



**Faculdade de Tecnologia de Americana
Curso Superior de Tecnologia em Desenvolvimento de Jogos Digitais**

Estereoscopia Aplicada a Jogabilidade de Jogos Digitais

Rodolfo Luis da Costa

**Americana, SP
2010**



**Faculdade de Tecnologia de Americana
Curso Superior de Tecnologia em Desenvolvimento de Jogos Digitais**

Estereoscopia Aplicada a Jogabilidade de Jogos Digitais

Rodolfo Luis da Costa

rodolfovolei2@yahoo.com.br

Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido em cumprimento à exigência curricular do Curso Superior de Tecnologia em Desenvolvimento de Jogos Digitais, sob a orientação do Prof. Me. Cleberson Forte.

Área: Jogos Digitais

**Americana, SP
2010**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Cleberson Forte (Orientador)

Prof. Me. Carlos Henrique Rodrigues Sarro

Prof. João Sebastião de Oliveira Bueno

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao meu orientador Cleberson pelo apoio e paciência nas horas difíceis durante o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço ao professor João por ceder parte de sua aula e de seu tempo para o desenvolvimento desta monografia, bem como para o Trabalho de Conclusão de Curso. Agradeço também aos meus colegas de classe Bruno, César, Fernando, Gustavo e Nilton, sobreviventes que irão se formar na primeira turma de Jogos Digitais da Fatec Americana, e também ao Marcus, que apesar de já não pertencer a esta turma, fez parte dela durante boa parte do caminho.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe Leoni, minha avó Leopoldina e minha namorada Stéfany, pela paciência, incentivo e ajuda necessários para a conclusão deste trabalho e deste curso, bem como para enfrentar as batalhas da vida.

RESUMO

A estereoscopia é o melhor método de percepção de profundidade dos seres humanos. Ela pode ser gerada artificialmente em telas, se conseguirmos mostrar imagens ligeiramente diferentes para cada olho, esse artifício já é utilizado em jogos digitais, porém apenas como um adereço visual. Esta monografia visa demonstrar que é possível utilizar a estereoscopia também como um item que interfere na jogabilidade, integrando-a à mecânica do jogo e tornando-a, portanto, indispensável para a execução do mesmo.

Palavras Chave: Estereoscopia, jogos digitais, design de jogos.

ABSTRACT

Stereoscopy is the best method of depth perception in human beings. It can be created artificially on screen if we could show images slightly different for each eye, this device it has been utilized in digital games but only as a visual adornment, this monograph wants to show how is possibly uses stereoscopy as an item who changes the play modes, composing games mechanics and becoming indispensable for you execution.

Keywords: Stereoscopic, digital games, game design.

SUMÁRIO

1	Introdução	11
2	Estereoscopia	13
2.1	Definições de Estereoscopia	14
2.2	Estereoscopia artificial	14
2.2.1	Estereoscópio	15
2.2.2	Anaglifo	15
2.2.3	Luz polarizada	16
2.2.4	Óculos obturadores sincronizados	18
2.2.5	Autoestereoscopia.....	19
2.2.6	Head Mounted Display (HMD)	21
2.2.7	Vídeo estereoscópico.....	21
2.2.8	Par estéreo.....	22
2.3	Paralaxe.....	23
2.4	Problemas da estereoscopia artificial	25
2.4.1	Problema de convergência.....	26
2.4.2	Conflitos entre a interposição e a profundidade da paralaxe	26
2.4.3	Efeito Crosstalk	27
2.4.4	Restrições	27
3	Jogos estereoscópicos	28
3.1	História.....	28
3.2	Videogames estereoscópicos de primeira geração	29
3.2.1	Vectrex	29
3.2.2	Master System	31
3.2.3	Virtual Boy.....	33
3.3	Videogames estereoscópicos atuais.....	36
3.3.1	Nvidia 3D Vision Glasses	36
3.3.2	Playstation 3.....	37
3.3.3	Nintendo 3DS.....	38
4	Integrando estereoscopia e jogabilidade	39
4.1	Conceituação de jogos	39
4.1.1	Recursos	39
4.1.2	Design Bible	40

4.2	Análise de Asteroids	41
4.2.1	O jogo.....	41
4.2.2	Resultados	43
4.3	Mercado da tecnologia estereoscópica.....	45
4.4	Analises	47
5	Conclusão	49
6	Referências Bibliográficas.....	51

Lista de Figuras

Figura 1.1: Sistemas visuais	13
Figura 1.2: Estereoscópio	15
Figura 1.3: Esquema de funcionamento do sistema anaglifo	16
Figura 1.4: Polarização linear da luz	17
Figura 1.5: Esquema de filtro da luz polarizada	17
Figura 1.6: Óculos obturadores sincronizados	19
Figura 1.7: Funcionamento das telas autoestereoscópicas	20
Figura 1.8: Head mounted Display	21
Figura 1.9: Configurações das câmeras	22
Figura 1.10: Paralaxe vertical causada por distorção Keystone	22
Figura 1.11: Exemplo de par estéreo	23
Figura 1.12: Paralaxe	24
Figura 1.13: Problemas com paralaxe positiva	25
Figura 1.14: Distância entre observadores em paralaxe positiva	25
Figura 1.15: Conflitos entre paralaxe negativa e interposição	27
Figura 2.1: Videogame Vectrex, óculos obturadores 3D e controle	30
Figura 2.2: Disco obturador do jogo 3D Mine Storm	30
Figura 2.3: Master System I	31
Figura 2.4: Óculos 3D Sega Scope e adaptador para o Master System I	32
Figura 2.5: Virtual Boy, controle e cartuchos	33
Figura 2.6: Esquema de funcionamento do Virtual Boy	34
Figura 2.7: Mario Tennis do Virtual Boy	34
Figura 2.8: Posição do jogador no Virtual Boy	35
Figura 2.9: Kit necessário para utilizar o Nvidia 3D Vision	36
Figura 2.10: Nintendo 3DS	38
Figura 3.1: Jogo Asteroids Original do Atari	42
Figura 3.2: Jogo Asteroids em três planos diferentes	42
Figura 3.3: Fusão dos três planos em um único plano	43
Figura 3.4: Porcentagem de Gamers interessados em conteúdo 3D nos Estados Unidos	46

1 Introdução

Jogos digitais já tiveram tentativas frustradas no passado com emprego da estereoscopia: o console Master System, da Sega, possuía uma entrada para utilização de óculos 3D e contou com seis jogos neste estilo; o Virtual Boy, da Nintendo, era um videogame compacto, que tinha duas telas na forma de um óculos para dar o efeito 3D, porém só possuía duas cores (vermelho e preto) e após quinze minutos de jogo era recomendado descanso para se evitar enxaquecas. Por este motivo, foram desenvolvidos apenas vinte jogos para este console, que é considerado o maior fracasso da Nintendo; o GameCube, também da Nintendo, possuía capacidade para rodar games em 3D na sua GPU, porém nunca utilizou-se desta tecnologia, devido aos games em 3D não terem feito sucesso no mercado, bem como devido os testes efetuados no console com o efeito não terem sido satisfatórios.

Atualmente, com o impulso do cinema 3D, que conquistou o público após o filme Avatar, o aumento do poder de processamento dos componentes eletrônicos e seu conseqüente barateamento, que permitiram o desenvolvimento de televisores, videogames, computadores e blu-rays de qualidade compatíveis com a tecnologia a preços acessíveis, os games estereoscópicos tendem a assumir um lugar fixo no mercado e são destaque em grandes feiras tecnológicas, como a CES (Consumer Electronics Show) e a E3 (Electronic Entertainment Expo), e já começaram a chegar às casas dos jogadores mais entusiastas. Porém esta tecnologia é utilizada, na maioria das vezes, apenas como um adereço visual, podendo transformar jogos 2D em 3D sem necessitar de nenhuma preparação especial, como é o caso do Nvidia 3D Vision, para desktop, que transforma mais de quatrocentos jogos apenas com o software de compatibilidade que acompanha o kit 3D [NVIDIA, 2010]. Entretanto pode-se aproveitar esse novo modo de ver o jogo para implementar um novo modo de jogo, o qual utiliza-se da estereoscopia para dar uma nova dinâmica ao jogo e uma jogabilidade diferente. A grande noção de profundidade oferecida pelo 3D possibilita a criações de jogos em que o espaço físico das três dimensões devam ser conhecidos e/ou explorados pelo jogador, para fugir de um inimigo, achar uma saída ou acertar um tiro.

O objetivo geral da presente monografia é investigar a jogabilidade de games 3D, visando ampliar o modo de interagir em jogos digitais fazendo uso das novas tecnologias de visualização em 3D disponíveis. Como objetivo específico, visa demonstrar que os jogos estereoscópicos podem alterar e melhorar a mecânica do jogo se o mesmo for produzido especificamente para a tecnologia 3D, utilizando-se da profundidade não apenas como um aspecto visual, mas também como um novo elemento atuante diretamente na jogabilidade do mesmo. O método científico de pesquisa utilizado foi teórico, através de revisões bibliográficas.

O trabalho foi estruturado em cinco capítulos, sendo que o primeiro é a introdução, o segundo conceitua a estereoscopia, trazendo suas principais formas de reprodução artificial e problemas que podem surgir neste processo. No terceiro capítulo é feito um breve relato histórico da estereoscopia, desde seu surgimento até os principais acontecimentos de 2010; há, ainda, uma visão geral dos primeiros videogames que utilizaram o 3D, as formas de reprodução utilizadas nestes consoles, suas principais características e seus pontos negativos, e depois os atuais videogames que oferecem a opção de jogos estereoscópicos.

No quarto capítulo, são explicados conceitos utilizados para classificar elementos de jogos digitais e os principais itens de seu documento inicial de desenvolvimento, após é feita uma análise do jogo Asteroids de TOMOYOSE [2009] o qual traz a estereoscopia como artifício que muda a jogabilidade do jogo ao trazer três planos diferentes identificáveis apenas pelo efeito de profundidade. Ainda neste capítulo, é demonstrado as principais pesquisas com consumidores interessados na tecnologia 3D e, por último, é feita uma análise dos principais pontos de insucesso dos primeiros videogames a trazer a estereoscopia disponível para os jogos, fazendo uma comparação com os consoles atuais.

Com base nas informações conseguidas a partir dos estudos realizados nos capítulos anteriores, o capítulo cinco se reserva às considerações finais.

2 Estereoscopia

Os animais mais primitivos possuíam olhos nas laterais da cabeça, o que possibilitava uma visão de quase 360° [SISCOOTTO, 2006]. Como se pode ver na Figura 1.1 (a), para que o animal possua uma visão tão ampla, há a necessidade de que ele apresente olhos laterais, o que faz com que o campo de visão de cada olho praticamente não se cruze e ele obtenha apenas uma imagem do objeto que se encontra em seu campo de visão. Por este motivo, sua noção de profundidade tem que ser inferida monoscopicamente (com apenas um olho), o que necessita de alguns métodos pouco precisos como: tamanho dos objetos, ocultação parcial, sombras, variação na acomodação do olho para focalizar objetos a distâncias diferentes e perspectivas de linhas paralelas ou perpendiculares. Um exemplo prático sobre a pouca precisão da visão monoscópica, é tentar fazer uma tarefas simples como pegar objetos, calcular distancias ou mesmo abrir os braços e encostar os dedos indicadores com um olho fechado, é possível fazer, porém é muito mais trabalhoso e impreciso [TOMMAZELLI, 2009].

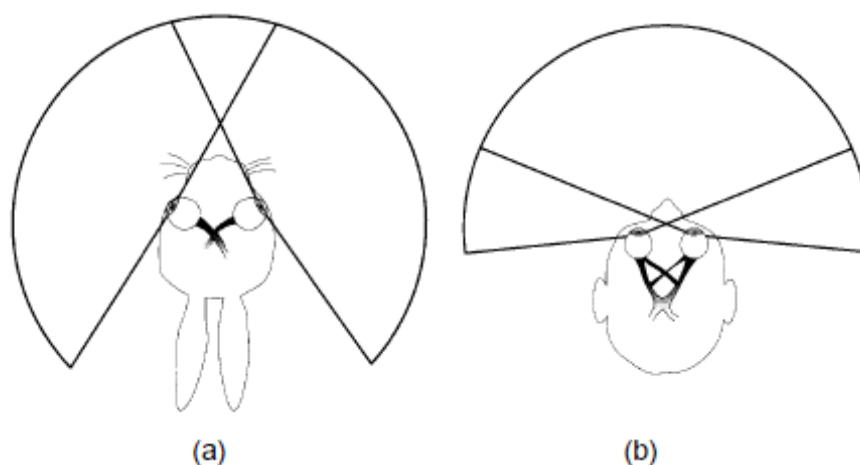


Figura 1.1: Sistemas visuais: (a) Visão da presa (b) Visão do predador [TOMMAZELLI, 2009]

Ao passar dos anos, com a evolução das espécies alguns animais passaram a apresentar olhos na frente da cabeça, o que possibilitou a visão binocular ou estereoscópica (Figura 1.1 (b)). Na visão estereoscópica, os dois olhos focalizam o mesmo objeto e chegam ao cérebro duas imagens de perspectivas ligeiramente diferentes, proporcionada pelas distancias entre os olhos, então o cérebro une as duas imagens e as transforma em uma só, porém ao invés de duas imagens em

duas dimensões, forma-se uma imagem em três dimensões com grande percepção de profundidade e distância. Por isso se diz que os animais com visão estereoscópica são caçadores, pois seus olhos não percebem tudo o que acontece ao seu redor, porém ao focalizar uma possível vítima, consegue se manter fixo nela, podendo calcular bem profundidade, distância, posição e tamanho da caça e dos obstáculos [TOMMAZELLI, 2009].

2.1 Definições de Estereoscopia

Todos nós estamos acostumados ao termo estéreo quando relacionado ao som, porém poucos relacionam o termo a imagem. O som é chamado estéreo quando possui dois canais diferentes para ser reproduzido, fazendo assim com que cada ouvido receba um som ligeiramente diferente e o cérebro os interprete com mais realidade, trazendo uma maior imersão. Com imagens, porém, podemos obter o mesmo efeito ao conseguirmos gerar uma imagem para cada olho. Para isso, elas precisam ter pontos de vista ligeiramente diferentes, para imitar a distância entre os olhos humanos, que é de aproximadamente 6,5cm. O cérebro faz isso automaticamente, pois todos os seres humanos que não possuem problemas de visão em alguns dos olhos enxergam duas imagens ao mesmo tempo, que ao serem processadas tornam-se apenas uma com um efeito de profundidade e distâncias bem mais preciso do que uma simples imagem plana. O termo Estereoscopia, vem do grego e significa “visão sólida” [SISCOUTTO, 2006].

2.2 Esrereoscopia artificial

Como já explicado, para visualizarmos em três dimensões enxergamos duas imagens de pontos de vista ligeiramente diferentes. Para reproduzirmos este efeito artificialmente, precisamos gerar uma imagem para cada olho, de pontos que simulem a distância entre os olhos. Ao longo dos anos diversos dispositivos foram criados para simular a estereoscopia, nas próximas seções serão descritos os métodos mais utilizados, desde o estereoscópico inventado em 1833 pelo inglês Charles Wheatstone, até as telas autoestereoscópicas que estão sendo aperfeiçoadas para serem futuramente comercializadas.

2.2.1 Estereoscópio

O estereoscópio (Figura 1.2(a)) é um aparelho simples que simula o efeito tridimensional através de um par de fotos (chamados estereopar) tiradas com perspectivas ligeiramente diferentes. Como demonstrado na Figura (b), o estereoscópio separa uma foto para o olho direito e outra para o olho esquerdo, através de espelhos, fazendo com que o cérebro receba duas imagens diferentes e interprete como uma única imagem com efeito de profundidade [SISCOUTTO, 2006].

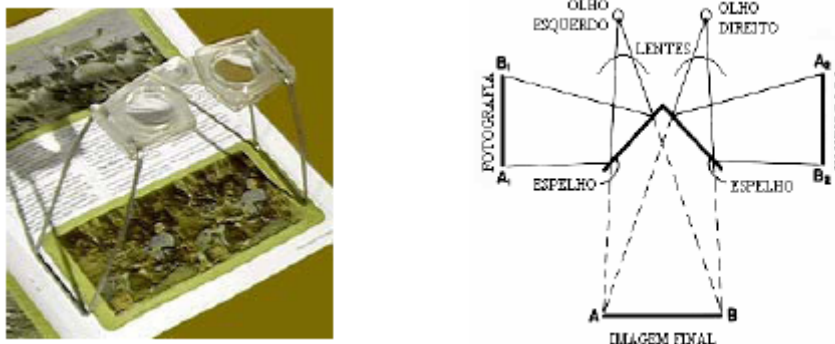


Figura 1.2: Estereoscópio (a) Exemplo de aparelho estereoscópio (b) Esquema de funcionamento do estereoscópio [SISCOUTTO, 2006]

O estereoscópio, apesar de limitado, é de uso simples e barato, podendo até mesmo ser feito em casa e as fotos por câmeras comuns ajustadas aproximadamente de 5 a 7 centímetros uma foto da outra na posição horizontal.

2.2.2 Anaglifo

O sistema anaglifo consiste em projetar em uma única imagem (ou vídeo) duas imagens sobrepostas, porém cada uma em uma cor complementar, que por padrão são azul e vermelho, porém pode-se utilizar de outras cores. Para separar as imagens para cada olho é utilizado um óculos de lentes coloridas [SISCOUTTO, 2006]. Ao visualizar a projeção ou foto com os óculos anaglifos a imagem com a cor complementar vermelha é filtrada pela lente vermelha e é enxergada a imagem com

a cor complementar azul. No outro olho acontece o processo inverso, como demonstrado no esquema da Figura 1.3.

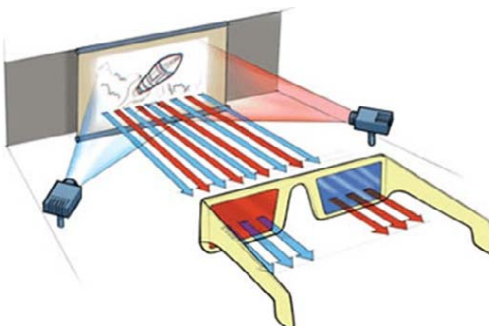


Figura 1.3: Esquema de funcionamento do sistema anaglifo [MIGUEL, 2010]

O anaglifo é o método mais utilizado hoje na internet para a demonstração de efeitos estereoscópicos. A popularidade deste sistema na internet deve-se a sua facilidade de produção, bem como a de reprodução que pode ser feita através de um monitor, projetor ou mesmo impresso em folha comum. Os óculos podem ser confeccionados em casa, com os materiais comprados na papelaria (celofane e papel duro) [LEAL, 2010].

Esse sistema também tem desvantagens, como a grande perda na qualidade das cores, e de ser um método bastante cansativo se utilizado por muito tempo [TOMMAZELLI, 2009].

2.2.3 Luz polarizada

A luz é uma energia que se propaga em forma de onda desordenada, ou seja, ela vibra em todas as direções perpendiculares ao seu destino. Porém existem processos que podem ordenar esta luz, fazendo com que ela obedeça a uma seqüência desejada. Este processo é denominado polarização da luz.

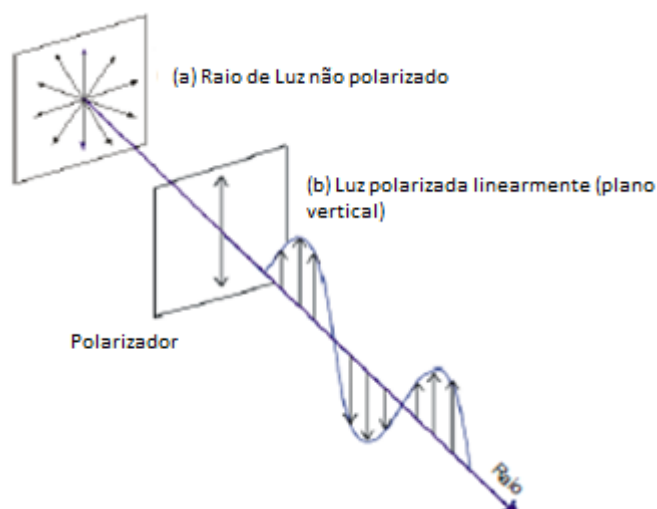


Figura 1.4: Polarização linear da luz [SISCOOTTO, 2006]

Na Figura 1.4 vemos o processo de polarização linear da luz, onde inicialmente a luz vibra para todas as direções e após passar pelo filtro polarizador, a mesma é ordenada e começa a vibrar somente linearmente na vertical. Para gerar os efeitos estereoscópicos podemos utilizar-se de dois projetores polarizados, um polarizado na horizontal e outro na vertical, e projetarmos em uma tela anti-despolarizadora. Agora basta assistirmos com um óculos que deixe passar a luz polarizada na vertical em um olho e a polarizada na horizontal no outro, assim cada olho recebe uma imagem diferente do outro e o efeito estereoscópico é alcançado. Na figura 1.5 é demonstrado como é feito a filtragem pelos óculos para que cada olho receba apenas uma imagem [MACHADO, 1997].

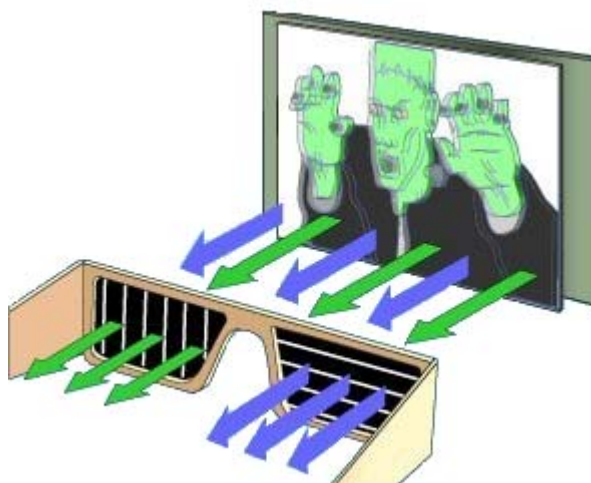


Figura 1.5: Esquema de filtro da luz polarizada [MIGUEL, 2010]

O inconveniente no processo de polarização da luz linear é a de que o observador ao inclinar a cabeça pode perder o efeito estéreooscópico. Há também o polarizador de luz circular, que em vez de polarizar a luz de forma linear, faz com que ela vibre de maneira circular, e para que seja possível a separação de uma imagem para cada olho, uma projeção é polarizada no sentido horário e a outra no sentido anti-horário, fazendo com que o filtro dos óculos funcionem em qualquer posição em que esteja a cabeça.

Este é o processo utilizado nos cinemas hoje em dia, apesar de seu projetor e da tela serem mais caros, os óculos são passivos (não necessitam de nenhum tipo de transmissão de dados, funciona apenas como um filtro) e mais baratos do que os obturadores, que será descrito na próxima seção, o que o torna muito bom para um público grande, além de ser uma técnica que gera excelentes resultados.

2.2.4 Óculos obturadores sincronizados

O processo de polarização da luz é eficiente em aplicações desenvolvidas para serem apresentadas para um grande público, como no cinema, porém é uma tecnologia cara para se utilizar domesticamente. Por isso os óculos obturadores sincronizados estão tomando espaço no mercado e são o método mais utilizado nos grandes lançamentos de televisões e games com tecnologia em três dimensões do mercado, como o Nvidia 3D Vision [NVIDIA, 2010] e as televisões da Sony e da Samsung [LEAL, 2010].

Os óculos obturadores sincronizados, ou active shutter, são compostos por duas telas de LCD que ficam transparentes e opacas e funcionam em conjunto com o aparelho que gera a imagem estéreooscópica, seja por meio de fios ou por infravermelho. Quando a imagem do olho esquerdo está na tela, a lente do olho esquerdo fica transparente e a do direito translúcida, ao ser projetada a imagem do olho direito, acontece o inverso, ou seja, a lente do olho direito fica transparente e a do olho esquerdo fica translúcida, fazendo assim com que cada olho veja uma imagem diferente [SANTOS, 2000].

Monitores comuns atualizam a tela a uma taxa de 60 Hz, o que é o suficiente para que o olho humano veja uma imagem contínua. Porém ao se alterar a imagem

de um olho para o outro é necessária uma atualização de 120Hz, para que cada olho enxergue os mesmos 60Hz dos monitores comuns.



Figura 1.6: Óculos obturadores sincronizados [NVIDIA, 2010]

2.2.5 Autoestereoscopia

As tecnologias que permitem apresentações de filmes e games em 3D estereoscópico necessitam de óculos para filtrarem as duas imagens que geram o efeito. Essa é uma das maiores limitações da tecnologia, pois o número de espectadores fica limitado ao número de óculos disponíveis, lembrando que os óculos com obturadores sincronizados são óculos ativos e, por isso, mais caros que anaglifos e polarizadores. Há ainda o desconforto de ter que utilizar óculos a todo o momento, o que pode ser desagradável após algum tempo e incomodar ainda mais quem já utiliza óculos de grau, por ter que usar dois óculos.

Empresas de tecnologia buscam um aparelho que possa disponibilizar a imagem estereoscópica sem a necessidade de óculos, o desenvolvimento da tela autoestereoscópica, apesar de não concluído, já traz esperanças de que, no futuro, não precisaremos mais dos óculos para enxergar em 3D pelas telas [LEAL, 2010].

As telas autoestereoscópicas funcionam conforme o esquema da Figura 1.7: é uma tela com duas faixas de imagem diferentes e uma película postada a frente da tela que faz o papel do filtro e faz com que o olho direito enxergue apenas a imagem

direcionada para o olho direito e a do esquerdo enxergue a do olho esquerdo [SISCOUTTO, 2006].

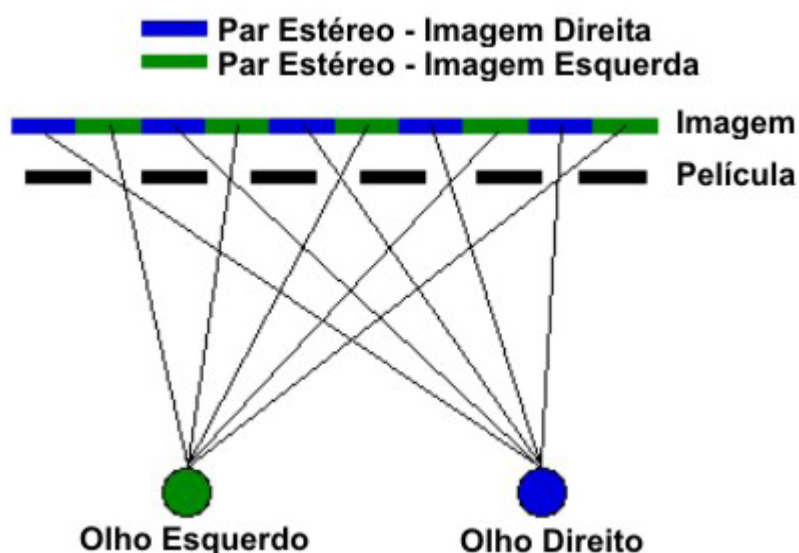


Figura 1.7: Funcionamento das telas autoestereoscópica [SISCOUTTO, 2006]

Porém as telas autoestereoscópicas ainda possuem muitas limitações, pois depende do ângulo e a distância em que o usuário se encontra da tela para que se consiga enxergar o efeito satisfatoriamente. Uma técnica chamada “Eye Tracking” pode ajudar: coloca-se uma câmera a frente da tela que emana um ponto de luz infravermelho que ao refletir nos olhos do espectador cria o mesmo efeito dos olhos vermelhos em fotos com flash e a câmera consegue detectar os olhos de quem está assistindo e pode configurar o efeito 3D de acordo com essa informação. Essa técnica porém limita a quantidade de espectadores [PERLIN, 2000].

A empresa pioneira nesta tecnologia é a Sharp e a batizou com o nome de “Parallax Barrier”. Porém quem prometeu trazer pela primeira vez para os consumidores é a Nintendo com o seu videogame portátil Nintendo 3DS, que terá jogos com estereoscopia sem a necessidade de óculos especiais [STRICKLAND, 2010].

2.2.6 Head Mounted Display (HMD)

Os famosos capacetes de realidade virtual chamam-se Head Mounted Display, e foram inventados em 1961. Criado com o intuito de possibilitar a visualização em três dimensões, é utilizado para simular ambientes de realidade virtual em que o usuário possa interagir diretamente com o ambiente. Seu funcionamento é extremamente simples e lógico: ele possui dois pequenos monitores, sendo um para cada olho que mostram imagens ligeiramente diferentes que geram os efeitos estereoscópicos. O capacete pode ainda ter outras utilidades como ter um sistema de rastreamento e reproduzir o som 3D [STRICKLAND, 2010].



Figura 1.8: Head Mounted Display [STRICKLAND, 2010]

2.2.7 Vídeo estereoscópico

A produção de vídeos estereoscópicos é feita através da captação de dois vídeos de lugares ligeiramente diferentes simulando a distância entre os olhos humanos. Para a captação do vídeo estereoscópico existem duas diferentes configurações da câmera: a primeira consiste em deixar as câmeras alinhadas em eixos paralelos conforme Figura 1.9(a). Já a segunda é colocada em eixos que convergem em determinado ponto da imagem, conforme Figura 1.9(b) [SISCOOTTO, 2006].



Figura 1.9: Configuração das câmeras em (a) eixo paralelo e (b) eixo convergente [SISCOUTTO, 2006]

No caso das câmeras em eixo convergente ocorre um desalinhamento vertical entre a imagem direita e esquerda que é conhecido como efeito Keystone (Figura 1.10(b)), o que gera um desconforto para o observador. Esse desalinhamento é causado pelo fato das câmeras estarem capturando imagens de planos diferentes [SISCOUTTO, 2006].

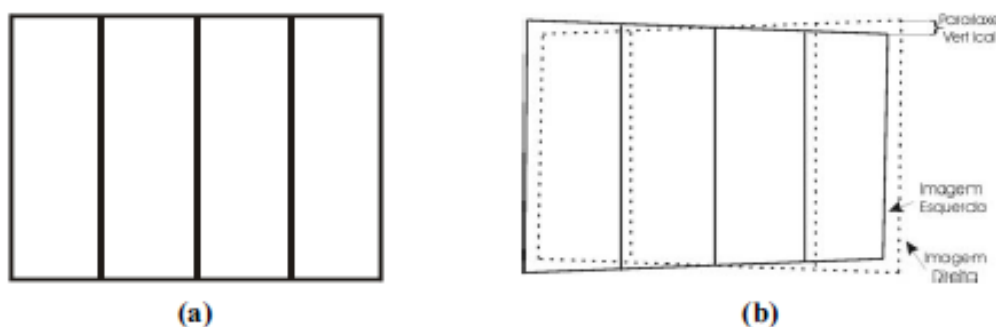


Figura 1.10: Paralaxe vertical causada por distorção Keystone: (a) Imagem original e (b) Imagem das duas câmeras sobrepostas [SISCOUTTO, 2006].

2.2.8 Par estéreo

Existe a possibilidade de visualizar em três dimensões sem a necessidade de óculos ou dispositivo especial para mandar uma imagem diferente para cada olho, é uma técnica chamada de par estéreo. Na Figura 1.11 existem duas imagens de ponto de vista ligeiramente diferentes lado a lado, para uma visualização em três dimensões basta convergir os olhos (ficar estrábico) até que seja visualizadas três imagens, porém há uma dificuldade para focalização da imagem central, que quando alcançada revela o efeito de profundidade [SANTOS, 2000].

É um método que não necessita de qualquer tipo de aparelho ou filtro especial, bastando apenas um pouco de treinamento do usuário para que visualize a imagem corretamente. Pode ser aplicado a vídeos também, sendo reproduzidos um ao lado do outro.



Figura 1.11: Exemplo de par estéreo [SANTOS, 2000]

2.3 Paralaxe

Paralaxe é a percepção de que um objeto está deslocado levando em conta um ponto de referência, que no caso dos jogos estereoscópicos é o plano da tela. Para que o objeto seja enxergado em um ponto diferente, os olhos devem convergir (local em que os raios de visões do olho esquerdo e direito se encontram para focalizar um objeto) em um ponto diferente da tela, podendo ser antes ou depois. Portanto existem três tipos de paralaxe: zero, é quando os olhos convergem no plano da tela e forma a imagem no mesmo ponto(Figura 1.12(a)); negativa, os olhos convergem antes do plano de projeção, fazendo com que o objeto salte para fora da tela parecendo estar mais próximo do espectador do que realmente está(Figura 1.12 (b)); positiva, quando os olhos convergem além do plano da projeção e o objeto fique mais longe do espectador do que a tela(Figura 1.12(c)).

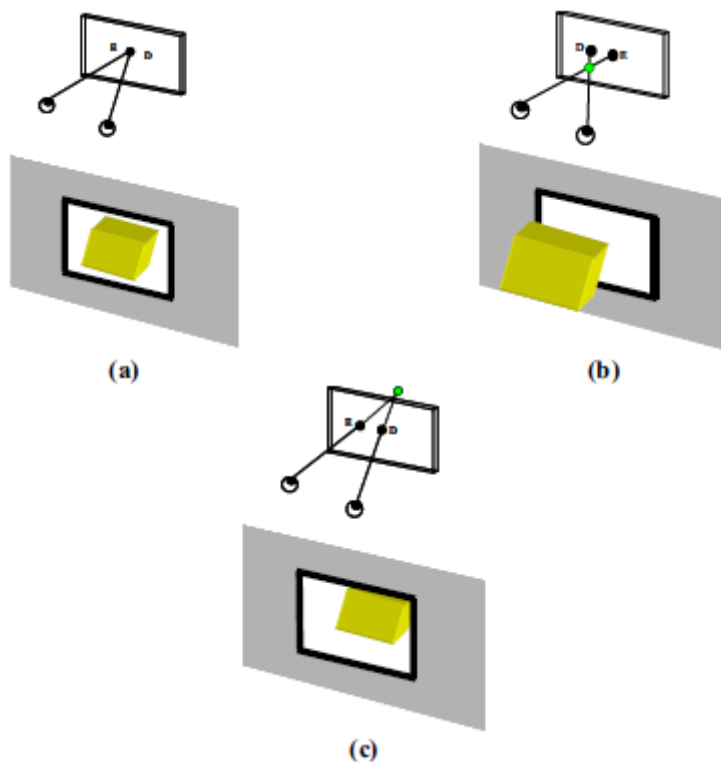


Figura 1.12: (a) Paralaxe zero (b) Paralaxe negativa e (c) Paralaxe positiva

A paralaxe zero é o caso de televisões e monitores convencionais, onde os olhos sempre convergem no plano da tela, já a positiva e negativa é utilizada com as tecnologias estereoscópicas de televisões e monitores, onde objetos saltam da tela ou podem ser vistos com grande efeito de profundidade.

No caso da paralaxe positiva (**P**), alguns cuidados devem ser tomados para que a mesma seja corretamente enxergada. A distância dos olhos (t_c) deve ser maior do que **P**, como demonstrado na Figura 1.13, para que os olhos convirjam de maneira satisfatória. Caso **P** seja quase do mesmo tamanho de t_c o resultado é ruim, e pode ser utilizado apenas para demonstrar um objeto no infinito. Porém no caso de **P** ser maior do que t_c cria-se uma imagem divergente e o apenas um olho consegue enxergar a imagem, perdendo-se o efeito estereoscópico, sendo aceito apenas para pontos que se movam rapidamente pela tela.

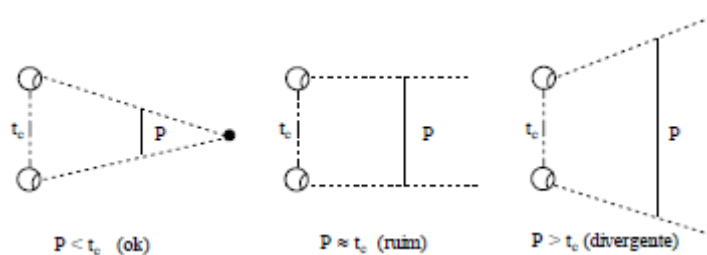


Figura 1.13: Problemas com paralaxe positiva

A distância entre o observador e a tela interfere diretamente no efeito estereoscópico, como se pode ver na Figura, que demonstra a diferença do efeito para dois observadores na paralaxe positiva, porém este mesmo efeito é gerado na paralaxe negativa. Quanto mais longe está da tela como é o caso do observador 2, maior é o efeito tridimensional, pois a convergência dos olhos se dá mais distante do que o observador 1. Esta é uma grande dificuldade na geração de imagens tridimensionais, gerar imagens com grande efeito tridimensional com a menor distância da tela.

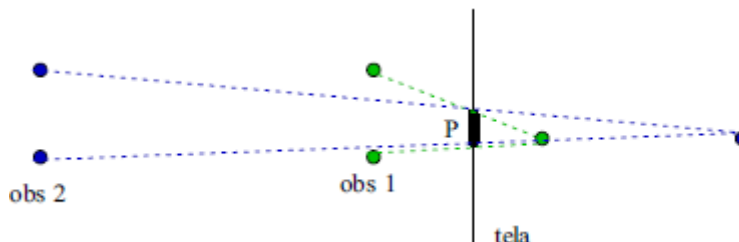


Figura 1.14 : Distancia entre observadores em paralaxe positiva

2.4 Problemas da estereoscopia artificial

Os efeitos estereoscópicos artificiais não são de fácil implementação, as imagens tem que ser geradas e reproduzidas de forma muito competente para que os espectadores consigam visualizar os efeitos em três dimensões, e há problemas que são derivados da tecnologia e também do sistema visual humano, dos quais alguns mais conhecidos estão descritos a seguir.

2.4.1 Problema de convergência

Ao crescer os seres humanos se acostumam a focalizar objetos automaticamente, passa a ser um exercício extremamente natural no dia-a-dia das pessoas olharem objetos perto e distantes, conseguindo convergir os olhos para qualquer ponto de interesse. O cérebro, por sua vez, é acostumado a receber duas imagens de pontos de vista ligeiramente diferentes e fundi-las para a visualização estereoscópica.

Porém, na estereoscopia artificial o modo de visualização muda, pois os olhos se acomodam (focalizam) o plano da tela, porém a convergência da imagem depende da paralaxe, que nas imagens estereoscópicas não são somente zero como nas reproduções de vídeos convencionais, elas podem ser negativas (quando o objeto parece estar saindo da tela) ou positivas (quando o objeto parece estar dentro da tela). Os caminhos nervosos e músculos que controlam a acomodação e convergência dos olhos são distintos, porém o ser humano é condicionado pela vida inteira a focalizar e convergir em um mesmo ponto [SZENBERG, 2005]. Por isso algumas pessoas podem ter desconforto ao visualizar uma imagem com a paralaxe muito grande, e existem algumas regras delimitando os valores de paralaxe positiva e negativa para que o espectador tenha uma visão estereoscópica confortável [CORTÉZ, 2008].

2.4.2 Conflitos entre a interposição e a profundidade da paralaxe

Um objeto com paralaxe negativa (saindo da tela) pode ter seu efeito prejudicado se a imagem for cortada pela borda da tela em que esta sendo exibido como na Figura 1.15 (b). Isso ocorre devido ao fato do objeto parecer estar perto do espectador e se ele é cortado pela tela a cena perde sua imersão. Por isso é altamente recomendado que objetos com paralaxe negativa apareçam por completo, como na Figura 1.15 (a) [SISCOOTTO, 2006].

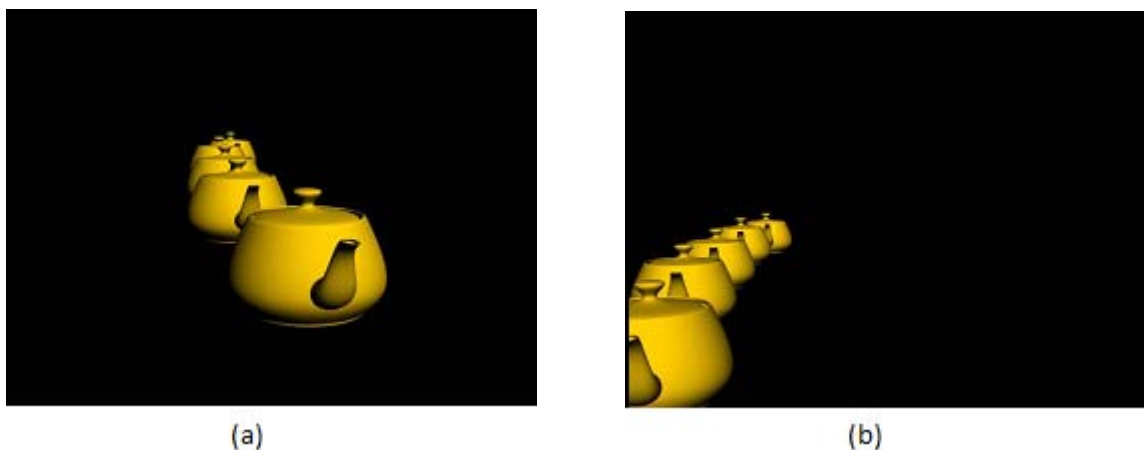


Figura 1.15 : Conflitos entre paralaxe negativa e interposição: (a) Visualização correta (b) Visualização incorreta

2.4.3 Efeito Crosstalk

Como explicado nas seções anteriores a visualização estereoscópica necessita de duas imagens diferentes, sendo que uma imagem é vista por cada olho, e ao chegar ao cérebro o mesmo junta as duas imagens fazendo com que seja apenas uma imagem, porém tridimensional. Algumas tecnologias podem não conseguir separar 100% a imagem de cada olho, e o espectador pode ver na imagem do olho direito parte da imagem do olho esquerdo. Mesmo que seja apenas uma sombra ou “fantasma” da outra imagem esse efeito incomoda o observador, porém não impede que o efeito estereoscópico seja percebido [SISCOUTTO, 2006].

2.4.4 Restrições

A visualização estereoscópica é restrita para quem possui os olhos alinhados. Quem tem estrabismo ou ambliopia (redução significativa ou perda de visão em um dos olhos) não conseguem visualizar os efeitos estereoscópicos, seja por óculos ativos, seja por passivos. Quem possui daltonismo não conseguirá visualizar em três dimensões pelo sistema anaglifo. Pode acontecer de pessoas passarem mal após um tempo prolongado assistindo 3D, isso porque os olhos focam e desfocam muito rápido os objetos. O manual da nova televisão da Samsung, por exemplo, não recomenda que grávidas, epiléticos e bêbados assistam à programação estereoscópica [LEAL, 2010].

3 Jogos estereoscópicos

No capítulo anterior foram demonstradas as principais tecnologias para a reprodução de conteúdos estereoscópicos. Neste capítulo será contado um pouco sobre a história da estereoscopia e demonstrado o início da estereoscopia e algumas tentativas de introduzi-la ao mercado de jogos digitais.

3.1 História

A estereoscopia dos cinemas, que começa aos poucos chegar às residências, foi descoberta em 1838 pelo inglês sir Charles Wheatstone ao inventar o estereoscópio, que foi utilizado pela primeira vez com um par de figuras geométricas com efeito de profundidade dando início a exploração da estereoscopia [ANDRADE, 2008].

Em 1844, se tem os primeiros relatos de imagens tridimensionais, quando o escocês David Brewster desenvolveu uma máquina capaz de tirar fotos estereoscópicas [COTILHO, 2010]. Porém só na década de 1880 é que começaram a se popularizar junto com livros que exploravam a tecnologia para entretenimento, salientando que nesta época as tecnologias de exibição de fotos estereoscópicas eram de baixo custo, diferente do que acontece hoje, e a sua difusão era alta [ANDRADE, 2008].

O primeiro filme a utilizar tecnologia estereoscópica foi apresentado ao público em 1922, chamado “The Power of Love”, foi dirigido por Nat G. Deverich e Harry K. Fairall e utilizava a tecnologia anaglifa [COTILHO, 2010].

Devido ao surgimento da televisão os cinemas entraram em declínio década de 1950, para melhorar o movimento foi apostado no cinema 3D, que neste período teve mais de 60 títulos produzidos. Nesta época já era utilizado o sistema de polarização da luz, ao invés dos anaglifos. Entre 1973 e 1985 houve uma nova utilização desta tecnologia que havia caído em desuso devido ao crescimento dos filmes em 2D em formato Widescreen [COTILHO, 2010]. Houve ainda o surgimento do Vectrex, que será discutido na subseção 3.2.1, que em 1983 lançou os primeiros óculos 3D estereoscópicos para jogos digitais.

Entre 1986 e 2000 houve, apesar de pouco aproveitado nesta época, uma revolução com a invenção do formato IMAX 3D. No mundo dos jogos digitais temos duas tentativas de introdução do 3D estereoscópico, primeira em 1989 com o Master System I (subseção 3.2.2) e depois com o Virtual Boy em 1995 (subseção 3.2.3).

A partir de 2001 o cinema 3D começa a aparecer aos poucos com bases mais sólidas e efeitos em alta definição mais imersivos. Em 2009 a Nvidia lança o 3D Vision Glasses, que será abordado na subseção 3.3.1, que se torna pioneira em processar e demonstrar jogos em três dimensões em alta definição. Neste mesmo ano Avatar, produzido especialmente para o 3D, é considerado um filme revolucionário na área e alcança a maior bilheteria dos cinemas de todos os tempos. Em março de 2010 a Sony disponibiliza o 3D estereoscópico para o Playstation 3 (subseção 3.3.2) e em junho a Nintendo anuncia o Nintendo 3DS (subseção 3.3.3) para 2011. E chegam ao Brasil as televisões 3D de marca Sony Bravia, Samsung e LG.

3.2 Videogames estereoscópicos de primeira geração

Alguns videogames do passado tentaram trazer a estereoscopia para os jogadores terem uma maior imersão em seus jogos, porém devido a tecnologia existentes em suas respectivas épocas não foi possível alcançar o sucesso esperado. Alguns disponibilizavam dispositivos especiais de hardware para o videogame reproduzir os efeitos em três dimensões, enquanto outros eram dispositivos criados exclusivamente para executar jogos estereoscópicos.

3.2.1 Vectrex

O Vectrex foi o primeiro videogame a utilizar efeitos estereoscópicos. É um console de 2ª geração de 8 bits lançado em 1982 pela General Consumer Electronic (GCE). Sua tela integrada de 10 polegadas (11 x 9 polegadas) geravam gráficos vetoriais e monocromáticos (Figura 2.1)[WIKIPEDIA, 2010].



Figura 2.1: Videogame Vectrex, óculos obturadores 3D e controle [YOUTUBE, 2010]

Em 1983 foram lançados os óculos 3D do Vectrex, que possuem duas funções distintas devido ao seu sistema de funcionamento. Os óculos possuem um local para se conectar um disco que é do mesmo formato de um CD e que acompanha os jogos 3D, esse disco é metade opaco de cor preta e a outra metade é translúcido, com coloração constituída por cores RGB (Figura 2.2). O disco gira em alta velocidade dentro dos óculos sincronizado com o videogame, e com isso a parte opaca trabalha como obturador e faz com que o jogador enxergue uma imagem de cada vez para gerar o efeito estereoscópico, já a parte translúcida faz com que o jogo seja colorido. Cada jogo 3D possuía seu próprio disco, portanto cada jogo possuía suas próprias cores [VECTREX MUSEUM, 2009].



Figura 2.2: Disco obturador do jogo 3D Mine Storm [VGDB]

Apenas três jogos originais foram liberados para uso com o gerador de imagens 3D: 3D Crazy Coaster, Mine Storm 3D e 3D Narrow Escape [ZACHARA, 2009], já o jogo 3D Pole Position chegou a ser desenvolvido, porém não chegou a ser lançado no mercado. O Vectrex foi descontinuado 1984 devido a grande crise

dos videogames que foi gerada, principalmente, pela defasagem tecnológica, crise de conteúdo e Início da informática doméstica, que culminou com a dissolução da Atari e de várias outras empresas do ramo [BITTENCOURT, 2005].

3.2.2 Master System

O Master System é um videogame da japonesa Sega que nasceu do SG-1000 Mark III em 1985. Chegou ao Brasil em 1989 com parceria da empresa Japonesa com a brasileira Tec Toy, e era um videogame mais potente que o Nintendo de 8 bits (Conhecido como NES ou nintendinho) que na época ainda não tinha chegado oficialmente ao Brasil [ALLUCARD, 2006].



Figura 2.3: Master System I [ALLUCARD, 2006]

O Master System I (Figura 2.3) possuía uma entrada especial para a utilização de uma pistola chamada Sega Light Phaser e também para os óculos 3D Sega Scope(Figura 2.4). Os óculos de lentes de cristal liquido tinham um visual moderno para a época e, conectados ao console por um fio e um adaptador, permitiam a visualização de jogos em 3D estereoscópico através de active shutter (subseção 2.2.4)[ZACHARA, 2009].



Figura 2.4: Óculos 3D Sega Scope e adaptador para o Master System I [ELDRED, 2010]

Foram disponibilizados apenas oito jogos no total que utilizam a tecnologia 3D, sendo quatro exclusivamente para serem jogados em 3D: Blade Eagle 3D, Space Harrier 3D, Maze Hunter 3D e Missile Defense 3D; três jogos que poderiam ser jogados também em 2D: Out Run 3D, Poseidon Wars 3D e Zaxxon 3D; e um jogo que não era anunciado em 3D mas possuía um modo 3D que poderia ser acionado separadamente, chamado Line of Fire [ZACHARA, 2009]. Os efeitos dos jogos estereoscópicos do Master System eram realmente convincentes, apesar de a maioria dos jogos pecarem na jogabilidade e falta de objetivos e desafios, os efeitos tridimensionais faziam com que os jogos ficassem mais atraentes, contribuindo para a qualidade do jogo.

O Jogo Blade Eagle 3D é o único que utiliza a idéia de estereoscopia aplicada a jogabilidade do jogo, em que o jogador deve atirar em naves e alienígenas em três planos diferentes, que podem ser percorridos apertando um botão. Porém os efeitos 3D deste jogo é o mais fraco e menos convincente dentre os jogos tridimensionais do Master System, o que interfere diretamente na jogabilidade do jogo, fazendo deste um título pouco interessante para o público em geral, mas com uma nova jogabilidade que poderia ser explorada por outros games [VIDEO GAME CRITIC, 2007].

No Master System III do Brasil e Master System II do resto do mundo, foi retirada a entrada para o óculos 3D, o que descontinuou a utilização da tecnologia estereoscópica neste console.

3.2.3 Virtual Boy

O Virtual Boy é o primeiro e único videogame lançado ao público em geral inteiramente dedicado à jogos estereoscópicos. Foi produzido pela Nintendo em 1995, e é considerado o maior fracasso da empresa, por ter sua venda descontinuada já em 1996, menos de um ano após seu lançamento e com apenas 770.000 unidades vendidas na América do Norte e no Japão, sendo que o Playstation, da Sony, vendeu mais de 7 milhões no mesmo período [ZACHARA, 2009].

O aparelho é composto por peças plásticas vermelha e preta, que parecem um binóculo, e pernas metálicas pretas (Figura 2.5). Não é um aparelho fácil de classificar, pois tem características de portátil: tem seu próprio visor e funcionamento a pilhas, porém necessita de uma mesa ou outro aparato para que sejam apoiadas suas pernas, e pesa cerca de 750 gramas sem as pilhas, o que era considerado um console grande e pesado.



Figura 2.5: Virtual Boy, controle e cartuchos [Zachara, 2009]

Na Figura 2.6 é descrito o esquema de funcionamento do Virtual Boy, que fisicamente é parecido com o HMD, e seu funcionamento é quase idêntico ao estereoscópio, tendo como grande diferença que ao invés de fotos são duas telas de LED (Light Emitting Diode) que geram a imagem estéreo.

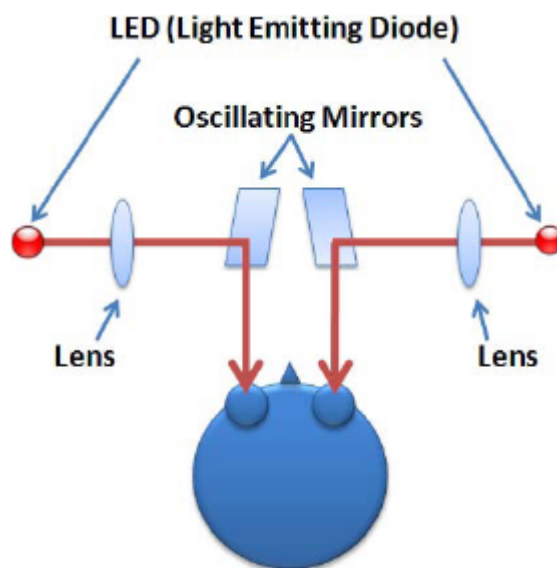


Figura 2.6: Esquema de funcionamento do Virtual Boy [Zachara, 2009]

Uma das grandes limitações do Virtual Boy foi produzir um aparelho com tecnologia de ponta para a época em que foi desenvolvido e com um preço razoável para o mercado. Um dos grandes prejudicados foram as cores. Para que seu preço fosse competitivo, ele possuía apenas uma: vermelho, com 32 níveis de intensidade e um background preto (Figura 2.7). A resolução da tela era de 384x224 pixels, o que era pouco atrativo comparando com os modelos da época, como Playstation da Sony, e Nintendo 64 e Game Boy, ambos também da Nintendo. Porém, aqui deve-se ressaltar o fato de que o Virtual Boy, diferente dos consoles tradicionais, necessita processar duas imagens independentes ao mesmo tempo, para produzir o efeito estereoscópico, o que faz com que o processamento de imagens do videogame seja muito mais pesado do que os seus concorrentes, que processam apenas uma imagem. [ZACHARA, 2009].



Figura 2.7: Mario Tennis do Virtual Boy [ELDRED, 2010]

O console estereoscópico possui outros dois grandes pontos negativos que afetam diretamente a jogabilidade: o primeiro são os efeitos fisiológicos que causam após um período prolongado de jogo, como enjôo e cansaço visual, diversos avisos e recomendações acompanhavam o manual e embalagem do produto e a maioria dos jogos ainda tem uma pausa automática após um tempo de 15 a 30 minutos de jogo contínuo, em qualquer hora do jogo, para que o jogador descanse os olhos. O Segundo é a posição incômoda na qual o jogador tinha de jogar, conforme demonstrado na Figura 2.8, as costas ficam sem apoio e curvadas, o que após período longo de jogo pode trazer muito desconforto e dores para o jogador.



Figura 2.8: Posição do jogador no Virtual Boy [Zachara, 2009]

Mais um item que conspirava contra o Virtual Boy é a propaganda e o marketing do mesmo. Era difícil demonstrar e explicar os efeitos estereoscópicos, sendo que não havia nenhum outro dispositivo para recriar esta tecnologia, e imagens dos jogos do virtual boy no plano 2D eram muito pouco atrativas. A solução da Nintendo foi disponibilizar cerca de 3000 aparelhos para demonstração em lojas como Blockbuster Video e NBC.

No que diz respeito a diversão há dois itens importantes: o jogo não possuía multiplayer, o que diminuía a interação entre outros jogadores e a concorrência entre os mesmos e o videogame não teve um jogo que todo mundo quer jogar, assim como a própria Nintendo tem o Mario e a Sega tem o Sonic, jogos que tem a identidade do console, faltou um jogo que fosse único, o que no caso do Virtual Boy

poderia ser um jogo que pudesse ser desfrutado apenas com os efeitos estereoscópicos, um jogo único que só poderia ser reproduzido naquele console [ZACHARA, 2009].

Portanto, a dificuldade de inclusão no mercado deste console para jogos exclusivamente estereoscópicos foram diversas, o que culminou no seu pouco sucesso de vendas e sua descontinuidade.

3.3 Videogames estereoscópicos atuais

Atualmente, a tecnologia de projeção de imagens estereoscópicas teve uma melhora substancial em relação as utilizadas na seção anterior. Poucos jogos disponíveis hoje foram projetados pensando nos efeitos estereoscópicos, porém como a maioria dos jogos atuais são modelados em 3D, é possível converter este conteúdo para serem apresentados estereoscopicamente. Como a maioria dos dispositivos de exibição de vídeo 3D atuais trabalham com alta definição, a qualidade e a imersão atual são muito maiores que as de seus antecessores.

3.3.1 Nvidia 3D Vision Glasses

Em 2009, a Nvidia se tornou pioneira nos jogos estereoscópicos das tecnologias atuais ao colocar no mercado o Nvidia 3D Vision, que utiliza óculos obturadores. Para a reprodução em 3D o usuário necessita de um kit compatível com a tecnologia que consiste, além do 3D Vision, de um monitor preparado para o 3D com uma taxa de atualização de 120Hz, uma placa de vídeo da Nvidia série 8800 ou 9600 ou superiores e um computador com Windows Vista ou 7, conforme Figura 2.9 [NVIDIA, 2010].

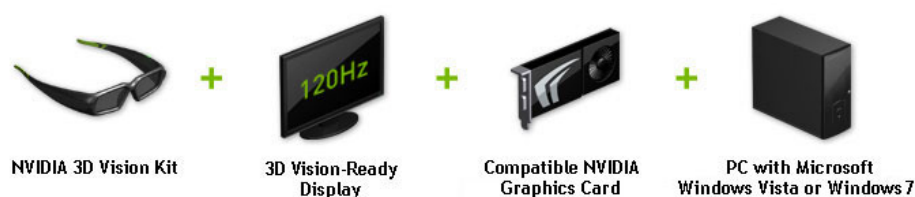


Figura 2.9: Kit necessário para utilizar o Nvidia 3D Vision [NVIDIA, 2010]

A grande idéia da Nvidia é que junto com o Kit 3D vem um programa proprietário que converte qualquer jogo modelado em 3D para o 3D estereoscópico, o que permite ao usuário jogar qualquer jogo deste tipo em 3D estereoscópico, mesmo que ele não tenha sido desenvolvido especificamente para isso. Com essa conversão, a Nvidia possui mais de 475 jogos compatíveis com a estereoscopia, porém são nos jogos mais recentes que os efeitos são mais impressionante e mais imersivos [ZANNI, 2009].

Devido à problemas de convergência (subseção 2.4.1) para algumas pessoas o 3D Vision pode tornar-se cansativo após um período prolongado, podendo até provocar dores de cabeça[LEAL, 2010].

3.3.2 Playstation 3

Em abril deste ano a Sony liberou uma atualização do firmware do Playstation 3 versão 3.30, essa atualização, tão esperada por gamers entusiastas, permite que o console rode jogos em 3D estereoscópico. Para jogar em 3D é preciso também uma televisão 3D com óculos obturadores sincronizados (subseção 2.2.4). Também está disponível na Playstation Network, gratuitamente para quem adquirir uma televisão Bravia 3D da Sony, quatro games 3D para que o usuário possa experimentar os efeitos tridimensionais: WipEout HD e Super Stardust HD completos e demonstrações de DOR e Motor Storm Pacific Rift [KOLLER, 2010].

O Playstation 3 é conhecido pela capacidade de processamento para gerar seus gráficos em alta definição, porém os efeitos estereoscópicos acabam trazendo uma maior necessidade de processamento por ter que processar duas imagens distintas ao mesmo tempo e atualizar a tela o dobro de vezes devido ao sistema de obturação. Por isso o console não têm capacidade de rodar jogos 3D em full HD (1920x1080 pixels) e deve ser rodado em HD (1280x720 pixels) [SIRGADO, 2010].

O Playstation não possui jogos feitos exclusivamente para o 3D, até agora foram relançados jogos com conversão para o 3D e alguns outros anunciados, porém todos podem ser jogados também em 2D.

3.3.3 Nintendo 3DS

O Nintendo 3DS (Figura 2.10) foi anunciado na feira de tecnologia E3 em junho de 2010, e promete ser um videogame portátil capaz de reproduzir jogos e também filmes 3D sem a necessidade de óculos especiais. Para isso o portátil utiliza a tão sonhada tela autoestereoscópica (subseção 2.2.5) em seu display principal de 3,53 polegadas que tem resolução de 800 x 240 pixels, sendo que na horizontal são 400 pixels para cada olho. Terá também um botão chamado de 3D Depth Slider para controlar o nível de profundidade do efeito 3D ou até mesmo desligar o efeito caso o usuário queira [NINTENDO, 2010].



Figura 2.10: Nintendo 3DS [NINTENDO, 2010]

O videogame também possui uma tela secundária de 3,02 polegadas sensíveis ao toque com resolução de 320 x 240, 2 câmeras externas e uma interna com resolução VGA e comunicação sem fio via Wireless. Fechado, o game tem 5,3 polegadas de largura, 2,9 de comprimento e 0,8 de altura, pesando 226 gramas.

Uma restrição do aparelho devido à sua tela autoestereoscópica é de que para visualizar com nitidez e perfeição a imagem com efeito tridimensional o jogador deve se colocar de frente com o console em linha reta, pois ao olhar de qualquer outra posição a imagem poderá aparecer desfocada e com imperfeições. A previsão de lançamento do vídeo game é março de 2011 [CRAIG, 2010].

4 Integrando estereoscopia e jogabilidade

Até aqui foi demonstrado o surgimento da idéia de estereoscopia, as tecnologias utilizadas para reproduzi-las e como foram utilizadas nos cinemas e videogames. A partir de agora será debatido a introdução do efeito de profundidade como uma nova forma de jogar, fazendo com que a jogabilidade seja dependente da estereoscopia para que o jogador consiga efetuar certas ações.

4.1 Conceituação de jogos

Para propor a estereoscopia integrada a jogabilidade, serão definidos antes alguns conceitos de jogos digitais. Primeiro serão demonstrados os recursos que cada jogo contém, segundo ROOLINGS [2004], depois serão expostos de quais elementos é composto o Game Bible, o documento inicial de desenvolvimento de jogos, de acordo com BITTENCOURT [2005].

4.1.1 Recursos

Independentemente do tipo e complexidade dos jogos digitais, todos possuem características em comum, que, segundo ROOLINGS [2004], são chamados de recursos e estão divididos em três grupos:

- Integral: é essencial para o funcionamento correto do jogo, são recursos que trazem escolhas ao jogador e interferem na jogabilidade do jogo. Em Warrior Kings, por exemplo, jogo em que se comanda vários soldados, os mesmos podem ser colocados em tropas ou ser controlados individualmente, ainda podendo ser escolhido o número de integrantes de cada tropa. Sem o recurso de formações seria perdido uma grande dimensão de escolha, o que interferiria diretamente na jogabilidade.

- Chrome: são elementos que trazem uma maior diversão ao jogo, visando uma maior imersão do jogador, sem interferir diretamente na jogabilidade. Podemos citar como exemplo o StarCraft, jogo que possui diversas criaturas exóticas para o jogador escolher, e, durante o jogo, ao selecionar diferentes criaturas, a interface

oferecida para realizar as ações de cada uma mudam de acordo com a criatura escolhida. É um recurso visual que traz um entretenimento maior ao jogador, porém não muda a jogabilidade do jogo.

- Substituto: é um recurso que não melhora o jogo em nenhum aspecto, dando uma opção de escolha que, na realidade, não é uma escolha. Um exemplo de recurso substituto é um jogo RPG (Role-Playing Game) que lista a diferença de preço de uma fatia de queijo, um nabo e um pão de forma, embora todos tenham o mesmo valor. É um recurso que não agrega valor ao jogo.

Segundo essa classificação, os jogos conhecidos que foram lançados com a opção de habilitar efeitos estereoscópicos, utilizam esta opção como um recurso do tipo chrome, que agrega valor ao jogo, trazendo maior divertimento e imersão, porém não afeta diretamente a jogabilidade.

4.1.2 Design Bible

Da mesma forma que é preciso elaborar o roteiro antes de começar a gravar um filme, para se desenvolver um jogo, antes é preciso desenvolver um documento que apresente suas especificações. Este documento é chamado de Design Bible, e funciona como uma espécie de manual de instruções para a equipe que irá desenvolver o jogo. A importância deste documento é tamanha que sem que ele esteja terminado não é possível iniciar o desenvolvimento do jogo [BITTENCOURT, 2005]. O Design Bible deve conter:

- Roteiro: é a história do jogo. Quanto maior é a complexidade dos jogos atuais mais se assemelham à história de filmes, porém há uma diferença significativa: é uma história interativa, ou seja, o usuário tem o poder de interferir no desenrolar da história. Aqui deve-se saber que tipo de jogo será desenvolvido, pois o roteiro é o principal diferencial em relação a outros jogos do mesmo tipo.

- Game Design: é a conceituação artística do jogo. Aqui são descritos os cenários, esboços dos personagens, itens, texturas, mapas e descrição dos elementos que conterão cada fase. Essa parte do Design Bible é comum ser escrita por artistas, devido à complexidade dos jogos atuais.

- Game Play: é onde fica definida a jogabilidade do jogo. Jogabilidade são as regras do jogo e seu devido balanceamento. É nesta parte que se define as ações do jogo, e grande parte da diversão e dos desafios.

- Interface gráfica: pode ser divididas em duas partes distintas: ingame e outgame. Ingame consiste nas opções disponíveis na tela durante o jogo, que representam as ações que o jogador pode realizar e as informações disponíveis. Outgame são as opções que precedem o jogo ou que são posteriores, como introdução, configuração, carregar jogo salvo ou escolher um modo de jogo. Quanto melhor é a interface menos o jogador a percebe, fazendo com que ele se concentre no desenrolar da história e nas ações a serem executadas.

Vemos, portanto, que nos jogos 3D criados até os dias de hoje a estereoscopia é concebida apenas do Game Design, não havendo interferência no desenvolvimento do Game Play.

4.2 Análise de Asteroids

TOMOYOSE et al. [2009] faz uma proposta interessante em seu projeto prático: faz um redesign do jogo Asteroids para demonstrar que é viável e que agrega valor utilizar a estereoscopia também como um recurso integral, e não apenas como chrome.

Nesta seção será apresentado o jogo desenvolvido e os resultados apresentados. Em seguida será feita uma análise da experiência.

4.2.1 O jogo

Asteroids é um jogo clássico de arcade desenvolvido originalmente para o Atari em 1979. É um jogo simples e divertido, que foi um dos maiores sucessos da Atari [BITTENCOURT, 2005]. O jogo consiste em comandar uma nave em um plano 2D visto de um ponto longínquo, que simula o espaço sideral, onde aparecem diversos asteróides contra os quais a nave não pode chocar-se, para não ser destruída. O objetivo do jogo é atirar contra os asteróides para destruí-lo, porém ao atirar ele se divide em pedaços menores e é preciso atirar até que eles desapareçam da tela por completo (Figura 3.1).



Figura 3.1: Jogo Asteroids Original do Atari [BITTENCOURT, 2005]

A idéia de TOMOYOSE et al. é a de ao invés de utilizar apenas um plano, utilizar três planos diferentes para os asteróides aparecerem, e dar à nave liberdade para percorrer os três planos. Assim um asteróide que está em um plano diferente da nave não pode chocar-se com ela e, portanto, destruí-la, porém a nave também não consegue atirar em asteróides que estão em outro plano. O ponto de vista continua o mesmo, como pode ser visto na Figura 3.2(a) em 2D, porém agora essa visão representa três planos diferentes como ilustrado na Figura 3.2(b), e que podem ser diferenciados graças à noção de profundidade gerada pelos efeitos estereoscópicos (Figura 3.2(c)). O plano mais perto do jogador é visualizado como saindo da tela, já o plano central encontra-se no plano da tela e o plano mais afastado é visto como se estivesse no entrando na tela.

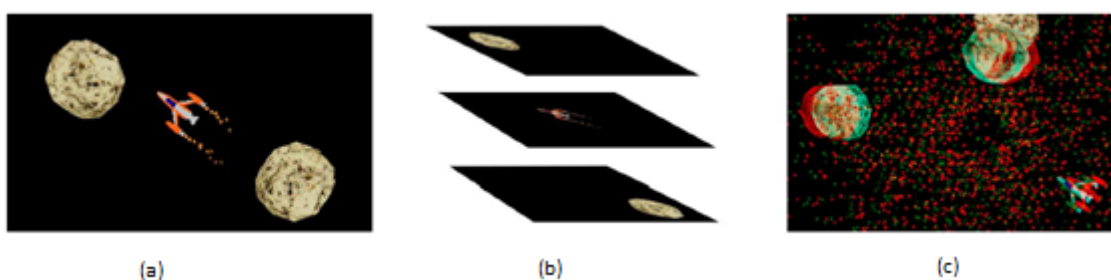


Figura 3.2: Jogo asteroids em três planos diferentes: (a) cena do jogo Asteroids vista em 2D, onde os três objetos apresentados estão, na realidade, em três planos diferentes como demonstra a imagem (b). Na Imagem (c) é visualizado nova cena do jogo, porém em 3D anaglifo [TOMOSYOSE et al., 2009].

Apesar de um objeto sobrepor o outro, de modo a ser percebido qual está por cima e qual está embaixo, apenas a estereoscopia permite ao jogador saber em qual

plano se encontra cada objeto. Foram encontrados efeitos indesejados ao se tentar utilizar a perspectiva na visualização dos três planos, pois no plano mais a frente os objetos pareciam maiores e no mais afastado, menores, portanto a área de jogo ficaria diferente entre os diferentes planos do jogo. Para manter a mesma jogabilidade, independente do plano em que o jogador esteja, foram retirados os efeitos de perspectiva, deixando a estereoscopia como único meio de visualização e distinção dos diferentes planos.

O jogo possui uma habilidade especial que pode ser ativada esporadicamente que consiste em unir os três planos do jogo em um único plano (Figura 3.3), possibilitando ao jogador atirar em qualquer asteróide, independente do seu plano de origem. Há também como controlar o nível de profundidade, de modo que o jogador possa escolher o que melhor lhe convir.

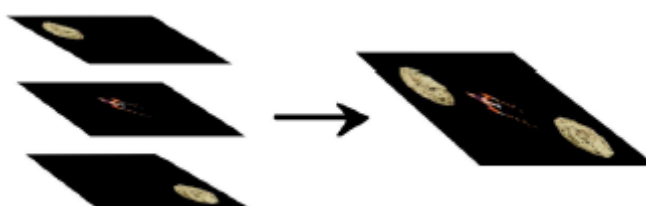


Figura 3.3 : Fusão dos três planos em um único plano [TOMOSYOSE et al., 2009].

O jogo foi desenvolvido na linguagem C++ e OpenGL e os objetos 3D foram modelados a partir do software Blender. O jogo é compatível com os seguintes dispositivos: anaglifo, óculos polarizadores, óculos obturadores e HMD (todos descritos dentro da seção 2.2).

4.2.2 Resultados

O jogo foi testado com dez jogadores diferentes utilizando-se óculos anaglifos e obturadores. Apesar de no modo anaglifo alguns jogadores terem tido grande dificuldade no início para perceber a diferença entre os níveis dos planos, todos conseguiram perceber, ao menos em parte, em quais camadas se encontravam os asteróides e a própria nave. A maior dificuldade, já esperada devido a mudança na

jogabilidade, foi a de conciliar a visualização estereoscópica com as ações a serem tomadas.

Apenas alguns jogadores conseguiam se adaptar logo no início do jogo, visualizando os diferentes planos e coordenando suas ações para executar o jogo de forma correta, sendo que no sistema de óculos obturadores o processo foi mais rápido. O processo de adaptação durou, em média, alguns minutos, após esse período a experiência proporcionada pelo jogo pode ser inteiramente aproveitada. Apenas alguns usuários não conseguiram se adaptar corretamente, mesmo após vários minutos, à visualização em profundidade por anaglifo, o que contribuiu para um desempenho abaixo da média geral, devido a possíveis interpretações errôneas das imagens apresentadas.

Como é próprio dos efeitos estereoscópicos, além de atuar na jogabilidade do jogo, eles contribuíram imensamente para trazer um visual mais atrativo e imersivo ao jogo.

A experiência proposta por TOMOYOSE et al. [2009] foi muito válida, pois conseguiu demonstrar que o jogo com estereoscopia aplicada a jogabilidade é viável e pode trazer maiores atrativos aos jogos digitais. Ao modificar um jogo simples como Asteroids para que se possa jogá-lo em diferentes planos, tendo como único método de classificação o efeito de profundidade, ele tornou o jogo exclusivo para ser executado em sistemas que permitem o uso da estereoscopia, porém deu ao jogo uma nova jogabilidade, aumentando a gama de opções do jogador, além de torná-lo mais atrativo e imersivo.

Demonstrou também que o sistema anaglifo não é recomendado para criar jogos que necessite da noção de profundidade, por ser um sistema inferior dentre os demais constantemente utilizados (óculos polarizados, óculos obturadores, HMD e tela autoestereoscópica), o que dificulta a visualização da correta localização dos objetos e personagens quando se encontram em planos diferentes na tela, comprometendo a jogabilidade do mesmo.

Os jogadores, em geral, não conseguiram se adaptar instantaneamente ao jogo, despendendo alguns minutos para conseguir entender que havia planos diferentes, perceber aonde estava cada plano e que cada asteróide encontrava-se em um plano diferente, assim como a própria nave que o jogador controlava. Porém,

passado o período de adaptação, excluindo-se os jogadores que não conseguiram definir com clareza a profundidade pelo sistema anaglifo, os jogadores passaram a desfrutar de todos os recursos do jogo naturalmente, conseguindo detectar o posicionamento de cada asteróide.

Podemos concluir deste protótipo que a estereoscopia pode ser utilizada como um recurso integral (subseção 4.1.1), devendo ser incluída tanto no Game Design, como no Game Play (subseção 4.1.2) na produção do Game Bible.

O jogo Asteroids pode ser acessado no link: <http://visao3d.com/>.

4.3 Mercado da tecnologia estereoscópica

Um ponto a ser considerado para a aplicação de estereoscopia a jogabilidade do jogo é o alcance ao público existente com interesse real nessa tecnologia. As tecnologias presentes no mercado de hoje, como Playstation 3 e Nvidia 3D Vision estão disponíveis para poucos, devido ao elevado custo de uma televisão 3D ou da combinação de acessórios necessários para se utilizar o Nvidia 3D Vision. O Nintendo 3DS tem a vantagem de ter o sistema estereoscópico já incorporado no equipamento e não necessitar de óculos adicionais, porém ainda não está presente no mercado (seção 3.3).

Segundo a REUTERS [2010] no Japão, embora fabricantes como a Sony, Panasonic e Samsung estejam investindo pesado, apenas pouco mais de 30% das pessoas pensam em comprar uma televisão 3D. Dos quase 70% entrevistados que não pretendem comprar uma televisão 3D, 70% apontaram a utilização de óculos obrigatória como fator contra da tecnologia, haja vista que, além de incômodo, principalmente para quem já utiliza óculos de grau, os óculos não permite que se façam outras atividades enquanto se assiste à televisão. 57% afirmam que os preços estão muito alto e 40% dizem que não há conteúdo suficiente para que o investimento faça valer a pena. A pesquisa, realizada pelo Kakaku.com, entrevistou 8.957 pessoas entre 10 e 16 de junho de 2010.

Já nos Estados Unidos pesquisas realizada pela U-Decide com 735 jogadores tradicionais em 2D, que não possuem equipamento 3D, são mais animadoras, pelo menos para este nicho de mercado. Dos entrevistados, 80% dizem se interessar por

jogar videogame em 3D utilizando óculos, e se for sem óculos o interesse sobe para 92%. Para filmes o interesse também é grande, sendo também 80% com óculos e 91% sem eles. Já para eventos esportivos e programação normal da televisão a exigência dos óculos faz grande diferença, o primeiro sobe de 36% com óculos para 63% sem, já o segundo vai de 20% para 61% (Figura 3.4).

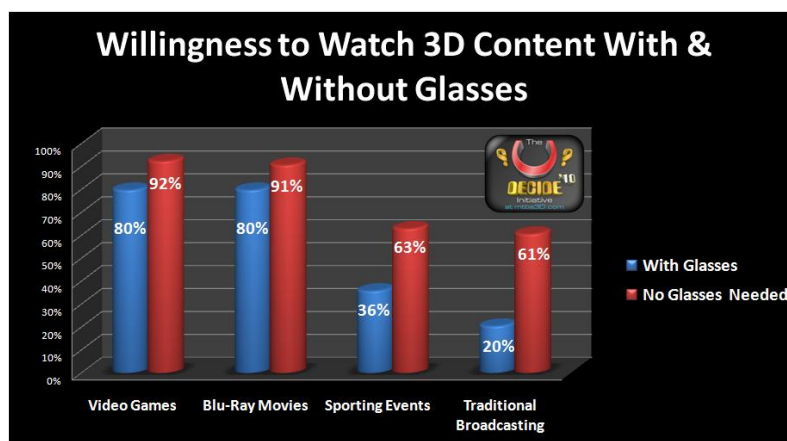


Figura 3.4: Porcentagem de Gamers interessados em conteúdo 3D nos Estados Unidos. Ordenado por: videogame, filmes, eventos esportivos e programação normal. Em azul interessados em 3D com óculos, em vermelho sem óculos [SCHNEIDER, 2010].

Os dados foram coletados de 07 de julho à 01 de outubro de 2010 e teve co-parceria com Panasonic, Electronic Arts, Ubisoft, Steelseries, Zalman, Blitz Games Studios, Computer Power User, e Meant to be Seen. Dos entrevistados 75% moram na América do Norte, 15% são da Europa, e os 10% restantes de outras partes do mundo [SCHNEIDER, 2010].

Outra pesquisa realizada pela Consumer Electronic Association revelou que 27% dos gamers (jogadores freqüentes) estão dispostos a comprar uma televisão 3D para jogar [FILHO, 2010].

Um fato que deve se levar em conta é a de que quando uma pessoa está jogando ela concentra toda a sua atenção para a tela devido a sua interação com o jogo, diferente de quando ela assiste à televisão, atividade a qual pode associar a outras ao mesmo tempo, o que faz com que os óculos interfiram mais para essas pessoas, do que para os jogadores.

Podemos concluir com a análise destas pesquisas de que dentre os possíveis nicho de mercado do 3D estereoscópico, os jogadores de videogames são os maiores interessados na tecnologia estereoscópica, o que valida a proposta de aplicação da profundidade como elemento que interfere na jogabilidade.

4.4 Análises

Nesta seção serão analisados os pontos negativos dos videogames que utilizaram os efeitos estereoscópicos (seção 3.2), tentando demonstrar que a tecnologia estereoscópica está mais madura nos videogames atuais.

O Vectrex (subseção 3.2.1) foi descontinuado cedo devido ao crash dos videogames de 1984. Os videogames estão hoje consolidados no mercado, apesar de haver quedas nas vendas em algumas épocas, é um mercado já amadurecido que dificilmente sofrerá uma crise como a que fechou a Atari em 1984, que foi causada principalmente pela defasagem tecnológica e falta de conteúdo, haja vista que os videogames atuais utilizam o máximo da tecnologia disponível e os jogos estão cada vez mais inovadores e diversificados [AGUILA, 2007].

O Master System I (subseção 3.2.2) trazia bons efeitos estereoscópicos, porém seus óculos falharam devido à falta de bons jogos. Chegou a utilizar os efeitos de profundidade como recurso integral no jogo Blade Eagle 3D, porém devido aos fracos efeitos estereoscópicos neste jogo sua jogabilidade foi afetada diretamente, por isso não fez muito sucesso. Esse é um fator que deve ser levado em consideração na produção de jogos que utilizem a profundidade como recurso integral, a mesma deve ser convincente e ser percebida pelo jogador, haja vista que os efeitos estereoscópicos interferirão diretamente na jogabilidade do jogo.

O Virtual Boy (subseção 3.2.3) fracassou devido à 6 fatores segundo ZACHARA [2009]: ser um produto sem identidade, baixa qualidade de imagem, efeitos negativos ao se jogar por muito tempo, falta de jogos multiplayer, dificuldade de divulgação e falta de um jogo de grande sucesso.

Os videogames atuais têm identidade e mercado definido, por não serem videogames exclusivamente de jogos estereoscópicos, já conquistaram seu público, pesquisas afirmam que os jogadores tem interesse em jogos estereoscópicos (seção

4.3). A qualidade gráfica dos jogos atuais são impressionantes, principalmente os que alcançam resoluções Full HD (1920 x 1080 pixels) como no caso do Playstation 3 (subseção 3.3.2), mesmo que para executar jogos em 3D necessite baixar sua resolução para HD (1280 x 720 pixels), sua imagem não deixa de possuir altíssima resolução e com certeza traz um grau de realidade e imersão impressionantes; o Nintendo 3DS (subseção 3.3.3), ao contrário do console da Sony, trará sua versão 3D com uma resolução maior do que seu antecessor, enquanto o DSi tem uma resolução de 256x192 pixels [FONSECA, 2010] o novo portátil da Nintendo tem 400x240 pixels de resolução.

Para algumas pessoas visualizar as imagens estereoscópicas por um período prolongado de tempo ainda têm efeitos negativos, como dor de cabeça e cansaço visual, porém já é um efeito muito menor do apresentado pelo Virtual Boy, que pausava o jogo automaticamente após 15 ou 30 minutos, devido a possíveis problemas que poderiam ser causados para o jogador, e não são todas as pessoas que sentem efeitos colaterais com a tecnologia atual, que se devem mais ao fato do problema de convergência (subseção 2.4.1) do que a tecnologia em si. No que diz respeito a falta de jogos multiplayer a maioria dos jogos atuais possui essa opção, seja no próprio console, seja via internet com ou sem fio. A divulgação dos jogos estereoscópicos já não é uma barreira, segundo pesquisas [GFK, 2010] 62% dos usuários brasileiros sabem da existência de televisão 3D no mercado, além do mais as lojas podem colocar mostruários para que os consumidores possam testar o produto antes de levar pra casa.

Um jogo de grande sucesso para um videogame estereoscópico com certeza deverá ser um jogo que utilize o efeito de profundidade. Outro jogo de sucesso, por mais que fique com um visual melhor em 3D, ainda poderá ser jogado no modo 2D, porém um jogo exclusivo 3D fará com que os consumidores tenham vontade de adquirir o kit 3D para poder jogar aquele determinado jogo de sucesso.

Fazendo uma comparação com o cinema, antes de Avatar já haviam sido lançados diversos filmes utilizando a tecnologia estereoscópica, porém, apesar do relativo sucesso dos filmes, nenhum chegou a ser sucesso pelo fato de ser em 3D, porém Avatar, que foi projetado desde o início das gravações em 3D, foi a maior bilheteria de todos os tempos, e ajudou a tecnologia a ganhar destaque e podendo estar entrando na sua 2ª era de ouro [COTILHO, 2010].

5 Conclusão

No capítulo 2 foi feita uma introdução a estereoscopia, seus fundamentos e técnicas de reprodução artificial, bem como possíveis problemas destas técnicas. No capítulo seguinte foi feito um breve relato histórico da tecnologia e apresentados os videogames que utilizaram essa tecnologia no passado, demonstrando principalmente seus pontos negativos, bem como os videogames que a disponibilizam no presente.

No capítulo 4, foram trazidos alguns conceitos de jogos, de como são classificados os elementos que os compõem e o que deve possuir o documento inicial da produção de um jogo, depois foi feita uma análise do jogo Asteroids, que foi produzido para trazer o efeito estereoscópico como recurso integral, fazendo com que o jogador utilize a profundidade para se localizar dentre os três planos em que se passa o jogo. Foi ainda apresentada uma pesquisa para demonstrar que a estereoscopia é uma tecnologia almejada pelos jogadores e, por último, foram feitas análises dos problemas encontrados nos videogames que não obtiveram o sucesso esperado ao utilizar a tecnologia 3D.

No decorrer do desenvolvimento destes capítulos, tendo em vista todo o levantamento bibliográfico e a análise feita, pode-se concluir que além de viável, a integração da estereoscopia e da jogabilidade é uma prática que agrega valor ao jogo, trazendo novas possibilidades de entretenimento, com novos desafios a serem explorados. Ao incluir a profundidade no desenvolvimento do Game Play para que a mesma possa ser utilizada como um recurso integral e não apenas como chrome, é apresentado ao desenvolvedor uma nova dimensão que não pode ser obtida ao produzir jogos em 2D, além de trazer maior realismo e imersão ao jogador, esta dimensão pode ser explorada de diversas outras maneiras, como fazer o jogador localizar objetos em planos diferentes, visualizar a profundidade de um alvo para conseguir acertá-lo ou fazer um labirinto em três dimensões.

Os videogames que suportam jogos estereoscópicos atualmente têm diversas vantagens em relação aos consoles anteriores, como imagens de alta definição, mercado consolidado e um maior conhecimento dos jogadores sobre 3D estereoscópico. Um jogo com estereoscopia integrada à jogabilidade poderá ser reproduzido apenas em videogames que suportem a estereoscopia e pode ser a

peça chave para alavancar os jogos estereoscópicos, assim como Avatar, um filme pensado com efeitos estereoscópicos desde o início, fez no cinema 3D.

O protótipo de TOMOYOSE [2009] para prova de conceito foi de grande importância para demonstrar de que é uma técnica inovadora e com inúmeras possibilidades, ao conseguir dar uma nova jogabilidade a um jogo clássico como Asteroids, sem mudar os objetivos originais do jogo. Ficou provado também que, apesar da percepção dos diferentes níveis em que se encontram os asteróides não serem imediatos, após um período de adaptação o jogador consegue executar as ações dentro do jogo de modo correto e aproveitar todas as experiências proporcionadas pelo jogo.

Assim podemos esperar que jogos para Playstation 3, computador (utilizando o Nvidia 3D Vision) e Nintendo 3DS, além de futuros videogames que suportem e disponibilizem o 3D estereoscópico, poderão ter um desenvolvimento diferenciado, trazendo ao jogador uma melhor experiência e maiores desafios.

6 Referências Bibliográficas

- AGUILA, Paulo Sérgio Ruiz Del. **Mercado de Jogos**. 2007. <http://www.cin.ufpe.br/~fab/cursos/metodologia-graduacao/2006-2/monografias/paulo-sergio.doc>. Acessado em 07 nov. 2010.
- ALUCARD. **A história do Master System**. 2006. Disponível em <http://gamehall.uol.com.br/site/a-historia-do-master-system>. Acessado em 10 out. 2010.
- ANDRADE, Leonardo Antonio. **Difusão de Filmes Estereoscópicos**. 2008. Disponível em: <http://www.ufscar.br/rua/site/?p=657>. Acessado em 24 out. 2010.
- BITTENCOURT, João Ricardo. ET. Al. **Desenvolvimento de jogos 3D: Concepção, design e programação**. 2005. Disponível em <http://200.169.53.89/download/CD%20congressos/2005/SBC%202005/pdf/arq0286.pdf>. Acessado em 31 out 2010.
- CARDOSO, André. **TV 3D chega ao Brasil**. 2010. Disponível em <http://tecnologia.ig.com.br/noticia/2010/04/26/tv+3d+chega+ao+brasil+9466170.html>. Acessado em 30 out. 2010.
- CATTASSINI, Lais. **Óculos 3D pode causar conjuntivite**. Jornal da Tarde. 18 de março de 2010. Disponível em <http://www.jt.com.br/editorias/2010/03/18/ger-1.94.4.20100318.13.1.xml>. Acessado em 02 out. 2010.
- CORTÉS, Enrique Criado-Sors. **Compreender os Prós e Contras do Cinema Estereoscópico**. 2008. Disponível em http://estereoscopia3d.files.wordpress.com/2008/10/proscontras3d_henriquecriado.pdf. Acessado em 02 out. 2010.
- COTILHO, Ricardo Freire. et. Al. **Televisão 3D**. 2010. Disponível em http://www.img.lx.it.pt/~fp/cav/ano2009_2010/Trabalhos_MEEC_2010/Artigo_MEEC_3/documentos/televisao_3d.pdf. Acessado em 24 out. 2010.
- CRAIG, Harris. **Everything We Know About the 3DS**. 2010. Disponível em <http://ds.ign.com/articles/109/1094930p1.html>. Acessado em 23 out. 2010.
- ELDRED, James B. **An In-Depth Look at Gaming's 3D History**. 2010. Disponível em <http://gamerant.com/gaming-3d-history-games-james-14792>. Acessado em 12 out. 2010.
- FILHO, Fernando Souza. **Estudo alerta que sucesso da TV 3D passa pelo videogame**. 2010. Disponível em <http://tecnologia.br.msn.com/especiais/artigo.aspx?cp-documentid=24616353>. Acessado em 07 nov. 2010.
- FONSECA, Wilian. **Novos eletrônicos: Nintendo DSi XL**. 2010. Disponível em <http://www.baixaki.com.br/info/3784-novos-eletronicos-nintendo-dsi-xl.htm>. Acessado em 06 nov. 2010.
- GFK. **Apesar dos modelos 3D, brasileiro prefere TV de LCD/Plasma**. 2010. Disponível em <http://www.administradores.com.br/informe-se/tecnologia/apesar-dos-modelos-3d-brasileiro-prefere-tv-de-lcd-plasma/37670/>. Acessado em 13 nov. 2010.

JUNIOR, Amilton. **3D Sem óculos? Conheça a tecnologia autoestereoscópica.** 2010. Disponível em <http://www.dicasemgeral.xpg.com.br/dicas-em-geral/12193/3d-sem-oculos-conheca-a-tecnologia-autoestereoscopica/> [Acessado em set. 2010].

KOLLER, John. **The Ultimate 3D Experience: Stereoscopic 3D Gaming on PlayStation 3 Available Tomorrow.** 2010. Disponível em <http://blog.us.playstation.com/2010/06/09/the-ultimate-3d-gaming-experience-stereoscopic-3d-gaming-on-playstation-3-available-tomorrow>. Acessado em 23 out. 2010.

LEAL, Renata. **É hora do 3D.** Revista Info Exame. Maio, 2010, p. 26/41.

LOWE, Scott. **Guide to Gaming in 3D.** 2010. Disponível em <http://gear.ign.com/articles/112/1126407p1.html>. Acessado em 23 out. 2010.

MACHADO, Liliane dos Santos. **A Realidade Virtual em Aplicações Científicas.** Dissertação de Mestrado. Abril de 1997. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais [INPE-6389-TDI/605]. Disponível em http://www3.di.ufpb.br/liliane/publicacoes/1997_dissertacao.pdf. Acessado em 04 out. 2010.

MIGUEL, Ricardo. **Como funciona o sistema 3D.** 2010. Disponível em <http://www.tecnologiadoglobo.com/2010/05/como-funciona-sistema-3-dimensoes>. Acessado em 04 out. 2010.

NVIDIA. **Nvidia 3D Vision.** 2010. Disponível em <http://www.nvidia.com/object/3d-vision-main.html>. Acessado em 13 set. 2010.

NINTENDO. **Nintendo 3DS.** 2010. Disponível em <http://e3.nintendo.com/3ds>. Acessado em 23 out. 2010.

PERLIN, Ken. **An Autostereoscopic Display.** 2000. Disponível em <http://www.mrl.nyu.edu/publications/autostereo/autostereo.pdf> [Acessado em set. 2010].

REUTERS. **TV 3D com necessidade de óculos não atrai consumidor japonês.** 2010. Disponível em <http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2010/07/consumidor-do-japao-nao-tem-interesse-em-tv-3d-quatro-olhos.html>. Acessado em 02 nov. 2010.

ROOLLINGS, Andrew et al. **Game Architecture and Design: A New Edition.** 2004. New Riders Games, p. 43-45.

SANTOS, Eduardo Toledo. **Uma proposta para o uso de sistemas estereoscópicos modernos no ensino de geometria descritiva e dês. Técnico.** 2000. Disponível em http://www.pcc.usp.br/toledo/pdf/graphica2000_estereo.pdf. Acessado em 04 out. 2010.

SCHNEIDER, Neil. **U-Decide 2010 Preliminary Results (GDC Online 3D Summit).** Disponível em http://www.gamasutra.com/blogs/NeilSchneider/20101006/6142/U-Decide_2010_Preliminary_Results_GDC_Online_3D_Summit.php. Acessado em 02 nov. 2010.

SIRGADO, Bruno. **PS3 – 3D Obriga a descida de resolução.** 2010. Disponível em <http://ez.mygames.pt/ps3/conducao/wipeouthd/noticia/ps3-3d-obriga-a-descida-da-resolucao-12295>. Acessado em 23 out. 2010.

SISCOOTTO, Robson Augusto; et. AL. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada.** Livro do pré Simpósio “VIII Symposium on Virtual Reality”.

Disponível em http://romerotori.org/Fundamentos_e_Tecnologia_de_Realidade_Virtual_e_Aumentada-v22-11-06.pdf. Belém, 2006.

STRICKLAND, Jonathan. **Como funciona a Realidade Virtual**. 2010. Disponível em <http://eletronicos.hsw.uol.com.br/realidade-virtual8.htm> [Acessado em 12 set. 2010].

STRICKLAND, Jonathan. **Como funciona a TV 3D**. 2010. Disponível em <http://eletronicos.hsw.uol.com.br/tv-3d2.htm> [Acessado em set. 2010].

SZENBERG, Flávio; et. Al. **Visão Estereoscópica**. 2005. Disponível em http://www.tecgraf.puc-rio.br/~abraposo/INF1366/2005/07_estereoscopia.pdf. Acessado em 02 out. 2010.

TOMMAZELLI, Antonio M. G. **Fotogrametria Básica – Esteroscopia e Paralaxe**. 2009. Disponível em http://www4.fct.unesp.br/docentes/cartotomaseli/Fotogrametria_1/arquivos_pdf_2009/FOTO5_6_2009.pdf [Acessado em Set. 2010].

TOMOYOSE, Alexandre N. et al. **Integração da Estereoscopia à Mecânica de Jogos**. 2009. Disponível em http://wwwusers.rdc.puc-rio.br/sbgames/09/_proceedings/dat/_pdfs/artedesign/60211.pdf. Acessado em 25 set. 2010.

VECTREX MUSEUM. **Vectrex 3D Imager Googles**. 2009. Disponível em <http://vectrexmuseum.com>. Acessado em 19 out. 2010.

VIDEO GAME CRITIC. **Sega Master System Reviews**. 2007. Disponível em <http://www.videogamecritic.net/masterinfo.htm>. Acessado em 11 out. 2010.

VGDB. **Vectrex 3D Imager**. Disponível em <http://vgdb.vectrex.com/vgdb/3dimager.html>. Acessado em 22 out. 2010.

WIKIPEDIA. **Vectrex**. 2010. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Vectrex>. Acessado em 19 out. 2010.

YOUTUBE. **Vectrex 3D Sector-X**. 2010. Disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=imhbTB8AXKs>. Acessado em 22 out. 2010.

ZACHARA, Matt. ZAGAL, José P. **Challenges for Success in Stereo Gaming: A Virtual Boy Case Study**. Editora ACM, New York: 2009.

ZANNI, Marco Aurélio. **Óculos da Nvidia transformam jogos em 3D**. Disponível em <http://info.abril.com.br/reviews/hardware/acessorios/oculos-da-nvidia-transformam-jogos-em-3d.shtml>. Acessado em 24 out. 2010.