

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM DESIGN E
EXPRESSÃO GRÁFICA**

Flávio Andaló

**A ANIMAÇÃO EM *DISPLAYS* IMERSIVOS:
DA TEORIA À PRÁTICA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em design e expressão gráfica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Design e Expressão Gráfica, área de concentração em gestão estratégica do design gráfico.

Orientador: Prof. Dr. Milton Luiz Horn Vieira

Florianópolis

2011

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

A543a Andaló, Flávio

A animação em displays imersivos [dissertação] : da teoria à prática / Flávio Andaló ; orientador, Milton Luiz Horn Vieira. - Florianópolis, SC, 2011.

92 p.: il., grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Comunicação e Expressão. Programa de Pós-Graduação em Design e Expressão Gráfica.

Inclui referências

1. Desenho industrial. 2. Animação por computador. 3. Realidade virtual. 4. Ambiente virtual. I. Vieira, Milton Luiz Horn. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Design e Expressão Gráfica. III. Título.

CDU 744.42

Flávio Andalo

**A ANIMAÇÃO EM *DISPLAYS* IMERSIVOS:
DA TEORIA À PRÁTICA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “mestre”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Design e Expressão Gráfica.

Florianópolis, 1º de junho de 2011.

Prof. Eugenio Merino, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Milton Luiz Horn Vieira,
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Ricardo Triska,
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dr.^a Mônica Stein,
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Nelci Moreira de Barros,
Fundação Getúlio Vargas

Dedico este trabalho à minha família:
meu filho Lucas, minha esposa
Mônica, meu pai Alberto, meu
padrasto Tonho, meu irmão Léo e, em
especial, minha mãe Lucia, quem mais
me incentivou a seguir o meio
acadêmico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de forma direta ou indireta me incentivaram a seguir em frente e se aventurar nesse mestrado.

Ao meu filho Lucas e minha esposa Mônica, que me apoiaram de modo consciente ou inconsciente durante todo o mestrado e me aturaram no dia a dia.

À minha família, meu pai, meu irmão, meu padrasto, e todos que sempre me incentivaram nessa caminhada.

Um agradecimento especial para a minha mãe que sempre me incentivou, me motivou, me ajudou e me cobrou em todos os momentos desde antes do mestrado até a conclusão dessa dissertação.

Agradeço a todas as ondas que eu surfei e me ajudaram a deixar a cabeça boa!

Ao meu orientador Milton que me ajudou em tudo o que eu precisei desde o começo até o final.

À Capes pela bolsa Reuni.

Uma imagem vale por mil palavras; um modelo,
por outro lado, vale por mil imagens.

(Harley J. Earl)

RESUMO

A imersão pode ser atingida de diversas formas, como por exemplo, pela utilização de *displays* imersivos que vão de duas pequenas telas em frente aos olhos de um usuário, até a projeção em domos para diversas pessoas. Os locais onde se aplicam esses *displays* recebem várias designações, entre elas *virtuário*, *cyber theater*, *cyber dome* e, a mais popular, caverna digital. O presente trabalho busca realizar um estudo sobre a criação de animações a serem utilizadas em *displays* imersivos, sejam elas utilizadas para o entretenimento, sejam para a educação. Em comum, temos o interesse de colocar o espectador em um ambiente imersivo, tridimensional, que prenda a sua atenção e consiga aumentar o grau de compreensão do que está sendo apresentado. Este trabalho tem um foco na análise dos diferentes *displays* imersivos e outra na criação de conteúdo a ser exibido por estes, com os métodos e possibilidades disponíveis. Os estudos foram realizados no planetário da UFSC que, embora seja chamado de planetário digital, constitui de fato uma caverna digital que possibilita a exibição de qualquer tipo de conteúdo.

Palavras-chave: animação, imersão, caverna digital.

ABSTRACT

Immersion can be achieved in several ways, including through the use of immersive displays ranging from two small screens in front of the eyes of a user, to the projection domes for different people. The places where they apply these displays receive several designations, including virtuary, cyber theater, cyber dome, and the most popular digital cave. This study aims to conduct a study on creating animations for use in immersive displays, whether used for entertainment or for education. In common, there is the interest in putting the viewer in an immersive environment, three dimensional, that holds their attention and can increase the degree of understanding of what is being presented. This work has focused on an analysis of the different immersive displays and another in the creation of content to be displayed by them, on the methods and possibilities available. The studies were conducted in UFSC's planetarium that even though it is called a digital planetarium, is actually a cave that allows the digital display of any type of content.

Keywords: Animation, Immersion, Digital Cave.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vista do ângulo de visão humano para os dois olhos	30
Figura 2: VFX1 e sua caixa como era vendido em 1996	40
Figura 3: O sistema VFX1 acompanhado do dispositivo chamado “cyber-puck”	41
Figura 4: sistema ótico para focar os LCDs do VFX1	41
Figura 5: HMD fabricado pela Vuzix desde 2007 voltado ao consumidor doméstico, mas com os mesmos princípios do VFX1.....	43
Figura 6: foto da caverna digital da Universidade de São Paulo.....	46
Figura 7: foto do sistema Xphere em demonstração	48
Figura 8: gráfico da evolução do total de salas com projeção digital em domo.	50
Figura 9: sistema Digistar 3 e esquema de funcionamento e montagem da cúpula unidirecional.	51
Figura 10: vista do planetário da UFSC, com a mesa de controle em primeiro plano e o sistema de projeção no centro.....	52
Figura 11: vista da lente olho de peixe e do sistema com dois projetores do planetário da UFSC.....	53
Figura 12: Tela de controle do sistema <i>Digistar 3</i>	54
Figura 13: sistema de projeção em domo com espelho esférico	55
Figura 14: corte lateral e foto do sistema iDome	56
Figura 15: representação da posição do texto Hello “World!” utilizando a coordenada esférica “0 20 5”	60
Figura 16: exemplo de um quadro do programa “O Príncipe sem nome”, mostrando um exemplo de distorção do tipo lente olho-de- peixe.	63
Figura 17: esquema de montagem das cinco câmeras no ambiente 3D. 64	
Figura 18: exemplos de <i>slides</i> digitalizados e tratados	67
Figura 19: imagem gerada por RTT e sua aplicação em tempo real.	70
Figura 20: imagem gerada de um ambiente 3D a partir de uma câmera esférica e sua aplicação como ambiente virtual	70
Figura 21: fotos do “Príncipe sem nome” utilizando <i>rendering</i> em tempo real sendo projetado no planetário da UFSC.....	71
Figura 22: vista da imagem gerada com a lente olho-de-peixe, sua aplicação no domo e uma visão dessa aplicação do ponto de vista do observador.	72
Figura 23: fotos do “Príncipe sem nome” utilizando <i>rendering</i> pré- processado sendo projetado no planetário da UFSC.	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAVE – *Cave Automatic Virtual Environment*: Ambiente virtual automático em caverna. Trata-se de uma sala com telas nas laterais, no teto e no chão que recebem projeção por trás para criar um ambiente virtual. Inclui sensores de movimento dos participantes para uma maior interação e faz referência ao “mito da caverna” de Platão (Neira et al., 1993)

IMAX – Acrônimo para *Image MAXimum* e é a marca registrada da empresa *Imax Corporation*. Inicialmente definia filmes que utilizavam películas com base de 70mm por 48,5mm de altura para projeção em telas de grande tamanho, substituído nos tempos atuais por um sistema digital em alta definição.

SIGGRAPH – *Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques*: Grupo de Interesse Especial em Computação Gráfica e Técnicas Interativas; faz parte da ACM (*Association for Computing Machinery's* – Associação para os mecanismos computacionais) e promove anualmente seu congresso que é mundialmente o maior e mais importante congresso de computação gráfica, incluindo palestras, apresentação de artigos, de novos equipamentos e produtos relacionados.

FOV – *Field Of View*: Ângulo de visão que pode ser o de uma pessoa, da lente de uma câmera ou de uma tela relativo ao nosso ângulo de visão, ou seja, o quanto do nosso ângulo de visão é preenchido.

HDRI – *High Dynamic Range Image*: imagem de alto alcance dinâmico; são imagens que utilizam em sua profundidade de cor um alcance muito maior que nas imagens comuns de 8-bit por canal, limitadas entre o preto e branco em 256 tons. Com isso as imagens HDRI registram a intensidade da iluminação em vez de apenas registrar o espectro visível da luz, sendo utilizada entre outros para iluminar objetos em cenas 3D.

HMD – *Head Mounted Display*: display fixado na cabeça posicionado em frente ao olho, costuma vir acompanhado de sensor de movimento e também é chamado de capacete de realidade virtual.

VESA – *Video Electronics Standards Association*: associação internacional fundada em 1989, responsável por criar padrões para a indústria de eletrônicos e informática.

LCD – *Liquid Cristal Display*: *display* de cristal líquido, usado nos mais diversos sistemas, de pequenas telas até grandes televisões.

S-Video – *Separate Video*: é o padrão de transmissão de vídeo criado pela empresa JVC em 1987 em conjunto com o padrão S-VHS, uma

evolução em qualidade ao padrão VHS lançado em 1976. Este padrão transmite separados os canais de iluminância e de crominância, proporcionando uma imagem melhor que os padrões que transmitem os sinais juntos, chamados de vídeo composto. Este padrão está registrado como IEC 60933-5. (Jack, 2007, p.69)

USB – *Universal Serial Bus*: sistema de conexão de periféricos e conexão de dados em um computador desenvolvido por um consórcio de empresas. Transmite a informação de forma serial com três velocidades-limite de acordo com a versão: 12 Mbps (v1.1 lançada em 1998), 480 Mbps (v2.0 lançada em 2000) e 4,8 Gbps (v3.0 lançada em 2009). É o sistema de conexão mais utilizado atualmente, presente em todos os computadores pessoais vendidos no mercado.

RGB – *Red Green Blue*: padrão de cor que mescla as cores vermelha, verde e azul.

FPS – *Frames Per Second*: quadros por segundo, é taxa utilizada para a exibição de vídeos que varia entre 24 fps para filme, 25 fps para vídeo padrão PAL, 30 fps para vídeo padrão NTSC e 60 fps para animação em tempo real.

GB – *Gigabyte*: unidade equivalente a um bilhão de bytes ou 8 bilhões de bits, já que um byte equivale a 8 bits.

MB – *Megabyte*: unidade equivalente a milhão de bytes ou 8 milhões de bits.

ABL – Associação Brasileira de Planetários.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	21
1.1	PROBLEMAS DE PESQUISA	24
1.2	OBJETIVOS	24
1.2.1	OBJETIVO GERAL	24
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
1.3	JUSTIFICATIVA	25
1.4	DELIMITAÇÃO.....	26
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	27
2.1	IMERSÃO E DISPLAYS IMERSIVOS	27
2.2	A ANIMAÇÃO E DISPLAYS IMERSIVOS.....	31
3.	<i>DISPLAYS IMERSIVOS</i>	37
3.1	<i>DISPLAYS DE PEQUENA ESCALA</i>	37
3.2	<i>DISPLAYS DE MEDIA ESCALA</i>	44
3.3	<i>DISPLAYS DE LARGA ESCALA</i>	48
4.	A PRODUÇÃO DE ANIMAÇÃO PARA DOMOS.....	57
4.1	UTILIZANDO CONTEÚDO EM TEMPO REAL.....	57
4.2	UTILIZANDO CONTEÚDO PRÉ-PRODUZIDO.....	62
4.3	ADAPTAÇÃO DA APRESENTAÇÃO “O PRÍNCIPE SEM NOME”	66
4.4	ADAPTAÇÃO DA APRESENTAÇÃO “A QUINCA, O PITITI E O ALBIREU”	75
5.	CONCLUSÃO.....	79
	REFERÊNCIAS	81
	ANEXO A.....	91

1. INTRODUÇÃO

A evolução na área de entretenimento e educação multimídia busca cada vez mais imagens com maior definição e qualidade de áudio. Estamos passando pelo surgimento da TV digital e sua popularização, com imagens em alta-definição, som multicanal e conteúdo interativo. As telas das televisões vêm crescendo a cada nova geração, assim como as telas de cinema tiveram um aumento de tamanho, buscando produzir no espectador a sensação de estar dentro do que está se passando na tela. Para aumentar essa sensação é utilizado o recurso da estereoscopia¹ bem como de projeções que, em vez de ocorrerem em telas planas, envolvem o espectador em um domo, buscando a maior imersão possível. Além de projeções em domos, temos também a imersão ao colocar telas que envolvem o usuário. Estas podem ser tanto uma única tela em frente ao olho, bem como diversas telas preenchendo a parede de uma sala. Portanto temos algumas opções de *displays*² que proporcionam sensação de imersão ao usuário e, portanto, são chamados *displays* imersivos.

Segundo Lantz (2007), os *displays* imersivos podem ser classificados em três categorias relativas ao tamanho e a quantidade de pessoas que podem participar da imersão:

Pequena escala, *displays* para um único usuário (*displays* apoiados na cabeça e *displays* estereoscópicos para computadores pessoais); *displays* de média escala desenvolvidos para pequenos números de usuários colaborativos (CAVEs, centros de realidade e paredes alimentadas); e *displays* de larga escala desenvolvidos para experiências de imersão em grupo (IMAX, simuladores de passeios, domos). (Lantz, 2007, p. 1, tradução livre do autor)

As grandes telas de cinema surgiram no começo dos anos de 1970 pelo padrão *IMAX* utilizando filmes de 70mm em vez do padrão de

¹ Estereoscopia é o efeito que ocorre quando o olho humano visualiza duas imagens diferentes, uma em cada olho, proporcionando uma sensação de visão 3D. Esse efeito pode ocorrer de diversas maneiras diferentes a serem apresentadas no decorrer do trabalho.

² Display tem como sinônimo mostrador – parte de um aparelho (Houassis et al., 2001) e pode ser desde telas (de computador, de televisão) ou uma projeção (cinema, domo, etc).

35mm utilizado em cinemas convencionais. O filme maior resultou em uma resolução maior, permitindo projetar em telas também maiores do que as convencionais, derivando para a projeção em cúpulas, ainda nos anos de 1970, chamado de *IMAX Dome*. Este tipo de projeção se iniciou em planetários, aproveitando a estrutura já existente, buscando complementar as apresentações convencionais com filmes que envolvessem os espectadores, evoluindo para a criação de apresentações imersivas exclusivas para projeções em domos.

Enquanto o equipamento tinha seu funcionamento por sistemas analógicos, a criação de conteúdo para projeção em cúpula sempre dependeu de uma câmera com filme de 70mm e nunca obteve grande popularidade já que produzir filmes com película de 70mm significava um custo maior se comparado com o padrão estabelecido pelo cinema, que usava película de 35mm. Usar uma película com o dobro do tamanho aumentava o custo de todo o equipamento necessário, já que se tornava necessário o uso de câmeras e projetores feitos exclusivamente para esse formato, além do custo maior da própria película em si. Com a evolução da tecnologia ocorreu a transição do modo analógico para o digital, inicialmente com alto custo, tanto de produção como do equipamento, e uma qualidade inferior ao analógico. Porém outras empresas passaram a criar equipamentos destinados à projeção em cúpula e, conforme a tecnologia foi evoluindo, a qualidade do equipamento digital conseguiu ficar a par com os sistemas analógicos, chegando atualmente a um custo menor e um acesso maior à produção de conteúdo. Além disso, a utilização do equipamento digital nos permite criar um ambiente imersivo e, ao mesmo tempo, interativo, onde as pessoas deixam de ser apenas espectadoras e passam a interagir com o que está sendo exibido. É deste tipo de ambiente interativo que surge a denominação de caverna digital.

Além da empresa canadense IMAX, outras empresas desenvolveram equipamentos para a criação destes ambientes virtuais imersivos, com um total de 18 empresas atualmente (Lantz, 2008). Entre elas destaca-se a americana *Evans & Sutherland*, que criou sua divisão de cinema digital em 1980 e implantou o primeiro planetário digital em 1983 (Lantz, 2002). Desde então vem se destacando como fornecedora de projetores para cúpulas tanto para a área do entretenimento como para a área da educação, sendo a responsável pelo atual equipamento instalado no planetário da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Visto que inicialmente estes projetores surgiram para substituir os sistemas óticos existentes nos planetários, seu sistema possui todo um sistema de planetas, estrelas, constelações, etc. para projetar no domo o

mesmo que planetários óticos. Portanto, é o equipamento que faz a transição dos planetários do sistema analógico para o digital, e por isso muitas vezes é chamado apenas de planetário digital, o que não seria correto visto que este tipo de equipamento pode ir muito além das projeções costumeiras de um planetário e, caso seja utilizado exclusivamente para este fim, tal equipamento acaba sendo subutilizado. Sistemas de projeção em domos digitais que equipam os planetários modernos são verdadeiras cavernas digitais, e conhecer mais sobre a criação de conteúdo para este ambiente virtual pode ajudar na expansão destes locais, propiciando o surgimento de novas salas de aula com conteúdo imersivo, tridimensional e criado de acordo com as necessidades de cada público alvo.

Como citado anteriormente, a primeiras projeções em domo, com o pioneiro *IMAX Dome*, o conteúdo a ser apresentado deveria ser pré-filmados e editados, como um cinema comum, porém imersivo. Já os sistemas digitais podem exibir qualquer tipo de material, desde fotos e filmagens, até animações 3D que podem ser previamente *renderizadas* ou criadas em tempo real, onde o espectador pode apenas assistir à projeção ou interagir com o ambiente virtual imersivo. Os equipamentos necessários para a produção de conteúdo para projeção em domo variam conforme o que se pretende reproduzir: é possível utilizar filmagens ou fotografias em uma projeção imersiva; para isso é necessária uma câmera fotográfica ou filmadora de alta definição, que hoje já se encontram com preços acessíveis (até mesmo para usuários amadores ou produções de baixo custo), equipadas com uma lente do tipo olho-de-peixe. O processamento destas imagens pode ser feito em um computador comum, bastando ter os *softwares* necessários instalados. É possível também produzir animações 3D para este tipo de projeção, para isso o equipamento também inclui um computador comum, novamente com os *softwares* necessários. Equipamentos com maior capacidade de processamento diminuem o tempo de produção, mas ainda assim o ponto que merece destaque é a redução drástica do custo do equipamento necessário para produzir um conteúdo a ser projetado em um domo na passagem do sistema analógico para o digital.

A criação de animações para estes ambientes virtuais, apesar de partir de conceitos já utilizados desde a animação tradicional, exige novas práticas pelo fato de a animação não ficar restrita a uma tela comum, mas envolvendo os usuários. Um personagem pode passear por todo o domo, um carro pode passar de um lado para o outro e as pessoas podem se sentir dentro de aviões ou viajando em naves espaciais. Além disso, temos ainda a possibilidade de criar animações interativas, mas

para isso é necessário conhecimento da tecnologia utilizada pelos fabricantes, visto que o alto custo de desenvolvimento desses *displays* em larga escala levou à criação de um nicho onde poucas empresas atuam desenvolvendo tecnologia proprietária (Lantz, 2007).

Para colocar em prática os pontos que serão levantados nesse trabalho sobre os *displays* imersivos e a produção de animação para este formato, foi desenvolvida uma animação chamada “O Príncipe Sem Nome”, com base em uma apresentação com o mesmo título que era apresentada em um equipamento analógico de planetário, e utilizando projeção de cromos sem movimento. Foi também feita uma adaptação de uma animação, chamada “Quinca, Pititi e Abireu”, mesclando uma animação feita em formato de DVD com os recursos imersivos do equipamento do planetário.

1.1 PROBLEMAS DE PESQUISA

Com a evolução do poder de processamento dos computadores pessoais, o que é possível produzir utilizando estes equipamentos e softwares comerciais populares na criação de animação para *displays* imersivos? Quais as vantagens e desvantagens da utilização de render interativo ou conteúdo pré renderizado?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Essa dissertação tem o objetivo de analisar tanto os diferentes tipos de projeção imersiva, com foco na projeção em domo, quanto uma animação produzida para esse tipo de projeção.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os diferentes tipos de *displays* imersivos, de forma a apresentar os diversos métodos através dos quais uma produção imersiva pode ser apresentada.
- Fazer uma avaliação da projeção em domo em relação às outras opções de *displays* imersivos, de modo a apresentar em detalhes o funcionamento desse método.

- Apontar princípios que sejam necessários para a criação de animações a serem projetadas em domos, de forma a aumentar a sensação de imersão do espectador.
- Avaliar os métodos de *rendering* para projeção digital em domos e as suas formas de interação com o público.
- Apontar as características dos diferentes métodos de *rendering*, com suas vantagens e desvantagens em cada um, a fim de auxiliar na escolha, buscando o mais adequado para cada situação, com foco no interesse e na viabilidade de cada projeto.
- Desenvolver algumas animações-piloto para colocar em prática os métodos apresentados.
- Adaptar apresentações feitas em planetários analógicos para os sistemas digitais, para avaliar a possibilidade de aumentar a imersão.
- Criar uma referência de produção de conteúdo para ambientes imersivos que possam servir de base para futuras produções em outras instituições de ensino.

1.3 JUSTIFICATIVA

Ambientes virtuais imersivos possuem uma ampla variedade de aplicações com diferentes escalas de projeção: de um display imersivo para um único usuário, até grandes domos que comportam grandes públicos. Este trabalho, ao agrupar o estudo dos diversos tipos de projeções imersivas, poderá servir como ponto de referência para futuros estudos nessa área.

Por outro lado, a criação de conteúdo para estes ambientes virtuais imersivos ainda é pouco conhecida dentro do meio acadêmico, especialmente no Brasil. Como consequência, os *shows* disponíveis são todos produzidos no exterior e apenas dublados para o português. Este trabalho poderá ser um fator, no futuro, que incentive a disseminação da capacidade de criação desse tipo de conteúdo entre as universidades e instituições de ensino, com foco na criação de animações para estes ambientes imersivos, não apenas adaptando animações criadas para apresentações em telas planas, mas apresentando os pontos principais que as diferenciam quando são criadas para um ambiente imersivo. Além de apresentar os pontos técnicos da animação para estes ambientes, este trabalho busca fazer um estudo sobre o tipo de conteúdo a ser criado.

1.4 DELIMITAÇÃO

Pela dificuldade de acesso às diversas opções de sistemas imersivos, a primeira parte do trabalho será uma análise teórica dos diversos sistemas e uma análise prática da projeção em domo. Conforme será apresentado na fundamentação teórica, nos limitaremos aos *displays* que efetivamente envolvam o usuário por serem *displays* efetivamente imersivos baseado no ângulo de visão disponível, descartando assim as telas planas únicas³ como TVs e cinema 3D.

Embora existam diversos fabricantes e desenvolvedores de equipamentos para projeção em domos (Lantz 2007), os trabalhos serão executados utilizando o equipamento que a Universidade Federal de Santa Catarina possui em seu planetário, fabricado pela empresa *Evans & Sutherland* e chamado de Digistar3 SP2. Por viabilidade técnica e financeira, outras soluções estão descartadas no estudo prático. Pelo mesmo motivo, os estudos serão realizados exclusivamente nas apresentações realizadas no Planetário da UFSC, voltadas para escolas de primeiro e segundo grau e para grupos universitários.

Por limitações do equipamento Digistar3, os *softwares* utilizados no desenvolvimento de animações devem ser compatíveis com este. Para isso temos disponível o sistema proprietário da E&S, portanto será utilizado, além de *software* proprietário da Evans & Sutherland para codificação de áudio e vídeo, o *software* Autodesk 3dsmax 2010, pela compatibilidade na troca de arquivos com o uso de um *plugin* desenvolvido pela Evans & Sutherland para este programa. Também será usado o *software* VRay, da Chaos Group, um *plugin* de *rendering* para o 3dsmax que expande suas funcionalidades incluindo, entre outras, uma lente do tipo olho-de-peixe que permite o render a partir de uma única câmera. Para a edição de imagens, áudio e vídeo, será usado o pacote de programas da Adobe chamado de Production Premium CS4, que inclui, entre outros programas, Adobe Photoshop, Adobe Premiere e Adobe After Effects, sendo que este último também possui um *plugin* criado pela Evans & Sutherland para exportar vídeos diretamente para o Digistar3.

³ Consideramos aqui apenas as telas planas únicas quando temos uma única tela plana, já que um conjunto de telas planas dispostas espacialmente podem juntas formarem um display imersivo como o encontrado nas CAVEs.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta dissertação divide a fundamentação teórica em duas partes: primeiramente analisamos a imersão em si e, a partir desta análise, os *displays* que podem ser considerados imersivos. Na segunda parte, analisamos alguns pontos importantes na criação de animações e o que muda ao criarmos animações para *displays* imersivos.

2.1 IMERSÃO E DISPLAYS IMERSIVOS

A imersão é definida por alguns autores como a mudança do estado de consciência quando a pessoa passa a acreditar que está em outro ambiente, quando na verdade está vendo e sentindo um ambiente virtual. Em 1992, na demonstração da CAVE durante a SIGGRAPH, Cruz-Neira et al. definiu a imersão como “o nível de simulação que uma interface de realidade virtual proporciona ao usuário – ao atingir o nível de suspensão da descrença” (Cruz-Neira et. al, 1992), ou seja, quando o usuário já não duvida que a atividade da qual ele está participando está em um ambiente virtual e que aquela realidade passa a ser a verdadeira. Por esse motivo, os autores do estudo sugerem como nome do sistema o termo CAVE:

O nome do nosso teatro de realidade virtual, “CAVE”, é ao mesmo tempo um acrônimo recursivo⁴ (CAVE Automatic Virtual Environment – Ambiente Virtual Automático em Caverna) e uma referência ao “Mito da Caverna”, do livro “A República” de Platão, no qual o filósofo discute inferindo realidade (de forma ideal) a partir de projeções (no caso sombras) na parede da caverna. (Cruz-Neira et. al, 1993, p.135, tradução livre do autor).

⁴ Um acrônimo recursivo é uma abreviatura que refere-se a si mesma na expressão que a simboliza.

Partindo desse princípio, que a imersão ocorre quando temos o senso de realidade alterada, esta pode ser obtida estimulando qualquer dos sentidos, atingindo o máximo quando o ambiente virtual consegue estimular os cinco sentidos. Porém os estudos nessa área convergem para os sentidos visual e auditivo, pois, como pode ser observado em jogos eletrônicos, temos a imersão ao atingir um conjunto de fatores:

Imersão: foco intenso, perda da personalidade, senso de tempo distorcido e ações sem esforço. Criadores de jogos e avaliadores universalmente reconhecem a imersão como um sinal de virtude nos jogos, talvez a virtude central.
(Varney, 2006, tradução livre do autor)

Portanto, embora este trabalho tenha foco na imersão quando o usuário faz parte do ambiente, como a que acontece nas projeções em domo ou nas CAVEs, temos que considerar que um jogo, reproduzido em uma simples tela de computador, acompanhado de áudio, pode ser tão imersivo quanto uma grande projeção em domo. Nesse caso, a imersão se dá pela narrativa: uma boa história pode prender a atenção do usuário o suficiente para que ele esqueça onde está no mundo real, passando o mundo virtual do seu jogo a ser a sua realidade durante essa experiência. Logo, a imersão não precisa ser provida pelo estímulo direto aos nossos sentidos, porém quanto mais nossos sentidos forem estimulados, mais facilitada será a imersão e a sensação de que estamos em outro mundo que não seja o mundo real.

Dessa forma, alguns autores classificam as definições de imersão em dois tipos: perceptual e psicológica.

Pesquisadores que veem a imersão como um fenômeno de percepção referem-se à imersão no nível em que a tecnologia ou a experiência monopolizam os sentidos do usuário. Em contraste, pesquisadores que veem a imersão como um fenômeno psicológico ao invés de um recurso sensorial de um jogo, referem-se à imersão como o envolvimento do jogador em uma “absorção mental” pelo mundo do jogo.
(Jennett et al., 2009, p.2, tradução livre do autor)

Há uma divergência quanto à classificação do tipo de imersão existente em jogos eletrônicos, porém uma pesquisa qualitativa, feita em

2003 com jogadores desse tipo de jogo, resultou em um estudo que concluiu que “existe um conceito em comum sobre a imersão embora não como uma experiência estática, mas que descreve a escala de envolvimento com o jogo” (Brown et al., 2004), e, no caso dos jogos eletrônicos, “dá suporte à idéia da imersão como um fenômeno cognitivo” (Jennett et al., 2009).

Portanto, este trabalho em ambientes virtuais imersivos busca, primeiramente, a imersão perceptual: uma tela que envolva o campo de visão do usuário acompanhada de som que também envolva o usuário, de forma a estimular os sentidos da visão e audição. Dessa forma, nossa imersão se dá de forma física: o usuário está no centro de um ambiente virtual. Como já mencionado, essa forma de imersão começou com equipamentos analógicos nos planetários, passando a filmes projetados em domos. Com o advento de equipamentos digitais, surgiram as projeções individuais com *displays* posicionados em frente ao olho, passando por grandes telas e projeções envolventes, seja em domo, seja em paredes de uma sala. Logo, essa dissertação aborda a imersão quando o usuário visualiza o ambiente virtual por todos os lados, excluindo aquelas em que o usuário está imerso apenas olhando para uma tela, ou seja, as telas estereoscópicas, que vão de *displays* individuais, TVs e cinemas em 3D, não fazem parte do escopo desse trabalho pela limitação do campo de visão, chamado comumente de FOV, do inglês *Field Of View*.

Lantz aborda a relação entre o campo de visão e a imersão em seu artigo “*Future Directions in Visual Display Systems*”, publicado na revista *Computer Graphics* em 1997, apontando o motivo pela qual os *displays* de tela plana não atingem um campo de visão suficiente para uma imersão total:

Dois fatores importantes em um display imersivo são resolução e ângulo de visão. Fidelidade de imagem requer alta resolução, medida em pontos resolvíveis ou pixels efetivos. Imersão requer um FOV amplo. Aumentar o FOV mantendo ao mesmo tempo uma alta resolução requer um aumento em pixels efetivos. (...)

Um monitor de 61 cm (24 polegadas) subtende um FOV horizontal por volta de 43° quando visto a uma distância de 61 cm. O FOV horizontal dos dois olhos é aproximadamente uma elipse com 130° vertical por 200° horizontal (ver Figura 1). Adicione o movimento da cabeça e o nosso campo

horizontal se estende até aproximadamente 270°. É fácil de ver o quão pouco um monitor preenche o nosso campo de visão. Mesmo que façamos o nosso monitor infinitamente largo, ele apenas preencheria um FOV de 180°. Eu chamo isso de limite IMAX – o FOV da visão de um plano muito grande.

(Lantz, 1997, p.39, tradução livre do autor)

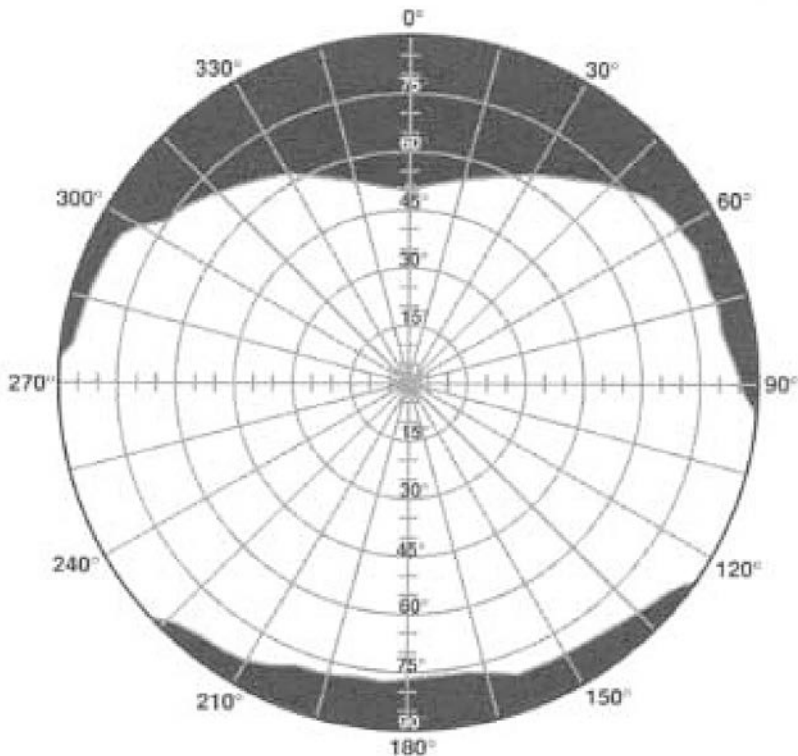


Figura 1: Vista do ângulo de visão humano para os dois olhos

Fonte: Lantz (1997)

Um ponto importante a ser considerado em *displays* imersivos é o mal-estar causado pelo movimento em ambientes virtuais. Todos os *displays* aqui analisados podem causar um mal-estar que varia de pessoa para pessoa, mas que é mais propenso em alguns *displays* como veremos mais adiante ao analisarmos cada um individualmente. As causas desse

mal-estar foram apontadas em um estudo de 1992, onde os autores apontam que:

O movimento humano e a locomoção envolvem uma adaptação dinâmica motora e sensorial à força gravitacional de 1G da terra. O rompimento dessa relação, que depende de uma relação entre o retorno de padrões sensoriais da visão, do tato, do somatosensorial⁵, da acepção⁶ e dos canais semicirculares e órgãos otólitos do labirinto com informação motora sobre os movimentos em curso, leva a uma variedade de erros perceptuais e motores e muitas vezes também ao enjoo causado pelo movimento.

(Bishop et al. 1992, tradução livre do autor)

Portanto, ao trabalharmos com sistemas imersivos ou com qualquer produto que trabalhe com realidade virtual, devemos considerar que algumas pessoas podem sentir mal-estar, variando muito de pessoa para pessoa, mas também de acordo com o tipo do conteúdo que está sendo apresentado e com o tipo de *display* utilizado, porém sem uma referência clara do que pode acontecer. “Não existe uma teoria geral que preveja qual situação será disruptiva, nosogênica ou de difícil adaptação, ou quais indivíduos serão os mais propensos a esses problemas” (Bishop et al. 1992, tradução livre do autor). O enjoo causado pelo movimento tem sido o relato mais comum e é semelhante ao que algumas pessoas sentem andando de carro ou de avião.

2.2 A ANIMAÇÃO E DISPLAYS IMERSIVOS

A produção de animação para *displays* imersivos requer um prévio conhecimento da animação tradicional, bem como das etapas na produção de animação 3D: modelagem, animação, texturização, materiais, iluminação e *rendering*. É necessário também conhecimento em edição e pós-produção de vídeo, tudo isso focado na projeção em domos.

⁵ Nota do autor: o sistema somatosensorial é o responsável pela transmissão das informações sobre o estado geral do corpo e sobre o meio ambiente circundante (Houassis et al., 2001).

⁶ Nota do autor: acepção é sensibilidade própria aos ossos, músculos, tendões e articulações, que fornece informações sobre a estática, o equilíbrio, o deslocamento do corpo no espaço etc. (Houassis et al., 2001).

Para a animação tradicional, Williams (2001) e Blair (1994) explicam todo o processo de animação, desde a concepção dos desenhos até a animação final, sendo Blair um pouco mais prático em suas 224 páginas, enquanto Williams, com 314 páginas, apresenta cada etapa de forma bem ampla e didática, citando diversas vezes como referência antigos animadores da Disney como Ken Harris, Milt Kahl, Art Babbitt, Grim Natwick, Frank Thomas e Bill Tytla, artistas que praticamente definiram como se faz um desenho animado, não buscando o realismo propriamente dito como uma cópia do mundo real, mas alcançando o que eles chamam de “acreditável”, do inglês “*believable*”, que faz as pessoas acreditarem que um rato, um cachorro ou até uma vassoura, podem ter vida conforme o animador cria os seus movimentos. Williams menciona, em seu livro, as vantagens da animação por computador, e como a eliminação do desenho do *inbetween*⁷, visto que o computador pode interpolar os quadros-chaves automaticamente, porém não esquecendo suas desvantagens, como a simplificação das animações ao se apoiar muito na interpolação automática dos quadros, tendo como consequência a redução dos quadros-chaves. Portanto deve-se entender que o computador é apenas uma ferramenta do animador atual, assim como o lápis e a mesa de luz são as ferramentas do animador tradicional, sendo fundamental um conhecimento prévio dos conceitos básicos de animação independente da ferramenta usada para desenvolvê-la.

Enquanto na animação tradicional é necessário saber desenhar, na animação tridimensional necessitamos saber modelar em um *software* adequado para tal. Existem diversos *softwares* de modelagem atualmente no mercado sendo o mais popular entre os *softwares* livres o Blender e, entre os *softwares* comerciais, o Autodesk 3ds Max, sendo este o *software* escolhido para esta pesquisa, conforme apresentado na delimitação do trabalho.

A modelagem utiliza polígonos subdivididos, o método mais utilizado desde que foi apresentado pela equipe do estúdio de animação Pixar, Tony DeRose, Michael Kass e Tien Truong, na SIGGRAPH⁸ de 1998. Em seus relatos, a equipe da Pixar aponta que:

Nossa experiência utilizando superfícies subdivididas em produção tem sido extremamente positiva. A utilização de superfícies subdivididas

⁷ *Inbetween* é o termo para os quadros que são desenhados na animação entre os quadros chaves. Williams, 2001.

⁸ SIGGRAPH faz parte da ACM (The Association for Computing Machinery) e promove conferências anuais sobre computação gráfica e técnicas interativas.

permite aos nossos modeladores arranjar pontos de controle de uma forma que é natural na captura de detalhes geométricos do modelo, sem a preocupação na manutenção de uma estrutura de grade regular requerida em um modelo NURBS. (DeRose et al., 1998, p.92, tradução livre do autor)

Este método teve sua estréia fora do meio academico no curta de animação *Geri's Game* criado pela Pixar e apresentado em 1997, ganhando o Oscar de melhor curta de animação de 1998. Embora o método inicial tenha sido apresentado por Catmull et al. (1978), e implementado nos anos de 1980 em dois *softwares* (DeRose et al., 1998), foi após a aparição neste curta de animação que este método se tornou popular e desde então este tem sido o preferido tanto para filmes como para pequenas produções de animações tridimensionais. A modelagem é flexível, existindo diversas formas para chegar ao resultado final desde a manipulação direta de polígonos, arestas e vértices, chamada de modelagem poligonal, disponível em todos os *softwares* atuais de modelagem e animação 3D, até a escultura digital.

A aquisição de modelos 3D é possível graças a scanners 3D, que digitaliza qualquer objeto real, transformando-o em um objeto que pode ser manipulado digitalmente. Porém estes modelos costumam ser gerados com uma grande quantidade de polígonos e uma malha cuja topologia é formada por triângulos irregulares, dificultando sua manipulação e, portanto, inviabilizando estes modelos para a animação. Para a utilização destes modelos é necessário transformá-los em polígonos que possam ser subdivididos e cuja topologia siga as formas do objeto de forma a facilitar a manipulação. Esta técnica é chamada de retopologia.

A escultura digital vem ganhando destaque pela facilidade em manipular modelos baseados em modelagem poligonal, tornando o processo menos técnico e mais artístico. Os principais *softwares* que trabalham exclusivamente com escultura digital são Pixologic Z-Brush, Autodesk Mudbox e 3D-Coat, além de *softwares* como Blender possuírem ferramentas para escultura digital.

A aparência de um objeto 3D depende de propriedades como cor, brilho, textura, transparência, etc, e alguns *softwares* denominam esse conjunto de propriedades de “material”. Estas propriedades podem ser baseadas em propriedades físicas como propriedades arbitrárias, acrescentando cores ou mapas de textura (imagens ou vídeos) criados

em um programa de edição de imagem ou vídeo, bem como a utilização de texturas criadas dentro do próprio *software* a partir de algoritmos matemáticos, sendo chamadas de texturas procedurais.

A iluminação também pode seguir luzes virtuais com valores arbitrários, como luzes reais que seguem o comportamento físico da luz no mundo real. A iluminação tem grande influência nas características da cena, bem como na tentativa de tornar uma imagem tridimensional realista. Uma forma de trazer a iluminação do mundo real para o virtual é a utilização de iluminação baseada em imagem (Debevec, 1998), a partir de imagens com alto alcance dinâmico, conhecida como HDRI e obtidas a partir de diversas fotos do mesmo ponto, variando a exposição (Debevec, 1997).

Estes métodos se aplicam a modelos 3D pré-renderizados, porém os sistemas de projeção em domo, como o Digistar3 presente no planetário da UFSC, permitem a exibição de modelos tridimensionais em tempo real. Porém, neste caso, é necessária uma avaliação do equipamento e de sua capacidade máxima de exibição de polígonos de forma a manter um movimento fluido, necessitando um cuidado especial semelhante à modelagem para jogos. A empresa Evans & Sutherland fornece junto do Digistar3 um manual para desenvolvimento de conteúdo (Digistar 3 Content Developer's Guide), informando os recursos do *software* Autodesk 3ds Max que podem ser utilizados para este fim, em especial o método de exportar modelos com texturas em formato “.x” compatíveis com o Digistar3, entre eles:

O Digistar 3 pode mapear texturas aplicadas nos seguintes canais: cor difusa, cor de filtro de transparência, bump⁹ e mapa de reflexão. Texturas para efeitos especiais gerados pelo Max¹⁰ a partir de componentes do Max não podem ser utilizados pelo sistema de tempo real do Digistar 3. Mapeamento simples de textura, sombreamento de vértices, opacidade, especularidade e autoiluminação são as únicas opções de superfícies para modelos em tempo real.

(Evans & Sutherland, 2008, p.37, tradução livre do autor).

⁹ Bump é o termo utilizado para um efeito de sombreamento que simula uma imperfeição em uma superfície, sem necessariamente criar ou mover polígonos.

¹⁰ Max é o termo usado em alguns documentos como referência ao *software* Autodesk 3ds Max.

A iluminação também se limita a pontos de luz com valores de intensidade arbitrários e alcance definido, ao contrário das luzes reais que possuem intensidade definida em unidades como candelas ou lumens e perde intensidade a partir do inverso do quadrado da distância. (Andaló et al., 2010). A iluminação computada é unicamente a que parte do ponto de luz e ilumina os objetos, chamada de luz direta. O cálculo da iluminação global, que calcula a iluminação que foi rebatida de um objeto para outro (luz indireta), ainda não é possível em sistemas em tempo real pela complexidade de seu cálculo, podendo ser pré-calculada e embutida nas texturas do objeto, funcionando de forma estática.

Os aspectos que devem ser considerados na criação de animações para projeção em domos foram apontados na SIGGRAPH de 2003 por Lead Thompson, que apresentou as dificuldades de criação deste tipo de conteúdo como: diferenças de locais onde o material será apresentado, alguns com domo inclinado e outros com domo plano; a dificuldade entre relacionar o que está sendo visto na tela do monitor onde a animação está sendo produzida, cuja tela é plana, com o que será projetado no domo; diferentes opções de projeção entre esférico e cilindro; dificuldade de adaptação da linguagem de cinema para a projeção de domo, necessitando a criação de uma nova linguagem não mais limitada por uma tela; cuidados na velocidade do movimento que, se objetos e cenas se movem muito rapidamente no domo, pode causar mal estar no público; cortes devem ser evitados e as cenas devem ser mais longas; diferenças entre criação de uma única imagem esférica e cinco imagens planas que serão compostas em uma única imagem esférica; tamanho que os arquivos ocupam, dada a alta resolução utilizada em domos. (Thompson, 2003). Esses aspectos ainda são válidos atualmente e devem ser levados em consideração ao criar animações para projeção em domos.

3. **DISPLAYS IMERSIVOS**

Os *displays* imersivos podem ser divididos em 3 níveis para uma melhor compreensão do estudo. Esta divisão, como classificou Lantz (2007), se dá pela escala do *display* e pelo número de pessoas envolvidas na imersão como veremos a seguir.

3.1 **DISPLAYS DE PEQUENA ESCALA**

Os *displays* de pequena escala são classificados como aqueles destinados a um único usuário, “incluindo os HMD (*headmounted displays* – *displays* fixados na cabeça), *displays* estereoscópicos para computadores e pequenos domos para projeção individual” (Lantz, 2007). Porém, excluímos os *displays* estereoscópicos desse trabalho pela limitação do campo de visão das telas planas, conforme foi apresentado anteriormente na fundamentação teórica. E, embora seja apontado por Lantz em seu estudo, não foi encontrado durante a pesquisa feita para esse trabalho qualquer referência a domos para projeção individual. Portanto, nessa escala de *displays*, abordaremos os HMD.

Podemos considerar os HMD como os primeiros *displays* estereoscópicos a projetar imagens digitais. Criado por Ivan E. Sutherland, foi apresentado em 1968 no artigo “A head-mounted three-dimensional display” e é assim descrito:

Óculos especiais, contendo dois tubos de raios catódicos em miniatura que são presos na cabeça do usuário. Um gerador de linha analógica, rápido e bidimensional, fornece sinais de deflexão para os tubos de raios catódicos em miniatura através de amplificadores de deflexão transistorizados. Qualquer um dos dois sensores de posição da cabeça, um mecânico e outro por ultrassom, são usados para medir a posição da cabeça do usuário. (Sutherland, 1968, p.2, tradução livre do autor)

As imagens dos tubos eram projetadas nos óculos e moviam-se de acordo com o movimento da cabeça medido através dos sensores. Devido às limitações de hardware da época, os objetos projetados eram

apresentados em *wireframe* transparente, com a opção de o usuário observar apenas a imagem projetada ou uma visualização com transparência onde o objeto poderia fazer parte de um ambiente real, um precursor da realidade aumentada. E, embora não fosse um sistema estereoscópico, o autor concluiu que o movimento do objeto que era projetado em frente aos seus olhos, acompanhando o movimento da cabeça, era mais importante para um efeito tridimensional do que a estereoscopia em si:

Embora a estereoscopia seja importante para uma ilusão tridimensional, ela é menos importante do que a mudança que ocorre na imagem quando o observador movimenta sua cabeça. A imagem apresentada pelo *display* tridimensional deve mudar exatamente da forma que uma imagem de um objeto real mudaria para movimentos similares da cabeça do usuário. Psicólogos já possuem há tempos o conhecimento de que as imagens, ao se moverem em perspectiva, aparentam de forma notável serem tridimensionais, mesmo sem estereoscopia.
(Sutherland, 1968, p.1, tradução livre do autor)

Por esse fato, embora o autor tenha nomeado este dispositivo, em seu artigo, como “*display* tridimensional”, tínhamos aí o primeiro *display* imersivo. As evoluções que surgiram com o avanço da tecnologia apenas aprimoraram o conceito inicial: os tubos de raios catódicos em miniatura logo foram substituídos por telas de cristal líquido posicionadas onde ficavam os óculos, podendo ser monocular (quando temos apenas uma tela que serve para os dois olhos) e binocular (quando temos duas telas, uma para cada olho). Os sensores de movimento também foram aprimorados e, principalmente, a capacidade dos computadores que geravam as imagens. Se no primeiro modelo de 1968 o máximo que era possível exibir nesses *displays* eram objetos em *wireframe*, hoje é possível visualizar nesses equipamentos verdadeiros ambientes virtuais, usados principalmente para simulação, mas também para educação e marketing. Alguns equipamentos atuais possuem luvas, com as quais o usuário pode não apenas sentir-se imerso em um ambiente virtual, mas também tocar e sentir objetos que existem apenas na projeção de um computador.

Os HMD também são chamados de capacetes de realidade virtual, e assim ganharam certa popularidade no final dos anos 1990 e

começo de 2000, época em que a Universidade Federal de Santa Catarina adquiriu o “*VFX1 Headgear Virtual-Reality system*”. Lançado em 1994 pela empresa “*Forte Technologies*”, incluía um par de *displays* LCD de 0,7 polegadas com lentes para cada olho focar a sua tela. O sistema que suportava as tela de LCDs envolvia o rosto em torno do olho do usuário de forma a obstruir a visão fora do alcance do *display*, buscando aumentar a imersão, e possuía uma articulação na parte de cima para abrir e permitir a visão sem precisar tirar todo o equipamento. Fazia parte do sistema um par de fones de ouvido que também cobria toda a orelha, buscando isolar o usuário de sons externos. Para uma imersão completa, o sistema detectava o movimento da cabeça a partir de um sensor de inércia e vinha com um dispositivo semelhante a um *mouse* intitulado “*cyber-puck*”, que deveria ficar na mão do usuário para controlar as ações no mundo virtual através de três botões, e conectava-se com um fio ligado na parte de trás do sistema, contando também com sensor de movimento. Do mesmo lugar saía outro fio que era conectado ao computador para transmitir as informações do sensor de movimento e receber as imagens a serem apresentadas. Esta conexão não usava nenhum sistema padrão da época, mas um sistema proprietário ligado a uma placa que deveria ser inserida dentro do computador. Esta placa usava o sistema padrão para periféricos da época chamado de ISA e, internamente, deveria se conectar com uma placa de vídeo pelo padrão “*VESA Feature conector*”.

Tecnicamente era um bom dispositivo, lançado nos EUA por US\$995,00; era o primeiro dispositivo desse tipo relativamente acessível ao usuário comum, já que nessa época outros sistemas de realidade virtual custavam em torno de US\$10.000,00 os mais baratos. Com uso focado em jogos, seu lançamento lhe rendeu certo destaque entre as revistas de jogos eletrônicos. Porém a popularidade durou pouco tempo e dois anos após o lançamento do VFX1, com vendas bem abaixo do esperado, a empresa “*Forte Technologies*” foi à falência. É possível identificar alguns motivos que podem ter influenciado as baixas vendas do VFX1, começando pelo preço: embora fosse bem mais barato que qualquer outro dispositivo semelhante, ainda era caro para o usuário comum. Outro fator era a questão do hardware: embora a placa na qual ele se conectava necessitasse apenas de um conector ISA 16-bit disponível em qualquer computador pessoal da época, esta placa necessitava que o computador tivesse uma placa de vídeo dedicada, algo pouco comum nessa época em que o computador comum era um 486. Além disso, a placa de vídeo deveria possuir um conector “*VESA Feature conector*” para comunicação entre as placas, um conector que

poucas placas de vídeo possuíam e que logo foi descontinuado. Portanto poucas pessoas possuíam o *hardware* necessário para usar o produto.



Figura 2: VFX1 e sua caixa como era vendido em 1996

Fonte: foto do autor



Figura 3: O sistema VFX1 acompanhado do dispositivo chamado “*cyber-puck*”.
Fonte: foto do autor



Figura 4: sistema ótico para focar os LCDs do VFX1
Fonte: foto do autor

Com a falência da empresa fabricante do VFX1, e o fato de este dispositivo necessitar de uma placa com um conector pouco popular que não é mais disponível há alguns anos nas placas de vídeo existentes no mercado, este equipamento virou uma peça de museu e serve de referência do produto de uma época, bem como dos componentes que fazem parte de um HMD. Porém outra empresa, chamada IISVR (*Interactive Imaging Systems, Inc.*), adquiriu os direitos de fabricação do produto e o relançou em 2000 com o nome VFX3D com algumas modificações. A principal delas foi não depender mais de uma conexão própria ligada a uma placa, logo dispensando a conexão com a placa de vídeo pelo pouco usual padrão *VESA Feature connector*. Em seu lugar foi usada uma caixa externa que de um lado era ligada ao capacete e do outro ao computador. Esta conexão com o computador utilizava sistemas-padrão da época, alguns utilizados até os dias atuais: o sinal de vídeo utilizava uma entrada VGA analógica de monitor (utilizada até os dias de hoje em alguns computadores), entrada de áudio P2 (padrão utilizado até hoje para conexão de áudio como fones ouvido) e uma interface RS-232 (também conhecida como “porta serial”, esta substituída pelo padrão USB nos dias atuais) e uma entrada de alimentação de 6 volts. A imagem enviada pelo computador entrava pela porta VGA era convertida nessa caixa e saía pelo padrão S-Video¹¹ com um cabo deste padrão que era conectado ao capacete. Tinha a vantagem da padronização deste sistema, mas por outro lado limitava-se à resolução deste.

Contudo esta versão atualizada do VFX1 teve o mesmo destino da sua antecessora, com vendas baixas e o fim da empresa que o representava. Novamente podemos verificar os mesmo motivos que contribuíram para as baixas vendas: preço (era anunciado por US\$1.800,00 em 2000) e limitação de hardware (pela interface S-Video e pelo LCD usado, tinha baixa resolução que ainda era reduzida pela metade quando usado com estereoscopia). Outro problema relatado em todos os sistemas de HMD pesquisados, e que pode ter contribuído para as baixas vendas desses sistemas ao consumidor final, é o cansaço da vista acompanhado de tontura e enjoo se usado por longos períodos. Junto do VFX1 vinha um alerta escrito em um papel vermelho avisando dos riscos do uso prolongado, recomendando uma pausa a cada 15 minutos ou em caso de tontura. Em um estudo apresentado em 1992, os autores sugerem que “programas de pesquisa devem ser incentivados a

¹¹ O padrão S-Video foi criado pela empresa JVC em 1987 acompanhado do padrão S-VHS, uma evolução em qualidade do VHS comum.

avaliar a incidência e a severidade do mal-estar associado com diferentes tipos de ambientes virtuais” (Bishop et al., 1992, p. 154, tradução livre do autor). Um estudo comparou o uso de HMD em simuladores com a mesma aplicação, usando telas planas convencionais, e apontou um aumento considerável de náusea, cansaço da vista e desorientação com o uso do HMD em simuladores militares. (Morphew et al. 2004). Outro estudo voltado aos HMD, porém para usuários domésticos, foi feito em 2002 pelo centro de estudos da Nokia, que apontou os mesmos problemas (Häkkinen et al., 2002), logo é possível concluir que o HMD é o sistema imersivo mais propenso a causar mal-estar para o usuário.

Apesar desses sintomas causados nos usuários, o HMD ainda é utilizado e desenvolvido tanto para treinamento em empresas ou órgãos governamentais como para usuários domésticos. Por exemplo, a empresa que fabricava e vendia o VFX3D, passou a se chamar Icuiti e atualmente Vuzix, desenvolvendo e comercializando HMD para uso industrial e doméstico, porém agora semelhante a um óculos, mas mantendo os componentes básicos que faziam parte do pioneiro VFX1: telas de LCD, sensor de movimento e fones de ouvido, tudo conectado pelo padrão USB.



Figura 5: HMD fabricado pela Vuzix desde 2007 voltado ao consumidor doméstico, mas com os mesmos princípios do VFX1.

Fonte: http://www.vuzix.com/news/product_photos.html

Durante a SIGGRAPH de 2010 foi apresentado em um stand uma visita virtual a um suposto prédio em construção. Lá o usuário usava um HMD binocular estereoscópico: para cada olho existia uma tela de cristal líquido que não exibiam a mesma imagem, e sim duas imagens deslocadas para que cada olho tivesse uma visão diferenciada do ambiente, criando assim o efeito estereoscópico. O autor pôde então comprovar que a sensação era realmente de estar no prédio virtual e foi possível observar uma leve sensação de perda de equilíbrio em alguns momentos.

3.2 *DISPLAYS DE MEDIA ESCALA*

Os *displays* de média escala são aqueles destinados a um pequeno grupo de pessoas funcionando de forma colaborativa (Lantz, 2007). Como exemplos temos as CAVEs (ou cavernas digitais), *displays* de telas curvas e pequenos domos, ou um conjunto de telas planas. As cavernas digitais costumam ser salas com *displays* em cada parede, podendo ser uma tela de cristal líquido ou um projetor. Falaremos sobre os domos ao falarmos sobre os *displays* de grande escala para abordar as CAVEs que são os exemplos mais usuais entre os *displays* imersivos de média escala. A primeira demonstração de uma CAVE foi feita durante a SIGGRAPH de 1992 por Cruz-Neira et al. e no ano seguinte, com a publicação de um artigo nesse mesmo congresso, os princípios de uma caverna digital foram definidos, indo além de apenas mostrar imagens nas paredes: as imagens devem ser estereoscópicas, interativas e com rastreamento da posição dos usuários dentro da CAVE para compensar automaticamente a distorção na imagem. (Cruz-Neira et al., 1993). Este último ponto está ligado com o fato de a CAVE possuir telas planas que, juntas, formam um cubo.

Esta primeira CAVE era composta de três projetores que projetavam por trás das telas que formavam as paredes, e um projetor que projetava de cima para baixo no chão, sendo que cada projetor era apontado para um espelho e este refletia a imagem na tela. Cada projetor possui uma resolução de 1280 por 512 pixels e o conjunto das imagens formava uma resolução aproximada de 4000 por 2000 pixels. Cada parede do cubo que formava a CAVE media três metros de largura por três metros de altura na parte interna, porém, pelo uso de grandes espelhos, a CAVE ocupava uma sala de 9 metros por 6 metros e com altura livre de 4 metros aproximadamente. Os visitantes necessitavam usar óculos para estereoscopia e o sistema rastreava a posição da cabeça,

para compensar a distorção da imagem projetada nas paredes, baseado no ponto em que o observador se encontra na sala, e os movimentos das mãos, de forma a interagir com o ambiente. A estereoscopia era feita projetando imagens a 120 quadros por segundo, alternando um quadro para a imagem de cada olho, de forma que cada olho recebia 60 quadros por segundo com os óculos sincronizando o que cada olho deve assistir. O processamento das imagens em tempo real era feito por quatro computadores de última geração na época, cada um gerando imagem para uma tela, e outro computador cuidando da sincronia do sistema e da entrada de dispositivos e do sistema de rastreamento. O resultado do experimento foi positivo, com uma boa sensação de imersão e interatividade e um índice bem baixo de pessoas com mal-estar pela imersão se comparado com os pontos levantados por Bishop (1992): “das aproximadamente 9 mil pessoas que estiveram na CAVE, duas sentiram náusea a ponto de se queixarem”. (Cruz-Neira et al., 1993).

Entre os pontos que necessitavam aprimoramento, destacavam-se o alto custo do equipamento, a busca por projeção nas 6 paredes, reflexo de luz vindo do chão (pela necessidade de usar outro material em vez das telas usadas em projetores e cinemas já que ali as pessoas poderiam caminhar), pouco conteúdo disponível para apresentação e fragilidade, este último um ponto importante colocado pelos autores: “A CAVE não é resistente o bastante para estar em um museu. As telas, o sensor de movimento e os óculos são frágeis, limitando portanto o uso em museus, shoppings centers, sala de jogos, etc.” (Cruz-Neira et al., 1993, tradução livre do autor). Desde então as CAVEs evoluíram em todos esses aspectos e hoje são usadas tanto em universidades e centros de pesquisas como em museus, podendo representar um ambiente virtual imersivo e também usado para instalações artísticas interativas.

No Brasil a primeira caverna digital foi criada no Núcleo de Realidade Virtual do LSI (Laboratório de Sistemas Integráveis), vinculado à Escola Politécnica da USP. Segundo o *website* do LSI, “A CAVERNA começou a ser construída em 2000, com financiamento da FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), e foi inaugurada em abril de 2001”. Ainda segundo o *website*:

Muito além das projeções imersivas em 3 dimensões possibilitada pelas 5 telas de 3x3m que a formam, a CAVERNA Digital também pode receber interfaces que estimulem o som e o tato, como caixas de som estéreo e equipamentos de force feedback: por isso é um sistema de realidade

virtual que possibilita alto envolvimento do usuário.

Fonte:

<http://www.lsi.usp.br/interativos/nrv/caverna.html>

Seu funcionamento ainda é o mesmo da primeira CAVE, porém, aprimorado pelos avanços tecnológicos, possui uma grande capacidade de processamento fornecido por 24 computadores trabalhando em conjunto, também chamado de *cluster*¹². As projeções são feitas com projetores situados na parte de cima, com um espelho para direcionar a imagem para cada parede e, ao contrário da CAVE, inclui projeção na porta de entrada. Mas também não projeta imagem no teto, o que nesse caso não seria possível visto que a parte de cima é aberta como é possível ver na Figura 6.

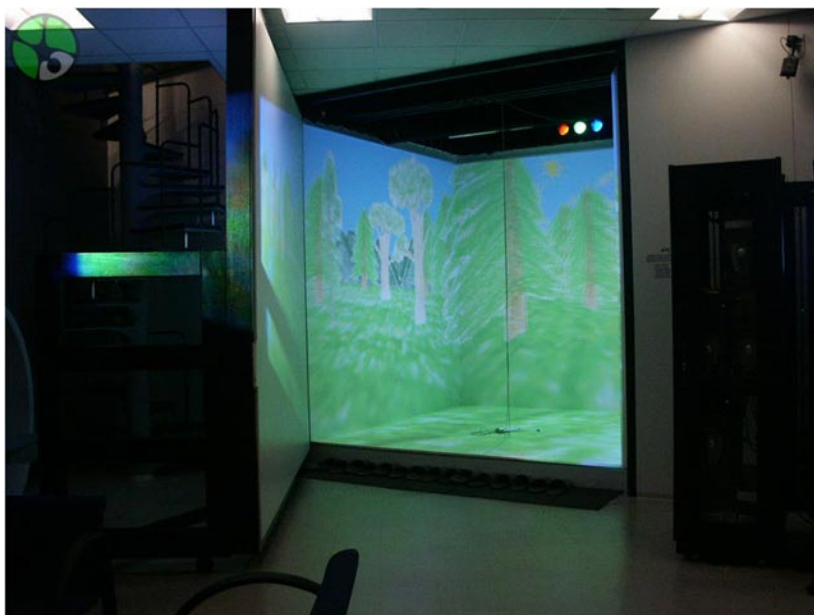


Figura 6: foto da caverna digital da Universidade de São Paulo

Fonte: <http://www.lsi.usp.br/interativos/nrv/fotos.html>

¹² *Cluster* é o termo usado na informática para um conjunto de computadores que trabalham em conjunto processando o mesmo conteúdo de forma paralela como se fosse apenas um único computador com diversos núcleos.

Como exemplo de *display* de tela curva temos o projeto intitulado *Xphere*, apresentado em 2006 por Jo et al. e trata-se de uma cúpula posicionada em frente ao usuário. Nela é projetada uma imagem em alta resolução e estereoscópica formada por 16 projetores, sendo a imagem final composta por quatro projeções na largura e duas com dois projetores formando cada parte individual da imagem de forma a criar uma imagem estereoscópica. Como em outros sistemas que usam um conjunto de projetores para formar uma única imagem, o *Xphere* dispõe de um conjunto de 16 computadores trabalhando em conjunto como um *cluster* e, nesse caso, os projetores se localizam na parte de trás do sistema. Os autores desse projeto buscaram diferenciar-se de outros projetos de *displays* imersivos, como os HMDs e CAVes, buscando as seguintes características reunidas no mesmo projeto:

Fornecer resolução mais alta; produzir um ambiente de realidade virtual imersivo; cobrir todo o FOV dos humanos; evitar oclusão da projeção ao utilizar projeção por trás; possuir visão 3D estereoscópica com menos efeito de rastros; imagem sem emendas por ser uma superfície de projeção contínua; sistema escalonável para gerar resolução mais alta; suporte a múltiplos participantes; suporte a um controle conveniente.

(Jo et al., 2006, p. 4, tradução livre do autor)

A tela desse sistema apresentado tinha formato esférico com diâmetro de três metros medidos horizontalmente e dois metros de altura medida verticalmente. O sistema todo processava as imagens individualmente para cada projetor de forma a compensar a distorção presente em *displays* esféricos e também ajustava a imagem de forma a não apresentar emendas nas junções das imagens geradas pelos projetores. A resolução final do sistema em pixels era de 4096 de largura por 1536 de altura com visão estereoscópica, cobrindo um ângulo de visão de 180° por 90° (Jo et al., 2006) e pode ser visto na Figura 7.



Figura 7: foto do sistema Xsphere em demonstração

Fonte: Jo et al., 2007, p. 5.

3.3 DISPLAYS DE LARGA ESCALA

Os *displays* de larga escala são aqueles destinados a um grande número de pessoas e para isso são usadas projeções em grandes domos. Estas projeções, conforme citado na introdução, surgiram em escala comercial no começo dos anos 70 com o sistema Omnimax (depois renomeado para *IMAX Dome*), que trabalhava com projeção analógica baseado em película de 70mm e não possibilitava nenhum tipo de interatividade: os espectadores apenas sentavam e assistiam a um filme. O primeiro sistema de projeção em domos digital foi criado pela empresa *Evans & Sutherland* e foi lançado em 1983 com o nome de *Digistar I*, mas era apenas capaz de exibir apenas pontos e linhas monocromáticas, em uma tentativa de substituição dos sistemas ópticos existentes nos planetários, causando uma certa controvérsia entre os dois sistemas:

Depreciadores reclamaram que a imagem era fraca, as estrelas desfocadas e as cores monotonais em branco esverdeado. Outros saudaram o *Digistar* pela sua habilidade de projetar um

verdadeiro banco de dados 3D com alta precisão astronômica. Era possível sair do sistema solar e ver constelações deformando com o movimento correto das estrelas. Além disso, o *Digistar* gerava efeitos especiais mapeados esfericamente que proporcionava uma forte impressão de movimento ao estimular a resposta opto-vestibular com imagens de amplo campo de visão. Muitos de nós vimos uma imagem desfocada de um asteróide em um *wireframe* esverdeado fazer um público cheio de crianças se abaixarem em suas cadeiras e gritarem enquanto “colide” com elas.
(Lantz, 2002, p. 1, tradução livre do autor)

Tratava-se do primeiro sistema de planetário digital, capaz de desenhar um campo estelar através de uma matriz de 4.000 por 4.000 pontos endereçáveis, projetando a imagem através de um tubo de raios catódicos e uma lente tipo olho-de-peixe¹³ de modo a fazer a projeção ocupar todo o domo.

Em 1995, durante a SIGGRAPH, foi ministrada uma série de cursos por diversos autores, reunidos pelo tema “*Graphics Design and Production for Hemispheric Projection*”. Entre eles, destaca-se o curso ministrado por Ed Lantz e intitulado “*Spherical image representation and display: a new paradigm for computer graphics*”, quando o autor apontou que os *displays* hemisféricos representam o que existe de melhor para imersão, bastando apenas vencer alguns desafios técnicos para a época. Para preencher um domo com o máximo de resolução visível ao olho humano, seria necessário em torno de 200 milhões de pixels, mas nem mesmo o filme de 70mm usado pelo sistema *IMAX Dome* chegava nesse valor. Por outro lado, o *display*, ao ocupar todo o campo de visão humano, compensa esta deficiência, mas se faz necessário o uso de diversos projetores para compor uma única imagem em alta resolução, solução já usada em simuladores (Lantz, 1995).

Logo surgiram os primeiros sistemas de projeção em domo comerciais que utilizavam múltiplos projetores, com as empresas *Spitze* e *Goto* lançando seus produtos em 1997, seguido das empresas *SkySkan*, *Evans & Sutherland* e *Trimension* nos anos subsequentes (Lantz, 2002). Estes sistemas trabalham com projetores cuja imagem é distorcida por lentes tipo olho-de-peixe, posicionadas de forma que se sobreponham nas extremidades e usem sistemas de máscaras e transparência para que

¹³ Lentes olho-de-peixe são as que conseguem gerar um amplo campo de visão em torno de 180° e possuem esse nome pelo formato curvo que o vidro externo da lente possui.

não haja emendas visíveis, o que requer uma calibração precisa do equipamento. Existem sistemas compactos para pequenos domos, onde apenas um projetor é utilizado, porém limitando a resolução pelo limite deste. Para atingir uma alta resolução é que se utilizam diversos projetores compondo uma única imagem e, como outros sistemas que se utilizam desse método, necessita-se de um computador operando cada projetor, além de um computador que controle e opere o sistema. Embora tenham custo relativamente alto, a cada ano este tipo de equipamento vem se popularizando cada vez mais, por um lado substituindo os equipamentos óticos de antigos planetários, de outro criando novas salas virtuais imersivas para diversos públicos. Observa-se que, se em 2002 o número de domos digitais não chegava a 60, com um rápido crescimento atingiu 240 em 2006 (Lantz, 2007) e a estimativa para 2010 é de em torno de 600, “com as maiores instalações localizadas em museus e centros de ciência, e as menores em escolas e universidades” (Bruno, 2008). Considerando que existem em torno de 3 mil planetários convencionais espalhados pelo mundo, espera-se um aumento ainda maior de sistemas digitais no futuro, tanto em substituição aos antigos sistemas como na instalação de novas salas.



Figura 8: gráfico da evolução do total de salas com projeção digital em domo.
Fonte: Lantz (2007), Bruno (2008), *estimado.

A partir do pioneiro *Digistar I*, a empresa *Evans & Sutherland* lançou no começo dos anos 1990 o modelo *Digistar 2*, com evolução no *hardware* porém ainda limitado à exibição de pontos e linhas no espaço projetado por um tubo de raios catódicos. A grande mudança ocorreu

com o sistema *Digistar 3*, lançado em 2002, capaz de projetar vídeo por todo o domo, além de incorporar um sistema de 3D em tempo real e um banco de dados astronômico para uso como planetário digital; trata-se do sistema de projeção em domo digital mais vendido até hoje. Parte do sucesso vem da flexibilidade do sistema, que pode utilizar apenas um projetor para pequenas cúpulas de até 9 metros de diâmetro com resolução de 1024 por 1024 pixels, bem como um conjunto de 9 projetores para atingir uma resolução de 3070 por 3070 pixels, até chegar em um conjunto de 8 projetores a laser que atingem uma resolução de 4096 por 4096 pixels, permitindo a instalação em uma cúpula com até 30 metros de diâmetro. O sistema ainda permite configurar os projetores para trabalharem em pares, gerando uma imagem estereoscópica com o uso de óculos, porém “é interessante que a imagem imersiva gera um efeito de presença mesmo sem uso do efeito 3D estereoscópico” (Lantz et al. 2003, tradução livre do autor). Pouco tempo após sentar-se em uma poltrona e observar objetos passando pelo domo já é suficiente para esquecer que se está olhando para uma cúpula e ver aquilo como um ambiente espacial.

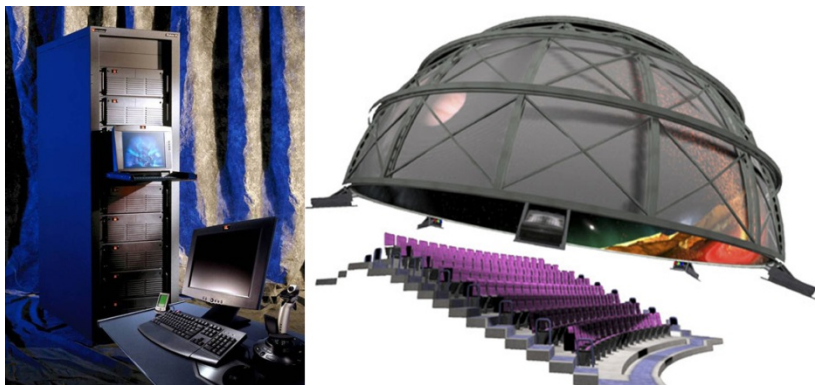


Figura 9: sistema *Digistar 3* e esquema de funcionamento e montagem da cúpula unidirecional.

Fonte: *Evans & Sutherland*

O sistema *Digistar 3* pode ser instalado tanto em cúpulas planas de planetários convencionais, como em cúpulas inclinadas onde todos os espectadores sentam-se direcionados para o mesmo lado e chamadas de unidirecional, como mostrado na Figura 9. No caso da Universidade Federal de Santa Catarina, onde se desenvolveu a parte prática desse trabalho, em 2009 foi instalado o sistema *Digistar 3*, modelo SP2, em

substituição ao antigo equipamento analógico em seu planetário, portanto com uma cúpula plana.

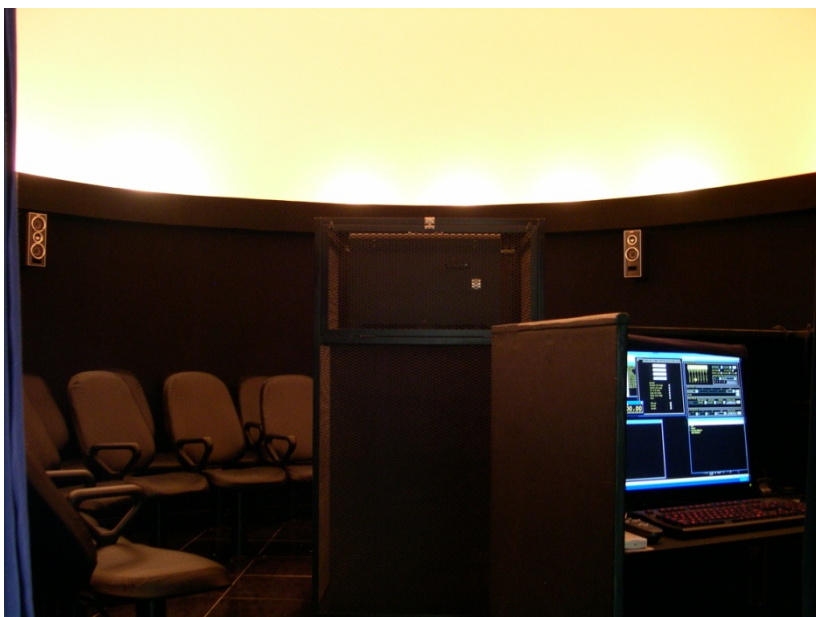


Figura 10: vista do planetário da UFSC, com a mesa de controle em primeiro plano e o sistema de projeção no centro.

Fonte: foto do autor.

Esse modelo é composto de dois projetores que projetam cada um em uma metade da cúpula através de uma única lente olho-de-peixe. Quatro computadores compõem o sistema: um para cada projetor, outro apenas para o sistema de áudio com 5 canais, e outro que comanda todo o equipamento. A resolução total é de 1400 por 1400 pixels para uma cúpula com 6 metros de diâmetro, com o sistema de projeção localizado no centro da sala, no lugar em que anteriormente se localizava o equipamento ótico do planetário, enquanto o conjunto de quatro computadores fica instalado em uma sala ao lado.



Figura 11: vista da lente olho de peixe e do sistema com dois projetores do planetário da UFSC.

Fonte: foto do autor.

Este sistema é composto basicamente de três módulos: um reprodutor de vídeo pré-produzido em formato esférico para que ocupe todo o domo; um sistema que projeta em tempo real um ambiente 3D semelhante a um jogo de computador, sendo possível manipular os objetos enquanto eles aparentam flutuar na cúpula; um sistema planetário projetado em tempo real com todas as funções de um planetário, como ver as estrelas, planetas e constelações, mas com a possibilidade de se aproximar dos planetas, observar suas cores e satélites, bem como se afastar e observar galáxias se movendo ou até colidindo, além de representar o céu de qualquer lugar na terra tanto de dia como de noite. Todos esses módulos são controlado por um *software* proprietário que é responsável também por fazer a distorção do que será exibido individualmente pelos projetores e da junção das duas imagens para que não tenham emendas visíveis entre elas.



Figura 12: Tela de controle do sistema *Digistar 3*

Fonte: *Evans & Sutherland*

Segundo Lantz (2008), existem 14 empresas fabricantes de sistemas digitais para produção em domos, variando de pequenos integradores, grandes desenvolvedores e até fabricantes de sistemas óticos como a alemã Zeiss, inventora do primeiro planetário óptico lançado em 1926. Porém cada empresa cria o seu próprio software, necessitando adaptação de conteúdo e do conhecimento para operar cada sistema, visto que não existe compatibilidade entre sistemas de diferentes empresas. A única exceção é um sistema que substitui o uso de lente olho-de-peixe por uma esfera espelhada para projetar a imagem no domo. Desenvolvida por Paul Bourke e apresentado em 2004, este sistema busca uma redução de custo tanto no equipamento como no desenvolvimento de sistemas, pois busca trabalhar com *softwares* existentes no mercado. Além disso, trata-se de um sistema compacto, que pode ser composto por apenas um projetor, um *notebook* e uma esfera cromada.

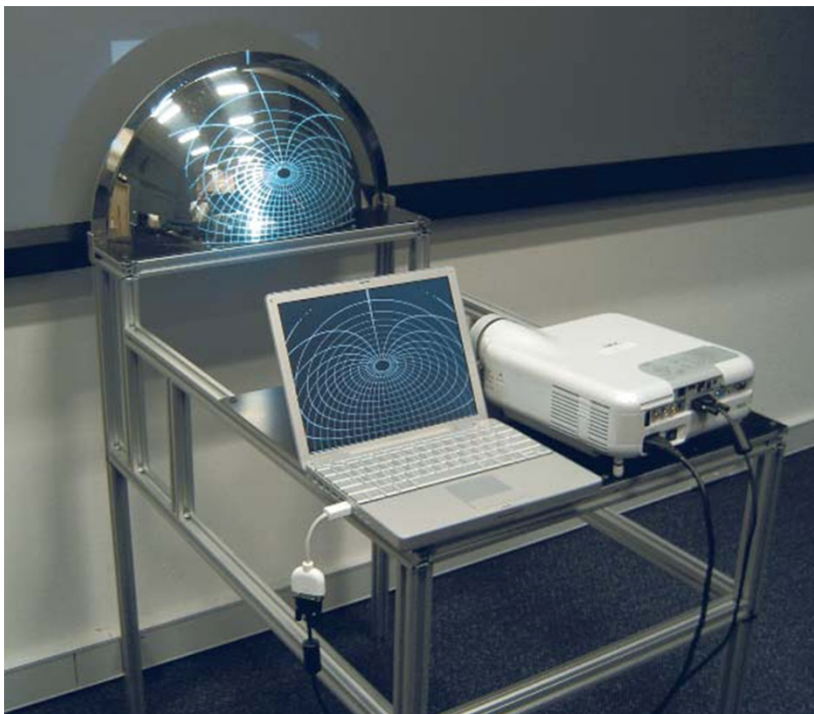


Figura 13: sistema de projeção em domo com espelho esférico
Fonte: Bourke, 2005.

Entre os softwares que são utilizados podemos citar o reprodutor de vídeo da *Apple* chamado *QuickTime*, com a adição de um *plugin* para corrigir a distorção. O mesmo autor também apresentou em 2009 durante o *Computer Games & Allied Technology*, em Cingapura, uma pesquisa usando uma *engine* de jogos comercial chamada *Unity*, usada para desenvolver jogos de computador, onde foram apontadas as dificuldades de criação de um jogo para projeção em domo, entre elas a impossibilidade no estágio atual de obter uma perspectiva curva como a de uma lente olho-de-peixe: as perspectivas geradas por ambientes 3D em tempo real são sempre retas, limitando o ângulo de visão para em torno de 60° ou até 100° em casos extremos. Para projeção em domo é necessário um ângulo de visão de 180° , por isso foi necessário utilizar 4 câmeras no ambiente virtual, uma para cada lado, uma para cima e outra para baixo, e programar para que as 4 imagens formem apenas uma imagem esférica, e uma última correção é necessária para compensar a distorção causada pela esfera reflexiva. Esse sistema foi chamado de

iDome e todo o sistema é operado por um *notebook* usando apenas um projetor (Bourke, 2009).

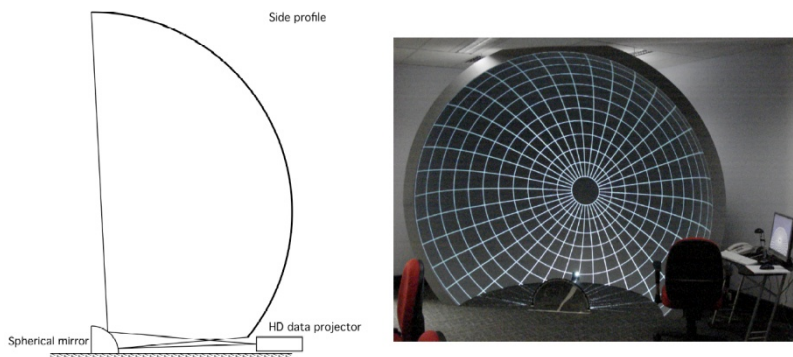


Figura 14: corte lateral e foto do sistema iDome

Fonte: Bourke, 2009

O autor explica que existem algumas diferenças entre a projeção com lente olho-de-peixe e a projeção com espelho esférico, com algumas vantagens para esta como a possibilidade de posicionar o projetor longe do centro do domo; a separação entre o projetor e o espelho permite mudanças e adaptações a partir de qualquer equipamento, variação das opções de projeções mudando o espelho de posição, bem como aumentar a resolução adicionando mais projetores e mais espelhos. Entre as desvantagens está a variação da distância que o raio de luz percorre entre as partes do domo, ocasionando variação de intensidade¹⁴; embora todos os pixels da imagem do projetor possam ser usados, a distribuição não será uniforme pela característica do reflexo gerado pelo espelho esférico; a imagem a ser projetada deve ser distorcida para compensar a curvatura do espelho, não sendo uma curva uniforme como a de uma lente olho-de-peixe; pela variação da distância que cada ponto do domo fica do espelho, pode ocorrer variação de foco se comparada com a lente olho-de-peixe onde todos os pontos do domo ficam na mesma distância da lente; e além disso o espelho é mais suscetível a imperfeições e sujeira. Porém vale citar que esse sistema, se comparado com os que usam lentes olho-de-peixe, tem um custo consideravelmente reduzido, além de ser um sistema mais simples, tornando-se uma opção válida (Bourke, 2005).

¹⁴ A luz perde intensidade pela distancia elevada ao quadrado, portanto quanto maior a distancia percorrida pela luz, menor será sua intensidade .

4. A PRODUÇÃO DE ANIMAÇÃO PARA DOMOS

Durante o desenvolvimento desse trabalho, a produção de animação para domos foi colocada em prática usando o equipamento *Digistar 3 SP2* presente no planetário da Universidade Federal de Santa Catarina desde meados de 2009. E como vimos no capítulo anterior, cada *display* imersivo trabalha com um sistema próprio para adaptar a imagem a ser projetada a diferentes telas, como é o caso da projeção em domos. Logo, quando se deseja produzir uma animação para este formato, o primeiro passo é entender o funcionamento, os formatos de arquivo e as limitações do sistema utilizado. No caso do *Digistar 3*, temos basicamente dois métodos de trabalho que podemos seguir: trabalhar com processamento em tempo real ou com conteúdo pré-processado, com possibilidade de mesclar esses dois métodos dependendo do que desejamos fazer. Com base no estudo prático e no manual de utilização do *digistar*, veremos a seguir o que é possível executar em cada método, considerando apenas os *softwares* disponíveis no sistema e os *softwares* comerciais apontados na delimitação do trabalho.

4.1 UTILIZANDO CONTEÚDO EM TEMPO REAL

Quando trabalhamos com conteúdo em tempo real, consideramos que estamos passando informações para o sistema através de comandos que ele deve executar para apresentar a imagem na cúpula. Esse método tem como principal vantagem a interatividade: podemos manipular objetos na cúpula durante uma apresentação, controlar o tempo, trocar cores, etc. Para isso é necessário estudar todas as opções e métodos de trabalho, através das informações contidas no manual de uso do sistema. Não está no escopo desse trabalho apresentar todos os comandos, mas sim os princípios de funcionamento do sistema. Os comandos podem ser executados de duas formas: via *script*, com uma linguagem própria orientada a objeto; e via *Python*, uma linguagem de *script* avançada, também orientada a objeto e usada para desenvolvimento de diversos programas e aplicativos. Para programadores que já dominam ou lidam com os comandos básicos do *Phyton*, fica cômodo desenvolver usando essa linguagem no *Digistar*. Porém, para quem não domina esta

linguagem, o *script* próprio do sistema é simples e eficiente. Seu funcionamento consiste basicamente em definir objetos e depois alterar suas propriedades em determinado tempo. As propriedades variam conforme o tipo de objeto, mas em comum a todos está a definição da posição e rotação no espaço, sempre com a opção de variar conforme o tempo e assim criar animações. Outra propriedade em comum é a opacidade, chamada pelo sistema como intensidade do objeto, através da qual também podemos determinar variações com o tempo e animar um objeto aparecendo e desaparecendo, piscando, etc.

Todo o trabalho começa definindo objetos, que em geral trata-se de um modelo tridimensional que varia desde um objeto complexo até figuras geométricas simples como um cubo, uma esfera ou um simples plano onde aplicamos imagens ou vídeos. Portanto o primeiro passo é nomear o objeto e dizer para o sistema onde está esse objeto, que são arquivos salvos com o formato Directx, usando a extensão “.x”, mas seguindo padrões definidos pelo sistema na hora de gerar o arquivo. Isto significa que não basta exportar de um programa 3D, como o *3dsmax* utilizado aqui na modelagem e animação 3D, em formato “.x” de forma genérica; para o objeto funcionar corretamente no *Digistar* é necessário uso de um *plugin* para exportar o arquivo corretamente. Alguns testes foram executados sem este *plugin*, mas o resultado não foi satisfatório, pois apenas a geometria do objeto era interpretada pelo *Digistar*, sem definições corretas de materiais e texturas. Portanto, nessa situação faz-se necessária a utilização de objetos que já fazem parte do sistema. Embora seja uma limitação, temos disponível uma vasta biblioteca de objetos prontos que podemos utilizar, desde formas básicas até objetos inteiros como, por exemplo: estações espaciais, o telescópio *Hubble*, um ônibus espacial e um “óvni”, todos com suas texturas corretamente aplicadas e partes que podem ser animadas. Outros objetos fazem parte do sistema e não precisamos apontar no *script* a localização do arquivo “.x”, incluindo-se textos tridimensionais, luzes, entre outros que veremos conforme a utilização.

Entendendo essa limitação, partimos para a definição de um objeto no *Digistar* utilizando seu *script*. O sistema espera uma sequência de instruções em cada linha de comando, que consiste basicamente do tempo em que a ação será executada, separado com espaço pelo nome a ser definido para o objeto e sua localização. O tempo pode ser absoluto ou relativo; exemplificando, é possível determinar que uma ação será executada precisamente decorrido 1 minuto desde o início do programa ao usar o formato “00:01:00”, ou que será 1 minuto após a última ação utilizando “+1:00”. Sugere-se que ao iniciar os estudos de utilização do

sistema se faça uma análise de alguns *scripts* simples que acompanham o equipamento; como exemplo, o primeiro da lista de tutoriais chamado “*Hello World*” que analisaremos a seguir:

```
0:00      scene initialize all

+2        textMessage is "Hello World!" center
          textMessage color 100 100 0
          scene add textMessage
          textMessage position spherical 0 20 5
          textMessage attitude 0 20 0
          textMessage rvelocity 25 0 0

+1        script end
```

Fonte: arquivo helloWorld.sft

Autoria: *Evans & Sutherland*

Veremos que praticamente todo *script* começa com o comando “*scene initialize all*”, que pode ser abreviado para “*scene init all*”. Este serve para remover qualquer objeto que esteja presente de uma apresentação anterior e voltar o sistema para seu ponto inicial, de forma a ignorar comandos executados anteriormente que podem influenciar na programação. Vemos também que a marcação do tempo é absoluta nessa primeira linha, com “0:00”, determinando que este será o primeiro comando a ser executado ao iniciar o programa. Já os tempos seguintes são marcados como relativos, com o “+2” indicando que esse bloco de comandos deve ser executados dois segundos após o comando anterior. Um bloco de comandos a ser executado em sequência é determinado entre as marcações de tempo, ou seja, as linhas que seguem a marcação “+2” serão todas executadas simultaneamente, enquanto o próximo comando, definido pela marcação “+1”, será executado um segundo após o primeiro comando. Analisando então os comandos temos, após a inicialização do sistema pelo “*scene initialize all*”, o comando “*textMessage is "Hello World!" center*”. Nesse caso temos um padrão a ser seguido: “*textMessage*” é o nome do objeto criado, portanto pode ser qualquer palavra, mas veremos sempre uma relação com o tipo de objeto para facilitar a localização no meio do *script*. Em seguida, a palavra “*is*” serve para definir o que é o objeto. Se fossemos buscar um modelo pronto, em seguida viria a localização do arquivo .x, mas nesse caso vemos então a utilização de um objeto que faz parte do sistema, o texto

tridimensional, chamado ao colocar um texto entre aspas; nesse caso o “Hello World!” é a palavra que será escrita nesse texto. Por último é um comando relacionado com o tipo do objeto que, por ser um texto, utiliza o comando “center”, que indica que o texto será centralizado. Com o objeto definido pelo comando “is”, podemos alterar as propriedades desse objeto ao começarmos em outra linha pelo nome do objeto, como ocorre na linha “textMessage color 100 100 0”. Aqui definimos a cor do objeto, mesclando o padrão RGB com variações entre 0 e 100, o que nesse caso quer dizer 100% de vermelho, 100% de verde e 0% de azul, resultando na cor amarela. Na linha seguinte temos o comando “scene add textMessage”, necessário para que o objeto faça parte da cena. Até então criamos e definimos o objeto, mas estas informações apenas ficam guardadas na memória até o momento em que usamos o comando “scene add” seguido do nome do objeto; quando esse comando é executado o objeto fica visível, mas posicionado no centro da cena até que se execute o comando “position”, visto na linha seguinte após o nome do objeto onde novamente usamos o nome do objeto definido no início para alterar suas propriedades ao aplicar um comando. A posição pode ser definida através de diversas coordenadas e escalas, nesse caso é utilizada a coordenada relativa ao domo com o comando “spherical”, seguido de três números, sendo os dois primeiros os ângulos da esfera que funcionam igual à latitude e longitude do globo terrestre, posicionando o objeto em uma esfera virtual que é o domo onde ocorre a projeção. O último número é a distância do centro do domo e, portanto, utilizar os valores de “0 20 5” significa que, fazendo uma analogia com a Terra, ele estaria na longitude 0° e latitude +20° e a 5 metros de distância do centro do globo, como demonstrado na figura abaixo.

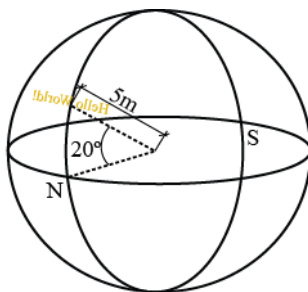


Figura 15: representação da posição do texto Hello “World!” utilizando a coordenada esférica “0 20 5”

Fonte: imagem do autor

A rotação dos objetos é definida pelo comando “*attitude*”, novamente com três valores, representando nesse caso a rotação em cada eixo, utilizando coordenadas cartesianas. Nesse caso os valores 0 20 0 significa que o objeto rotacionou 20° no eixo Y, fazendo com que o texto incline para frente para que ele fique com a frente do texto apontando para o centro do globo. E finalizando esse bloco de comandos, temos aplicado ao objeto o comando “*rvelocity*”, que determina uma velocidade de rotação em graus por segundo, portanto o valor 25 0 0 significa que o objeto estará girando no eixo X a uma velocidade de 25 graus por segundo. O *script* é encerrado um segundo depois desse bloco de comandos, determinado pelo “+1”, usando o comando “*script end*”.

Após analisarmos esse pequeno *script* que posiciona um texto tridimensional no centro do domo a 20° de latitude, com 20° de inclinação para frente pelo eixo Y e girando no eixo X com uma velocidade de 25° por segundo, podemos entender os princípios básicos da programação de *scripts* no *Digistar 3*, que, basicamente, trata-se de criar objetos e definir propriedades, com todas as opções disponíveis na documentação que acompanha o sistema chamada “*Digistar 3 Show Producer’s Guide*”.

Por fim precisamos entender as limitações de se utilizar conteúdo em tempo real que ocorrem pelo fato de que as imagens a serem exibidas no domo necessitam serem processadas rapidamente, buscando uma taxa em torno de 60 fps, recomendada pelo fabricante. Logo, a limitação está na capacidade de processamento em gerar quadros suficientes para uma animação fluida e, com o *hardware* atual, encontramos limitações nas seguintes áreas: quantidade de polígonos, tamanho das texturas e modelo de iluminação. A quantidade de polígonos limite para manter uma boa taxa de quadros por segundo não é especificada na documentação do sistema: apenas é recomendado tentar modelar com o menor número de polígonos possível de modo a representar o objeto desejado. Analisando algumas cenas que acompanham o equipamento, temos um jogo de xadrez com um total de 13.682 triângulos¹⁵, porém foi possível fazer testes com modelos em torno de 100.000 triângulos, mantendo a taxa de exibição dentro dos 60 fps, portanto, dada a variação de *hardware* que faz parte dos diferentes modelos do *Digistar*, é recomendado executar testes buscando um limite

¹⁵ Para performance de processamento de modelos em tempo real, utilizamos a contagem de triângulos, a menor parte representável de um modelo 3D, já que polígonos podem conter mais de um triângulo.

utilizável de triângulos em tempo real para cada sistema. Por outro lado, podemos utilizar texturas bem trabalhadas para representar partes de um objeto sem necessitar acrescentar mais polígonos na modelagem. Existem duas recomendações importantes para a criação de textura: a primeira é que sua resolução deve utilizar valores derivados da potência de 2, ou seja, 2, 4, 8, 16, 32, 64, etc., até o limite máximo aceito para uma textura que é 4096 por 4096 pixels (derivado de 2^{64}), pois texturas com essas resolução são mais fáceis de serem processadas pela placa gráfica utilizada no sistema. A segunda recomendação é utilizar uma resolução proporcional ao tamanho do objeto que será apresentado na cúpula, ou seja, se for um objeto pequeno ou distante, pode-se utilizar uma textura com resolução pequena, enquanto para objetos que serão mostrados em *closes* ou objetos muito grandes, é preciso utilizar uma resolução maior, já que o limite de uso das texturas está no espaço ocupado na memória da placa gráfica, que costuma possuir em torno de 1GB de memória. Podemos inclusive calcular o consumo de memória de uma textura, também chamada de *bitmap*, por ser um mapa de bits, onde cada ponto nesse mapa possui 8 bits de informação para cada cor. Utilizando cores RGB, cada pixel possuirá 24 bits de informação, portanto um *bitmap* com a resolução máxima aceita pelo sistema, 4096 por 4096, possuirá um total de 16.777.216 pixels, que multiplicado pelos 24 bits resultará em um total de 402.653.184 bits de informação, ou 50.331.648 bytes. Logo, temos uma única textura consumindo aproximadamente 50MB se utilizarmos a resolução máxima, o que também significa maior tempo para ser carregada, do que decorre a recomendação para que se utilize apenas a resolução necessária. Além disso, muitas vezes, mais de uma textura é utilizada em um mesmo objeto, como apontado na fundamentação teórica.

Por fim, o modelo de iluminação utilizado nesse tipo de sistema de tempo real é limitado apenas à reprodução de luz direta, cálculo de iluminação global, apenas uma simples iluminação tradicional (Andaló et al., 2010).

4.2 UTILIZANDO CONTEÚDO PRÉ-PRODUZIDO

Podemos utilizar conteúdo pré-produzido no *Digistar*, reproduzindo um vídeo feito para este sistema de forma a ocupar toda a tela. Para isso o vídeo precisa já possuir a mesma distorção utilizada pela lente olho-de-peixe usada para passar a imagem dos projetores para a cúpula, como no exemplo mostrado a seguir.

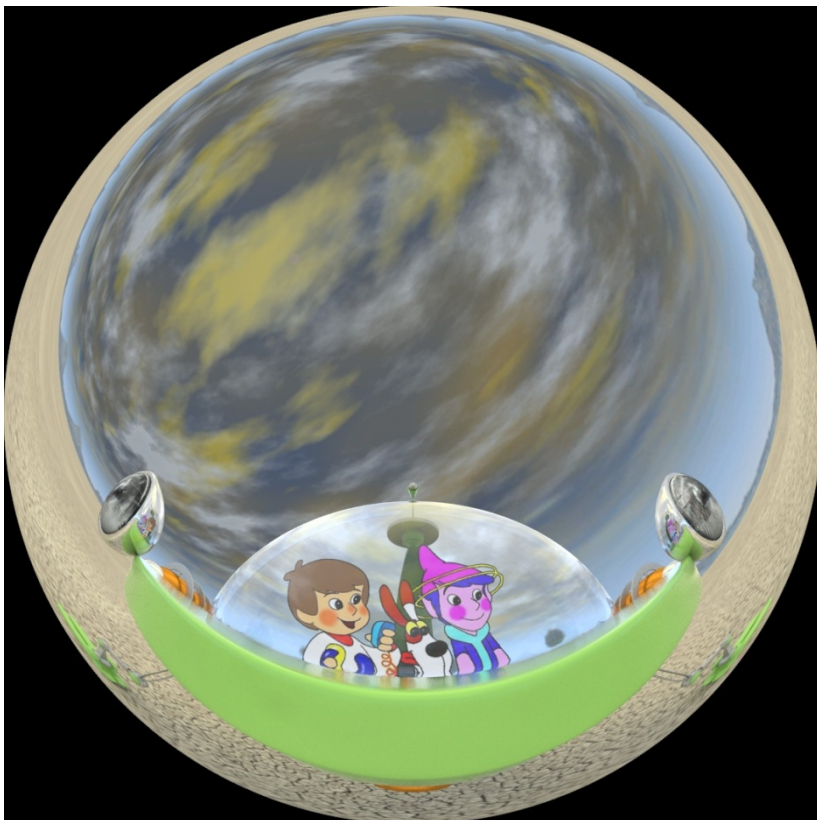


Figura 16: exemplo de um quadro do programa "O Príncipe sem nome", mostrando um exemplo de distorção do tipo lente olho-de-peixe.

Fonte: imagem do autor.

Esta imagem foi criada utilizando o programa *3dsMax*, com o *plugin V-Ray*, escolhendo uma lente do tipo olho-de-peixe. Este tipo de *render* foi executado pelo método de *raytracing*, que consiste de múltiplos raios traçados a partir da câmera para a cena 3D ao criar a imagem. Este método permite que os raios sejam curvados como uma lente olho-de-peixe, de forma que a imagem gerada pelo *software* possa ser utilizada diretamente no *Digistar*. Outros métodos de *rendering* são a rasterização, utilizada para *renders* em tempo real, e o *scanline*, que processa a imagem por linhas, um cálculo mais rápido que o *raytracing*, porém incapaz de gerar uma perspectiva com lente curva como esta. O documento "*Digistar 3 Content Developer's Guide*" sugere que

“*raytracing* pode gerar imagens deslumbrantes, porém em geral possui tempo de processamento proibitivo para muitas produções” e que por isso existe a opção de *renderizar* 5 câmeras, uma apontando para cada lado do domo e uma para cima, necessitando depois fazer uma pós-produção que transforme essas 5 vistas processadas em uma única imagem curva. O esquema de posicionamento das câmeras pode ser visto abaixo.

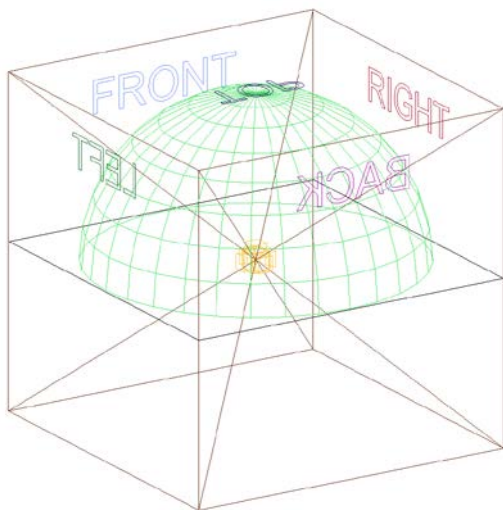


Figura 17: esquema de montagem das cinco câmeras no ambiente 3D.
Fonte: Evans & Sutherland, 2007.

Logo é preciso fazer uma avaliação dos dois métodos: utilizando o *raytracing* é possível uma qualidade melhor e gerar um único vídeo que pode ser utilizado diretamente no domo ao custo de um maior tempo de processamento; já utilizando o *scanline*, temos algumas limitações de qualidade, porém com maior rapidez de processamento e com a necessidade de gerar cinco vídeos que devem depois passar por uma pós-produção de forma a gerar o único vídeo, demandando mais trabalho. Além disso, o software *3dsMax* é capaz de *renderizar* via *raytracing* sem a necessidade de *plugins*, por ter incorporado ao *software* o *renderizador* chamado *MentalRay*, embora a escolha do *renderizador* dependa bastante do método de trabalho de cada empresa ou universidade que produzirá o conteúdo, visto que outros *plugins* de *render* por *raytrace* também são capazes de gerar uma imagem com lente olho-de-peixe como os populares *VRay* (utilizado neste trabalho) e

Final Render. Já a junção das imagens geradas pelas cinco câmeras necessitam do programa de pós-produção de vídeo chamado *Adobe After Effects*, com um *plugin* da própria empresa *Evans & Sutherland* que não estava disponível para este trabalho. Logo, cabe ao gestor deste tipo de trabalho avaliar os prós e contras para cada situação.

Para reproduzir o vídeo ocupando todo o domo, existem duas possibilidades levantadas nesse trabalho: na primeira, recomendada pela *Evans & Sutherland*, utiliza-se outro *plugin* desenvolvido pela própria empresa, mas que não acompanha o sistema e precisa ser comprado separadamente. Este *plugin* funciona com o programa *Adobe After Effects*, gerando um vídeo no formato MPEG-2, incluindo as informações sobre o posicionamento do vídeo no domo no próprio arquivo de vídeo. Com o vídeo pronto e armazenado no sistema, utiliza-se o comando “*scene video is*”, seguido do nome com a localização do arquivo no sistema para carregar o vídeo e, sempre recomendado deixar alguns segundos para o vídeo ser carregado, aplicar o comando “*scene video play*” para a execução. O formato MPEG-2 é o recomendado, pois ele pode ser executado utilizando o processamento das placas gráficas, com a vantagem de ser um formato que pode ser gerado por diversos programas de edição ou apenas conversão de vídeo. Por esse último motivo é que temos outra opção para utilização de vídeo: utilizando qualquer programa que gere um arquivo em MPEG-2, ficamos dispensados da utilização do *plugin*, mas o mesmo não conterà as informações sobre posicionamento na cúpula. Porém o próprio sistema oferece opções de utilização de projetores virtuais, que são objetos tridimensionais, a maioria formada por planos como uma tela de TV, que podem ter um vídeo aplicado como textura. Para o vídeo em tela cheia usamos então a seguinte sequência de comandos em um dos programas produzidos neste trabalho:

```
dome is v:\d3\models\VP\video_hemisphere.x
dome video is v:\principe\principe.mpg
+5
dome vídeo play
```

Fonte: autor

Novamente temos cada linha de comando pelo nome do objeto, nesse caso nomeamos o nosso projetor virtual de “*dome*” e definimos que esse objeto chamado *dome* será o modelo existente no arquivo “*video_hemisphere.x*”, localizado na pasta “*v:\d3\models\VP*” que é a

pasta padrão do *digistar* onde estão todos os modelos de projetores virtuais presentes no *digistar 3*. Nesse caso, trata-se do modelo de uma meia-esfera pronta para receber um arquivo de vídeo, que definimos na segunda linha de comando que será o arquivo “principe.mpg”, arquivo do qual extraímos a imagem da Figura 16. O comando seguinte para reproduzir o vídeo será executado cinco segundos após o vídeo ter sido carregado, e com isso garantimos o tempo para o sistema carregar todo o arquivo de vídeo, que costuma ter tamanho considerável, em torno de 1,75MB por segundo de vídeo, o que gera um arquivo com mais de 3GB para um vídeo de 30 minutos. Trabalhando dessa forma, temos o vídeo mapeado corretamente na cúpula sem a necessidade do *plugin* específico da *Evans & Sutherland*, porém com uma certa limitação: os programas testados possuem um limite na altura máxima do vídeo ao converter vídeo para MPEG-2, em geral 1080 pixels, limitação essa inexistente utilizando o *software* proprietário. Com isso a resolução máxima do *Digistar3 SP2*, que é de 1400 por 1400 pixels, não é utilizada inteiramente, mas, em uma cúpula pequena como a da UFSC, o vídeo com 1080 por 1080 pixels se mostrou com qualidade satisfatória, sendo mais crítico apenas em cúpulas maiores.

Portanto o que fazemos ao trabalhar com conteúdo pré-produzido é reproduzir um vídeo feito com formato esférico, como se visto por uma lente olho-de-peixe, projetado na cúpula de forma imersiva. Nesse caso ficamos livres do processamento em tempo real e podemos usar qualquer tipo de efeito, desde que fique dentro do tempo de *rendering* estipulado por cada projeto. Uma desvantagem desse tipo de conteúdo é a impossibilidade de interação direta, em geral os espectadores apenas assistem ao vídeo. Por outro lado, podemos dispor uma série de vídeos com diversas opções de reprodução em sequência de forma criar um conteúdo interativo. As possibilidades são infinitas, pois ainda podemos mesclar trechos pré-produzidos com outros em tempo real, como o que foi utilizado nos dois conteúdos desenvolvidos durante esse estudo e que veremos a seguir.

4.3 ADAPTAÇÃO DA APRESENTAÇÃO “O PRÍNCIPE SEM NOME”

Após executar uma série de testes e análises de *scripts* que vieram com o equipamento, buscando entender o funcionamento da criação de conteúdo para o *Digistar 3*, optamos por entrar na parte prática do trabalho no planetário da UFSC em uma tentativa de adaptação da

apresentação do show intitulado “O príncipe sem nome”, que faz parte já há muitos anos do repertório da ABL (Associação Brasileira de Planetários). Por ser uma apresentação antiga, ela era feita utilizando um áudio pré-produzido e uma série de apresentação de *slides* estáticos dos personagens da história, mesclando com projeções dos antigos sistemas ópticos dos planetários, tudo coordenado ao vivo pelos apresentadores dos planetários, acompanhando a narração e um roteiro. Houve uma tentativa anterior de transformar a parte dos *slides* em um vídeo, porém sem imersão, apenas utilizando um projetor comum apontado para algum lado da cúpula. Deste primeiro trabalho foi possível aproveitar os *slides* que foram todos digitalizados para a criação do vídeo, apenas foi necessário recortar o fundo preto das imagens e tratar para corrigir eventuais falhas.

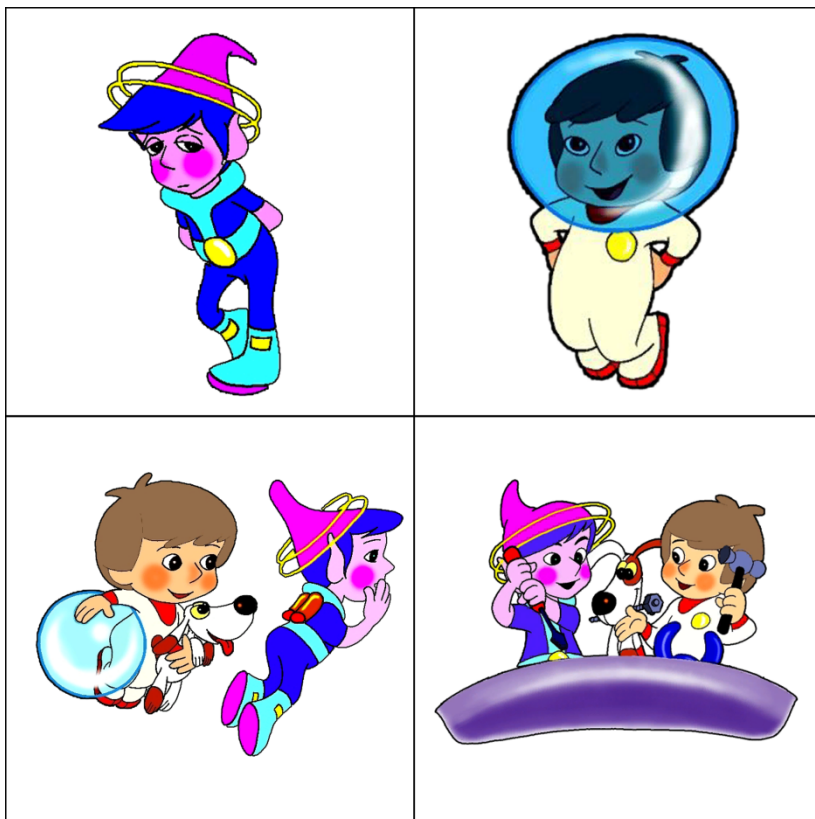


Figura 18: exemplos de *slides* digitalizados e tratados
 Fonte: apresentação “O Príncipe sem nome”, ABL

Estas imagens foram salvas com transparência para o formato DDS, muito utilizado para animações em tempo real, e copiadas para os discos rígidos do *Digistar*. Foram executados então alguns testes e optou-se por desenvolver, inicialmente, utilizando a programação em tempo real do equipamento como forma de estudo das limitações desse tipo de trabalho. Para cada personagem foi criado um projetor virtual, que nesse caso eram simples planos quadrados com a possibilidade de aplicar uma imagem com transparência, como as mostradas na Figura 18. É possível também definir uma sequência de imagens, criando um arquivo de texto simples com o nome de cada arquivo de imagem a cada linha de texto, salvando o arquivo com extensão SLS. Esse arquivo é chamado de *slideset* e serve para a troca durante a apresentação entre as imagens, usando o comando “*slideset frame n*”, com *n* sendo o número da linha correspondente à imagem que se quer aplicar naquele momento. Assim, para cada personagem foi criado um arquivo SLS, listando todas as imagens daquele personagem e, em cada tempo, era chamada uma imagem diferente como se fosse a antiga troca de *slides*, porém automatizada. Essas animações podem ser diretas, uma simples troca de imagens sem transições, ou podemos animar uma transição de qualquer parâmetro no *Digistar*, acrescentando o comando “*duration*”, ou a abreviação “*dur*” no final de cada linha e o tempo em segundos. Por exemplo, se um objeto possui uma posição inicial esférica 0 20 5, como o texto do tutorial “*Hello World*”, e em outra linha acrescentamos a posição esférica “0 40 5 dur 2”, o objeto subirá para o ângulo de 40°, mas a passagem de uma posição para outra será executada no tempo de 2 segundos. Portanto é assim que uma animação é feita via *script* no *Digistar*, definindo a duração da mudança de uma propriedade do objeto, o que implica que, quanto maior for a duração, mais lenta será a animação, e vice-versa, pouco tempo de mudança indica uma animação rápida. Outra questão que influencia a velocidade é a distância percorrida, já que velocidade, na física, é sempre a distância percorrida em determinado tempo, temos que ter certo cuidado com as distâncias percorridas: quanto maior a distância, maior o tempo necessário para que um objeto não corra muito rápido pela cúpula, afinal movimentos rápidos em um *display* imersivo pode causar mal-estar nos visitantes, como visto na fundamentação teórica deste trabalho.

Este trabalho então foi inicialmente produzido criando um *script* diretamente no *Digistar* e, portanto, utilizando conteúdo em tempo real. Utilizando os recursos de planetário do sistema, foi definida a exibição das estrelas conhecidas no espaço e em seguida animada a câmera

viajando pelo espaço, o que é chamado no *script* de *eye*. Para criar um efeito de viagem no espaço temos duas opções: mover a câmera pelo espaço, porém observando a questão da escala, visto que a distância entre as estrelas é medida em anos-luz; portanto, ao nos movermos pelo espaço precisamos também nos mover nessa mesma escala, do contrário as estrelas parecerão paradas do ponto de vista do observador. Outra opção é uma simples rotação da câmera, que já é suficiente para dar a sensação de movimento no espaço, porém não apresenta a mesma sensação da primeira opção; é preciso considerar ainda que giros de câmera em *displays* imersivos são uma das fontes que podem levar algumas pessoas a sentirem mal-estar, especialmente se o giro for em alta velocidade como seria nesse caso. Foi utilizada também a opção de criar textos tridimensionais para exibição do título e legenda durante o passeio no espaço, que terminou com a chegada ao planeta distante do príncipe. Para ilustrar esse planeta, contado na história como “*um planeta sem graça sempre coberto de nuvens*”, foi criado no *software 3dsMax* a representação do planeta visto do espaço, para a chegada da animação, e um panorama de dentro do planeta. Para a utilização desta representação, foi gerado um mapa esférico dessas duas vistas, que ao ser aplicado a uma esfera aparece mapeado corretamente. A utilização destes mapas é muito comum para utilização de conteúdos em tempo real, pois dessa forma podemos acrescentar recursos visuais como sombra e iluminação realista a objetos que serão apresentados em tempo real sem a necessidade de calcular estes efeitos. Para isso existem duas opções que utilizamos dependendo da situação, sendo a primeira chamada de “*Render To Texture*” e abreviada pela sigla RTT. Trata-se da passagem das informações de iluminação e demais efeitos, presentes em *render* não executados em tempo real, para uma imagem a ser aplicada como textura no objeto, utilizada neste programa para a vista do planeta do espaço e que pode ser observada na Figura 19. A segunda opção é usada para criar um ambiente virtual em torno da cena executada em tempo real; para isso utiliza-se uma câmera esférica que capta todo o ambiente criado no programa de modelagem 3D, nesse caso usado na vista de dentro do planeta e registrado na Figura 20.

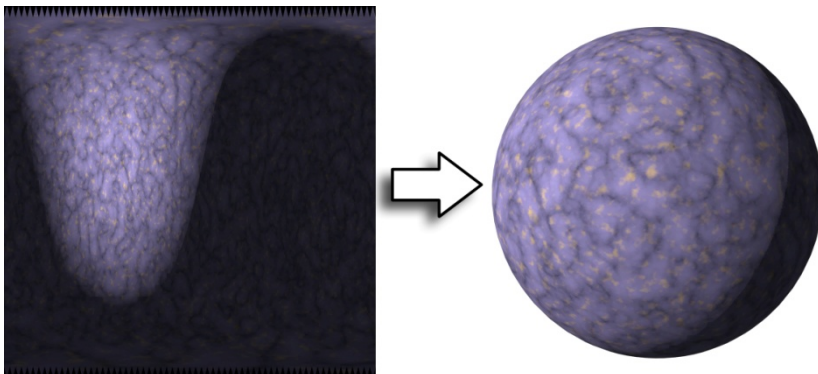


Figura 19: imagem gerada por RTT e sua aplicação em tempo real.

Fonte: imagem do autor.

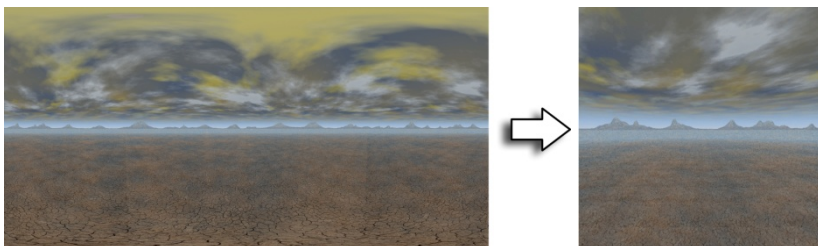


Figura 20: imagem gerada de um ambiente 3D a partir de uma câmera esférica e sua aplicação como ambiente virtual

Fonte: imagem do autor.

O programa segue com a câmera no planeta e com os personagens projetados em planos que se movem pela cúpula conforme o decorrer da história. Um dos pontos interessantes é a chegada da nave ao planeta, pois, embora a nave em si seja apenas uma imagem desfocada da nave aplicada como textura a um plano, foi utilizada a opção de incluir um áudio a um objeto no *Digistar*, utilizando-se o som da nave chegando. Como o som do sistema é distribuído espacialmente pela cúpula, o som acompanhava o movimento da nave conforme ela passeava de um lado a outro da cúpula.

Com o andamento da produção da animação, logo os pontos negativos desse método de criação de conteúdo foram detectados, sendo o primeiro a falta de resposta em tempo real. Pelo sistema é possível posicionar os objetos e rotacioná-los de forma interativa através do painel de controle chamado “*object browser*”. Porém, para ter um panorama completo da animação, é preciso executá-la desde o início, o

que torna o processo produtivo extremamente lento, obrigando o *script* a ser dividido em outros *scripts* menores para não precisar executar sempre o programa desde o começo. O segundo ponto negativo detectado vem das limitações quanto ao controle das animações. Como citado anteriormente, as animações são executadas definindo o tempo onde ela começa e a duração desta animação, fazendo uma animação linear de um ponto a outro. Para suavizar a animação, é possível definir apenas um tempo de aceleração e desaceleração da animação e nada mais, o que é extremamente limitado do ponto de vista de um animador. Por fim temos as limitações provenientes da utilização de *render* em tempo real: não temos sombras, reflexos ou objetos complexos.

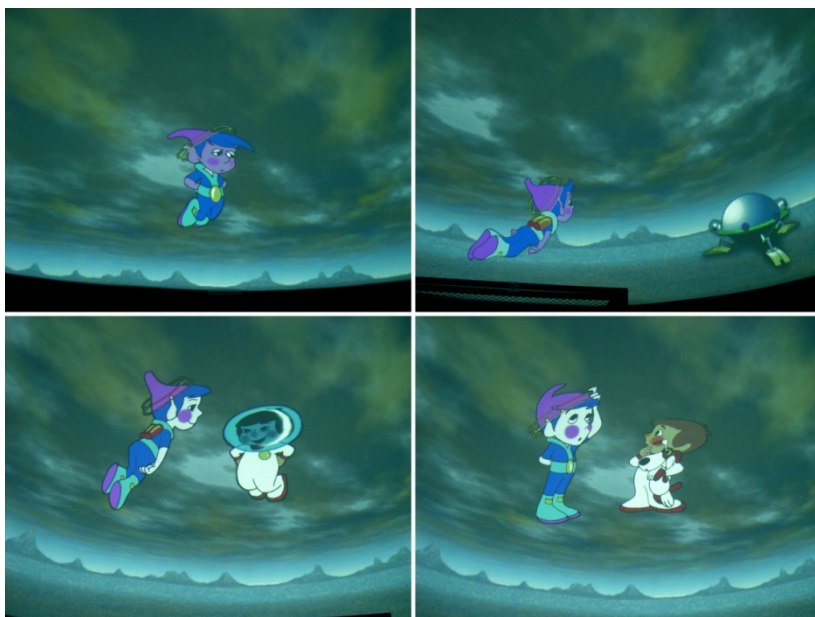


Figura 21: fotos do "Príncipe sem nome" utilizando *rendering* em tempo real sendo projetado no planetário da UFSC.

Fonte: fotos do autor.

Foi então, com pouco mais de 6 minutos de apresentação produzido, que se optou pela utilização de conteúdo pré-produzido utilizando o *software 3dsMax*. Nele foram mantidas algumas características usadas no *render* em tempo real, como o ambiente esférico do planeta e os personagens, utilizando-se apenas texturas aplicadas em planos. Porém, por se tratar de um *software* de animação

3D, temos aqui ferramentas adequadas para animação e, ponto extremamente importante nesse tipo de trabalho, interação em tempo real do que está sendo executado. Por outro lado, temos uma limitação a ser considerada: neste caso estamos produzindo a animação para projeção em um domo a partir de uma tela plana de computador. Logo, é fundamental executar uma série de testes para que o animador entenda bem a relação do que está vendo na tela do computador com o que será apresentado na cúpula, já que a imagem que sai do computador, como a apresentada na Figura 16, apresenta toda uma distorção proveniente da lente tipo olho-de-peixe utilizada e que depois será corrigida na projeção em domo, exemplificado na Figura 22.

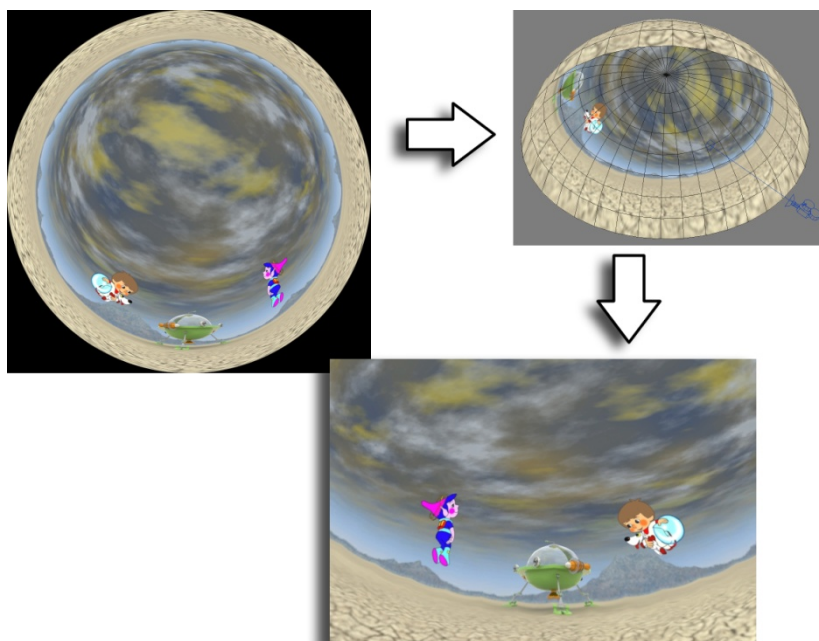


Figura 22: vista da imagem gerada com a lente olho-de-peixe, sua aplicação no domo e uma visão dessa aplicação do ponto de vista do observador.

Fonte: imagem do autor.

Feitos os testes, a produção da animação então se demonstrou muito mais produtiva em tempo de conteúdo produzido, se comparado com a produção executada criando um *script* diretamente no *Digistar*. Foi possível também explorar as vantagens de um *render* pré-

processado, com a criação de uma nave em 3D com texturas realistas, incluindo metal e vidro com reflexão e refração realista, além de uma iluminação difusa, incluindo iluminação global para simular o planeta sempre coberto de nuvens, como pôde ser visto na Figura 16. Como ponto negativo, podemos citar o tempo necessário para o processamento do *render* final, afinal trata-se de uma imagem de 1080 por 1080 pixels e de um programa com aproximadamente 30 minutos de duração, o que requer um grande número de computadores processando em paralelo para que o programa fique pronto em tempo hábil definido para a produção de cada projeto, o que torna inviável esse tipo de produção com pouca capacidade de processamento.



Figura 23: fotos do "Príncipe sem nome" utilizando *rendering* pré-processado sendo projetado no planetário da UFSC.

Fonte: fotos do autor.

Também podemos citar como ponto negativo a necessidade de profissionais que dominem o programa de animação utilizado, já que neste caso é necessário criar tudo o que for necessário no programa. Por outro lado, o *Digistar* já possui em seu *software* todo um sistema de planetas e constelações pronto para ser usado e, por este motivo, foi feita novamente uma passagem para o conteúdo em tempo real no trecho em que os personagens observam as estrelas e suas constelações. Passada essa parte, é feita novamente a transição do conteúdo pré-produzido, tudo executado com transições suaves de forma a que o público não perceba mudança alguma, ou seja, é possível utilizar o método mais adequado a cada situação.



Figura 24: Imagem mostrando refração e reflexão realistas, possível apenas com conteúdo pre-renderizado utilizando *raytracing*.
Fonte: imagem do autor.



Figura 25: imagem mostrando efeito de simulação de fumaça realista, possível apenas com conteúdo pre-renderizado.
Fonte: imagem do autor.



Figura 26: imagem mostrando efeitos de luz e reflexo, possível apenas com conteúdo pre-renderizado.

Fonte: imagem do autor.

4.4 ADAPTAÇÃO DA APRESENTAÇÃO “A QUINCA, O PITITI E O ALBIREU”

Paralelamente à produção do “Príncipe sem nome”, o planetário da UFSC recebeu uma nova apresentação que faz parte da programação da ABL. Intitulada “A Quinca, o Pititi e o Abireu”, foi concluída no ano de 2009 utilizando computação gráfica e feita para ser reproduzida em um aparelho de DVD e exibida através de projetores comuns, em conjunto com apresentações tradicionais de planetários ópticos, semelhante ao método que era apresentado anteriormente em “Príncipe sem nome”, apenas substituindo os *slides* por um vídeo. Pelo fato de os programas disponíveis para projeção em domo digital terem um custo elevado, o planetário da UFSC passou por uma escassez de conteúdo a ser mostrado em suas apresentações diárias, o que motivou à adaptação deste programa feito em DVD para o *Digistar*.

Com o sistema de projetor virtual disponível neste equipamento, a reprodução de um vídeo em DVD na cúpula é extremamente simples: basta extrair o conteúdo de áudio e vídeo separadamente e armazenar no disco rígido do equipamento, com a vantagem do formato MPEG-2 ser o mesmo utilizado no DVD, nem necessidade de conversão de formato. Apenas é recomendado que o arquivo do vídeo esteja presente em todos os computadores responsáveis pela alimentação dos projetores, o que, no caso do *Digistar3 SP2* do planetário da UFSC, são dois projetores e

dois computadores para essa função. Já o áudio é proveniente de outro computador e neste deve estar armazenado o arquivo extraído do DVD para este fim. Já no computador que coordena o sistema, chamado de *host*, fica armazenado apenas o *script* que coordenará a reprodução do conteúdo. Neste programa foi utilizado um projetor virtual retangular, com tamanho ajustado para aparecer em aproximadamente metade da cúpula e proporcionar uma certa imersão mesmo em detrimento da qualidade: afinal, um vídeo em DVD é limitado pela resolução de 720 por 480 pixels, o que seria aproximadamente metade da resolução que é projetada em metade da cúpula, 1400 por 700 pixels. Pela característica da cúpula do planetário da UFSC, plana, pequena e com as cadeiras dispostas de forma circular, o projetor virtual fica inclinado para baixo buscando um melhor ângulo de visão para todos os espectadores. Se fosse em uma cúpula inclinada com todos os assentos apontados para o mesmo lado, chamada de cúpula unidirecional, o projetor virtual poderia ser alinhado como uma tela de cinema.

Por se tratar de uma apresentação composta quase que totalmente pela reprodução de um vídeo, a adaptação desse conteúdo foi concluída rapidamente, sendo necessária apenas a criação da parte que seria executada manualmente em um planetário óptico, que foi feita utilizando os recursos do *Digistar* com a ajuda de um módulo chamado de *Script Recorder*. Este módulo permite gravar uma sequência de comandos em um *script*, facilitando bastante a criação desse tipo de conteúdo da seguinte forma: bastava executar os comandos acompanhado do áudio para que, depois, ao reproduzir o *script* criado, estes mesmos comandos fossem executados em sincronia com o áudio, como apontar uma estrela no céu ou mostrar o desenho de uma constelação. Apenas pequenos ajustes de sincronia do *script* com o áudio se fizeram necessários, junto com a inclusão do projetor virtual com o vídeo e o comando de reprodução deste acompanhando com o áudio, sincronizando também o aparecimento e desaparecimento do projetor virtual conforme necessário.

Esta apresentação serve, portanto, de exemplo de uma adaptação que pode ser feita de forma rápida de modo a suprir a carência de conteúdo a ser apresentado em planetários que fizeram a transição do sistema óptico para o digital. Pouco antes da conclusão deste estudo, outras apresentações semelhantes estavam sendo adaptadas da mesma forma para o *Digistar*, com o mesmo intuito de suprir a falta de conteúdo, porém vale citar que temos sempre um limite de qualidade proveniente do formato em DVD e da pouca imersão proporcionada por ser originário de um conteúdo feito para tela plana.

5. CONCLUSÃO

O primeiro ponto observado desde o início do desenvolvimento desse trabalho foi o quão fascinante passa a ser um conteúdo ao ser produzido para, e apresentado em um *display* imersivo. Trata-se de uma nova forma de explorar a apresentação de um conteúdo que pode ser utilizado tanto para o entretenimento como para a educação. Para esta última utilização, existem alguns estudos que apontam uma melhora no aprendizado e compreensão por parte de alunos que tiveram a oportunidade de visualizar uma parte do conteúdo em um *display* imersivo. Um dos estudos foi apresentado por Summers et al. (2008) e consistiu da utilização de um domo inflável levado para diversas escolas dos EUA por um período de 5 anos, buscando complementar o conteúdo regular apresentado nas escolas. O resultado apontou que:

Todos os alunos da 3ª a 12ª série mostraram estatisticamente em curto prazo um significativo aumento no conhecimento de conceitos básicos da ciência da Terra após um único show de 22 minutos.

(...)

Portanto uma sala imersiva pode ser um método de ensino eficaz e atraente dos conceitos das ciências da terra e do espaço, particularmente àqueles intrinsecamente tridimensionais e, portanto, mais efetivamente ensinados em um ambiente imersivo.

(Summers et al., 2008, p. 1, tradução livre do autor)

Por outro lado foi observada, neste trabalho, a inexistência da produção de conteúdo educacional para projeção em domo aqui no Brasil, e por isso este trabalho buscou incentivar e facilitar a produção de conteúdo para este tipo de *display* imersivo. Para isso este trabalho buscou levantar, nos capítulos 1 e 2, o que é um *display* imersivo e quais pontos que devemos considerar ao criar uma animação para este, para então, no capítulo 3, atingir o primeiro objetivo deste trabalho: uma análise dos tipos de *displays* imersivos. Dentre os *displays* imersivos, o foco principal aqui passou a ser a projeção em domo, que foi

apresentado em detalhes no capítulo 3.3 e assim atingindo o segundo objetivo desse trabalho, uma análise aprofundada deste *display* imersivo.

Já no capítulo 4 pudemos atingir os outros objetivos deste trabalho, onde foram apontados alguns princípios necessários para a criação de animações para projeção em domo, bem como os pontos positivos e negativos da utilização de *rendering* em tempo real ou utilização de conteúdo pré-produzido, que devem ser considerados ao decidir por qual método utilizar em cada situação, tendo sido colocado em prática na criação da animação “O Príncipe sem nome” e na adaptação da produção “O Quinca, A Pititi e o Abireu”, feita para DVD, incluindo a adaptação dos conteúdos antes apresentados manualmente com uso de equipamento analógico dos planetários.

Conclui-se então este trabalho com a expectativa de que possa ser utilizado como uma referência e um incentivo a todos que possuem interesse em produzir conteúdo para projeção em domo, já que se trata de uma área de desenvolvimento relativamente nova e que tem apresentado um crescimento sólido, tanto em instalação de salas imersivas como no desenvolvimento de conteúdo. Temos como exemplo a informação de que em 2008 havia em torno de 100 produções em andamento no mundo todo, ao mesmo tempo que uma alta demanda por novas produções e uma estimativa para 2010 de um total de 600 salas com projeção em domo existentes, ao mesmo tempo que existem milhares de planetários ao redor do mundo equipados com sistema ótico que, cedo ou tarde, passarão a contar com equipamento digital (Bruno, 2008).

REFERÊNCIAS

ADOBE. **Adobe After Effects CS3 User Guide for Windows and Mac OS**. EUA, 2007.

ADOBE. **Adobe Premiere Pro CS3 User Guide for Windows and Mac OS**. EUA, 2007.

ANDALÓ, Flávio; VIEIRA, Milton L. H.; MERINO, Eugenio. **Iluminando objetos 3D**: iluminação tradicional versus iluminação realista. Design & Tecnologia, Vol. 1, No 02 (2010). Disponível em: <http://www.pgdesign.ufrgs.br/designetecnologia/index.php/det/article/view/35> acesso em: 5 de maio de 2011.

AUTODESK. **Autodesk 3ds Max 2010 Help**. EUA, 2009.

BISHOP, Gary; FUCHS, Henry. **Research directions in virtual environments**. Report of an NSF Invitational Workshop, March 23-24, 1992, University of North Carolina at Chapel Hill, ACM SIGGRAPH Computer Graphics, v.26 n.3, p.153-177, Agosto de 1992.

BLAIR, Preston. **Cartoon Animation**. Laguna Hills, CA, Walter Foster Publishing, 1994.

BOURKE, Paul. **iDome: Immersive gaming with the Unity3D game engine**. Proceedings of the Computer Games & Allied Technology 09 (CGAT09), Research Publishing Services, p. 265-272, Singapore, maio de 2009. Disponível em <http://paulbourke.net/papers/cgat09b/> acesso em: 15/05/2011.

BOURKE, Paul. **Spherical Mirror: A New Approach to Hemispherical Dome Projection**. Planetarian, dezembro de 2005. Disponível em: <http://paulbourke.net/papers/planetarian1/planetarian.pdf> acesso em: 5 de maio de 2011.

BROOKER, D. **Essential CG Lighting Techniques with 3ds Max**. 3ª.ed. Oxford: Ed. Focal Press, 2008.

BROWN, Emily; CAIRNS, Paul. **A Grounded Investigation of Game Immersion**. Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems, Vienna, Áustria, Abril de 2004.

BRUNO, Mike. **Trends in Fulldome Production and Distribution**. 2008 Fulldome Summit, Chicago, Illinois, July 3rd, 2008. Disponível em: http://extranet.spitzinc.com/reference/papers/Trends_in_fulldome_Show_Production_and_Distribution.pdf acesso em: 5 de maio de 2011.

BUMGARNER-KIRBY, Hue Walker. **Hue's Beginner's Guide to Fulldome Production**. Albuquerque, NM, University of New Mexico, 2005. Disponível em: <http://artslab.unm.edu/tutorials/dome1a.htm> acesso em: 5 de maio de 2011.

Business Wire. **Forte technologies expands into new manufacturing facility ; Production of Virtual Reality Hardware Commences**. Business Wire, 9 de maio de 1995. Disponível em <http://www.thefreelibrary.com/FORTE+TECHNOLOGIES+EXPANDS+INTO+NEW+MANUFACTURING+FACILITY%3B+...-a016934170> acessado em: 11 de maio de 2011.

CARLSON, Wayne. **A Critical History of Computer Graphics and Animation**. Curso do departamento de artes da universidade estadual de Ohio, EUA. Disponível em: <http://design.osu.edu/carlson/history/> acesso em: 5 de maio de 2005.

CATMULL, Ed; CLARK, Jim. **Recursively generated B-spline surfaces on arbitrary topological surfaces**. Computer-Aided Design 10(6):350-355, novembro de 1978. Disponível em: http://www.cs.berkeley.edu/~sequin/CS284/PAPERS/CatmullClark_SD_Surf.pdf acesso em: 5 de maio de 2011.

CHAOS GROUP. **V-Ray 2.0 for 3ds Max**. Website: <http://www.spot3d.com/vray/help/200R1/> Acesso em: 5 de maio de 2011.

CROCOMO, Fernando Antonio. **TV digital e produção interativa: a comunidade manda notícias**. Florianópolis: EDUFSC, 2007.

CRUZ-NEIRA, Carolina; SANDIN, Daniel J.; DEFANTI, Thomas A.. **Surround-screen projection-based virtual reality: the design and implementation of the CAVE**. Proceedings of the 20th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, p.135-142, Setembro de 1993.

CRUZ-NEIRA, Carolina; SANDIN, Daniel J.; DEFANTI, Thomas A.; KENYON, Robert V.; HART, John C.. **The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment**. Communications of the ACM, v.35 n.6, p.64-72, Junho de 1992.

DEBEVEC, Paul. **A Tutorial on Image-Based Lighting**. IEEE Computer Graphics and Applications, Jan/Fev 2002, p. 26-34, Washington, DC, IEEE, 2002.

DEBEVEC, Paul. E.; MALIK, J. **Recovering high dynamic range radiance maps from photographs**. In Proceedings of the 24th Annual Conference on Computer Graphics and interactive Techniques International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, p. 369-378. New York, NY: ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 1997.

DEBEVEC, Paul. **Rendering synthetic objects into real scenes: bridging traditional and image-based graphics with global illumination and high dynamic range photography.** In Proceedings of the 25th Annual Conference on Computer Graphics and interactive Techniques SIGGRAPH '98, p. 189-198. New York, NY: ACM, 1998.

DEERING, Michael. **High resolution virtual reality.** Proceedings of the 19th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, p.195-202, Julho de 1992.

DEROSE, Tony; KASS, Michael; TRUONG, Tien. **Subdivision surfaces in character animation.** International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, SIGGRAPH '98, p. 85-94. New York, NY: ACM, 1998.

Evans & Sutherland. **Digistar 3 Content Developer's Guide.** Salt Lake City, Evans & Sutherland, 2007.

Evans & Sutherland. **Digistar 3 Operator's Guide.** Salt Lake City, Evans & Sutherland, 2007.

Evans & Sutherland. **Digistar 3 Show Producer's Guide.** Salt Lake City, Evans & Sutherland, 2008.

Evans & Sutherland. **Fulldome Show Catalog.** Salt Lake City, Evans & Sutherland, 2008. Disponível em http://www.es.com/products/digital_theater/resources/pdf/FullDomeShowCatalog.pdf acesso em: 5 de maio de 2011.

FIALHO, Francisco A. P.; Braviano, Gilson; Santos, Neri dos. **Métodos e Técnicas em Ergonomia.** Florianópolis, Nova Letra, 2005.

HÄKKINEN, Jukka; VUORI, Tero; PUHAKKA, Monika. **Postural Stability and Sickness Symptoms after HMD Use**. 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Finlandia, Vol. 1, p. 147-152. Disponível em <http://research.nokia.com/publication/7596> acessado em: 11 de maio de 2011.

HOUASSIS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles. **Dicionário Houassis da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

HYDER, James, «**How immersive is IMAX?**», LF Examiner, Novembro de 2008. Disponível em <http://www.lfexaminer.com/20090522b.htm> acesso em: 5 de maio de 2011.

HYDER, James, «**Imax reacts to controversy over digital theaters**», LF Examiner, Maio de 2009. Disponível em: <http://www.lfexaminer.com/20090525a.htm> acesso em: 5 de maio de 2011.

HYDER, James, «**Is IMAX the next "New Coke"?**», LF Examiner, Outubro de 2008. Disponível em <http://www.lfexaminer.com/20081016.htm> acesso em: 5 de maio de 2011.

JACK, Keith. **Video demystified: a handbook for the digital engineer**. 5. Ed. Burlington, MA, USA, Newness, 2007.

JAYNES, Christopher; RAMAKRISHNAN, Divya. **Super-Resolution Composition in Multi-Projector Displays**. IEEE International Workshop on Projector-Camera Systems (ProCams), Nice, França, Outubro de 2003. Disponível em <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.105.6654&rep=rep1&type=pdf> acesso em: 5 de maio de 2011.

JENNETT, Charlene; COX, Anna L.; CAIRNS, Paul. **Investigating Computer Game Immersion and the Component Real World Dissociation**. Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems, Boston, MA, abril de 2009. Disponível em http://www-users.cs.york.ac.uk/~pcairns/papers/Jennett_CHI09.pdf acesso: 5 de maio de 2011.

JO, Dongsik; KANG, Hyun; LEE, Gun A.; SON, Wookho. **Xphere: A PC Cluster based Hemispherical Display System**. IEEE VR 2006 Workshop on Emerging Display Technologies, 26 de março de 2006.

KAJIYA, J. T. **The Rendering Equation**. Computer Graphics, Vol. 20, No. 4, Agosto 1986. ACM Press, New York, NY, 1986, p. 143-150.

LANTZ, Ed, «**Digital Domes and the Future of Large-Format Film**», LF Examiner, Vol. 9, No. 8, Junho de 2006. Disponível em <http://extranet.spitzinc.com/reference/papers/LFExaminerArticleLantz.pdf> acesso em: 5 de maio de 2011.

LANTZ, Ed. **A survey of large-scale immersive displays**. In Proceedings of the 2007 Workshop on Emerging *Displays* Technologies: Images and Beyond: the Future of *Displays* and interaction (San Diego, California, Agosto de 2007) EDT '07, vol. 252. New York, NY, ACM, 2007.

LANTZ, Ed. **Future directions in visual display systems**. ACM SIGGRAPH Computer Graphics, v.31 n.2, p.38-42, Maio de 1997.

LANTZ, Ed. **Large-Scale Immersive Displays in Entertainment and Education**. 2nd Annual Immersive Projection Technology Workshop, May 11-12, 1998

LANTZ, Ed. **Spherical Image Representation and Display: a new paradigm for computer graphics**. Siggraph 1995, course #2. EUA, ACM, 1995. Disponível em:
[http://extranet.spitzinc.com/reference/papers/Siggraph_IntroPaper_95.p](http://extranet.spitzinc.com/reference/papers/Siggraph_IntroPaper_95.pdf)
 df acesso em: 5 de maio de 2011.

LANTZ, Ed. **The digital planetarium**. Proceedings of the 2002 International Planetarium Society Conference. EUA, IPS, 2002. Disponível em
http://extranet.spitzinc.com/reference/papers/IPS_Paper_02.pdf acesso
 em: 5 de maio de 2011.

LANTZ, Ed; THOMPSON, Brad. **Large-Scale Immersive Theaters**. Siggraph 2003, course #25. EUA, ACM, 2003. Disponível em:
http://extranet.spitzinc.com/reference/papers/Siggraph_IntroPaper_03.p
 pd acesso em: 5 de maio de 2011.

Large formats, website: <http://www.lfexaminer.com/formats.htm> acesso
 em: 5 de maio de 2011.

LEGRENZI, F. **V-Ray – The Complete Guide**. 2.ed. Itália: Ed. Legrenzi, 2010.

MORPHEW, M. Ephimia; SHIVELY, Jay R.; CASEY, Daniel. **Helmet Mounted Displays for Unmanned Aerial Vehicle Control**. SPIE vol. 5442, p. 93-103, 2004. Disponível em
[http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.105.1953&re](http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.105.1953&rep=rep1&type=pdf)
 p=rep1&type=pdf acesso: 11 de maio de 2011.

PREECE, Jennifer; ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen. **Design de Interação. Além da interação homem-computador**. Trad. ing. Viviane Possamai. Porto Alegre, Bookman, 2005.

RHODES, Bradley. **A brief history of wearable computing**. Website: <http://www.media.mit.edu/wearables/lizzy/timeline.html> acessado em: 5 de maio de 2011.

SILVA, Fernando Wagner Serpa Vieira da. **Um Sistema de Animação Baseado em Movimento Capturado**. Tese (Engenharia de Sistemas e Computação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

SUMNERS, C.; REIFF, P.; WEBER, W. **Learning in an immersive digital theater, Advances in Space Research**, Science Direct, Volume 42, Issue 11, 1 December 2008, Pgs. 1848-1854. Disponível em : <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V3S-4T1Y3Y3-1/2/f4ebce50eb15d0904bc196b83fe18a74> acesso em: 5 de maio de 2011.

SUTHERLAND, Ivan E. **A head-mounted three-dimensional display**. AFIPS '68 (Fall, part I) Proceedings of the fall joint computer conference, part I. Dezembro de 1968. ACM New York, NY, USA, 1968

THOMPSON, Brad. **Computer Graphics for Large Scale Immersive Theaters:**

THOMPSON, Brad. **Immersive Rendering Basics and Aesthetics**. Curso, SIGGRAPH, San Diego, 2003. Disponível em: <http://extranet.spitzinc.com/reference/Siggraph2003/Thompson.pdf> acesso em: 5 de maio de 2011.

TRAILL, D.M., BOWSKILL, J.M. AND LAWRENCE, P.J.. **Interactive collaborative media environments**, BT Technology Journal, vol. 15, n. 4, p. 130-140, outubro de 1997.

VARNEY, Allen. **Immersion Unexplained**. The escapist, website: http://www.escapistmagazine.com/articles/view/issues/issue_57/341-Immersion-Unexplained acesso em: 5 de maio de 2011.

Website 3D-Coat, website: <http://www.3dcoat.com/> acesso em: 5 de maio de 2011.

Website 3ds Max, website: <http://www.autodesk.com/3dsmax> acesso em: 5 de maio de 2011.

Website Blender, website: <http://www.blender.org/>. acesso em: 5 de maio de 2011.

Website corporativo IMAX, website: <http://www.imax.com/corporate/> acesso em: 5 de maio de 2011.

Website Cybertheater, website: <http://www.cybertheater.com.br/> acesso em: 5 de maio de 2011.

Website Laboratório de Sistemas Integráveis, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, website: <http://www.lsi.usp.br/interativos/nrv/caverna.html> acesso em: 12 de maio de 2011.

Website Mudbox, website: www.autodesk.com/mudbox. acesso em: 5 de maio de 2011.

Website Museum of Interesting Tech: <http://museum.bounce-gaming.net/vfx1.html> acesso em: 5 de maio de 2011.

Website Pixologic, website: <http://www.pixologic.com/> acesso em: 5 de maio de 2011.

Website SIGGRAPH, website: <http://www.siggraph.org/> acesso em: 5 de maio de 2011.

Website Vuzix, website: <http://www.vuzix.com> acesso em: 5 de maio de 2011.

WILLIAMS, Richard. **The Animator's Survival Kit. A manual of methods, principles and formulas for classical, computer, games, stop motion and internet animators.** Londres, Faber & Faber, 2001.

WILSON, Mark. «**Cineplexes Getting IMAX, But Is It IMAX or CONSPIRACY?**». Gizmodo website: <http://gizmodo.com/5250625/cineplexes-getting-imax-but-is-it-imax-or-conspiracy>. acesso em: 5 de maio de 2011.

Video Promocional de apresentação do VFX1:
http://www.youtube.com/watch?v=3yGiiU8_gnE

ANEXO A

Folheto de alerta do equipamento VFX-1 sobre o seu uso.

SAFETY FIRST !!!

IMPORTANT SAFETY CONSIDERATIONS - PLEASE READ THE FOLLOWING VERY CAREFULLY BEFORE USING THE VFX1.

When Worlds Collide - The VFX1™ Headgear system provides a very compelling virtual reality which, in the heat of the game, can become your reality. Your senses are immersed in these virtual worlds and at times you can forget that your virtual reality is being played out in a very real world, that can pose very real threats to your well being. For these reasons, plan ahead and use some common sense. **DO NOT** use the headset near stairs, balconies, cliffs or near other things that can be tripped over, run into, knocked down, or fallen over. **DO NOT** use while driving, skiing, flying, skin diving, mowing your lawn or any other act that normally requires seeing what you are doing.

Remember that you are tethered to your computer. Be careful that the cord of the headset does not tangle around you or someone near you. **DO NOT** play at the limit of your cord as you may pull your PC off your desk or pull the cord out of your headset.

Be aware of the fact that, in the heat of battle, swinging the CyberPuck around with the headset on can be dangerous to those standing near you (or yourself).

Avoid Eye Strain - Your eyes are remarkable in that they will attempt to provide you with a clear image, even if they have to strain to do it. Should such strain become prolonged, as might occur when using the headset without proper adjustment of the optics, you may experience disorientation and/or impaired vision after using the headset. Therefore, **IT IS IMPERATIVE** that you adjust the optics **BEFORE** each use of the VFX1 System. The optical adjustment procedure is part of the SETVFX1 Setup Program described in the software section of this manual.

Use Sound Judgement - Permanent or temporary hearing loss or impairment can result from improperly setting the volume level for the VFX1 headset stereo headphones. Always adjust the soundboard volume to a safe level **BEFORE** donning the headset.

Continued ↴

Give Yourself a Break - Virtual reality applications, whether viewed on a video screen or headset, can potentially have adverse effects on the user including possible motion sickness, perceptual aftereffects and disorientation, and decreased postural stability. In rare cases, the onset of these symptoms can be delayed. The onset and severity of these potential effects is highly dependent on the individual user, the exposure duration, and the intensity and speed of motions presented in the specific VR application. A simulated walk in the park may have minimal impact whereas a virtual high speed chase with crash dives, fast breaking turns, enemy everywhere and guns blazing, may cause onset. Will you experience some of these adverse effects? There is no one good answer to this question --- it is very dependent upon yourself and the VR application you run. As a rule, if you feel any discomfort or adverse effects, you should stop and take a break immediately. In all cases, it is important and recommended that you take breaks every 15 minutes during play. After play, wait until you are completely reoriented to the real world and not experiencing any of the effects indicated above before commencing other activities. During this recovery period you should NOT engage in any potentially dangerous activities such as operating equipment or driving a car. You may find that with repeated exposure to VR applications, any adverse effects that you experience diminish with time. There can be no assurance this will be the case, but this adaptation is common for users of virtual environments.

Medical Considerations - A very small portion of the population may experience epileptic seizures when viewing certain kinds of flashing lights or patterns that are commonly present in our daily environment. These persons also experience seizures while watching some kinds of television pictures or playing certain video games including the use of virtual headsets. Players who have not had any previous seizures may nonetheless have an undetected epileptic condition. We suggest that you consult a physician if you have an epileptic condition or if you experience any of the following symptoms while using this device: altered vision, muscle twitching, other involuntary movements, loss of awareness of your surroundings, mental confusion, and/or convulsions.

WARNING! Children under the age of seven (7) are still learning to focus and track with their eyes and their vision is immature. For these reasons, THE VFX1 HEADGEAR IS NOT TO BE USED BY CHILDREN UNDER THE AGE OF SEVEN(7).

See reverse side for additional information