relação ao plano de convergência, na tela. Quanto maior a variância entre a paralaxe positiva (linha vermelha inferior) e a negativa (linha vermelha superior), maior a profundidade visual em determinado instante do filme.⁶⁶

Tal processo evidencia um fator restritivo à montagem mais dinâmica, ao se empregar *jump-cuts* por exemplo. A acomodação visual demanda um pequeno intervalo de tempo, durante o qual a continuidade de paralaxe deve ser mantida, sofrendo

⁶⁴ GARDNER, Brian. **Perception and The Art of 3D Storytelling**. Disponível em <<http://magazine.creativecow.net/article/perception-and-the-art-of-3d-storytelling#perception>> Acessado em 29/03/2011

⁶⁵ Paralaxe define a disparidade visual presente em um par de imagens estéreo, cuja interpretação pela binocular proporcionará a sensação volumétrica.

⁶⁶ Reproduzido de **Le Livre Blanc Du Relief (3Ds)**. Disponível em <<http://www.itbroadcastanddigitalcinema.com/docs/LivreBlancRelief.pdf>> Acessado em 25/mai/2011.

variação progressiva e contínua, sob pena de corromper a visualização confortável. Na percepção natural, os movimentos sacádicos da visão conferem acomodação automática e gradual da convergência, e tal aspecto fisiológico deve ser considerado.

A violação de borda é um efeito indesejável que pode ocorrer quando objetos em paralaxe negativa tocam os limites do quadro. Reconvergir as imagens de maneira dinâmica e manter a continuidade de paralaxe é imperativo. A mudança de localização espacial do ponto de vista, de uma tomada para outra, pode acarretar tal desconforto visual quando não ocorrer de maneira harmoniosa ou gradual. As relações de relevo estabelecidas no plano anterior não podem ser abruptamente quebradas no corte ou transição para o seguinte. Neste caso, a convergência deve ser variada gradualmente entre o plano anterior e o posterior, estando intermediária no momento do corte, fusão ou transição de tomada.

Não obstante, o 3-D estereoscópico faculta o aprimoramento da experiência imersiva do jogador quando aplicado aos *vídeo-games*. Como exemplo, temos o jogo de ping-pong com bola de efeito, em virtude do deslocamento possível no espaço visual volumétrico, a partir da inclusão do “eixo Z”. Nesta situação, a janela visual estabelecida permanece imutável, e toda a ação ocorre no âmbito da excursão de paralaxe.

O estereoscopista Bernard Mendiburu (MENDIBURU, 2009) lembra que "falhar em um simples detalhe faz (a imagem estereoscópica) se apresentar ruim ou dolorosa, e muito freqüentemente isto quebra momentaneamente a suspensão de descrença"⁶⁷, revelando o aparato cinematográfico, conseqüentemente comprometendo a fluidez da narrativa perante o espectador. Ajustes de escala e translações são artifícios empregados durante a pós-produção ou em tempo real, nas aplicações ao vivo, visando mitigar resultados anômalos ou desconfortáveis ao espectador devido a quaisquer discrepâncias geométricas, sem prejuízo aos demais ajustes convencionais, como de colorimetria, gamma, exposição, entre outros inerentes à imagem monoscópica. Há que se ter um controle de qualidade preciso, onde o estereoscopista procede à validação regular e contínua das características técnicas e estéticas da imagem estereoscópica, recalibrando-a quando necessário, privilegiando o conforto visual ao efeito tridimensional.

⁶⁷ – “Failing with a single detail makes it look awful and painful, and most often instantly breaks the suspension of disbelief.” MENDIBURU, Bernard. 3D Movie Making – Stereoscopic Digital Cinema from Script to Screen. Boston: Focal Press, 2009, p. 36 Tradução nossa.

4.3. Distribuição e Exibição

A ampla adoção de um novo padrão pressupõe ultrapassar barreiras tanto de ordem tecnológicas quanto econômicas. No mercado audiovisual, considerando a difusão de conteúdos cada vez mais globalizada e multiplataforma, tal padronização tem papel determinante para êxito ou fracasso de novas tecnologias.

O cinema estereoscópico ressurgiu em um momento de transição, onde a película 35mm, suporte universal para distribuição cinematográfica nas salas do circuito exibidor, começa a perder o *status quo* para a projeção eletrônica em suporte digital. A maturidade tecnológica dos sistemas de projeção, compreendendo tanto o aparato óptico quanto os dispositivos de armazenamento e reprodução, aliada à incorporação da tridimensionalidade torna o ambiente propício para a massiva transposição do formato 35mm para o digital. O DCI, *Digital Cinema Initiatives LLC*, organismo concebido por um consórcio dos principais estúdios e produtores da indústria cinematográfica, formulou a padronização técnica a ser incorporada com a finalidade de suplantare as tecnologias tradicionais de exibição, promovendo a gradual e completa migração para o cinema digital⁶⁸.

Quanto ao vídeo convencional, o mercado aponta para caminho semelhante. A distribuição de televisão em sinal digital, tanto aberta como por assinatura, já contempla a adoção de alta definição para a imagem, e as diversas tecnologias e artifícios elencados possibilitam a transmissão em modo estereoscópico. O mesmo vale para distribuição direta ao consumidor por mídia física, quer em formato DVD ou *Blu-Ray*, tanto mediante *streaming* ou *download* via internet. A ampla gama de telas disponíveis para todas estas plataformas tem sido contemplada com novos dispositivos aptos à reprodução de vídeo estéreo, e a crescente produção de conteúdos neste formato colabora com o processo de migração tecnológica dos dispositivos audiovisuais no mercado de consumo de mídia doméstica.

⁶⁸ Vide <http://dcimovies.com>. Acessado em 12/junho/2013.

5. CONCLUSÃO

Sucederam-se diversos períodos de ascensão e decadência da estereoscopia no audiovisual, ao longo da história. Credita-se esta descontinuidade na adoção da estereoscopia à falta de maturidade tecnológica frente às deficiências dos diversos processos responsáveis pela criação e reprodução de imagens volumétricas. O uso obrigatório de óculos para filtragem decorrente da ausência de uma tecnologia pujante para visualização auto-estereoscópica configura um dos principais fatores deficitários que podemos citar. Até o momento, a produção de conteúdos originados nativamente em 3D para difusão por quaisquer veículos é incipiente, considerando a disponibilidade de salas de cinema, televisores e demais facilidades disponíveis no mercado. Há um descompasso na oferta de equipamentos e infraestrutura para produção, difusão e exibição de conteúdos estereoscópicos, em detrimento da oferta destes conteúdos propriamente ditos. Verifica-se também que uma série de obras disponíveis nos cinemas, e mesmo nos primeiros canais de televisão a transmitir 3D estereoscópico, valem-se da conversão de material originado em suporte monoscópico, convertido por processos digitais para um “pseudo-3D”.

A incorporação plena dos recursos dimensionais na narrativa possível mediante adoção da estereoscopia é outro ponto que merece aprofundamento. A linguagem audiovisual ainda não se apropriou dos recursos estéticos possíveis com a estereoscopia devido à profunda reconfiguração que se faz necessária em corolários fundamentais das teorias e práticas que governam as representações imagéticas. Não obstante os anseios estéticos do estereoscopista, considerar as limitações fisiológicas da visão, objetivando proporcionar acima de tudo uma experiência confortável ao espectador ou jogador, é fundamental.

Uma nova sintaxe visual se faz necessária ao emprego da estereoscopia, pondo em cheque convenções sedimentadas ao longo da história, desde os primórdios do cinema até a realidade virtual, no momento presente.

Qualquer afirmação relativa ao futuro da estereoscopia no audiovisual é tão especulativa quanto previsões tecnológicas na atual conjuntura. Optar por realizar um produto audiovisual em 3D estereoscópico implica uma significativa mudança de paradigmas, desde a concepção, produção, finalização até a exibição. Os princípios norteadores da cinematografia convencional, conforme expusemos, não contemplam

todos os requisitos impostos pela adição da dimensão espacial. Isto não se configura em restrição pois, para o artista, o domínio da técnica lhe concederá subsídios suficientes para o exercício pleno da criatividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREW, J. D. **As Principais Teorias do Cinema**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1989.
- ANDRADE, L.A. **Uma Nova Técnica de Compressão Espacial aplicada a Vídeos Estereoscópicos**. Tese de Doutorado. ICMC-USP, 2012
- ANDRADE, L. A., RIBEIRO JUNIOR, D., CORDEBELLO, P.D. **Vídeo digital estereoscópico: aspectos tecnológicos e implicações na narrativa**. Anais do 18º Congresso da Sociedade Brasileira de Televisão. Revista de Radiodifusão, Vol.03, No. 03. São Paulo - SP: Embrasec – editora e eventos, 2009. p.338 - 345.
- ARNHEIM, Rudolf. **Arte e Percepção Visual**. São Paulo: Pioneira, 1992.
- AUMONT, Jacques. **A Imagem**. Ed. Papirus, São Paulo, Brasil, 2007.
- BAZIN, Andre. **Qu'est-ce que le cinema?.** Paris: Les Editions du CERF, 1997.
- BAZIN, Andre. **O cinema: ensaios**. Eloisa de Araujo Ribeiro (Trad.). Sao Paulo: Brasiliense, 1991.
- BORDWELL, David. **Figuras Traçadas na luz - A Encenação do Cinema**. Campinas: Papirus, 2009.
- BOVIK, Al. **Handbook of Image and Video Processing**. San Diego: Academic Press, 2000.
- COUTO, Cláudia Stancioli Costa. **O design do filme**. UFMG, 2004. Dissertação de mestrado
- DUBOIS, E. **A projection method to generate anaglyph stereo images**. Proc. IEEE Int. Conf. Acoustics Speech Signal Processing, vol. 3, Maio de 2001, , p. 1661-1664.
- GERBASE, Carlos. **Impactos das tecnologias digitais na narrativa cinematográfica**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003.
- GONZALES, R. C., WOODS, R. E. **Digital Image Processing**. Third Edition, Ed. Prentice Hall, 2008. ISBN: 013168728X.
- GOMES, Paulo Emilio Salles. **Humberto Mauro, Cataguases, Cinearte**. São Paulo: Perspectiva / Edusp, 1974.
- GOSSER, H. M. **Selected Attempts at Stereoscopic Moving Pictures and Their Relationship to the Development of Motion Picture Technology, 1852–1903** . Universidade de Windsor, 1975. Dissertação de Mestrado.
- LEONE, Eduardo, MOURÃO, Maria Dora. **Cinema e Montagem**. São Paulo: Ática, 1987.

- LIPTON, L. **Foundations of the Stereoscopic Cinema, a study in depth.** Nova Iorque, Van Nostrand Reinhold Co., 1982.
- LUCA, L.G.A. **A Hora do Cinema digital. A democratização e globalização do audiovisual.** São Paulo: Imprensa Oficial, 2009.
- _____. **Cinema digital: um novo cinema?** São Paulo: Imprensa Oficial, 2004.
- _____. **Cinema Digital e 35mm: Técnicas, Equipamentos e Instalação de Salas de Cinema.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2011
- MACHADO, A. **Pré Cinemas e Pós-Cinemas.** Campinas: Papirus, 1997.
- McKAY, C. H. **Three-Dimensional Photography - Principles of Stereoscopy.** Revised Edition. American Photography Book Department, Nova Iorque, 1953.
- MENDIBURU, Bernard. **3D Movie Making – Stereoscopic Digital Cinema from Script to Screen.** Boston: Focal Press, 2009
- _____. **3D TV and 3D Cinema.** Oxford, Focal Press / Elsevier, 2011.
- METZ, Christian. **A significação no cinema.** Jean-Claude Bernardet (Trad.). 2 ed. São Paulo: Perspectiva, 1977.
- MINOLI, Daniel. **3DTV content capture, encoding and transmission: building the transport infrastructure for comercial services.** New Jersey: John Wiley & Sons, 2010
- MORAES, Lígia C.M. **O Foco Narrativo.** São Paulo: Ática, 1991.
- NG, Ren. **Digital light Field photography.** Tese de doutorado: Universidade de Stanford, 2006.
- OKOSHI, T. **Three-Dimensional Imaging Techniques.** Academic Press, 1977.
- PARENTE, J. I. **A Estereoscopia no Brasil 1850-1930.** Ed.Sextante, Rio de Janeiro, 1999.
- POYNTON, C. **Digital Video and HDTV Algorithms and Interfaces.** Morgan Kaufmann Publishers, 2003.
- RABIGER, Michael. **Direção de Cinema: técnicas e estética.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- ROSENFELD, Anatol. **Cinema: Arte e Indústria.** Nanci Fernandes e Luis. A. F. Manzano (Orgs.) São Paulo: Perspectiva, 2002.
- SMOLIC, A.; MUELLER, K.; MERKLE, P.; KAUFF, P.; WIEGAND, T. **An Overview of Available and Emerging 3D Video Formats and Depth Enhanced**

Stereo as Efficient Generic-Solution.—Proceedings of the 27th conference on Picture Coding Symposium. Chicago, 2009.

SPOTTISWOODE, R & N. **The Theory of Stereoscopic Transmission and its application to the motion picture.** Los Angeles: University of California Press, 1953.

SUPPIA, A. O. **Monstro Brasileiro Revive em 3D.** Revista Cultura e Ciência, ano 59, n.2, p.57-59, 2007. ISBN 85-0009-6725.

WHEELER, , P. **High Definition and 24p Cinematography .** Londres: Focal Press, 2003

ZONE, R. **Stereoscopic cinema and the origins of 3-D film, 1838–1952.** The University Press of Kentucky, 2007.

_____. **3-D Revolution: The History of Modern Stereoscopic Cinema.** Lexington: The University Press of Kentucky, 2012

WEBGRAFIA

3ALITY DIGITAL, 2011. **Beam splitter rigs and stereoscopic image processors.** Disponível em:<<http://www.3alitydigital.com/>> Acessado em 03 set 2013.

ADAMS, G. **O passe de mágica do turismo fantástico: o sistema de viagem estereoscópica de Underwood & Underwood.** Anais do XXIV Congresso Brasileiro da Comunicação. Campo Grande, MS. Setembro de 2001. Disponível em: <<http://reposcom.portcom.intercom.org.br/bitstream/1904/4646/1/NP7ADAMS.pdf> > Acessado em 10 jun 2009.

AGÊNCIA REUTERS. **"Avatar" ventured further into rarefied territory at the worldwide box office during the weekend, surpassing the \$2 billion mark days after it broke the record held by "Titanic."** Disponível em: ,<http://www.reuters.com/article/2010/01/31/us-boxoffice-idUSTRE60S11J20100131>> Acessado em 18 jan 2011.

ANCINE. **Cinema perto de você.** Disponível em: <<http://www.ancine.gov.br/cinemapertodevoce/digitalizacao.htm>> Acessado em 17 jan 2011.

ANDRADE, L. A.; **Difusão de Filmes Estereoscópicos.** Revista RUA – Especial 1 – A Era Digital e seus Desdobramentos Estéticos, 2008. ISSN 1983-3725. Disponível em:<<http://www.ufscar.br/rua/site/?p=657>>. Acesso em: 02 mai.2009.

ANDRADE, L., GOULARTE, R. **Codificação de Vídeos Estereoscópicos**. Qualificação de Doutorado, ICMC – USP São Carlos, 2009. Disponível em: <http://www.ies.ufscar.br/leoandrade/uploads/Docs/Doutorado/qualificacao_12122008.pdf>. Acesso em: 05. mai. 2009.

BICAS, H.E.A. **Fisiologia da visão binocular** . Arq. Bras. Oftalmol. [online]. 2004, vol.67, n.1, p. p. 172-180. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0004-27492004000100032&script=sci_arttext>. Acessado em 12/jul/2010

BOURHIS, Marc (org). **Le Livre Blanc Du Relief (3Ds)** .Disponível em <<http://www.itbroadcastanddigitalcinema.com/docs/LivreBlancRelief.pdf>> Acessado em 25/mai/2011.

CHRISTOFOLI, E., P. **A exibição de conteúdos digitais: o caso da Rain Networks**. Disponível em: <http://www.edipucrs.com.br/Vmostra/V_MOSTRA_PDF/Comunicacao_Social/83958-EDUARDO_PIRES_CHRISTOFOLI.pdf> Acessado em 20/jan 2011.

DCI CINEMA LLC. Disponível em<<http://www.dcimovies.com> > Acessado em 18 jan 2011

FILME B. **Gráficos e Tabelas**. <<http://www.filmeb.com.br/portal/html/graficosetabelas.php> > Acessado em 14 jan 2011.

| GARDNER,Brian. **Perception and The Art of 3D Storytelling**.–Disponível em<<http://magazine.creativecow.net/article/perception-and-the-art-of-3d-storytelling#perception>> Acessado em 29/03/2011

GODOY, H. A. S. **Processos Técnicos e Artísticos para Realização de Filme Documentário 3D Estereoscópico**. In: Congresso SET – Broadcast&Cable, 2009, São Paulo-S, P. Revista de Radiodifusão. São Paulo – SP : EMBRASEC – EDITORA & EVENTOS, 2009. V. 03. , P. 312-330. Disponível em<http://www.set.com.br/revista_eletronica/radiodifusao/index.php/revistaderadiodifusao/article/viewFile/27/28>. Acessado em 06/10/2010

HEINZLE et. al. **Computational Stereo Camera System with Programmable Control Loo**, p. Disney Reserch Zurich, 2011. Disponível em <<http://zurich.disneyresearch.com/~sheinzle/publications/Hein11.pdf>>. Acesso em 20 out 2011.

| IMDB. **The Power of Love**.–Disponível em<<http://www.imdb.com/title/tt0013506/>> Acessado em 27 de setembro de 2009.

JORKE, Helmut; FRITZ, Marcus. **INFITEC - A New Stereoscopic Visualisation Tool By Wavelength Multiplex Imaging**. Disponível em <http://jumbovision.com.au/files/Infitec_White_Paper.pdf> Acessado em 12 jul 2013

LIPTON, L. **The future of projection.** Disponível em:
<<http://lennylipton.wordpress.com/2010/05/12/the-future-of-the-projection/>> Acessado em 23 mai 2010.

LUNAZZI, J. **Cinema Holográfico.** Disponível em
<<http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/doctorlunazzi/cinema/cinema.htm>> Acessado em 10 set 2013.

MPEG GROUP. Disponível em: <<http://www.mpeg.org>> Acessado em 18 jan 2011

MUSION HOLOGRAPHIC 3D. < <http://www.musion.co.uk/>> Acessado em 28 dez 2010.

PERLIN, K. et. al. **Recent Advances in the NYU Autostereoscopic Display.** Proceedings of the SPIE, v. 4297, São José, California, 2001. Disponível em:
<<http://www.mrl.nyu.edu/publications/autostereo/spie2001.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2009.

POMMER, M.E. **Frontalidade e profundidade visual no cinema.** Caderno de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas – UFSC, 2010. Disponível em <<http://150.162.1.115/index.php/cadernosdepesquisa/article/view/1984-8951.2010v11n98p6/12827>> Acessado em 12/fev/2010.

RAPOSO, A. B., SZENBERG, F., GATTAS, M., CELES, W. **Visão Estereoscópica, Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Colaboração.** In XXIII JAI – Jornada de Automatização em Informática, Capítulo 8. Disponível em:< http://www.tecgraf.puc-rio.br/~mgattas/ra/ref/StereoRendering/JAI2004_curso8.pdf>. Acessado em 11 dez 2010.

TECHNICOLOR 3D. Disponível em-< www.technicolor.com/en/hi/3d> Acessado em 18 /jan /2011.

TORI, R; KIRNER, C; SISCOOTTO, R. (org.) **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada.** In: Livro do Pré-Simpósio VIII Symposium on Virtual Reality. Disponível em <http://www.ckirner.com/download/capitulos/Fundamentos_e_Tecnologia_de_Realidade_Virtual_e_Aumentada-v22-11-06.pdf> Acessado em 16 mai 2013

WOODS, A.J.; DOCHERTY, T.; KOCH, R. **Characterizing Sources of Ghosting in Time-Sequencial Stereoscopic Video Displays.** In: Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems IX, Proceedings of SPIE vol 4660, San Jose, California, 21-23, Janeiro de 2003. Disponível em: <<http://www.curtin.edu.au/cmst/publicat/2002-09.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2009

WOODS, A. J., HARRIS, C. R. **Comparing levels of crosstalk with red/cyan, blue/yellow, and green/magenta anaglyph 3D glasses.** Proceedings of SPIE Stereoscopic Displays and Applications XXI, vol. 7253, p0Q1-0Q12, January 2010. Disponível em:< <http://cmst.curtin.edu.au/local/docs/pubs/2010-11.pdf>>. Acesso em 20 fev 2012.

FILMOGRAFIA

Relação e ficha técnica dos filmes citados:

Avatar.—James Cameron, EUA: 20th Century Fox, 2010.

Ciranda. (curta-metragem) Leonardo Antonio de Andrade. Brasil: 2006.

Chicken Little. Mark Dindal, EUA: Walt Disney pictures, 2005.

Coraline. Henry Selick , EUA: Focus Features, 2009.

Creature From The Black Lagoon. Jack Arnold, EUA: Universal International Pictures, 1954.

Dial M For Murder . Alfred Hitchcock, EUA: Warner Bros., 1954.

The Power of Love. Nat G. Deverich e Harry K. Fairall. EUA: Haworth Pictures Corporation, 1922. Filme presumidamente desaparecido. Informações obtidas on-line em <http://www.imdb.com/title/tt0013506/> acessado em 27 de setembro de 2009.

GLOSSÁRIO

Acomodação visual: Condição de repouso na qual os olhos se ajustam de forma a focarem um objeto.

Anáglifo (método—ou imagem anaglífica): Par de imagens estereoscópicas formatado de maneira especial para proporcionar um efeito tridimensional. Relativo também ao procedimento de filtragem de luz por comprimentos de onda, usando cores complementares. Para a visualização utilizam-se óculos munidos de filtros complementares. A imagem é formada por duas camadas de cor superpostas, e ao ser visualizada com os óculos de filtros correspondentes, apreende-se o efeito de profundidade.

Anamorfização: Técnica de compressão espacial de imagens com prejuízo de informação, mediante deformação de sua geometria original. O procedimento reverso, chamado desanamorfização, recupera a imagem original. Quando realizado de forma parcimoniosa, pode resultar pouco nocivo à qualidade de imagem.

Autoestereoscopia:— Condição mediada por um processo (barreiras de paralaxe, telas lenticulares ou mesmo holografia), onde o espectador pode fruir da imagem tridimensional sem a necessidade de óculos de filtragem.

Compressão de Vídeo: mecanismo através do qual a taxa global de dados ou largura de banda de um arquivo (ou sinal) de vídeo é reduzida. Diversas ferramentas podem ser empregadas isolada ou concomitantemente com este intuito: redução de amostragem de cor, anamorfização, eliminação de redundâncias, vetorização, etc.

Crosstalk: Interferência recíproca entre canais. Em imagens tridimensionais é devido ao isolamento incompleto das imagens esquerda e direita, de modo que uma interfira na outra, ou ambas entre si. Problemas decorrentes de má-filtragem nos óculos para visualização acarretam este efeito, também conhecido por “ghosting”.

CRT: abreviatura para *Cathode Ray Tube*, ou tubo de raios catódicos. Válvula eletrônica provida de tela luminescente, empregada para exibição de vídeo analógico em monitores e televisores convencionais. Dispositivo em obsolência tecnológica.

Depth Budget (Gama de profundidade):— Os limites desta gama são definidos através do alcance de distâncias permitidas pelo sistema de captação estereoscópico, desde o ponto mais distante, produzindo a paralaxe positiva máxima aceitável, até ao ponto mais próximo, produzindo paralaxe negativa máxima tolerável.

Disparidade: A distância entre pontos correspondentes na retina, Às vezes denominada por disparidade retinal. O termo equivalente quando se trata da exibição na tela é paralaxe, e pode ser aferida contando os pixels na horizontal que separam o pixel esquerdo ao seu correspondente direito.

DCI: sigla de *Digital Cinema Initiatives*. Entidade constituída dos maiores estúdios de Hollywood, responsável por coordenar padrões e normas do cinema digital.

DIT: abreviatura de *Digital Image Technician*, ou técnico em imagens digitais. É um profissional com atribuições na área de engenharia de vídeo.

Estereoscopia: Faculdade de interpretar de um par de imagens providas de algum desvio de paralaxe horizontal entre si, promovendo a percepção volumétrica de tridimensionalidade.

Paralaxe: Deslocamento relativo de um ponto a um referencial; diz-se da— distância entre os pontos correspondentes das imagens do olho direito e do esquerdo em uma imagem projetada.

Plano-estereoscopia: recurso técnico que consiste em exibir um par de imagens estereoscópicas em suporte técnico de natureza planar.

Pontos correspondentes: Os pontos das imagens esquerda e direita que correspondem ao mesmo ponto no objeto. A distância entre os pontos correspondentes na imagem plano-estereoscópica é proporcional ao desvio de paralaxe. Quando todos os pontos correspondentes coincidem na tela a paralaxe é zero, e a imagem é percebida bidimensionalmente.