

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

RICARDO BROD MÉNDEZ

**Construção de Ambientes Virtuais Interativos
Baseados em Imagens para estudos
Arquitetônicos e Urbanísticos**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do grau de Mestre em Ciência
da Computação

Prof. Dr. Ricardo Augusto da Luz Reis
Orientador

Porto Alegre, novembro de 2002.

CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Méndez, Ricardo Brod

Construção de Ambientes Virtuais Interativos Baseados em Imagens para estudos Arquitetônicos e Urbanísticos / Ricardo Brod Méndez – Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Computação, 2002.

80 f.:il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação. Porto Alegre, BR – RS, 2002. Orientador: Ricardo Augusto da Luz Reis.

1.Passeio Virtual 2.Arquitetura e Urbanismo 3.Computação Interativa 4.Panoramas 5.Ambientes Virtuais 6.Imagens 3D Estéreo 7.Modelagem Fotorrealística 8.Reconstrução de modelos baseada em imagem I. Reis, Ricardo Augusto da Luz

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitora: Profa. Wrana Maria Panizzi

Pró-Reitor de Ensino: Prof. José Carlos Ferraz Hennemann

Pró-Reitor Adjunto de Pós-Graduação: Prof. Jaime Evaldo Fensterseifer

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Philippe Olivier Alexandre Navaux

Coordenador do PPGC: Prof. Carlos Alberto Heuser

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

AGRADECIMENTOS

Aos estudantes de arquitetura:

Alexandre Rodrigues / Ana Paula Hadler / Andrey Teixeira / Angelina Duval / Beatrice Lima / Carolina Barros / Cláudio Righi / Cristiane Müller / Daniel Stocker / Débora Barcelos / Fábio Gomes / Márcio Midon / Mateus Szomorovszki / Paula Irigon / Sérgio Porto / Themis Garcia.

Aos arquitetos:

André Krebs / Fabrício Klug / Laura Azevedo / Natalia Naumova / Raul Marques.

Aos professores:

Luciana Nedel / Mara Abel / Regina Xavier / Ricardo Reis.

E aos membros da família, que direta ou indiretamente participaram deste processo.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS	8
RESUMO	9
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Arquitetura e tecnologias de representação.....	11
1.2 A evolução da visão.....	13
1.3 Fotografia como fonte de aquisição de dados.....	15
1.3.1 Usando Lente Olho-de-peixe para fotografar Arquitetura.....	16
2 MODELAGEM FOTOGRAMÉTRICA	18
2.1 Gerando pontos 3D a partir de fotografias.....	18
2.2 Como funciona o processo.....	19
2.2.1 Calibragem da cena.....	20
2.2.2 Construção de modelo por primitivas geométricas.....	20
2.2.3 Aplicação de texturas.....	21
2.3 Diretrizes gerais para um bom levantamento fotográfico.....	21
2.3.1 Escolha do ângulo das câmeras.....	22
2.4 Análise de técnicas para modelagem fotogramétrica.....	26
2.4.1 Modelagem por primitivas geométricas.....	26
2.4.2 Modelagem por superfícies, pontos e linhas.....	27
2.4.3 Modelagem por máscaras de Contorno.....	28
3 PANORAMAS INTERATIVOS	30
3.1 Conceito.....	30
3.1.1 Imagens e Panoramas.....	30
3.2 Projeções Panorâmicas.....	31
3.3 Ajustes para a Criação de Panoramas.....	33
3.3.1 Número de Fotos.....	33
3.4 Processo de Montagem de Panoramas.....	34
3.5 Softwares para Criação de Panoramas.....	35
3.5.1 QTVR.....	35
3.6 Complementos Tecnológicos.....	41
3.6.1 Vídeo Panoramas.....	41
3.6.2 Panoramas Impressos.....	42
4 ESTEREOSCOPIA	43
4.1 Percepção 3D sobre a imagem em 2D.....	43
4.1.1 Fenômenos psicológicos.....	44
4.2 Percepção de imagens estereoscópicas.....	45
4.3 Paralaxe.....	45

4.3.1	Tipos de paralaxe.....	45
4.3.2	Correspondência dos campos visuais	46
4.3.3	Controle da paralaxe.....	46
4.3.4	Crítérios de escolha	47
4.4	Como funciona a visualização estereoscópica.....	47
4.4.1	Generalizações sobre a percepção em estéreo.....	48
4.4.2	Limitações do efeito estéreo	49
4.5	Formas de obtenção de imagens 3D em estéreo.....	49
4.5.1	Método fotográfico	49
4.5.2	Método Computacional	51
4.6	Métodos de visualização estereoscópicas.....	52
4.6.1	Método Free View	52
4.6.2	Método com dispositivos.....	53
4.7	Multiperspectivas estéreo	55
4.7.1	Panorama estéreo com uma única câmera.....	55
4.7.2	Pushbroom stereo	57
4.7.3	Cyclograph estéreo	57
5 ESTUDO DE CASO: O Ambiente Virtual da Praça Cel. Pedro Osório.....		58
5.1	Avaliação Visual do Espaço Urbano	58
5.2	Necessidade de Diferentes Opiniões	58
5.3	Estudo da Área	59
5.4	Levantamentos Fotográficos.....	60
5.5	Modelagem 3D dos Prédios.....	61
5.6	Montagem dos Panoramas.....	62
5.6.1	Criação de Panorama Estéreo.....	67
5.7	Estrutura do Ambiente Virtual	70
5.7.1	Níveis de Navegação	70
5.7.2	Interface	71
5.7.3	Recursos Avançados.....	73
6 CONCLUSÃO		75
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		76

LISTA DE ABREVIATURAS

CAD	Computer Aided Design
MPP/ RS	Merca do Público de Pelotas – Rio Grande do Sul
IBR	Image-Based Rendering
CG	Computação Gráfica
CV	Visão Computacional
QTVR	Quicktime VR
FOV	Field of view
CRT	Catodic Ray Tube
LCD	Liquid crystal display
RGB	Red/Green/Blue
dir	direita
cen	centro
esq	esquerda
PRV	Praça República Virtual

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 Modelagem geométrica de um sítio arquitetônico no bairro do Porto, Pelotas/RS.....	11
Figura 1-2 Montagem fotográfica (acima) e fachada (abaixo) de quarteirão da praça Cel. Pedro Osório, Pelotas/RS.....	12
Figura 1-3 Evolução dos estilos pictóricos.....	14
Figura 1-4 “Nu descendo a escada”.....	14
Figura 1-5 Visão de múltiplos planos simultâneos.....	15
Figura 1-6 Multiple-Center- of- Projection Images.....	15
Figura 1-7 - Fotografia distorcida pela lente olho-de-peixe.....	17
Figura 1-8 – Correção computadorizada da perspectiva.....	17
Figura 2-1 Representação esquemática da posição de um ponto no espaço.....	19
Figura 2-2 Modelo parcial em malha de arame sobre a fotografia (Mercado Público de Pelotas/RS).	20
Figura 2-3 Modelo com volume sombreado (Mercado Público de Pelotas/RS).	21
Figura 2-4 Modelo com a textura fotográfica aplicada (Mercado Público de Pelotas/RS).	21
Figura 2-5 Posicionamento das câmeras e erros de precisão.....	22
Figura 2-6 Posições da câmera para captura de objetos.	23
Figura 2-7 Posições da câmera para captura de fachadas lisas.....	23
Figura 2-8 Posições da câmera para captura de prédios com reentrâncias.....	24
Figura 2-9 Posições da câmera com estações altas e baixas.....	24
Figura 2-10 Posições da câmera para captura prédios com saliências.	25
Figura 2-11 Modelos de primitivas geométricas.	27
Figura 2-12 Etapas do processo de modelagem por polígonos.	27
Figura 2-13 Etapas da modelagem: calibragem (esq) e máscara de contorno (dir)..	29
Figura 2-14 Modelo3D finalizado.	29
Figura 3-1 Panorama parcial da Pç.Cel.Osório, Pelotas/RS.....	31
Figura 3-2 Panorama parcial da Pç.Cel.Osório, Pelotas/RS.....	31
Figura 3-3 Tipos de projeção panorâmicas.....	32
Figura 3-4 Esquema de sobreposição de imagens em um panorama cilíndrico	33
Figura 3-5 O Processo de Montagem de Panoramas.	35
Figura 3-6 Ângulos de visualização de objetos.	36
Figura 3-7 Exemplo de uma trilha de imagens do objeto.....	37
Figura 3-8 Exemplo de uma trilha de imagens de objeto.	38
Figura 3-9 Exemplo de uma imagem panorâmica.	38
Figura 3-10 Estrutura básica de um filme panorâmico único-nodo.....	39
Figura 3-11 Estrutura básica de um filme objeto único-nodo	39
Figura 3-12 Estrutura básica de um filme QTVR multi-nodo.....	40
Figura 3-13 Exemplo de panorama cúbico.	41

Figura 3-14 Processo de geração de vídeo panorama.....	41
Figura 3-15 Panorama esférico submetido ao comando slice no photoshop.....	42
Figura 4-1 1Exemplos de aplicação da textura com variação de gradiente.....	43
Figura 4-2 Ilusão 2D.....	44
Figura 4-3 Esquema da representação bi-quadrada da perspectiva.....	48
Figura 4-4 Câmera estéreo.....	50
Figura 4-5 Duas câmeras sobre adaptador.....	50
Figura 4-6 Câmera deslizante sobre adaptador.....	51
Figura 4-7 Simulação de duas câmeras em CG.....	52
Figura 4-8 Métodos de Visão cruzada e Paralela.....	52
Figura 4-9 Modos de anaglifo: colorido (esq), escala de cinza (cen) e puro (dir)...	53
Figura 4-10 Funcionamento de óculos LCD sincronizado com vídeo.....	54
Figura 4-11 Imagem entrelaçada esquerda/direita.....	54
Figura 4-12 Câmeras paralelas (esq)x câmeras alinhadas (dir).....	56
Figura 4-13 Panorama estéreo com uma única câmera.....	56
Figura 4-14 Pushbroom panorama.....	57
Figura 4-15 Cyclograph estéreo.....	57
Figura 5-1 Modelo de resposta avaliativa do ambiente.....	58
Figura 5-2 Mapa parcial da Região Central de Pelotas.....	59
Figura 5-3 Fotos tiradas com o observador no nível do solo.....	60
Figura 5-4 Conjunto de fotos ortoretificadas para reconstituição de fachada.....	60
Figura 5-5 Modelagem sobre a foto(esq) e visa em Shade do modelo(dir).....	61
Figura 5-6 Modelo com a textura da foto aplicada (esq) e apresentado em outro ponto de vista, diferente da foto original (dir).....	61
Figura 5-7 Exemplo de panorama esférico atual rebatido no plano.....	64
Figura 5-8 Exemplo de panorama histórico da aplicação.....	65
Figura 5-9 Exemplo de panorama anaglifo âmbar/ azul da aplicação.....	66
Figura 5-10 Processo de montagem de pares estéreo a partir de mosaicos de imagens.....	67
Figura 5-11 Criação de par estéreo para visão cruzada.....	67
Figura 5-12 Criação de um par estéreo por entrelaçamento da imagem.....	68
Figura 5-13 Criação da imagem estéreo por combinação dos canais RGB.....	68
Figura 5-14 Panorama estéreo vermelho/ azul.....	68
Figura 5-15 Panorama estéreo âmbar/ azul.....	69
Figura 5-16 Seqüência de experimentação de panorama estéreo.....	69
Figura 5-17 Diagrama de funcionamento da aplicação.....	71
Figura 5-18 Layout da tela de introdução.....	72
Figura 5-19 Layout da tela de navegação por panoramas.....	72
Figura 5-20 Vista do modelo 3D externo (sup) e panorama interno (inf) do museu na casa 02.....	73
Figura 5-21 Trabalho de Prospecção de cores da casa 02.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1 Tabela comparativa dos tipos de projeção panorâmica.	31
Tabela 3-2 Montagem Fotográfica para Panoramas ... Erro! Indicador não definido.	
Tabela 5-1 Processo de montagem de panoramas esféricos.	62

RESUMO

Este trabalho aborda a utilização de tecnologias para a criação de ambientes virtuais baseados em imagens, com uma aplicação na praça central da cidade de Pelotas/RS. Possibilita que o usuário realize interativamente um passeio no entorno da praça com recursos que permitem avaliações arquitetônicas e urbanísticas por meio de simulações de troca de cor nos prédios, inserção de novas construções e análise do estado de conservação de imóveis, com vantagens sobre métodos tradicionais de análises em montagens fotográficas estáticas. Enfatiza a pesquisa de soluções para visualização interativa de ambientes, focado na identificação de fontes de informação e não na sua modelagem matemática. Para a apresentação do trabalho, além da seleção das cenas urbanas que seriam estudadas, foram consideradas técnicas para a modelagem dos elementos arquitetônicos de forma que se obtivesse a máxima preservação das características naturais (estado de conservação, cores e riqueza de detalhes), formas para a visualização destes dados de maneira integrada com dados bibliográficos (histórico, técnicas construtivas e localização) e também a utilização de objetos multimídia para o enriquecimento na apresentação de conteúdos. Na busca de soluções, foram investigadas as técnicas de modelagem fotogramétrica como forma de obtenção de objetos realísticos com a manutenção das características do objeto original em modelos geométricos simplificados. Foram feitos estudos sobre as formas de apresentação de ambientes virtuais navegáveis através de panoramas interativos e também foi estudada uma forma de aproximar a visualização dos conteúdos com a visão natural humana, através da estereoscopia. O trabalho culmina com a fusão de todas as tecnologias estudadas em uma aplicação denominada “Praça República Virtual – PRV” (para resgatar o antigo nome da atual Praça Coronel Pedro Osório), que funciona como um canteiro de provas na medida que abre um leque de opções para utilização em estudos na área de Arquitetura e Urbanismo.

Palavras-chaves: passeio virtual, arquitetura e urbanismo, computação interativa, panoramas, ambientes virtuais, imagens 3D estéreo, modelagem fotorrealística, reconstrução baseada em imagem.

ABSTRACT

This work approaches the uses of technologies for creation of virtual environments based on images, with an application to the central square of the city of Pelotas/RS. It makes possible to the user to accomplish an interactive walkthrough with resources that allows architectural and urban planning evaluations through simulations of color changes in the buildings, insertion of new constructions and analysis of the conservation condition of the buildings, with advantages if compared to traditional methods of analysis with static photographic assemblies. It emphasizes the research of solutions for interactive visualization of environments, focused in the identification of sources of information and not in mathematical modeling. Besides the selection of the urban scenes to be studied, it was considered techniques for modeling the architectural elements to obtain the maximal preservation of their natural characteristics (conservation state, colors and wealth of details), ways of visualization of nowadays conservation, but integrated with bibliographical dates (historical, constructive techniques and location). It also includes the uses of multimedia objects to the presentation of contents. In the search of solutions, techniques of photogrammetric modeling were investigated, looking for the construction of realistic objects and maintenance of the characteristics of the original object but using simplified geometric models. It was done a search about forms of presentation of navigable virtual environments through interactive panoramas and also using a prototype of stereoscopy. The work culminates with the coalition of all studied technologies in a prototype of the central square of Pelotas called “Praça República Virtual–PRV” (to rescue the old name of the current Square Cel. Pedro Osório). It works like a stonemason of proofs in the measure that opens various options of use in studies in the area of Architecture and Urban Planning.

Keywords: virtual walkthrough, architecture and planning, interactive computing, panoramas, virtual environment, 3D stereo images, photorealistic modeling, image-based rendering.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Arquitetura e tecnologias de representação

O uso da computação na arquitetura tem história recente, evoluindo muito dentro da última década. Alguns profissionais atuantes no mercado ainda conseguem se manter a margem do uso de sistemas computacionais.

Apesar de muitos arquitetos utilizarem sistemas de CAD para a automatização dos processos de desenho de projeto e detalhamento das construções nas mais diferentes áreas de atuação, apenas uma pequena parcela utiliza recursos da computação gráfica na simulação de espaços tridimensionais (figura 1-1).



Figura 1-1 Modelagem geométrica de um sítio arquitetônico no bairro do Porto, Pelotas/RS.

Outro fator determinante na falta de utilização de maquetes eletrônicas que simulem os espaços 3D está no fato de que são necessários investimentos elevados na aquisição de equipamentos de ponta para o processamento dos dados tridimensionais, e nas dificuldades ainda encontradas no desenvolvimento do processo.

Existem ainda dificuldades no método para modelagem de arquitetura baseado na geometria, no qual o programa é usado para posicionar manualmente os elementos da

cena, envolvendo levantamento das medidas no local, busca e digitalização de plantas arquitetônicas (quando existentes), ou utilização de plantas em CAD (se existentes), o que ainda não garante a fidelidade dos dados com o modelo real, retirando parte do realismo da cena.

Pesquisas centradas em informações visuais ainda utilizam montagens fotográficas ou projeções ortogonais de fachadas, obtidas por meio de levantamentos dedicados e trabalhosos.

Sem que tenha tratamento computacional dedicado, a distorção provocada pela perspectiva nas fotos de prédios em altura tomadas a partir do chão fornece à montagem um resultado que não se assemelha com a visão do observador no mesmo local. Da mesma forma acontece com projeções ortogonais de fachada que, eliminando as distorções da imagem mostra um perfil de quarteirão impossível de ser visualizado pelo homem (figura 1-2).

Estudos elaborados sem que se tenha uma visão real da situação acabam por restringir o entendimento aos profissionais qualificados e dificultar o entendimento para leigos no assunto.

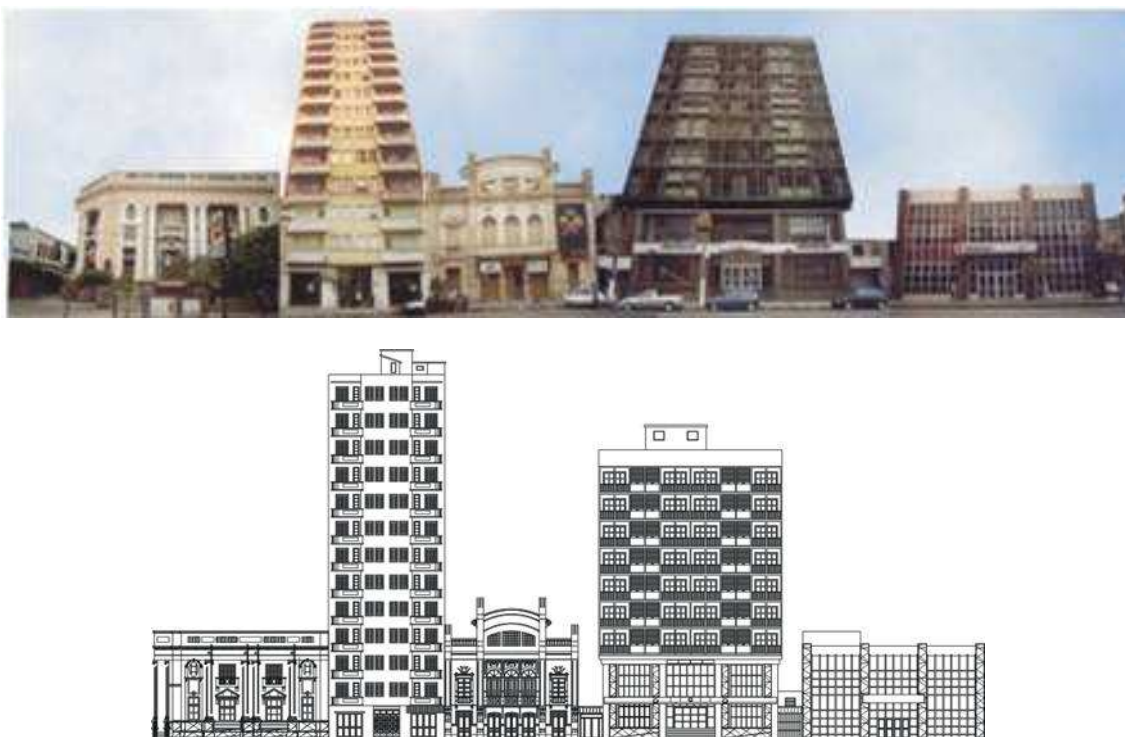


Figura 1-2 Montagem fotográfica (acima) e fachada (abaixo) de quarteirão da praça Cel. Pedro Osório, Pelotas/RS (AZEVEDO, 2000).

A Computação Gráfica tem sido utilizada no desenvolvimento de sistemas complexos com ênfase na modelagem geométrica, na definição de atributos de materiais de objetos em ambientes e na restituição, sob as leis da física, da propagação da luz em ambientes fotorrealísticos.

A Computação Visual pode ser considerada como o inverso da computação gráfica tradicional [ZHANG, 1998], sendo denominada como o processo de reconstituição de estruturas 3D com base em imagens 2D e trabalha a captura de informações diretamente

do objeto real, mantendo suas propriedades, texturas, estado de conservação e condições de iluminação.

A combinação destas duas técnicas permite criar, diretamente da imagem real, imagens realísticas de um ambiente, sob vários pontos de vista diferentes do original.

Tanto a computação gráfica quanto a visual oferecem dificuldades na construção detalhada de objetos complexos. Porém, usando-se apropriadamente os detalhes contidos nas imagens fotográficas, é possível a criação de modelos fotorrealísticos sem a necessidade de modelos complexos.

Existem muitas possibilidades de aplicação das técnicas de computação visual nos diversos campos da realidade virtual: na interface homem-máquina, na reconstrução tridimensional de objetos e de cenas e nas reconstituições baseadas em imagem (*image-based rendering - IBR*).

Comparada com a técnica tradicional de computação gráfica (CG), a computação visual (CV) oferece uma série de vantagens listadas a seguir:

- detalhes não precisam ser explicitamente modelados, mesmo em uma cena complexa, o que resulta num modelo geométrico simplificado;
- não necessita de simulação das condições físicas da cena, visto que o realismo está nas imagens originais;
- minimiza o processamento para apresentação de uma cena ou objeto.

Dentro da computação visual existem dois caminhos de desenvolvimento bem definidos que atingem objetivos distintos:

- Modelagem Fotogramétrica [DEBEVEC, 1996];
- Restituição Baseada em Imagem ou *Image-based rendering* (IBR).

A Modelagem Fotogramétrica está associada a criação de modelos tridimensionais em que a fotografia fornece as proporções, texturas e condições físicas da cena. Na restituição baseada em imagem a fotografia é diretamente projetada no ambiente virtual. No segundo caso existe a possibilidade de trabalhar com imagens sem calibragem na geração de novas vistas.

1.2 A evolução da visão

Na mitologia grega, *Argus* é uma criatura com centenas de olhos, com a habilidade de tudo ver. Não é de hoje que o homem associa o poder de controle de uma determinada situação à sua capacidade de visão, o que fez com que ele buscasse, desde os tempos mais remotos, recursos para uma “visão plena”.

É também notório, que o ser humano tenta apreender em imagens aquilo que a visão pode ou deveria poder permitir enxergar.

Desde a pré-história o homem tem buscado retratar cenas ou fatos de sua vida cotidiana por meio de pinturas. De acordo com o processo evolutivo, estas técnicas de representação da realidade foram se aprimorando.

A figura 1-3 compara estilos de duas épocas diferentes que se propunham a representar a realidade, mostrando a tridimensionalidade da cena nas duas dimensões da tela. A pintura realista do início do século XIX (esq.) evidencia a preocupação do artista

na representação de luz e sombra como meio de mostrar a profundidade da cena. O cubismo do início do século XX (dir.) valoriza a representação simultânea de múltiplos planos cartesianos, oferecendo ao observador uma idéia irreal de perspectiva porém a presença inegável da terceira dimensão.



Figura 1-3 Evolução dos estilos pictóricos.

Fonte: *The Walk to Work* (1851), Jean-François Millet (esq) e *Portrait of Marie-Therese Walter* (1937), Pablo Picasso (dir).

Na figura 1-4, em “*Nu descendo a escada*” em duas versões de épocas diferentes, nota-se claramente a evolução na maneira de representar o movimento em duas dimensões. Na primeira (esq) é congelado o instante que insinua a continuação do movimento, e na segunda (dir), todo o movimento é apreendido (característica do futurismo).



Figura 1-4 “Nu descendo a escada”

Fonte: A esquerda, Eadweard Muybridge, 1884 e a direita, Marcel Duchamp, 1912.

Na figura 1-5 (esq), apresentada por [GLASSNER, 2000], é retomada a utilização de múltiplos pontos de vista assim como no cubismo, porém é o observador que se desloca

sem levar em consideração o tempo da ação, visto que são mostradas simultaneamente três instâncias distintas da mesma cena, como mostrado no croqui (dir).



Figura 1-5 Visão de múltiplos planos simultâneos. (GLASSNER, 2000).

Nas últimas décadas, muitos trabalhos têm pesquisado formas para se obter a visão plena ou aumentada, conforme exemplo da figura 1-6 [RADEMACHER, 1998]. Imagens panorâmicas têm permitido ao usuário a visão total dos elementos que estão ao redor do observador.

A função “Plenoptic”(de plenus, + optic) foi apresentada como a função que descreve tudo o que pode ser visto em um determinado local num intervalo de tempo [GLASSNER, 2000].

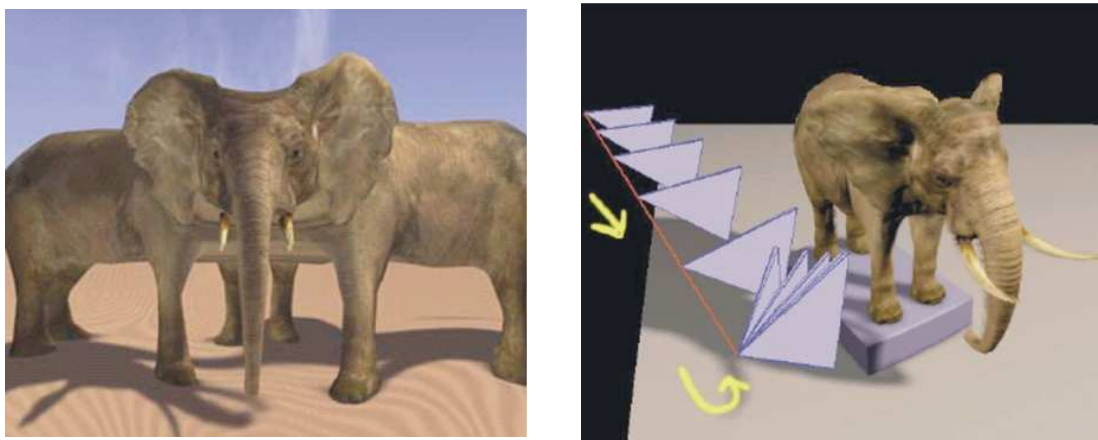


Figura 1-6 Multiple-Center- of- Projection Images (RADEMACHER, 1998).

1.3 Fotografia como fonte de aquisição de dados

Servindo como base para a geração de ambientes virtuais, a fotografia passou a ocupar lugar de destaque no processo de modelagem de cenas arquitetônicas. Além do registro de uma visão em uma determinada época, outros dados contidos na imagem passaram a ser utilizados:

- medidas e proporções obtidas da própria imagem;
- texturas que guardam o estado de conservação dos imóveis;
- relações do prédio com seu entorno (através de imagem panorâmica);
- profundidade (através de par estereoscópico).

Com a popularização das câmeras digitais, ficou fácil e barato o processo de aquisição de imagens. A foto que era tomada enquadrando-se o prédio como o todo, é substituída por uma série de imagens necessárias para apreensão do prédio sobre qualquer ponto de vista ou em relação ao seu entorno adjacente.

Existem características que devem ser observadas nos levantamentos fotográficos de acordo com sua utilização, vistos a seguir:

- Para a modelagem fotogramétrica, é indicado que se faça pelo menos uma foto aérea, para as texturas de telhado; uma foto de conjunto para a construção dos volumes principais e uma seqüência de fotos com sobreposição de imagens, para as texturas.
- Para a criação de imagens panorâmicas 360°, a quantidade ideal de fotos depende da câmera que está sendo utilizada, o tipo de lente e a posição da máquina nas fotos.
- Para a reconstrução da profundidade, é preciso pelo menos duas imagens tiradas de pontos diferentes (conforme indicação posterior no texto).

Existem também variáveis quanto ao tipo de lente que é utilizada. Quanto maior a angular da lente, maior é o campo de visão e a distorção das linhas da perspectiva.

1.3.1 Usando Lente Olho-de-peixe para Fotografar Arquitetura

O exemplo a seguir demonstra o uso de lentes olho-de-peixe na criação de imagens com amplo ângulo de visão, a partir de perspectivas corrigidas. Neste exemplo, a distorção causada pela lente foi corrigida usando o *plug-in Photoshop/Gimp Panorama Tools* [DERSH, 2000]. Com a facilidade de ajuste de distorção e correção de inclinação todos os requisitos para a fotografia arquitetônica estão reunidos. Como o campo de visão das lentes olho-de-peixe é muito maior, podem ser percebidos efeitos previamente impossíveis.

A foto do exemplo (figura 1-7) foi tirada usando uma lente olho-de-peixe Sigma 15mm (Olympus OM1). O ângulo de cobertura na direção horizontal excede 140°, muito mais do que é realizável com lentes retilíneas [DERSH, 2000].



Figura 1-7 - Fotografia distorcida pela lente olho-de-peixe (DERSH, 2000)

Nenhum tripé foi usado, a máquina fotográfica foi inclinada e levemente rotacionada para obter a visão completa da parte superior do edifício (*Concert Hall Freiburg*).

Todos estes erros podem ser corrigidos em um único passo com o *Panorama Tools*. [DERSH, 2000] A imagem é remapeada para a projeção retilínea, é ligeiramente girada e as linhas verticais e horizontais são ajustadas. A imagem resultante é mostrada na figura 1-8.



Figura 1-8 – Correção computadorizada da perspectiva. (DERSH, 2000)

2 MODELAGEM FOTOGRAMÉTRICA

A fotogrametria é uma técnica de medição antiga, revista e aprimorada atualmente para uso em novas aplicações dentro da computação gráfica. Embora o inventor francês Aimé Laussedat tenha criado a técnica de mapeamento por fotografia por volta de 1850, foi somente nos primeiros anos do século XX que aplicações práticas foram desenvolvidas e postas em uso [BURTCH, 2002]. A aerofotogrametria, como foi designada, utilizava varias fotografias sobrepostas e pontos de referência conhecidos para criar mapas detalhados da superfície terrestre. A captura destas imagens aéreas era realizada com auxílio de pipas, balões e aviões. Hoje em dia, estes métodos progrediram e utilizam-se câmeras especiais montadas em helicópteros, satélites e estações espaciais. Seu grande uso, além das áreas de mapeamento e modelagem de terreno, foi estendido aos campos da cirurgia plástica, documentação de acidentes de trânsito, arqueologia, geologia e arquitetura, para documentação de estado de conservação, deformações ou patologias da construção (apenas para citar alguns exemplos mais conhecidos).

A característica mais relevante no processo de medição pela fotogrametria é que não é necessário ter contato com objeto de estudo, o que viabiliza a utilização de fotos antigas de prédios que não existem mais.

Debevec [DEBEVEC, 1996] define a fotogrametria como o meio interativo de reconstrução de modelos tridimensionais e posicionamento de câmeras com base em fotografias. Sua grande inovação foi aplicar estas técnicas na produção de efeitos visuais computadorizados.

2.1 Gerando pontos 3D a partir de fotografias

Alguns dos aplicativos disponíveis no mercado geram a posição dos pontos 3D projetando retas saindo da lente em direção ao infinito. Quando são usadas duas retas, a posição do ponto está localizada na intersecção entre ambas. A representação de duas câmeras é apresentada na figura 2-1. Cada uma mostra a posição do filme ou sensor digital e o centro ótico das lentes no momento em que foi capturada a imagem. Esta representação é simples, porém eficiente para demonstrar o processo.

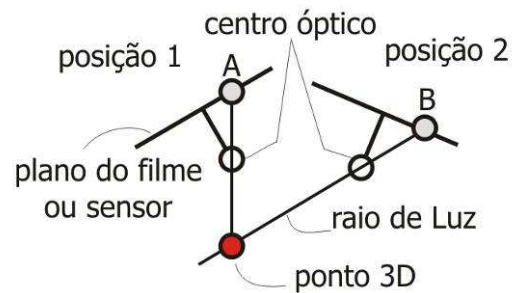


Figura 2-1 Representação esquemática da posição de um ponto no espaço.

Para melhores resultados alguns detalhes devem ser observados no posicionamento das câmeras durante a tomada de fotos. O método apresentado e aqui descrito [WALDHÄUSL, 2000] possibilita montar a estratégia e o planejamento de todo o processo. Como procedimentos iniciais recomenda-se:

- manter sempre que possível os ângulos entre as tomadas de fotos o mais próximo de 90° ;
- fazer três fotos no mínimo, capturadas de todos os pontos importantes da cena;
- fotografar vistas inferiores e superiores do objeto ou cena;
- fazer várias fotos, inicialmente utilizar apenas quatro, se necessário usar as demais, e;
- saber a distância entre dois pontos conhecidos e que estejam claramente visíveis na cena.

2.2 Como funciona o processo

O processo da modelagem fotogramétrica consiste em restituir a tridimensionalidade de um objeto baseado nas fotografias do objeto real, preservando a riqueza de detalhes presentes nas imagens.

A construção de um modelo baseada numa seqüência de imagens consiste nos seguintes passos:

Calibragem: reconstrução dos parâmetros externos de posição e orientação e internos, da câmera em cada imagem da seqüência;

Modelagem da forma: construção freqüentemente com interação manual do modelo geométrico 3D de uma cena ou objeto;

Texturização: extração do mapa de textura de cada face do modelo a partir das imagens originais.

2.2.1 Calibragem da cena

De modo descritivo, uma imagem fotográfica é uma perspectiva cônica em que todos os raios de luz que incidem na superfície do filme ou sensor digital convergem para a lente da câmera durante a exposição. Para a medição de objetos é necessário reconstruir o feixe de raios, usando a geometria interna da câmera definida pela distância focal, a posição do ponto principal e a distorção da lente [WALDHÄUSL, 2000].

2.2.2 Construção de modelo por primitivas geométricas

Consiste na modelagem onde o computador determina os parâmetros de um modelo hierárquico de primitivas de poliedros paramétricos para reconstruir a cena arquitetônica (figura 2-2), dividindo o trabalho da modelagem em tarefas que são facilmente realizadas por uma pessoa (mas não por um algoritmo de computador), e tarefas que são facilmente executadas por um algoritmo de computador (mas não por uma pessoa) (figura 2-3) [DEBEVEC, 1996].

Existem algumas características próprias da cena arquitetônica, que são consideradas pelo programa, para diminuir a complexidade dos cálculos:

- grande parte das cenas pode ser modelada pelo arranjo de primitivas geométricas;
- blocos paramétricos contêm elementos arquitetônicos comuns como linhas paralelas e ângulos retos;
- o modelo hierárquico ajuda a transferir medidas e proporções iguais de um bloco para outro,e
- a modelagem através de blocos e relações reduz consideravelmente o número de parâmetros que o algoritmo de reconstrução precisa.

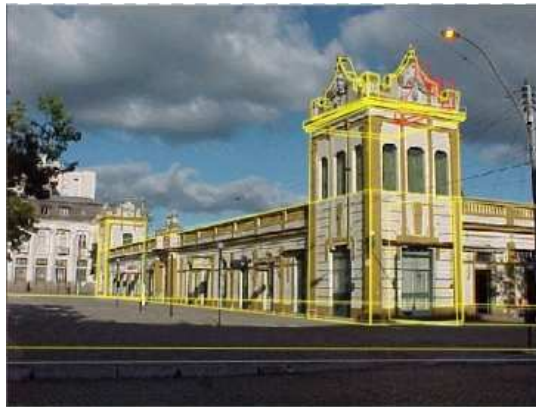


Figura 2-2 Modelo parcial em malha de arame sobre a fotografia (MPP/RS).

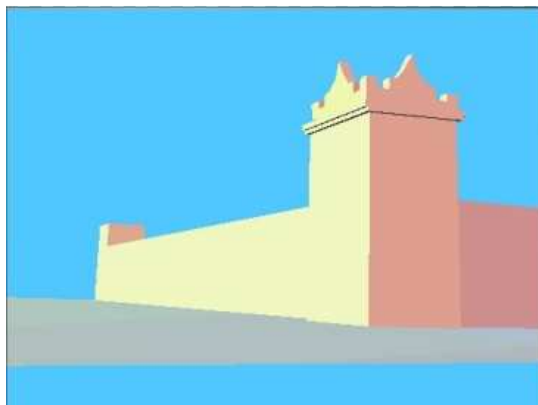


Figura 2-3 Modelo com volume sombreado (Mercado Público de Pelotas MPP/RS).

2.2.3 Aplicação de texturas

A técnica de texturização dos objetos necessita de uma série de ajustes prévios para que o resultado seja satisfatório.

Este método, que envolve a projeção de uma fotografia (a mesma usada para a modelagem) sobre o modelo, é viabilizado pelo fato de que, ao criarmos o modelo, fornecemos os parâmetros necessários para que o programa calcule a posição da câmera na cena. A composição da textura global de um prédio é feita a partir da aplicação de texturas parciais extraídas de um conjunto de fotos tiradas de diferentes pontos de observação (figura 2-4). Isto, além de facilitar o processo, resulta em animações mais naturais, com melhor captura de detalhes das superfícies e da geometria não modelada.



Figura 2-4 Modelo com a textura fotográfica aplicada (MPP/RS).

2.3 Diretrizes gerais para um bom levantamento fotográfico

Considerando que as técnicas utilizadas estão ancoradas no uso de fotografias, é essencial ressaltar alguns aspectos nesta etapa do processo a fim de não comprometer a qualidade do trabalho.

2.3.1 Escolha do ângulo das câmeras

Um procedimento para medição nunca é perfeito, porém serve para reduzir e minimizar erros e maximizar a precisão. Se durante o processo for informada a posição ou orientação errada das câmeras, incorrerá na posição errada do ponto 3D. A figura 2-5 mostra o caso e descreve duas máquinas fotográficas nas quais a orientação da estação 1 foi calculada incorretamente com imprecisão de poucos graus.

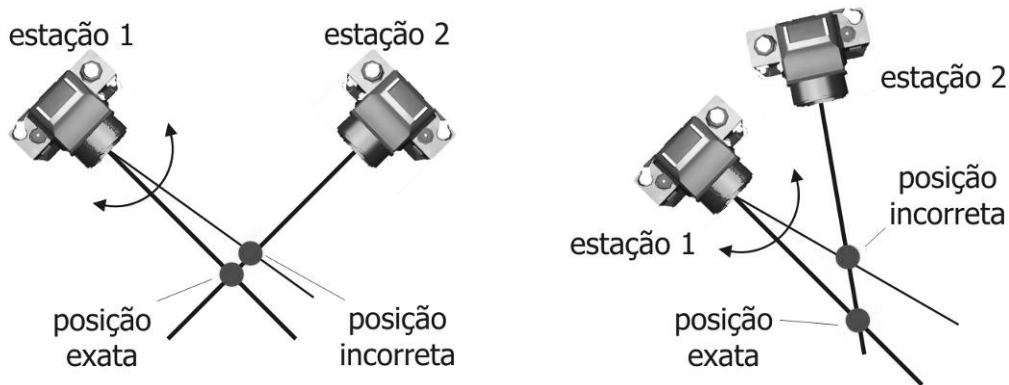


Figura 2-5 Posicionamento das câmeras e erros de precisão.

Na figura da esquerda, a estação 1 tem a mesma posição e o mesmo erro angular informado. No outro caso, a figura da direita, a estação 2 está numa posição angular próxima a estação 1. O ângulo errado informado anteriormente é multiplicado e o resultado é que a posição do ponto 3D está longe da posição original. Quanto mais próximo de 90° , menor será a possibilidade de erro, e é por isto que o ângulo entre as duas estações deve ser o mais perpendicular possível, e deve-se evitar tirar todas as fotos do mesmo ponto de vista. Os exemplos a seguir tornam mais fácil a compreensão do assunto e de como realizá-las.

2.3.1.1 Quantidade de fotografias necessárias.

Outro fator gerador de erros que ocorre na captura de pontos da imagem fotográfica é a informação equivocada de posicionamento. É humanamente impossível identificar a posição exata de um ponto na foto. Ocasionalmente ele poderá estar difuso ou numa posição difícil de ser definida com precisão. Estas ocorrências no projeto 3D podem acarretar erros de precisão no trabalho final.

Para reduzir este problema, é desejável marcar o ponto a ser localizado em três ou mais fotografias, deste modo se ele for informado erroneamente em umas das fotos, poderá ser corrigido nas outras, compensando o erro. Se for marcado em apenas duas fotografias não haverá compensação e corre-se o risco de criar distorções no projeto.

Então como procedimento inicial é recomendado que se tenham no mínimo três fotografias do objeto ou cena a ser trabalhada. Para melhor fidelidade recomendam-se no mínimo quatro fotografias.

2.3.1.2 Fotografando um objeto em forma de caixa

Quando se estiver trabalhando com objetos em forma de caixa recomenda-se usar quatro imagens tiradas dos cantos do objeto todas no mesmo nível. A figura 2-6 mostra o esquema.

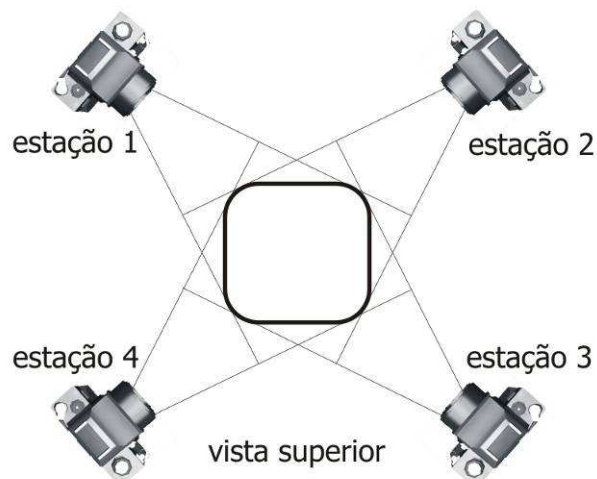


Figura 2-6 Posições da câmera para captura de objetos.

2.3.1.3 Fotografando fachadas ou um plano contínuo

Neste caso a locação de três câmeras é suficiente para se obter um bom resultado. A posição das estações pode seguir o esquema apresentado na figura 2-7.

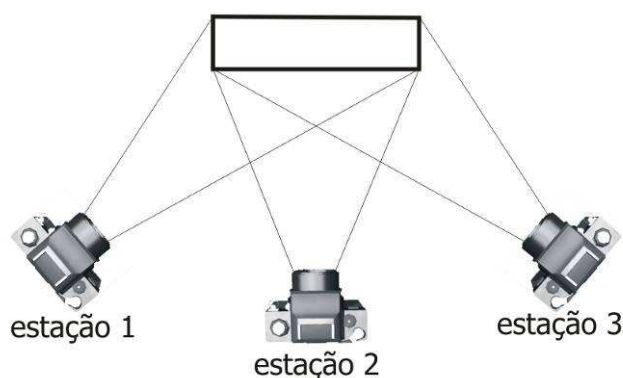


Figura 2-7 Posições da câmera para captura de fachadas lisas.

Todos os pontos da fachada ou objeto são cobertos pelas três fotografias. As posições das câmeras não são perpendiculares, apesar da câmera 1 e 3 estarem próximo disto sem necessitar de reposicionamento.

A figura 2-8 mostra uma das particularidades existentes em fotografar objeto ou cena com rebaixo ou reentrância usando apenas três imagens. O problema ocorre em fazer à tomada de fotos de reentrância pequenas, que dificulta a captura dos cantos. Isto se resolve tirando-se duas fotos extras nas posições C e D indicadas na figura. Os pontos externos estarão representados nas cinco fotografias e os cantos internos em apenas três.

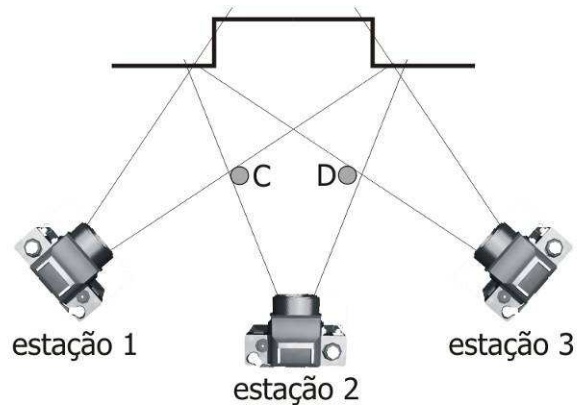


Figura 2-8 Posições da câmera para captura de prédios com reentrâncias.

2.3.1.4 Separação vertical e horizontal.

Outra forma de se conseguir perpendicularidade entre as câmeras é não fazer apenas tomadas no plano horizontal, sabendo que elas podem ocorrer nas três orientações espaciais, sendo que as câmeras não precisam estar no mesmo nível.

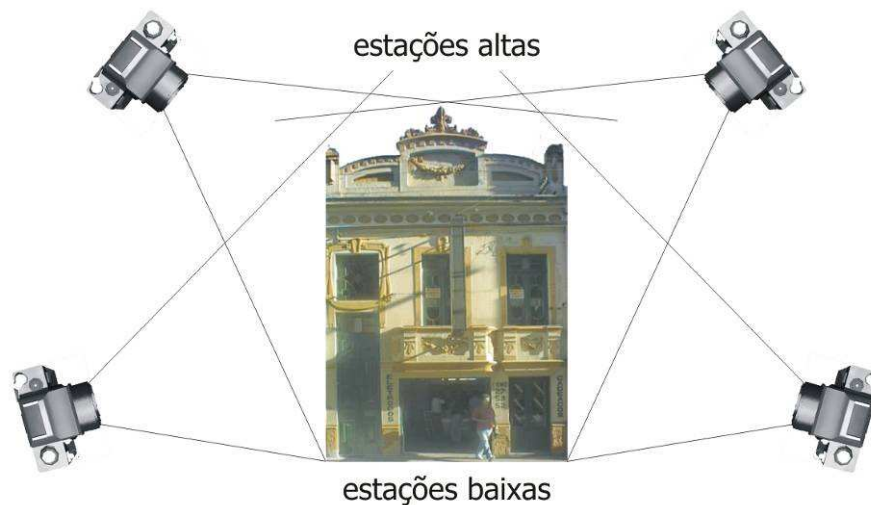


Figura 2-9 Posições da câmera com estações altas e baixas.

A figura 2-9 apresenta um exemplo de caso em que um sobrado está sendo fotografado. Todas as tomadas de fotos podem ser realizadas no solo, porém alguns detalhes na linha da cobertura estão distantes demais do solo, e conseqüentemente de identificação precisa difícil, pois se tornam pequenos demais em relação àqueles próximos ao solo. A solução adequada seria fazer tomadas acima da linha de cobertura usando prédios adjacentes ou outro recurso. Neste caso tenta-se posicionar as câmeras o mais próximo possível de 90°, envolvendo o prédio nas tomadas de solo e aérea.

2.3.1.5 Cuidados com as sobreposições das fotografias.

Para conseguir resultados de qualidade é preciso usar tantos pontos quanto possível, disponíveis com nitidez nas fotografias, levando em consideração que, quanto mais imagens usadas, mais tempo dedicado será necessário. A contrapartida é que quanto

mais imagens sobrepostas tivermos melhor será o resultado final e a fidelidade do trabalho.

A figura 2-10 apresenta um caso em que duas fotografias não podem ser sobrepostas por existir uma obstrução, muito comum na tomada de fotos em prédios.

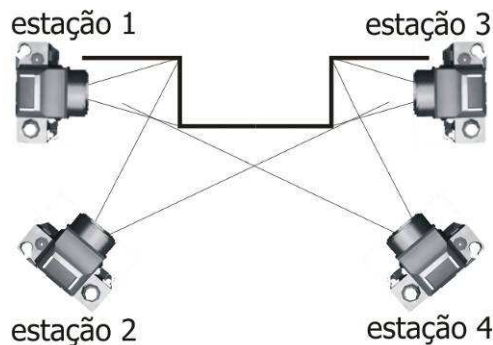


Figura 2-10 Posições da câmera para captura prédios com saliências.

Neste caso, as tomadas 1 e 4 não se sobrepõem, em outras palavras, elas não apresentam pontos em comum. Isto não inviabiliza a captura do objeto ou cena, mas algumas marcações realizadas provavelmente serão de baixa precisão com relação ao restante do modelo, pois terão baixa redundância de informações na rede de pontos e câmeras.

Uma maneira de minimizar o problema é acrescentar uma quinta posição de câmera no topo da cena ou objeto e realizar uma tomada focando para baixo. As fotos tiradas nesta tomada irão se sobrepor às tiradas nas tomadas 1 e 4, aumentando assim a precisão dos pontos próximos a parede. Isto também contribui para a precisão das imagens realizadas nas tomadas 2 e 3, aumentando a redundância e incrementando a geometria da rede de pontos e câmeras.

Para obter melhores sobreposições é aconselhável manter um alto percentual de pontos coincidentes numa imagem e nas outras adjacentes.

2.3.1.6 Outras fotos necessárias

Em muitas situações pode ocorrer a necessidade de realizar novas tomadas de fotos. Outras vezes o objeto ou cena fotografado não existe, não está mais disponível ou foi alterado. Também pode ocorrer que o lugar em que foram realizadas as fotos está longe e torna-se oneroso retornar para realizar novas tomadas. Para evitar transtornos posteriores recomenda-se realizar séries exaustivas de fotografias para o caso de o conjunto de imagens iniciais não ser suficiente para compor o projeto, ou em caso de ser necessário evidenciar algum detalhe da cena ou objeto em 3D.

Depois que as tomadas de fotografias foram realizadas, conforme as recomendações explicitadas, imagens extras podem ser geradas como, por exemplo:

- close de detalhes necessários;
- imagens que capturem e envolvam mais o objeto e ou seu entorno;
- imagens entre, abaixo e acima as das estações pré-definidas, e

- com lentes diferentes das tomadas iniciais, se a câmera utilizada tiver este recurso.

2.3.1.7 Cuidados com a escala do modelo 3D

No planejamento das tomadas a serem realizadas deve-se ter o cuidado extra de conhecer a distância entre dois pontos distintos que compõem a cena ou objeto. Isto possibilitará colocar a imagem em escala. Pode ser feito escolhendo-se dois pontos distantes da cena ou objeto, desde que estejam dentro do projeto a ser realizado. Se for o caso de fachadas, por exemplo, uma referência ideal é a base, escolhendo-se dois pontos claramente visíveis dentro da composição, fáceis de serem marcados e desde que não estejam nas bordas, a fim de eliminar a distorção existente nos cantos das fotografias. A precisão do dimensionamento esta vinculada ao modo como foi medida e marcada a escala, para isto é necessário ter certeza que os dois pontos escolhidos, sigam os critérios a seguir:

- sejam identificáveis em várias fotografias;
- estejam consideravelmente afastados um do outro;
- estejam claramente definidos por extremidades contrastantes ou bordas bem definidas.

Tomando estes cuidados, o escalonamento do modelo se torna fácil, resultando num projeto com precisão de escala.

2.4 Análise de técnicas para modelagem fotogramétrica

Em análise dos aplicativos encontrados para a modelagem fotogramétrica, pôde-se fazer uma classificação em três formas diferenciadas de obtenção de modelos 3D:

2.4.1 Modelagem por primitivas geométricas

Este algoritmo de reconstrução 3D é baseado na relação existente entre o modelo e sua respectiva imagem. Possibilita o uso de regras de modelagem para calcular parâmetros do objeto e da câmera. É orientado por sólidos geométricos conhecidos como por exemplos cubos, prismas, esferas, entre outros (figura 2-11), com origem na variação dos planos do objeto, interpretados em softwares modeladores [DEBEVEC, 1996]. Toda vez que o arranjo de um conjunto de blocos é montado, sob algumas regras de relacionamento, é possível mapear suas extremidades e cantos numa imagem, usando segmentos de linhas correspondentes aquelas existente no modelo. Os blocos devem estar organizados e alinhados, orientados pelas faces coplanares e paralelas. Somente as faces e arestas externas podem ser utilizadas no alinhamento. Informações de objetos iguais ou proporcionais devem ser fornecidas ao sistema.

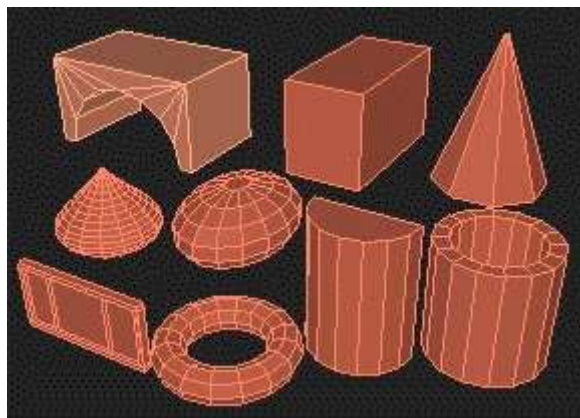


Figura 2-11 Modelos de primitivas geométricas.

Os conjuntos destes dados são processados com base numa biblioteca interna de protótipos. Se as condições prévias estiverem corretas, a posição da câmera, a orientação, a distância focal e as dimensões exatas do objeto serão calculadas e servirão de base para os cálculos subsequentes. Deste modo, a textura, alinhamento e as condições de iluminação são reconstruídas. Para incrementar o modelo, pode-se ainda, indicar a cor e texturas dos elementos, capturando-as diretamente de trechos da imagem com melhor qualidade e definição. O mapeamento da textura em perspectiva é fornecido na visualização interna do modelo, a imagem é transformada da vista real, mostrada pela câmera, para a vista corrente no modelo. Neste caso, a cor é calculada por um valor médio dos *pixels* de cada plano.

Para obter melhores resultados, é recomendável que a distância focal com câmeras com lentes maiores que 35mm sejam conhecidas e que estas imagens estejam centradas, de modo que o centro óptico da câmera passe pelo centro geométrico da imagem.

2.4.2 Modelagem por superfícies, pontos e linhas.

Neste processo, o modelo 3D criado em ambiente computacional é um conjunto de pontos 3D conectados por meio de superfícies, arestas, curvas e cilindros, que representam um objeto [PHOTOMODELER, 2000] (figura 2-12). Pontos possuem valores de coordenadas para cada eixo cartesiano (x,y,z).

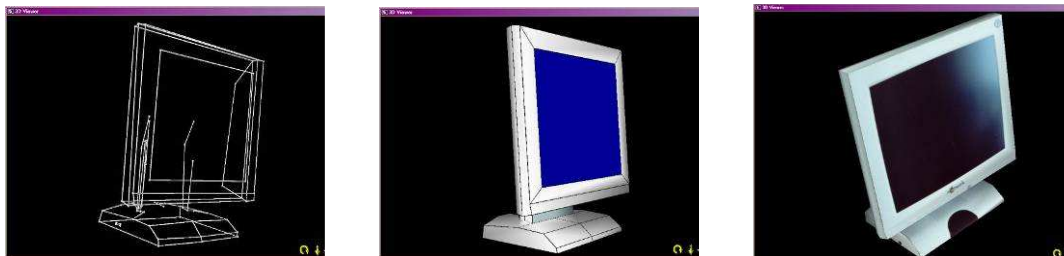


Figura 2-12 Etapas do processo de modelagem por polígonos.

Fonte tutorial do software Photomodeler 4.

Existem oito passos básicos para a produção de modelos 3D baseados em superfície, a saber:

- criar uma descrição calibrada ou aproximada da câmera em uso;
- planejar a tomada de fotos e medidas;

- fotografar o(s) objeto(s) ou a cena;
- importar as fotos para o software escolhido;
- posicionar os pontos de marcação nas fotos;
- identificar e referenciar os pontos que se repetem nas diferentes fotos;
- processar os dados; e finalmente,
- exportar os dados tridimensionais para um *software* gráfico.

Criar uma descrição de câmera calibrada envolve fotografar uma malha fornecida com o software e processar as fotos no módulo de calibragem, para que se possa extrair informações da câmera.

Cada câmera ou cada combinação de lentes com câmera precisa de sua própria descrição, que inclui dados de distância focal, escala da imagem, centro da imagem e distorção da lente. O *software* utilizado manipula estas informações para construir uma relação geométrica entre pontos na imagem fotográfica e pontos no espaço tridimensional.

A descrição aproximada de uma câmera é criada tomando como base apenas informações técnicas da câmera. A escolha por um ou outro método depende do nível de precisão e do tempo disponível para a criação do modelo tridimensional (3D).

A localização do ponto 3D no espaço é dada pela intersecção das retas projetadas do ponto no filme ou sensor digital e que passa no ponto de foco da lente.

Em um projeto de múltiplas fotos, cada ponto ou face a ser modelado deve aparecer em duas ou mais fotos e deve existir alguma relação geométrica entre ambos. Por esta razão, e pela riqueza de detalhes que se quer trabalhar, a posição da tomada de fotos deve ser previamente estudada, como já foi mostrado.

Ao fotografar para o projeto, após estudo das posições, ainda deve-se tomar cuidado com a exposição e o foco das imagens. Deve-se medir a distância entre pelo menos dois pontos no objeto, que será usada para escalar o modelo. Medições adicionais poderão checar e melhorar a precisão do modelo.

A precisão absoluta do modelo depende da precisão da escala, por isso, devem-se medir pontos que sejam facilmente identificáveis nas fotos.

2.4.3 Modelagem por máscaras de Contorno

Este processo utiliza máscaras de contorno extraídas de um conjunto de imagens fotográficas, tiradas ao redor de um objeto (figura 2-13). As fotos são realizadas com o objeto colocado sobre uma malha de pontos padrão, com a finalidade de informar dados de posicionamento do objeto em relação à câmera. As imagens são processadas uma a uma, marcando o contorno do objeto daquele ponto de vista. A série de informações obtidas pelos contornos possibilita a reconstrução tridimensional do objeto. A texturização é fornecida de acordo com as melhores condições de resolução e nitidez em cada trecho visualizado nas fotografias (figura 2-14).

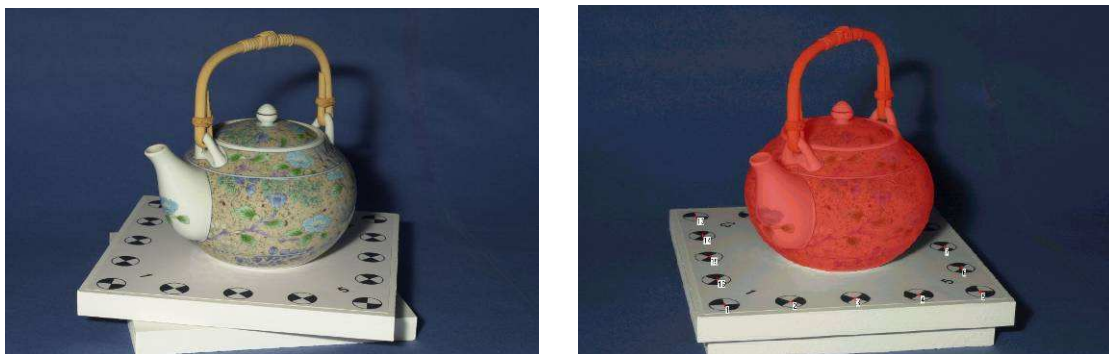


Figura 2-13 Etapas da modelagem: calibragem (esq) e máscara de contorno (dir).

Fonte tutorial do software D-Sculptor.

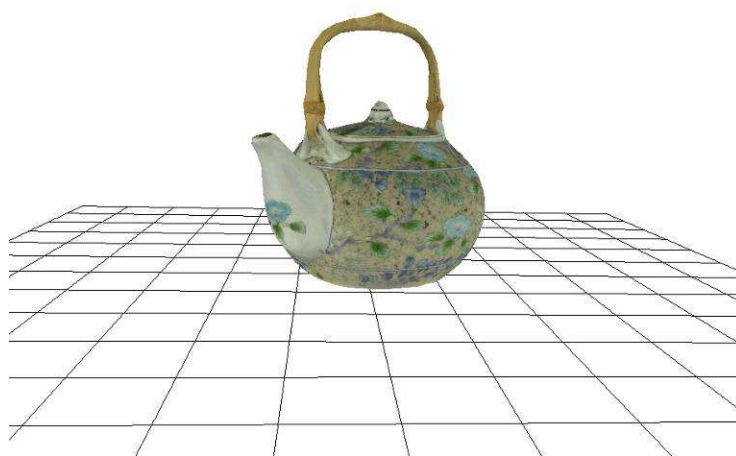


Figura 2-14 Modelo3D finalizado.

Fonte tutorial do software D-Sculptor.

3 PANORAMAS INTERATIVOS

3.1 Conceito

No conceito de Panorama tem-se uma imagem alongada, com campo de visão amplo, que pode cobrir até 360°. Podem ser obtidos ou gerados, conforme o espaço a ser ilustrado, a partir de várias formas [RIGG, 2002].

Gerar um panorama consiste em restituir um objeto ou ambiente fazendo o mapeamento fotográfico numa posição chave da cena. Toda as condições de iluminação dos diversos pontos do ambiente nas diversas imagens são guardadas. Possibilita ao observador olhar ao redor da cena com mesma realidade da original.

É possível realizar um panorama completo se as imagens tiradas cobrirem todas as visuais do cenário, permitindo fazer um mapeamento detalhado, com potencial para utilização rápida na geração de novas vistas e intervenções com o ambiente. Os passos principais para que isto ocorra segue a baixo:

- estabelecer pontos correspondentes entre as imagens;
- estimar a geometria “*epipolar*” entre elas
- construir uma representação da cena usando pontos ordenados;
- especificar a posição desejada da nova imagem
- transferir a representação da cena desejada dentro da nova imagem
- mapear a textura e cor da nova imagem com base nas originais.

A representação da cena depende do número de pontos alinhados. Se houver boa correspondência de *pixels*, a cena é boa para ser representada pelas imagens originais.

Estabelecidas as correspondências entre pontos e *pixels* e fornecida a geometria epipolar, então tem-se implicitamente a descrição das projeções tridimensionais da cena com seu respectivo sistema de coordenadas conhecido [ZHANG, 1998].

3.1.1 Imagens e Panoramas

Uma imagem panorâmica é uma imagem que mostra tanta largura quanto o olho é capaz de ver, quando não, um campo de visão maior do que aquele que se pode ver, por exemplo, mostra atrás e na frente do observador (figura 3-1). O cinema explorou imagens alongadas que enchem mais a visão periférica do espectador para aumentar o efeito imersivo dos filmes.



Figura 3-1 Panorama parcial da Praça Cel. Pedro Osório, Pelotas/RS.

Um panorama pode ser visto também como uma projeção da cena em uma primitiva geométrica cilíndrica, esférica ou cúbica a partir de um centro de projeção, que é a posição do observador com relação à cena (figura 3-2)



Figura 3-2 Panorama parcial da Pç. Cel. Osório, Pelotas/RS.

3.2 Projeções Panorâmicas

Existem diferentes tipos de projeção (tabela 3-1) que variam de acordo com o campo de visão apresentado e a forma como o software visualizador interpreta as imagens (figura 3-3).

Tabela 3-1 Tabela comparativa dos tipos de projeção panorâmica.

Tipo de projeção	Descrição
plana	É uma imagem que quando vista fora de um visualizador panorâmico não apresenta distorção. Para panoramas parciais ou mosaicos este é o sistema de projeção preferido, pois se assemelha mais ao modo como o olho humano enxerga.
circular	É uma imagem plana com a distorção de uma lente grande angular do tipo olho de peixe
cilíndrica	A imagem é projetada como se estivesse dentro de um cilindro, corrigindo a distorção horizontal, sem alterar a vertical. Especialmente quando se utilizam lentes grande angulares a imagem tende a aparecer um pouco distorcida.

esférica	A imagem é projetada no interior de uma esfera, isto faz com haja correção tanto na distorção vertical quanto na horizontal.
cúbica	A imagem é projetada como se estivesse dentro de um cubo, e é guardada na forma de tiras com as seis faces de um cubo. É o visualizador que monta e distorce as imagens para uma aparência similar à projeção esférica.

O esquema da figura 3-4 apresenta uma ilustração do processo de tomada de fotografias para obtenção de um panorama cilíndrico. O observador está posicionado no centro e gira em torno do próprio eixo.



Panorama Cúbico



Panorama Cilíndrico



Panorama Esférico



Panorama Circular

Figura 3-3 Tipos de projeção panorâmicas.



Figura 3-4 Esquema de sobreposição de imagens em um panorama cilíndrico

3.3 Ajustes para a Criação de Panoramas

3.3.1 Número de Fotos

Fotografia para montagem de Panoramas Esféricos 360°x180°

Tabela 3-2 Montagem Fotográfica para Panoramas

Distância focal da Lente	Campo de visão da imagem na vertical	Imagens necessárias para captura de toda esfera	Exemplos de quantidade de imagens necessárias (qualquer seqüência que mantenha 30% de sobreposição pode ser usada)
15 mm	V= 100° H= 77°	14	01 imagem (+90°V) 06 imagens (60°H) (+30°V) 06 imagens (60°H) (-30°V) 01 imagem (-90°V)
17 mm	V= 93° H= 70°	18	01 imagem (+90°V) 08 imagens (45°H) (+30°V) 08 imagens (45°H) (-30°V) 01 imagem (-90°V)
20 mm	V= 84° H= 62°	26	01 imagem (+90°V) 08 imagens (45°H) (+60°V) 08 imagens (45°H) (0°V) 08 imagens (45°H) (-60°V) 01 imagem (-90°V)

24 mm	V= 64° H= 46°	29	01 imagem (+90°V)
			09 imagens (40°H) (+50°V)
			09 imagens (40°H) (0°V)
			09 imagens (40°H) (-50°V)
			01 imagem (-90°V)
28 mm	V= 65° H= 46°	32	01 imagem (+90°V)
			10 imagens (36°H) (+45°V)
			10 imagens (36°H) (0°V)
			10 imagens (36°H) (-45°V)
			01 imagem (-90°V)
35 mm	V= 54° H= 38°	50	01 imagem (+90°V)
			12 imagens (30°H) (+60°V)
			12 imagens (30°H) (+20°V)
			12 imagens (30°H) (-20°V)
			12 imagens (30°H) (-60°V)
			01 imagem (-90°V)

Fonte: www.realviz.com

3.4 Processo de Montagem de Panoramas

Existem várias maneiras de obter-se um panorama. Algumas operações desse tipo exigem equipamento apropriado e de custo elevado [KAIDAN, 2000]. Existem ainda, soluções que envolvem não mais que uma máquina fotográfica normal (preferencialmente digital por causa da grande quantidade de fotos envolvida), um tripé e um programa específico para o tratamento das imagens.

Há alguns conceitos-chave que é preciso saber antes de prosseguir. Alguns desses conceitos são relativos a termos fotográficos e outros são relacionados à criação digital de panoramas.

Blending - Processo em que são obtidas informações de duas imagens que se sobrepõem para combiná-las em uma terceira imagem sem emenda.

Field of View - FOV (Campo de Vista) - tamanho do ângulo que pode ser visto de uma determinada perspectiva. Quando o campo de vista apresenta ângulo vertical maior que o horizontal, diz-se estar em formato retrato ou, ao contrário, em formato paisagem (ângulo horizontal maior que o vertical).

Focal Length (Distância focal) - Usado para determinar o campo de vista. Por exemplo: com uma distância focal menor obtém-se um campo de vista de ângulo maior.

Partial panorama - Um panorama parcial provém de um número menor de fotografias, formando menos que os 360° de um panorama completo.

Registration - O processo que posiciona uma série de imagens adjacentes no lugar exato onde as imagens se sobrepõem.

Stitch - O processo de montagem de uma série de fotografias (tiradas em uma visão circular), em uma única imagem panorâmica sem emendas.

Warping - Montagem das imagens, projetando-as em uma forma esférica.

A quantidade de imagens necessária para a captura completa de um determinado local depende da lente que está sendo utilizada. Quanto maior for a grande angular da lente, menor o número de fotos necessárias. O restante do processo é feito dentro do *software* de panoramas. A figura 3-5 ilustra as etapas desempenhadas por um *software* de panoramas.



Imagens Originais tiradas com Lente Retilínea



Imagens em processo de Warping – aparentam a distorção da lente olho-de-peixe.



Imagens pós Blending – Panorama Final

Figura 3-5 O Processo de Montagem de Panoramas.

3.5 Softwares para Criação de Panoramas

Existem diversos aplicativos no mercado para obtenção de imagens panorâmicas através de mosaico de fotografias. Aqui é apresentado através da tecnologia QTVR, a estrutura de um arquivo de extensão *.mov capaz de carregar um conjunto de objetos e nodos para exploração interativa.

3.5.1 QTVR

QuickTime VR (QTVR) é uma extensão da tecnologia *QuickTime* desenvolvida pela *Apple*, fabricante americana de computadores e softwares para plataforma *Macintosh*, que permite aos usuários a exploração interativa de mundos virtuais tridimensionais com qualidade fotorrealística [QTVR, 2002]. A tecnologia QTVR não exige que o usuário use óculos especiais ou luvas. A navegação em um mundo virtual usa dispositivos padrões (como o mouse ou teclado) para mudar a imagem exibida. As

imagens exibidas nos filmes QTVR podem ser tanto capturadas fotorrealisticamente como renderizadas em computador usando um pacote gráfico 3D.

3.5.1.1 Filmes e Nodos

Os dados de um mundo virtual QTVR são guardados num filme (.mov). Um filme contém uma única cena formada por um ou mais nodos. Um nodo é uma posição no mundo virtual de onde um objeto ou panorama podem ser vistos. Cenas QTVR podem conter qualquer número de nodos, que podem ser tanto objetos como panoramas.

Um nodo-objeto pode mostrar um único objeto ou um agrupamento de objetos colocados próximos. Compara-se com um observador girando ao redor de algo, através do mouse ou teclado, mudando os ângulos de visualização vertical e horizontalmente (figura 3-6).

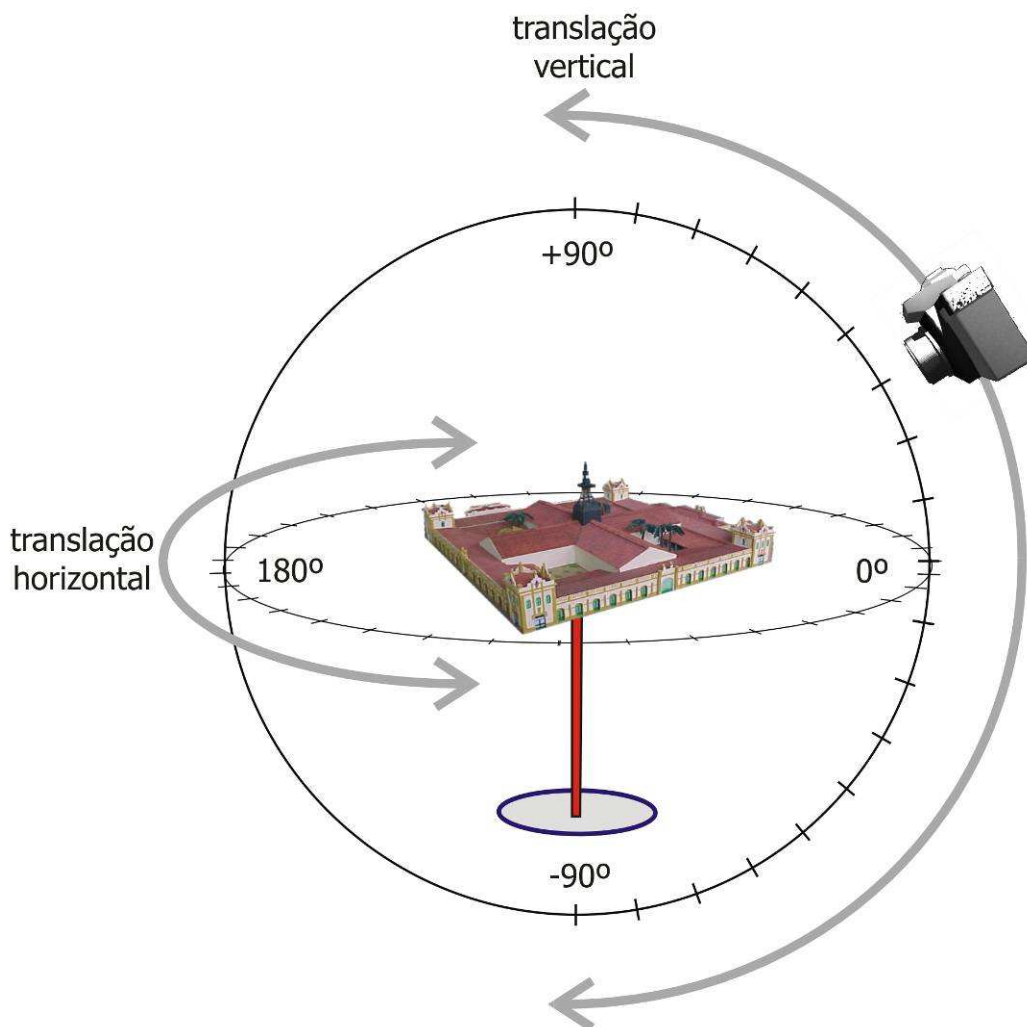


Figura 3-6 Ângulos de visualização de objetos.

Um nodo-panorama (panorama) pode mostrar uma visão panorâmica de uma localização específica. Compara-se com um observador girando ao redor do próprio eixo, obtendo uma visão de tudo à sua volta.

Um nodo é identificado por um (*node ID*), um número inteiro assumido pelo nodo quando o filme VR é criado. Quando um filme VR contém mais de um nodo, o usuário

pode mover de um nodo para outro através de um *link* entre o nodo fonte e o de destino. Um *link* é representado graficamente por um *hot spot*, um tipo de *link* que é ativado com um clique em uma determinada área, movendo o usuário de um nodo para outro.

3.5.1.2 Nodo Objeto

Os dados usados para representar um objeto num filme VR são armazenados em uma trilha (*track*) de vídeo QTVR como uma seqüência de quadros (*frames*) individuais, onde cada quadro representa uma vista do objeto. Uma vista de objeto é determinada pelo nodo de identificação (*node ID*), campo de vista, centro de observação, ângulo horizontal (*pan angle*), ângulo vertical (*tilt angle*), tempo de visualização e estado de visualização.

Em QTVR, ângulos podem ser especificados tanto em radianos como em graus. Os ângulos horizontais tipicamente variam de 0 a 360 graus e os verticais variam de -90 a +90 graus.

As vistas que constituem um nodo objeto são gravadas seqüencialmente como uma série de quadros numa trilha de vídeo. A documentação de referência recomenda que seja capturado um quadro a cada incremento de 10 graus tanto horizontal quanto verticalmente, no qual obtém-se 36 quadros horizontais para cada ângulo vertical totalizando 684 (19x36) quadros separados. Uma linha de imagens contém as imagens capturadas para um determinado ângulo vertical e uma coluna de imagens contém as imagens capturadas para um determinado ângulo horizontal (figura 3-7).

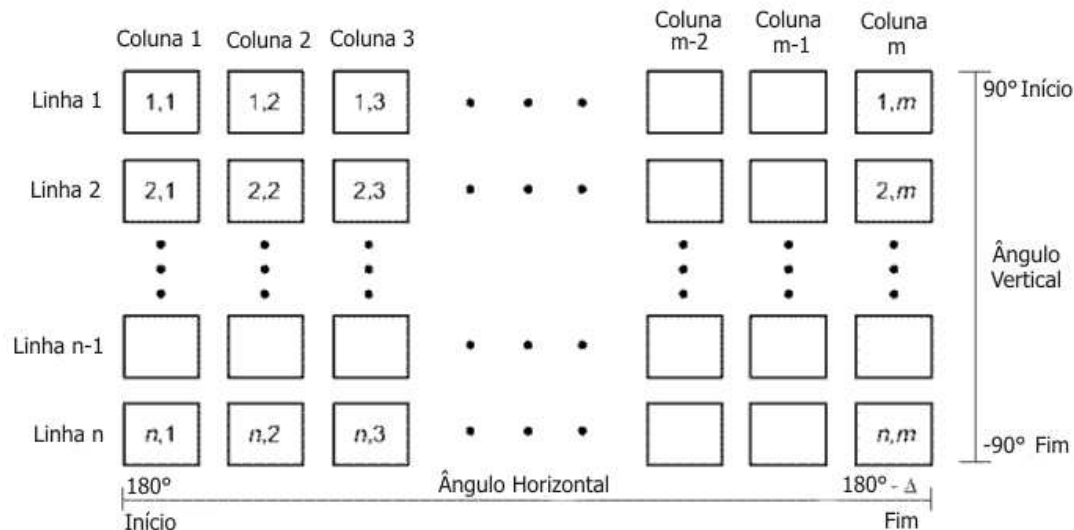


Figura 3-7 Exemplo de uma trilha de imagens do objeto. (QTVR, 2002)

Em um arquivo, a fila é gravada em uma seqüência unidimensional de quadros na trilha de vídeo como é ilustrado na figura 3-8.

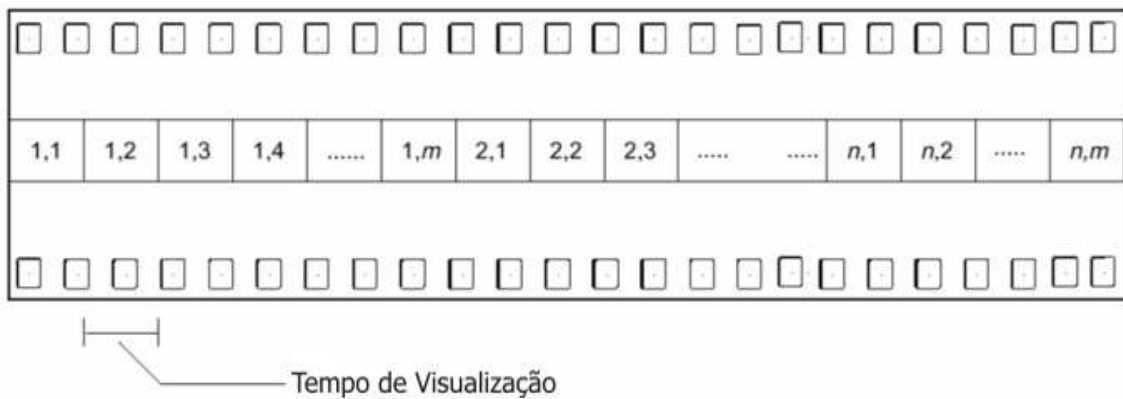


Figura 3-8 Exemplo de uma trilha de imagens de objeto. (QTVR, 2002)

3.5.1.3 Nodo Panorama

Os dados para a representação de um panorama são guardados como uma única imagem panorâmica que contém o panorama inteiro (figura 3-9). Pode ser criada pela montagem de uma série de imagens fotográficas digitalizadas que se sobrepõe ou , usando um *renderizador* 3D, pela geração de uma cena artificial. São projeções cilíndricas do panorama, que serão corrigidas quando a aplicação for rodada.



Figura 3-9 Exemplo de uma imagem panorâmica.

Uma vista panorâmica é definida pela identificação do nodo (*node ID*), campo de vista, ângulo horizontal e ângulo vertical. Para um panorama, os ângulos correspondem a um ponto específico da imagem panorâmica. Quando estes ângulos são escolhidos, a imagem correspondente é exibida no centro da janela retangular de visualização.

3.5.1.4 Hot Spots

Tanto os nodos panorama como os nodos objeto suportam *hot spots*: regiões na imagem do filme que permitem a interação do usuário. Quando o cursor passa por uma destas regiões muda de forma, e, se o botão do mouse é acionado, é iniciada a ação que pode, dependendo do tipo de hot spot, mover o usuário de um nodo para outro na cena.

3.5.1.5 Componentes de um filme QTVR

Um filme Quicktime VR pode conter vários tipos de *hot spots* incluindo *links* entre quaisquer dois tipos de nodos.

Todo o filme QTVR contém uma única trilha QTVR, um tipo especial de trilha de *Quicktime* que mantém uma lista dos nodos no filme. Cada amostra individual da trilha contém informação geral e informação dos *hot spots* para um nodo específico. Se um filme QTVR contém qualquer nodo panorâmico, também contém uma única trilha de panorama, e se contém qualquer nodo objeto, também contém uma única trilha de objeto.

Os dados de imagem para panoramas e objetos normalmente são armazenados em uma trilha padrão do *Quicktime*, chamada trilha de imagem.

Os quadros individuais na trilha de imagem para um panorama compõem os quadros da imagem panorâmica original. Os quadros para uma trilha de imagem de um objeto representam as diversas vistas do objeto. Dados de imagem de *hot spots* são armazenados em trilhas de vídeo paralelas tanto para os panoramas como para os objetos.

3.5.1.6 Filmes Panorâmicos Único-nodo

A figura 3-10 ilustra a estrutura básica de um filme panorâmico único-nodo. Como se pode ver, todo filme panorama contém três trilhas pelo menos: (1) uma trilha QTVR, (2) uma trilha de panorama, e (3) uma trilha de imagem de panorama.

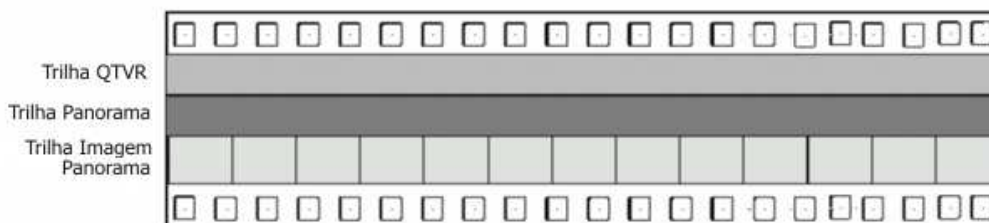


Figura 3-10 Estrutura básica de um filme panorâmico único-nodo. (QTVR, 2002)

3.5.1.7 Filmes Objetos Único-nodo

A figura 3-11 ilustra a estrutura básica de um filme objeto único-nodo. Da mesma forma como no filme panorama, contém pelo menos três trilhas: (1) uma trilha QTVR, (2) uma trilha de objeto e (3) uma trilha de imagem de objeto.



Figura 3-11 Estrutura básica de um filme objeto único-nodo. (QTVR, 2002)

3.5.1.8 Filmes multi-nodos

Um filme de QTVR multi-nodo pode conter qualquer número de nodos tanto objeto como panorama. A figura 3-12 ilustra a estrutura de um filme QTVR que contém cinco nodos (neste caso, três nodos panorama e dois nodos objeto).

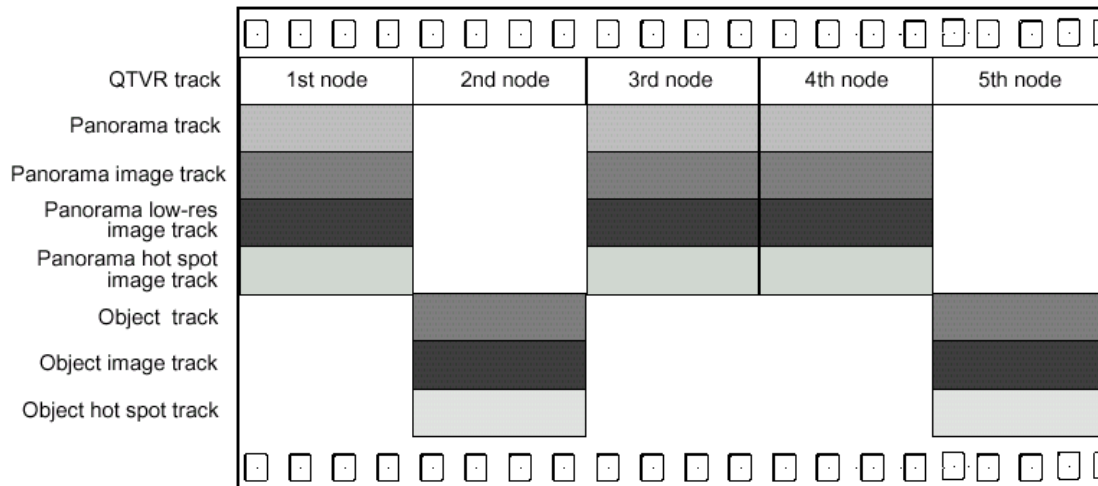


Figura 3-12 Estrutura básica de um filme QTVR multi-nodo. (QTVR, 2002)

Trilhas panorama e trilhas objeto nunca podem estar locadas no mesmo intervalo de tempo.

3.5.1.9 Panorama cúbico

O panorama cúbico é a forma de representar o ambiente projetando as imagens que o compõem em um cubo, em suas seis faces, possibilitando ao observador enxergar elementos que estão acima dele e na base. O formato de arquivo e o mecanismo de execução presentes na versão *QuickTime 5* do software da *Apple* possibilita representações complexas, como por exemplo, tipos especiais de cubos com faces contínuas ou separadas.

As trilhas são armazenadas do mesmo modo que no panorama cilíndrico, isto inclui uma trilha QTVR, uma de panorama e uma de imagem. Ainda, como opção, pode-se incluir trilha de *hot spot* e de pré-visualização do panorama com baixa qualidade de imagem (figura 3-13).

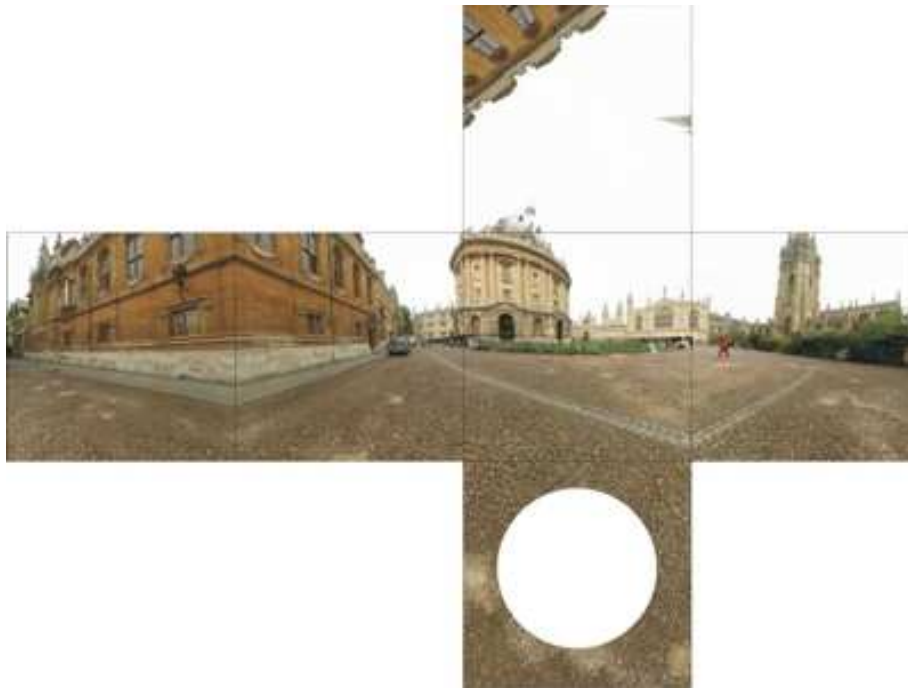


Figura 3-13 Exemplo de panorama cúbico.

Fonte tutorial do software D-Joiner.

3.6 Complementos Tecnológicos

3.6.1 Vídeo Panoramas

É possível converter uma projeção circular em uma projeção esférica. A partir desta afirmação pode-se Capturar uma seqüência de imagens, com uma câmera de vídeo e um adaptador com espelho parabólico e transformá-la num conjunto interativo, com as propriedades de panorama 360° combinada numa seqüência de vídeo (figura 3-14).



Figura 3-14 Processo de geração de vídeo panorama. (BEHERE, 2002)

3.6.2 Panoramas Impressos

Uma forma interessante de apresentação de panoramas pode ser obtida através de um *plugin* para o *photoshop*. Nela a imagem é mapeada em fatias em forma de gomos para que se possa montar uma esfera (figura 3-15) .

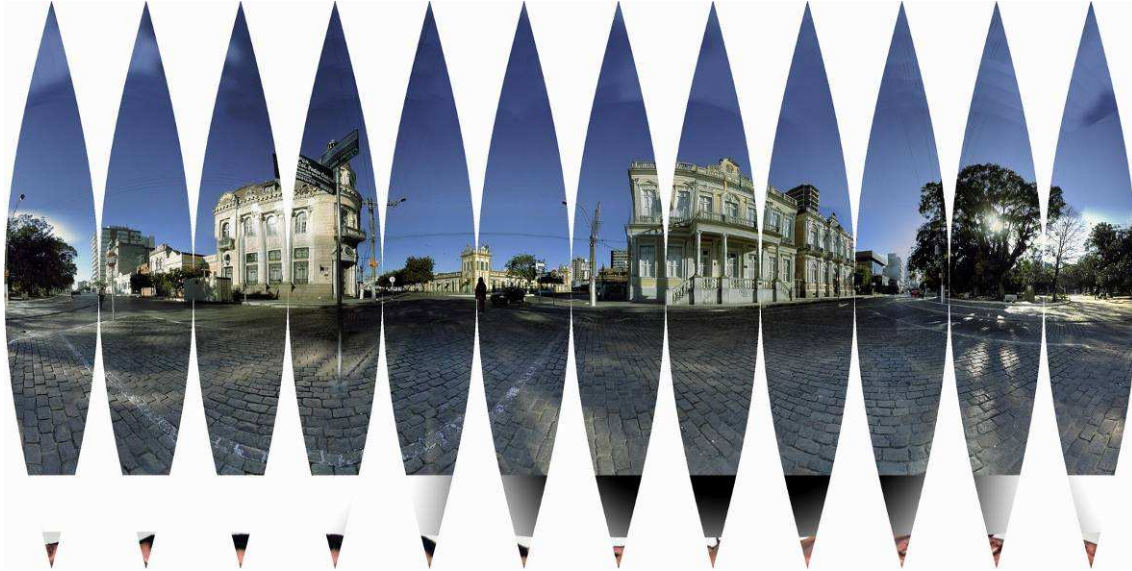


Figura 3-15 Panorama esférico submetido ao comando *slice* no *photoshop*.

4 ESTEREOSCOPIA

4.1 Percepção 3D sobre a imagem em 2D

Os seres humanos têm a habilidade de perceber e analisar estruturas 3D interpretadas a partir de imagens bidimensionais, porém o fazem sem muitas vezes compreenderem que mecanismos da percepção estão usando. Antes de enxergar conscientemente, de forma analítica, as imagens são processadas inconscientemente. Uma imagem é a representação de uma parcela da realidade em duas dimensões. Embora se possam distinguir separadamente, a interpretação de objetos ou cenas complexas envolve processos competitivos e cooperativos, que utilizam múltiplas visões simultâneas [SHAPIRO, 2001].

Para quem aprecia artes e cinema, sabe que é possível evocar nestes elementos bidimensionais, noções de 3D. Há muitos artifícios usados para se conseguir esta interpretação, e podem ser assim descritos:

Interposição, Obstrução ou Sobreposição: ocorre quando um objeto obstrui, se interpõem ou sobrepõem a outro, impedindo sua visualização parcial ou total. Deste modo indicando que está mais próximo do observador do que o outro.

Sombreamento: foi aplicado nas artes clássicas como um importante artifício para transmitir a idéia da tridimensionalidade em imagens bidimensionais. Objetos polidos, como, por exemplo, uma maçã apresenta brilho onde a recepção de luz é mais intensa. Ao mesmo tempo estes objetos tem alto sombreamento onde a superfície se torna perpendicular aos raios de luz, superfícies planas tendem a ter uma aparência homogênea nas mesmas condições de iluminação.

Perspectiva escalonada: indica que a distância de um objeto ao observador é inversamente proporcional ao seu tamanho na imagem. Quando se utiliza o recurso da textura para simular uma superfície 3D, a noção do gradiente da textura em 2D pode ser usada para calcular a orientação tridimensional da superfície. A figura 4-11 mostra uma textura uniforme aplicada numa superfície regular. O ângulo de visão forma o gradiente de textura dando a noção de profundidade do objeto.

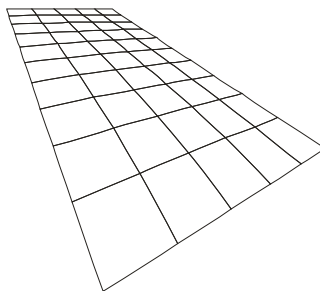


Figura 4-11 Exemplos de aplicação da textura com variação de gradiente

Gradiente de textura está relacionado com a mudança da textura percebida ao longo da imagem. Superfícies regulares texturizadas em vistas não-frontais, criam um gradiente de textura na imagem. A textura é mais nítida próxima ao observador, ganha densidade e perde nitidez conforme se distânciam e aumenta a profundidade. Alguns artistas usam este artifício para criar a noção de profundidade em suas obras.

Paralaxe do movimento oferece ao observador em movimento informações sobre a profundidade do objeto, toda vez que um objeto estacionário aparenta se mover em relação a outros. Pode ser notada quando as imagens dos objetos mais próximos aparentam se moverem mais rápido do que as imagens dos objetos mais distantes. Embora a *Paralaxe do movimento* seja mais comumente aplicada a observadores em movimento, um efeito similar ocorre com o observador parado e com os objetos em movimento.

Existem outros efeitos 3D disponíveis em imagens bidimensionais, como por exemplo, a tendência que objetos distantes tem de parecerem menores e menos nítidos que aqueles que estão mais próximos. Este efeito pode ser conseguido focando ou desfocando os objetos em questão.

Bordas - A noção de tridimensionalidade, nesta situação, é obtida em função da forma que as bordas do desenho assumem na imagem em 2D. Por exemplo, a interpretação de uma elipse em perspectiva pode ser compreendida como uma esfera ou disco. Se o disco tiver um sombreado ou textura regular, a compreensão da figura é melhorada, se as sombras ou texturas são aplicadas do centro para as bordas, a figura é mais bem compreendida com esfera. Com a combinação dos recursos de sombreado e textura pode-se obter várias interpretações sobre a mesma figura.

4.1.1 Fenômenos psicológicos

Algumas técnicas como as da *Gestalt*, são muito úteis para se criar efeitos de tridimensionalidade. Estes princípios são muitas vezes benéficos para ressaltar em uma imagem um arranjo tridimensional, mas também são enganosos, no sentido de que, em algumas condições, estimulam interpretações incorretas.

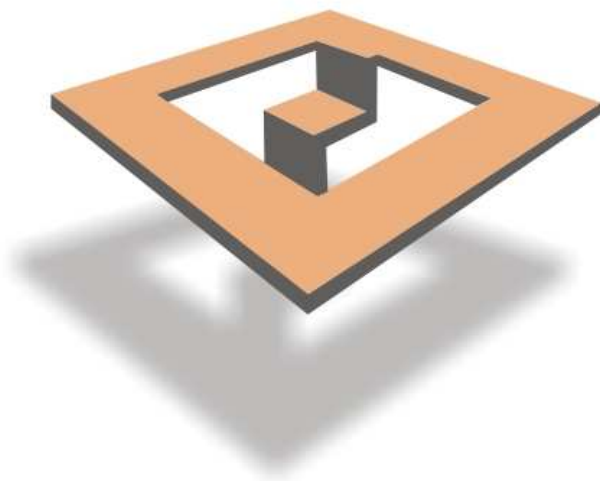


Figura 4-2 Ilusão 2D.

A imagem da figura 4-2 mostra uma representação bidimensional daquilo que se reconhece como princípio de tridimensionalidade.

4.2 Percepção de imagens estereoscópicas

A percepção estereoscópica, como se entende hoje em dia, foi apresentada pela primeira vez em 1838 por Wheatstone [STEREOGRAPHICS, 2000], que explicou, com o auxílio do *stereoscope* (aparelho inventado por ele) e de desenhos, que existe um único senso de profundidade, denominado *stereopsis*, produzido pela disparidade retinal.

Se de algum modo fosse possível capturar as imagens das retinas esquerda e direita e sobrepor-las em um *slide*, estas seriam vistas quase que sobrepostas, criando um efeito denominado disparidade. Disparidade é a distância na direção horizontal, entre pontos correspondentes na imagem direita e esquerda sobrepostas na retina. Os pontos correspondentes de um objeto na retina, os quais os olhos convergem, possuem disparidade zero.

4.3 Paralaxe

A paralaxe produz disparidade ocular, a fim de proporcionar a percepção estereoscópica. Um dispositivo estereoscópico é uma das formas de levar estas informações aos olhos.

A paralaxe e a disparidade são dois processos semelhantes, sendo que a primeira ocorre nos sistemas de visualização computacionais, e a disparidade ocorre na retina. É a paralaxe que produz a disparidade retinal, que por sua vez produz a sensação de visão estereoscópica. A paralaxe é o único processo capaz de induzir a profundidade.

4.3.1 Tipos de paralaxe

4.3.1.1 Paralaxe zero

Ocorre quando os pontos correspondentes em duas imagens são exatamente equivalentes ou pareçam estar um sobre o outro. Nesta situação, os olhos do observador, separados por uma distância t , que em média é de 64mm (correspondente a distância interocular em um adulto), estão voltados para um plano de projeção que detém a convergência e o foco de visão.

4.3.1.2 Paralaxe positiva

Nesta situação os eixos de visualização dos olhos são paralelos entre si. Na percepção da realidade isto ocorre quando se observam objetos a grandes distâncias. Num visualizador estereoscópico, isto ocorre quando a distância interocular, de aproximadamente 64mm, é igual aos valores da paralaxe.

Qualquer valor de paralaxe entre a zero e a positiva irá produzir imagens com tendência a parecerem estar dentro do tubo de raios catódicos (*CRT, Cathodic Ray Tube*), ou atrás da tela do visualizador.

4.3.1.3 Paralaxe divergente

Neste tipo de paralaxe, cada imagem está separada por um valor maior que a distância interocular, fazendo com que os eixos de visualização ocular sejam divergentes.

4.3.1.4 Paralaxe negativa

Ocorre quando os eixos de visualização e os pontos da paralaxe estão cruzados. Objetos com paralaxe negativa parecem estar mais próximos que o plano da tela de visualização, ou entre o observador e a tela.

4.3.1.5 Separação interaxial

A distância entre as lentes usadas para fazer fotografias estereoscópicas é denominada *separação interaxial*, fazendo referência aos eixos das lentes. Estes eixos são linhas que partem do centro óptico da lente, e são perpendiculares ao plano da superfície da imagem. Se as lentes estão próximas demais, o efeito de profundidade estéreo é reduzido, do mesmo modo que, se elas estiverem distantes entre si, o efeito da paralaxe aumenta, incrementando a percepção estereoscópica.

4.3.2 Correspondência dos campos visuais

Os campos visuais direito e esquerdo devem ser idênticos em ambos os casos, porém devem ter valores diferentes de paralaxe horizontal. A cor, a geometria, a intensidade do brilho em ambos os campos devem estar nas mesmas condições, ou dentro de uma tolerância de variação muito baixa, a fim de não causar uma fadiga ocular, e dificultar a compreensão da cena.

4.3.3 Controle da paralaxe

O ideal quando se criam imagens estereoscópicas é conseguir os melhores efeitos de profundidade com baixos valores de paralaxe. Em parte, isto pode ser conseguido reduzindo a distância interaxial das lentes. Apenas no caso da paralaxe zero, isto não precisa ser observado, pois não há desconforto na compreensão das imagens. Se a composição da imagem permitir, é melhor acomodar os objetos principais da cena sobre ou o mais próximo possível da tela de visualização, ou separá-la em diferentes paralaxes, posicionando a paralaxe zero no meio da cena de modo a dividir a composição em duas paralaxes, uma metade positiva e outra negativa.

Na prática, segundo Valyus, [STEREOGRAPHICS, 2000], não se deve ultrapassar valores maiores que $1,50^\circ$, equivalentes a $\frac{1}{2}''$ ou 12 mm, nos valores de paralaxe positiva ou negativa, visualizadas em monitores de computadores que, em média,

distam 50cm do observador. Na verdade, o ideal é que os olhos do observador sejam seu guia, pois algumas imagens produzidas requerem menores ou maiores valores de paralaxe para serem melhor compreendidas, possibilitando exceder estes valores com o propósito de encontrar valores mais adequados para a espacialização estereoscópica, sem perder o conforto visual em sua compreensão.

Existe uma correlação direta entre a paralaxe, as medidas angulares e a disparidade retinal. Por exemplo, um centímetro de paralaxe produz o mesmo efeito de disparidade retinal a 3 metros, do mesmo modo que 2 centímetros de paralaxe produz um efeito de disparidade a 6 metros. Por isto é recomendável considerar a distância do observador ao produzir imagens estereoscópicas.

4.3.4 Critérios de escolha

É recomendável usar baixos valores de paralaxe para produzir imagens com bons efeitos estereoscópicos. Se os pontos correspondentes se aproximam da paralaxe zero os efeitos negativos da estereoscopia desaparecem. Se estes pontos se deslocam em conjunto, o desconforto visual e o “efeito fantasma” na imagem diminuem, desde que isto varie gradativamente com a imagem desejada.

4.4 Como funciona a visualização estereoscópica

A visualização estereoscópica 3D possibilita criar imagens com maior realismo, mostrando para cada olho uma única vista, do mesmo modo como um humano veria na realidade. O obstáculo é que estas duas vistas, uma da visão esquerda e outra da direita, devem estar representadas numa mesma superfície, o monitor. A visão de um olho é exposta em um curto período de tempo, seguido pela visão do outro olho. Isto acontece tão rápido que a mente humana não consegue captar esta mudança, fundindo as duas imagens para produzir uma visão estereoscópica plena.

Até mesmo os profissionais mais treinados no assunto reportam-se da fadiga ocular e outros efeitos negativos que usualmente desaparecem num curto período de tempo. Os motivos deste desconforto, é que existe uma diferença entre observar imagens estereoscópicas reais e as simuladas em um ambiente computacional, mostradas num monitor.

Na realidade, ao visualizar um objeto, o foco da visão converge para ele acompanhando simultaneamente a sua profundidade. Para que a mesma percepção 3D ocorra ao visualizar uma imagem em um monitor de computador, o ponto focal é sempre a distância da superfície da tela, enquanto que a profundidade da convergência esta baseada no objeto observado. Isto faz com que os músculos que controlam a convergência e o foco trabalhem de forma separada, realizando esforços diferentes. O desconforto gerado é proporcional ao acréscimo da paralaxe, que aumenta a desconexão entre estes dois processos. Assim, é mais adequado usar valores baixos, compatíveis com a profundidade, com a finalidade de diminuir o descompasso no ajustes ocular e a convergência. Este é inicialmente o motivo para o desconforto e para a fadiga ocular gerados pela simulação computacional, que geralmente cessam quando o cérebro se ajusta às condições de visualização.

4.4.1 Generalizações sobre a percepção em estéreo

A iluminação em qualquer ambiente flui em linhas retas no espaço. Do ponto de vista do observador é adequado que a iluminação seja modelada de acordo com a distribuição de luz recebida por cada ponto nas diversas direções no ambiente. Uma vista é uma função V numa superfície D que mapeia as coordenadas (u, v) de uma imagem para uma determinada condição de iluminação. Uma imagem I mede a luz observada em uma vista e codifica a visualização da geometria. Cada imagem I tem uma correspondente em V . O campo de visão de uma determinada vista V , chamado $FOV V$ (*field of view V*) é definido pela extensão da visada V . Um determinado ponto pertence ao $FOV V$ se ele em algum momento cruza a trajetória dos raios de luz no FOV . Utiliza-se a notação D_u para designar a coluna u e D_v para indicar a linha v nas respectivas vistas.

Uma perspectiva é representada por duas famílias de planos (Q_u e Q_v) e o campo de visão compreendido no plano de projeção. Cada raio de luz no campo de visão é especificado pela intersecção de dois destes planos (figura 4-3).

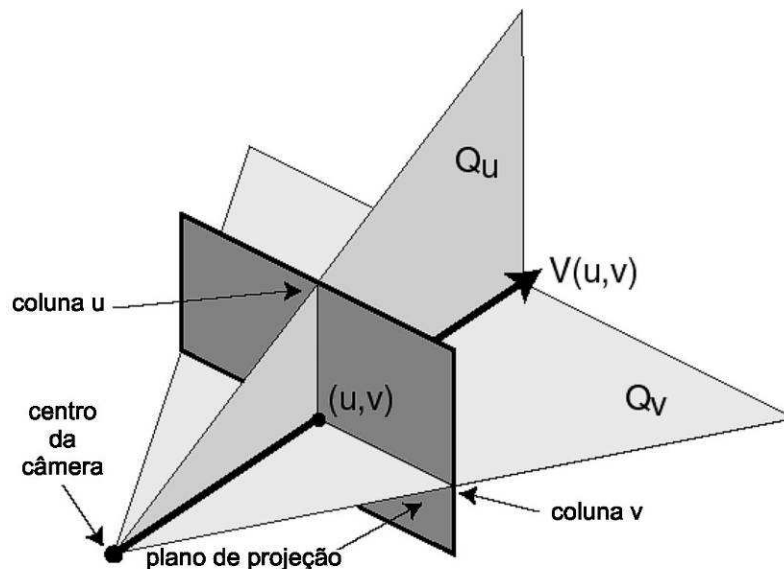


Figura 4-3 Esquema da representação bi-quádrica da perspectiva (SEITZ, 2001)

4.4.2 Limitações do efeito estéreo

Um par estéreo consiste em duas vistas contíguas com paralaxe puramente horizontal, quer dizer, todo ponto visível da cena em uma vista tem um ponto projetado na mesma linha da outra vista. Imagens que satisfazem esta propriedade podem ser fundidas pela percepção humana para produzir um efeito de profundidade e são fáceis de processar através de algoritmos computacionais para cálculo de estereoscopia.

Mais formalmente, nós dizemos que duas vistas $V1$ e $V2$ satisfazem aos pré-requisitos de estéreo se satisfazem a seguinte propriedade:

Os raios de luz $V1$ (com coordenada horizontal $h1$ e vertical $v1$) e $V2$ (com coordenada horizontal $h2$ e vertical $v2$) só se cruzam se $v1 = v2$.

Quaisquer duas vistas podem ser chamadas de vistas em estéreo ou um par estéreo.

É freqüente o caso em que vistas em um par estéreo somente se sobrepõem parcialmente. Por exemplo, há pontos na cena que aparecem dentro do campo de visão de uma das vistas, mas não aparecem na outra. Tais pontos não podem ser “fundidos”. Nossas análises devem limitar-se então às regiões da cena dentro do campo de visão de ambas as vistas. Deve-se também ignorar pontos que são retratados com o mesmo raio em ambas as vistas, desde que tais pontos não mostrem sugestões de profundidade estéreo. Por exemplo, duas imagens idênticas com perspectiva do mesmo ponto de vista satisfazem a definição de um par estéreo, mas não apresentam sugestões de paralaxe que possam ser usadas para deduzir profundidade. Adequadamente, define-se uma região estéreo de uma vista como segue:

Um ponto X no espaço 3D é visualizável em estéreo nas vistas $V1$ e $V2$ se existem os raios de luz $R1$ pertencente ao campo de visão($V1$) e $R2$ pertencente ao campo de visão($V2$) tal que o raio $R1$ intersecciona o raio $R2$ definindo o ponto X .

O conjunto de todos os pontos X que são visualizáveis em estéreo das duas vistas $V1$ e $V2$ é chamado de espaço de visualização em estéreo e é denominado $V1-2$. Os raios $V^1 (u^1, v^1)$ e $V^2 (u^2, v^2)$ apenas se intersectarão se V^1 for igual a V^2 .

4.5 Formas de obtenção de imagens 3D em estéreo.

O efeito estereoscópico pode se obtido por meio da fotografia tradicional ou por meio de sistema computacional.

4.5.1 Método fotográfico

Dentro da estereoscopia tradicional existem três possibilidades de criar imagens 3-D, que são: por meio de uma câmera específica, câmera estéreo (figura 4-4), com duas câmeras comuns montadas sobre um adaptador (figura 4-5) ou por meio de uma câmera simples montada num adaptador deslizante (figura 4-6).

4.5.1.1 Gerando imagens com uma câmera estéreo

Este método pode ser usado em fotografias em que o foco varie entre a distância de no mínimo dois metros e o infinito. É recomendado usar aberturas pequenas ($f/8$ ou menor), com a finalidade de manter a nitidez dos objetos.



Figura 4-4 Câmera estéreo

4.5.1.2 Com duas câmeras comuns adaptadas

Este método consiste em montar duas câmeras comuns numa barra adaptadora. Pode ser usado em fotografias que o objeto a ser focado esteja entre a distância de no mínimo quatro metros da câmera e o infinito, dependendo da distância focal das lentes.

Neste caso é recomendado:

- usar a barra adaptadora num tripé; com as câmeras montadas com os eixos focais em paralelo, a fim de evitar a distorção geométrica dos objetos;
- garantir que as lentes nas duas câmeras sejam iguais;
- saber a distância entre os centros das lentes das duas câmeras;
- usar aberturas pequenas ($f/8$ ou menor); e
- tomar medidas para ter certeza de que as câmeras sejam disparadas ao mesmo tempo. Pode ser usado cabo disparador simultâneo ou dispositivo eletrônico para este fim.



Figura 4-5 Duas câmeras sobre adaptador

4.5.1.3 Com uma câmera comum adaptada

Este método consiste em montar a câmera numa barra deslizante, que contornará o objeto a ser fotografado e por isto é recomendado somente para objetos estáticos. Para obter melhor qualidade, recomenda-se:

- que a barra seja montada em um tripé;
- que as lentes nas duas câmeras sejam iguais;
- que os eixos focais sejam paralelos
- saber a distância entre os centros das lentes das duas câmeras;
- usar aberturas pequenas ($f/8$ ou menor);
- que a fonte primária de luz não se mova e não se use flash montado na câmera



Figura 4-6 Câmera deslizando sobre adaptador

Na montagem final do estereograma parte das fotos tiradas tanto na lente esquerda quanto na direita será perdida. Isto ocorre, pois nestes trechos não há informação suficiente para que seja restituído o efeito 3D da cena ou objeto. As câmeras específicas para fotografia estéreo possuem uma janela que enquadra a porção útil do objeto ou cena, de modo a maximizar as tomadas, reduzindo a quantidade de fotos para restituição estereoscópica.

4.5.2 Método Computacional

A calibração virtual das câmeras serve para qualquer distancia focal e via de regra segue a mesma lógica apresentada anteriormente para as câmeras especiais de estereoscopia:

- que os eixos focais das lentes sejam paralelos (figura 4-7);
- o FOV (campo de visão) das câmeras deve ser igual;
- devem ser posicionadas e fixadas de acordo com a distância horizontal entre os eixos focais devidamente calculado, e
- as câmeras não podem apresentar deslocamento vertical.

4.5.2.1 Configurando as câmeras virtuais no ambiente computacional

De modo geral, para obter imagens estereoscópicas de boa qualidade deve-se:

- Compor ou escolher a cena ou objeto de modo tridimensional, que deve ter primeiro-plano, distância média e plano de fundo bem definidos;
- O ponto mais próximo deve ser escolhido com cautela;
- As imagens direita e esquerda devem ser sempre congruentes à paralaxe horizontal;
- Não usar contrastes acentuados na composição do par estéreo;
- Manter os objetos nitidamente na composição a não ser o plano de fundo ;
- A janela de orientação para tomada de fotos não deve tocar ou cortar um objeto que faça parte da cena;
- Não exceder mais de 65mm de distância entre os dois pontos das câmeras.
- Para otimizar o processo recomenda-se calibrar a temperatura de cores do monitor em 9300K.
- Para uma fácil visualização do efeito estéreo é bom estar seguro de ter incluído algum objeto no primeiro plano.



Figura 4-7 Simulação de duas câmeras em CG

4.6 Métodos de visualização estereoscópicas

Imagens estereoscópicas são compostas por duas perspectivas da mesma composição, uma captada pela visão esquerda e outra pela direita. A fim de conseguir visualizá-las em estéreo é necessário enxergá-las simultaneamente. Quando isto ocorre, significa que ambas estão fundidas na retina. Genericamente, existem dois grupos de métodos para enxergar este efeito, os que utilizam dispositivos especiais e os denominados *Free View*, que não os utilizam.

4.6.1 Método Free View

As técnicas mostradas a seguir não necessitam de dispositivos para que sejam entendidas como estereoscópicas, precisando apenas que haja um certo treinamento e adequação dos olhos com as imagens mostradas.

4.6.1.1 Visão cruzada

Consiste em visualizar as imagens direita e esquerda lado a lado. A imagem direita é vista na posição da esquerda e vice-versa. Para ver a propriedade estereoscópica é necessário cruzar a visão, como é mostrado na figura 4-8 (esq), de modo que o olho esquerdo veja a imagem direita e o da direita veja a imagem esquerda, deste modo, uma terceira imagem aparece entre ambas. Esta é que produz a percepção de profundidade estereoscópica.

4.6.1.2 Visão paralela

Consiste em mostrar as imagens correspondentes a cada olho lado a lado, em seus respectivos lugares, como é mostrado na figura 4-8 (dir). Se as imagens forem pequenas o bastante para serem entendidas dentro da distância interocular, a percepção estereoscópica pode ser percebida sem o auxílio de dispositivos.

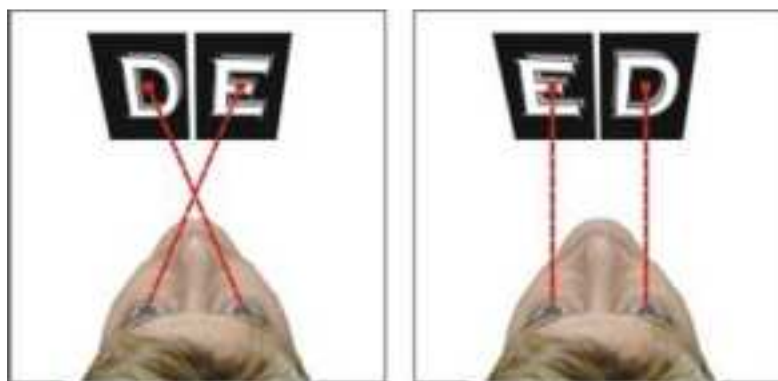


Figura 4-8 Métodos de Visão cruzada e Paralela

4.6.2 Método com dispositivos

Fazem uso de alguns dispositivos para que suas técnicas de visualização sejam compreendidas. Podem utilizar um par de óculos com filtro de cor, um arranjo de lentes polarizadas ou óculos com tela de cristal líquido (LCD).

4.6.2.1 Anaglifo

É uma técnica de baixo custo que usa a composição de cores RGB (vermelho, verde e azul) para codificar as informações de estereoscopia. Para ser visualizado é necessário usar um par de óculos com filtro de cor diferente em cada lente. Há três modos de codificação de imagens em anaglifo, descritos a seguir:

Colorido: A combinação anaglifo tenta preservar o máximo possível as cores originais da imagem. Tradicionalmente, nem todas as imagens produzidas apresentam boa aparência, quando vistas de modo normal - figura 4-9 (esq). Estudos recentes apresentam a combinação âmbar/ azul, como uma alternativa às técnicas convencionais.

A primeira impressão o filtro âmbar/ azul lembra o vermelho/ azul do anaglifo, porém a técnica difere um pouco em sua essência. A informação de cor é transmitida para o filtro âmbar, e a informação de paralaxe, para perceber a profundidade, é transmitida para o filtro azul.

Tons de cinza: Este método aplica a fusão do branco e preto sobre as cores originais da imagem, embora estas não sejam preservadas, a imagem gerada é de fácil compreensão - figura 4-9 (cen).

Puro: Neste caso há a conversão da cores da imagem original nos pares vermelho/ azul ou vermelho/ verde. Esta combinação depende de qual filtro de cor tem-se nos óculos para visualização. Este método é o que melhor produz efeitos 3D, porém, compromete as informações das cores e intensidade na imagem - figura 4-9 (dir).



Figura 4-9 Modos de anaglifo: colorido (esq), escala de cinza (cen) e puro (dir).

4.6.2.2 Métodos por LCD

Consiste em utilizar dispositivo com lentes de cristal líquido conectadas ao computador, que permite visualizar a alternância, em alta frequência, das imagens direita e esquerda no monitor. Estes óculos utilizam um dispositivo especial que tem a capacidade de sincronizar a abertura e fechamento com as imagens mostradas no monitor. O método possibilita visualizar imagens coloridas sem perda de qualidade.

4.6.2.3 Page flipping

Neste caso, quando a imagem direita é mostrada no monitor, o mecanismo obstrui a visão do olho esquerdo (figura 4-10). O mesmo ocorre com a visão esquerda e a

imagem da direita, alternada e compassadamente tão rápido, que as informações que o cérebro processa são compreendidas como uma visão estereoscópica real. Se esta frequência de ocorrência estiver descompassada, o efeito ainda pode ser observado, porém com uma certa sensação de vibração na imagem, que ocorre seguidamente com as imagens em tons de cinza, mesmo com os óculos calibrados com o monitor.

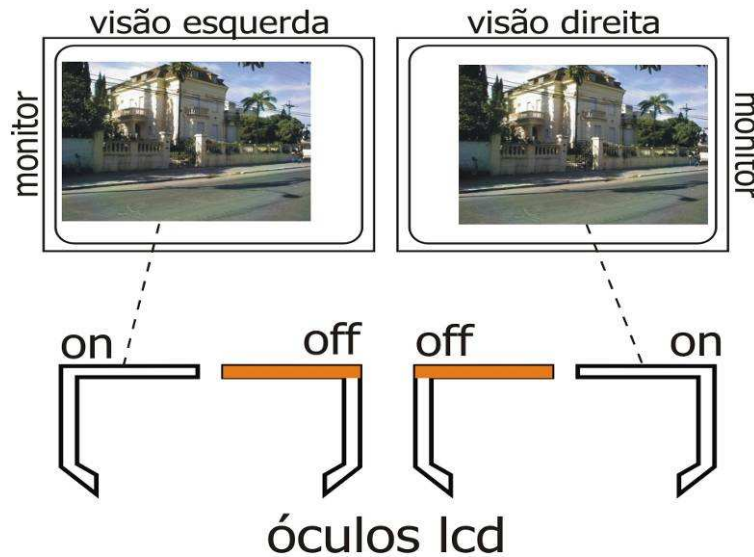


Figura 4-10 Funcionamento de óculos LCD sincronizado com vídeo.

4.6.2.4 Interlaced

Consiste em reformatar as linhas que compõem a imagem com a alternância de linhas de cada visão, ou seja, uma linha apresenta imagem da visão esquerda e a subsequente da visão direita, assim ocorrendo alternadamente (figura 4-11). O conjunto de cada visão é mostrado separadamente. A vantagem do método das linhas alternadas é que não ocorre “vibração” na imagem produzida, desde que se obtenha altas taxas de frequência na troca das linhas.



Figura 4-11 Imagem entrelaçada esquerda/direita.

4.6.2.5 Sync doubling

É o método em que a frequência vertical é duplicada e a imagem é comprimida à metade do tamanho original.

4.6.2.6 Zscreen

Utiliza tela polarizada em forma circular em sentidos opostos para as imagens direita e esquerda, vistas com óculos de polarização passiva. É um sistema que, pelo valor dos óculos, é de baixo custo e pode ser destinado à múltiplos usuários.

4.7 Multiperspectivas estéreo

Em trabalhos recentes comprovou-se a capacidade de se representar multiperspectivas em estéreo, Peleg (PEL 99), descreve como o panorama estéreo pode ser produzido capturando um conjunto de raios visíveis transpassados em um círculo. De maneira interessante, panoramas de estéreo podem ser mostrados de modo a ter simplesmente paralaxe horizontal, mas diferente da perspectiva normal, esta técnica permite que se tenha um campo de visão (*FOV*) de 360°.

4.7.1 Panorama estéreo com uma única câmera

Imagens panorâmicas, com cobertura de 360°, podem ser criadas usando máquinas específicas ou utilizando mosaico de imagens, como já foi dito. Criar panoramas em estéreo em que um deles é gerado pela vista esquerda e outro pela direita é mais custoso. Estudos realizados comprovaram a existência de problemas com a paralaxe horizontal e na mudança de escala.

Imagens em estéreo são criadas sem auxílio computacional onde o efeito de profundidade é criado apenas no cérebro do observador.

É de senso comum que cada panorama deva ter um único ponto de vista denominado “*centro de projeção*” e que um panorama pode ser entendido como a projeção de uma determinada cena em um cilindro ou em uma esfera.

Num primeiro momento, criar panoramas com profundidade estereoscópica pode parecer uma incoerência. Imagens feitas com câmeras comuns são realizadas observando-se a partir de um único ponto de vista. Um par estéreo consiste na composição de duas imagens captadas em dois pontos de vistas diferentes, simulando a visão humana. Duas imagens panorâmicas, tiradas de dois pontos de vista diferentes, podem ser entendidas como um par estéreo se visualizadas perpendicularmente a linha que une os dois pontos de vista. Entretanto, as duas imagens perdem esta capacidade quando alinhadas na mesma direção da linha que conecta os ponto de vistas, ou seja, uma imagem está sobreposta à outra (figura 4-12).

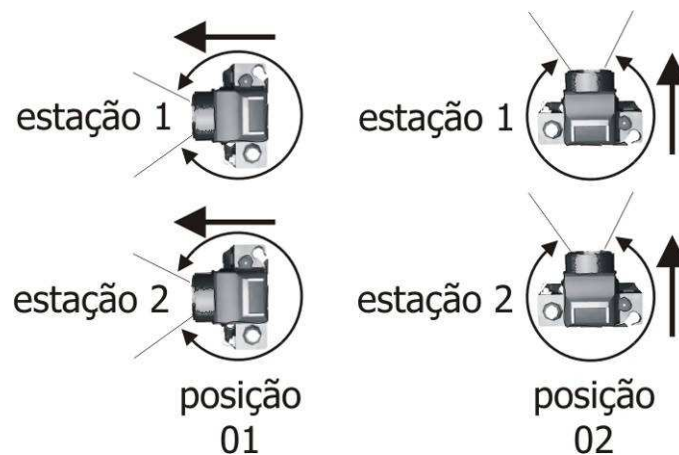


Figura 4-12 Câmeras paralelas (esq)x câmeras alinhadas (dir).

Se o modelo 3D de um ambiente em panorama é fornecido, duas imagens podem ser representadas em qualquer direção desejada, segundo Huang, [PELEG, 1999], que afirma que duas imagens em panorama são suficientes para criar a percepção estéreo em todas as direções. Ele sugere rotacionar duas câmeras num suporte adaptador, e criar dois mosaicos de panoramas, um correspondente para cada câmera.

4.7.1.1 Múltiplos mosaicos

Outro método conhecido consiste na projeção de imagens de múltiplos pontos de vista para a criação do par de panoramas estéreo. A figura 4-13 apresenta um panorama composto pela sobreposição de faixas tiradas do centro de cada imagem. A largura das tiras depende do deslocamento entre as composições.



Figura 4-13 Panorama estéreo com uma única câmera

4.7.1.2 Mosaico estéreo com uma câmera de vídeo

Um panorama estéreo também poder ser criado com câmeras de vídeo utilizando as mesmas técnicas aplicadas com as câmeras comuns. A câmera de vídeo é rotacionada sobre um eixo. A imagem panorâmica é composta pela combinação de faixas, que juntas, se assemelham à projeção circular desejada numa imagem de superfície cilíndrica.

Nos mosaicos múltiplos, de cada imagem é retirada uma porção correspondente ao centro da imagem. A dimensão desta faixa está associada ao deslocamento da câmera na tomada de cada imagem. O mosaico estéreo é muito similar, porém cada imagem contribui com duas faixas na composição do panorama. Para realizar o trabalho, dois panoramas são realizados simultaneamente. O do lado esquerdo é construído com as faixas retiradas do lado direito da imagem, dando a percepção de projeção do olho

esquerdo. Do mesmo modo, o panorama do lado direito é feito com as faixas retiradas do lado esquerdo, dando a percepção de projeção do olho direito.

4.7.2 Pushbroom stereo

Panoramas do tipo *Pushbroom* [SEITZ, 2001] são gerados pela translação de uma câmera com a finalidade de criar uma seqüência de imagens com paralaxe horizontal, como visto figura 4-14. Por exemplo, numa generalização do sistema, pode-se supor que uma câmera esteja paralela ao plano vertical da imagem, da seqüência de fotos obtidas extrai-se de cada imagem captada uma porção correspondente a uma coluna de *pixels*, que servirão de suporte para a criação de uma nova imagem montada com o conjunto destes recortes. Este método por ser aplicado na criação de panoramas de ruas e em estudos de ambiência cidades ou sítios específicos.



Figura 4-14 Pushbroom panorama. (SEITZ, 2001)

4.7.3 Cyclograph estéreo

Outra técnica interessante de panorama [SEITZ, 2001] pode ser obtida movendo-se a câmera em 360° com a face interna em forma de elipse ao redor do objeto de interesse, capturando uma coluna de pixels de cada imagem, e montando-as lado a lado em um novo panorama, como visto na figura 4-15. Esta técnica se assemelha à utilizada por arqueólogos para recriar cerâmicas da antiguidade.



Figura 4-15 Cyclograph estéreo. (SEITZ, 2001)

Para gerar estas imagens utiliza-se uma sucessão de fotos tiradas em uma máquina fotográfica direcionada para o objeto, montada numa plataforma giratória, que o circunscreve. O método permite visualizar todos as faces do objeto em estéreo.

5 ESTUDO DE CASO: O Ambiente Virtual Da Praça Cel. Pedro Osório

5.1 Avaliação Visual do Espaço Urbano

Apesar de outros sentidos - odor, sons, toque - afetarem a experiência da cidade, a visão é o sentido humano dominante. Segundo [SANOFF, 1991], parece haver um crescente descontentamento com o ambiente visual nas últimas décadas, em contraste com os sentimentos positivos evocados por seus predecessores históricos. Para ele, a preocupação em melhorar a qualidade do mundo físico pressupõe um maior cuidado com o impacto do ambiente visual na vida da população.

5.2 Necessidade de Diferentes Opiniões

Conforme modelo teórico discutido por [NASAR, 1998] e apresentado na figura 5-1, adota-se como premissa, que a resposta estética tem uma relação probabilística com os atributos físicos do ambiente construído (se estes não estiverem bem representados, pode não funcionar como esperado. O ideal seria utilizar o ambiente real, porém é economicamente e temporalmente impossível, dado o tamanho da população necessária para avaliações estatísticas).



Figura 5-1 Modelo de resposta avaliativa do ambiente (NASAR, 1998)

Um dos problemas que justificam a pesquisa visual passa pela constatação de que opiniões de especialistas e leigos diferem em relação aos valores estéticos e aos significados atribuídos a um ou a outro elemento urbano [SANOFF, 1991]. O conhecimento unilateral - somente dos especialistas - desses valores pode levar a uma transformação do ambiente de maneira que sua percepção, pelo usuário leigo, passe de positiva para negativa. No entanto, o conhecimento dessas diferenças, pode fazer com que os planejadores e arquitetos sejam capazes de promover um debate mais informado e assim assegurar o tipo de qualidade de projeto que reforce os valores compartilhados de domínio público [GROAT, 1994].

Neste sentido, este trabalho deve permitir investigar imagens e percepções coletivas a partir da análise de prédios com características diferenciadas dos sistemas construtivos atuais, carregados de elementos de adorno, típicos da zona central de Pelotas/ RS.

5.3 Estudo da Área

Para o começo do trabalho, foi feita uma seleção de prédios no entorno da praça Cel. Pedro Osório com características arquitetônicas de valor historicamente reconhecido [INVENTÁRIO, 1983], conforme figura 5-2.

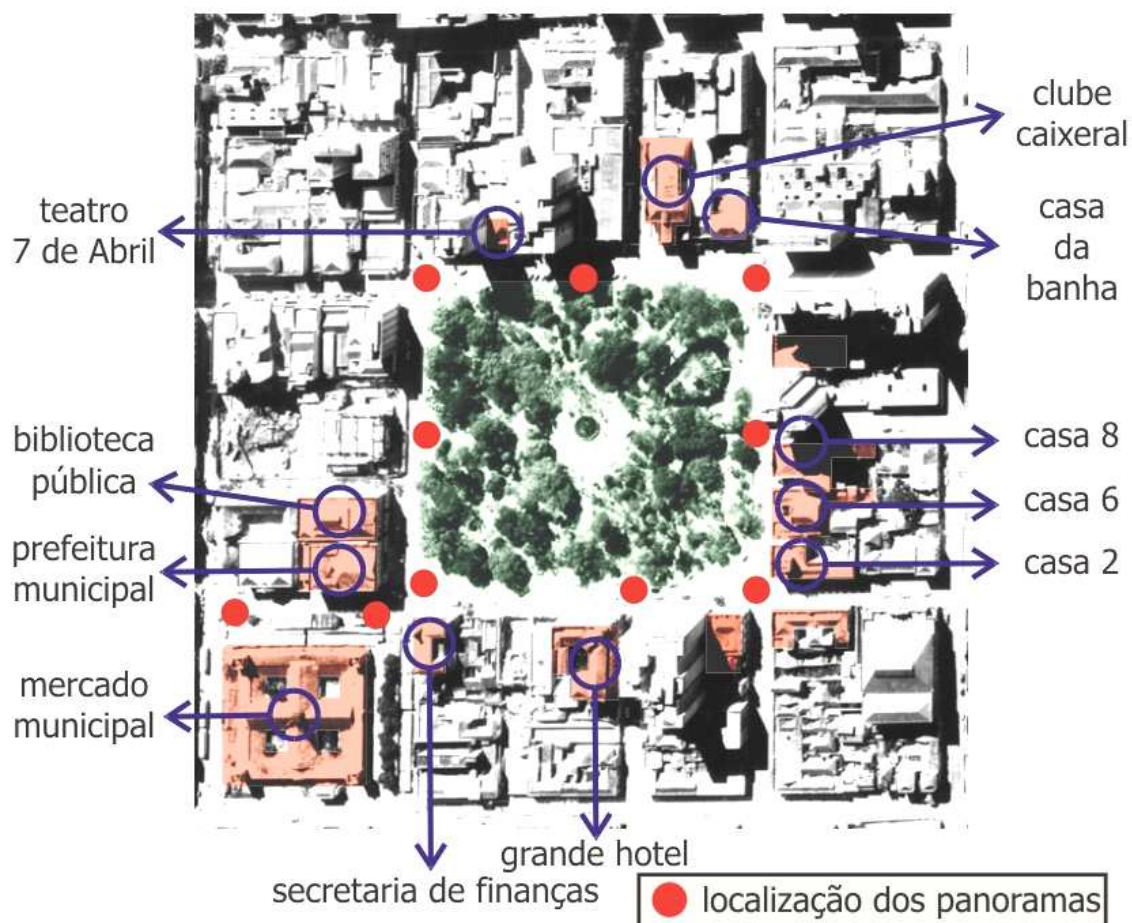


Figura 5-2 Mapa parcial da Região Central de Pelotas

Com a delimitação da área de atuação do usuário, partiu-se para o levantamento fotográfico dos prédios e pontos panorâmicos.

Como não seria possível modelar em 3D uma porção grande da cidade com as características desejadas dentro de um prazo não muito alongado, optou-se pela integração de panoramas 360 graus na área selecionada, para servir de base ao passeio virtual pelo local, com um custo computacional não muito elevado.

5.4 Levantamentos Fotográficos

Técnicas de fotogrametria foram utilizadas na aquisição de fachadas ortogonais a partir de fotografias com distorção da perspectiva (figura 5-3).



Figura 5-3 Fotos tiradas com o observador no nível do solo.



Figura 5-4 Conjunto de fotos ortorretificadas para reconstituição de fachada.

No resultado obtido pode-se perceber que a informação contida nas imagens tiradas ao nível do solo permanece em evidência mesmo após a ortorretificação da fachada. O aplicativo utilizado no processo foi o Photo3D [PHOTO3D, 2000], pois possui sistema simplificado de extração de fachadas ortogonais a partir de imagens (o usuário identifica um par de linhas paralelas sobre cada eixo da perspectiva da foto e o programa calcula a imagem retificada).

5.5 Modelagem 3D dos Prédios

O processo apresentado aqui ilustra quatro etapas distintas na elaboração de modelo tridimensional baseado em uma única foto, elaborado com o *software* Canoma 1.0 [SCHRAND, 2000]:

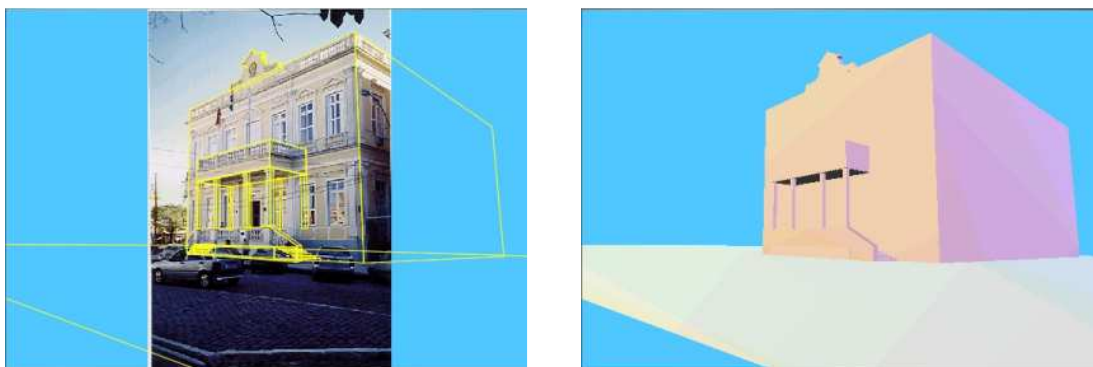


Figura 5-5 Modelagem sobre a foto(esq) e visa em Shade do modelo(dir)

1ª Etapa: modelagem dos elementos que compõem a cena a partir da decomposição do prédio em primitivas geométricas figura 5-5 (esq);

2ª Etapa: cálculo das superfícies em sombreamento (produzido instantaneamente pelo canoma por tratar-se de modelo simplificado) figura 5-5 (dir);

3ª Etapa: aplicação da textura (cálculo um pouco mais demorado pois varia em função da qualidade da textura desejada) figura 5-6 (esq);

4ª Etapa: navegação no modelo para visualização em pontos de vista diferentes daquele obtido na fotografia figura 5-6 (esq).

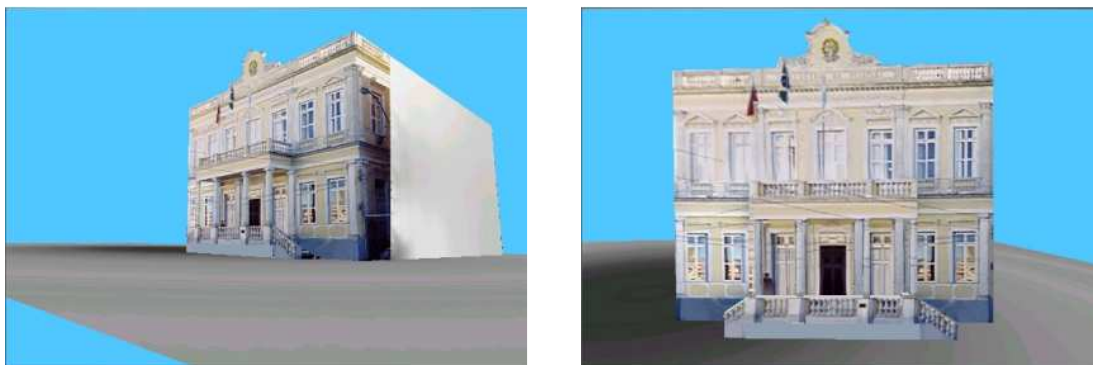


Figura 5-6 Modelo com a textura da foto aplicada (esq) e apresentado em outro ponto de vista, diferente da foto original (dir).

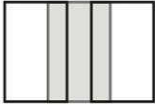
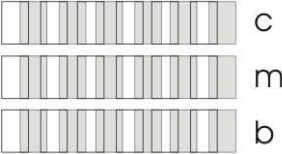
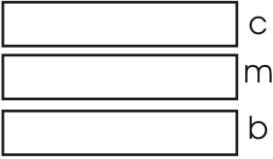
O resultado mostrado na figura 5-6 (dir), é o de uma vista simulada em que o observador em posição frontal ao prédio da Prefeitura Municipal de Pelotas, pode constatar que na aplicação da textura da fachada, elementos como o poste, fios de luz e os mastros das bandeiras, também são projetados sobre os planos dos sólidos desenhados. Parte do problema pode ser solucionado utilizando-se um editor de imagens para correção dos defeitos.

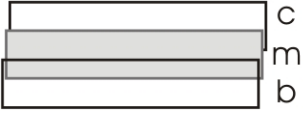
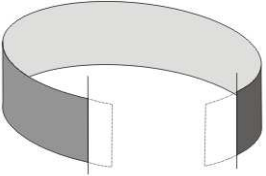
Na fachada lateral da figura 5-6 (esq) fica demonstrado que, onde não havia a cobertura da fotografia, a superfície fica sem textura.

5.6 Montagem dos Panoramas

Para a montagem dos panoramas esféricos, foi utilizado o *software Panavue Image Assembler* [PANAVUE, 2002], que possui recursos avançados e funciona na seguinte seqüência (tabela 5-1):

Tabela 5-1 Processo de montagem de panoramas esféricos.

<p>Determinação da lente e do ângulo vertical utilizados, através da marcação de pontos coincidentes em uma amostra de apenas três fotos.</p>	
<p>Montagem do mosaico por linhas de 16 fotos (conforme tabela 3.2 apresentada): cima, meio e baixo</p>	
<p>Recorte das partes excedentes (resultante da falta de precisão no nivelamento do tripé)</p>	

<p>Montagem das três linhas em uma única coluna</p>	
<p>Recorte das pontas que excedem o ângulo de 360° e exportação em formato de imagem.</p>	

O último passo, que é o fechamento das partes superior e inferior, é feito em *software* de manipulação de imagens com auxílio do *plugin SkyPaint* [WASABI, 2000].

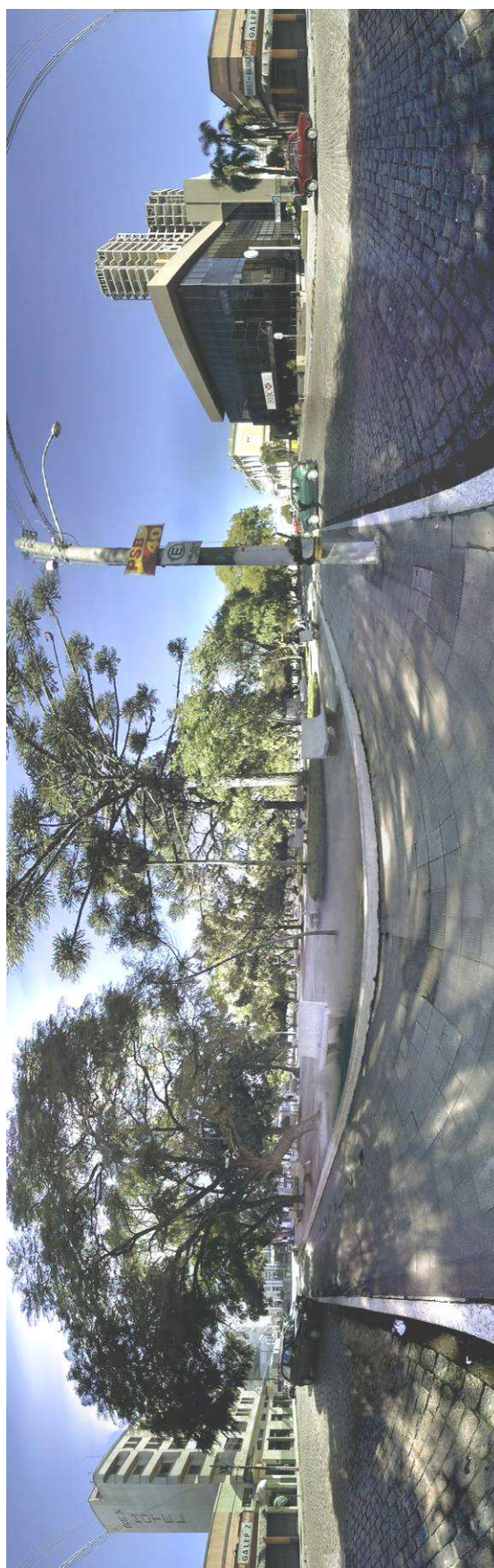


Figura 5-7 Exemplo de panorama esférico atual rebatido no plano.



Figura 5-8 Exemplo de panorama histórico da aplicação.



Figura 5-9 Exemplo de panorama anaglifo âmbar/ azul da aplicação.

5.6.1 Criação de Panorama Estéreo

Utilizando-se dos princípios estudados por Peleg [PELEG, 1999], foi possível experienciar a geração de panorama estéreo com uma única câmera. A figura 5-10 mostra de maneira comparativa com o panorama tradicional, como foi possível fazê-lo.

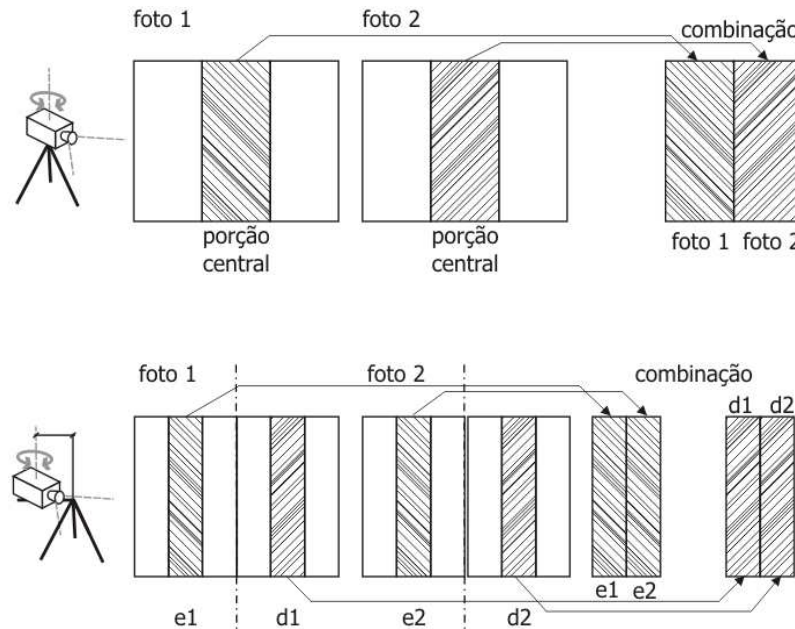


Figura 5-10 Processo de montagem de pares estéreo a partir de mosaicos de imagens.

Para a montagem do par estéreo foi utilizado o *software 3D Combine*, onde foram gerados três formatos distintos para o estudo:

- Par para Visão cruzada – salvo em formato *.JPS, em que a imagem do olho esquerdo ocupou a posição da direita (figura 5-11).

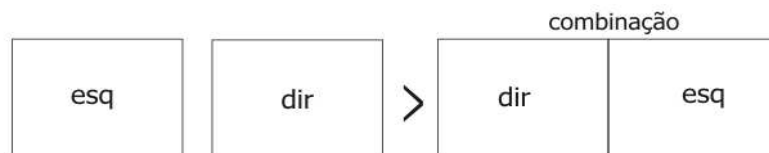


Figura 5-11 Criação de par estéreo para visão cruzada.

- Par Entrelaçado (para visualização em óculos LCD adquirido no processo) – as imagens trocam de posição, reduzem sua altura a metade e suas linhas de pixels são entrelaçadas salvando a nova imagem no formato *.BMP(figura5-12).

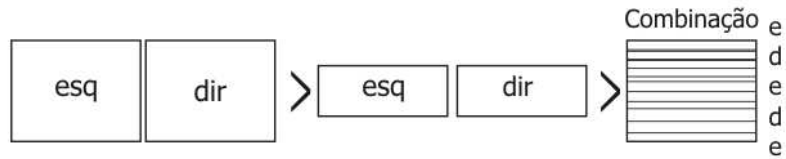


Figura 5-12 Criação de um par estéreo por entrelaçamento da imagem.

- Par Anaglifo vermelho/ azul – indicadas as imagens esquerda e direita, a nova imagem é produzida a partir da combinação automática dos canais RGB e salva no formato *.JPG. Para a produção de imagem anaglifo âmbar/ azul, como o *3D Combine* ainda não oferece a opção, foi necessário fazer a combinação manualmente (figura 5-13).

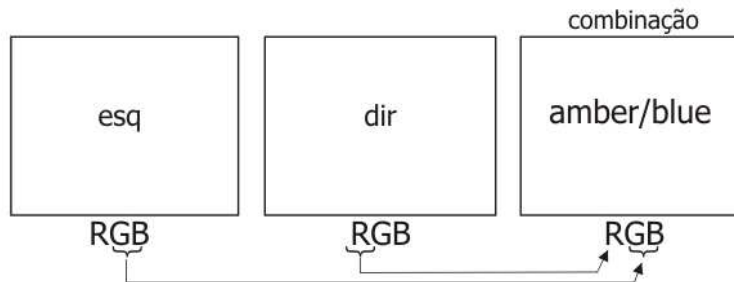


Figura 5-13 Criação da imagem estéreo por combinação dos canais RGB.

O arranjo âmbar/ azul possibilita gerar imagens estereoscópicas coloridas com aparência muito próxima da correspondente monoscópica, minimizando o “efeito fantasma” presente nos métodos tradicionais. A diferença pode ser comprovada nas figuras 5-14 e 5-15.



Figura 5-14 Panorama estéreo vermelho/ azul



Figura 5-15 Panorama estéreo âmbar/ azul

Etapas do experimento que produziu um panorama estéreo anaglifo (figura 5-16):

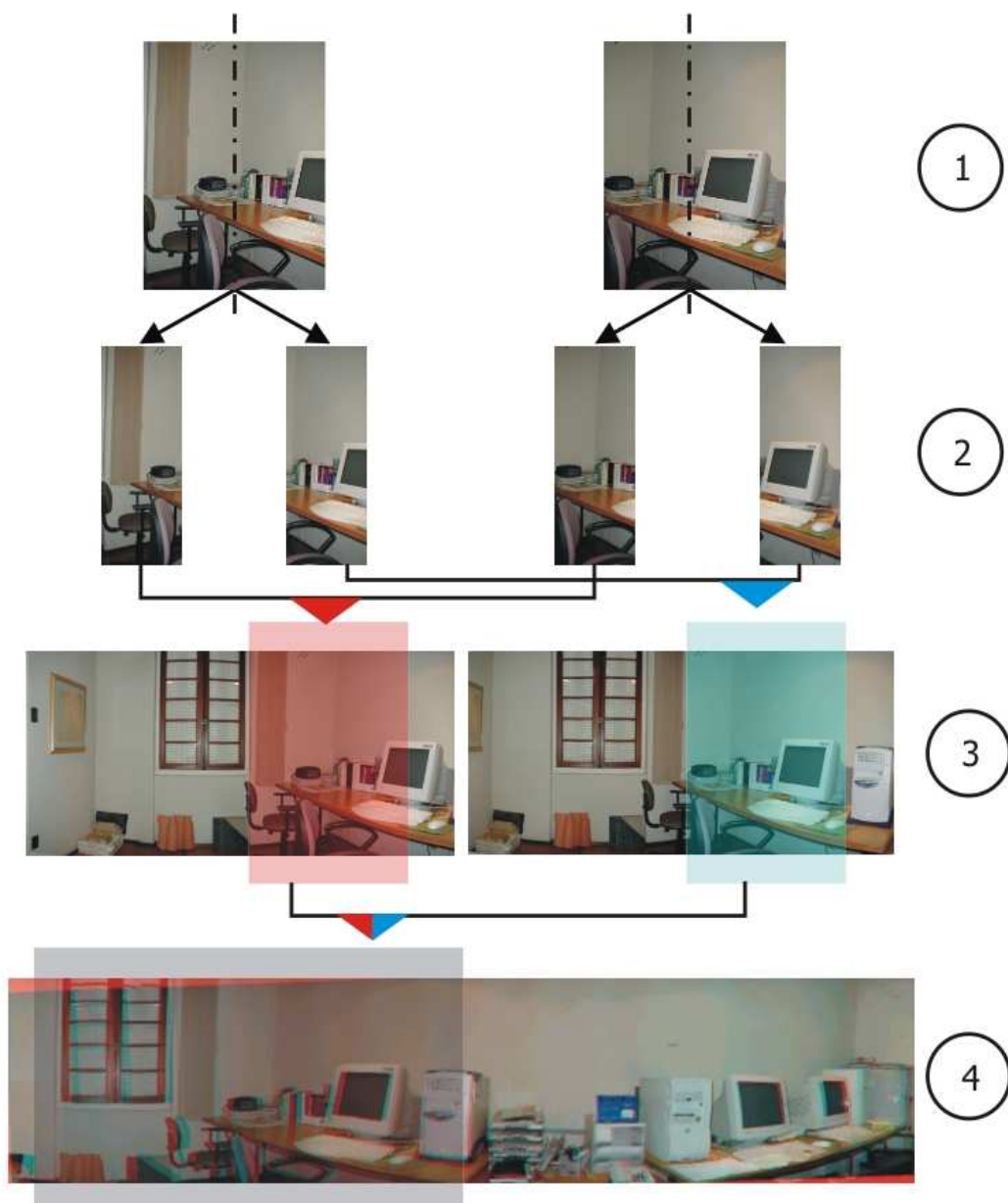


Figura 5-16 Sequência de experimentação de panorama estéreo.

1. imagens fotográficas tiradas com o auxílio de tripé e a câmera afastada do eixo de rotação;
2. divisão das imagens em metades direita e esquerda;
3. montagem dos panoramas direito e esquerdo;
4. panorama final combinado em anaglifo vermelho/ azul.

5.7 Estrutura do Ambiente Virtual

5.7.1 Níveis de Navegação

Basicamente são três os níveis implementados (mas que podem ser aumentados conforme a necessidade): passeio panorâmico; passeio 3D e nível especial, variável de acordo com o prédio selecionado (figura 5-17).

Passeio panorâmico: tem como base o mapa da praça, possibilita fazer a navegação entre panoramas dos diversos pontos selecionados pelo levantamento fotográfico em três níveis paralelos: panorama atual (baseado nas fotos atuais), panorama histórico (baseado em modelos geométricos [MARQUES, 1998] que reconstituem os prédios históricos da década de XX) e panorama estéreo (para visualização em anaglifo por ser um sistema acessível e barato).

Passeio 3D: oferece a possibilidade de visualização do prédio escolhido em formato VRML, selecionado em um menu dos prédios modelados ou diretamente nas cenas panorâmicas.

Nível especial: dependente do prédio selecionado oferece possibilidades como: a visualização do estado de conservação dos compartimentos do prédio Grande Hotel; a visualização de detalhes construtivos do casarão nº 2 e a visitação de um museu virtual também no casarão (de acordo com proposta de restauração da Prefeitura Municipal de Pelotas que sugere a implantação de museu no local).



Figura 5-18 Layout da tela de introdução.



Figura 5-19 Layout da tela de navegação por panoramas

A figura 5-20 mostra o prédio da casa 02 modelado com base em fotografia e salvo em formato VRML, que possibilita a navegação livre ao redor do prédio e a entrada

para visitação ao museu virtual. Desenvolvido em um panorama interno de um compartimento localizado no segundo piso da casa, o museu possibilita a visualização das obras de arte, bem como dos conteúdos ligados à obra. O restante da casa é visitado através de fotografias de detalhes.



Figura 5-20 Vista do modelo 3D externo (sup) e panorama interno (inf) do museu na casa 02.

5.7.3 Recursos Avançados

Utilizando-se o *software Reality Studio* [ISEEMEDIA, 2002], foi possível acrescentar diversos recursos adicionais na navegação entre panoramas como: vídeo, simulação de troca de cores na fachada de prédio, simulação de novas inserções para análise do conjunto, som com comportamento tridimensional e foto-objetos.

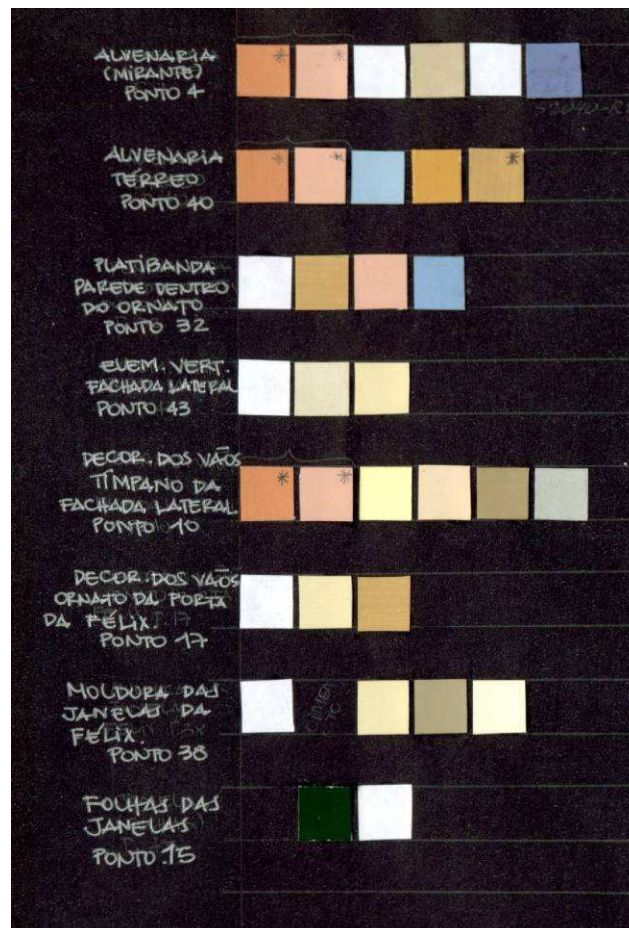
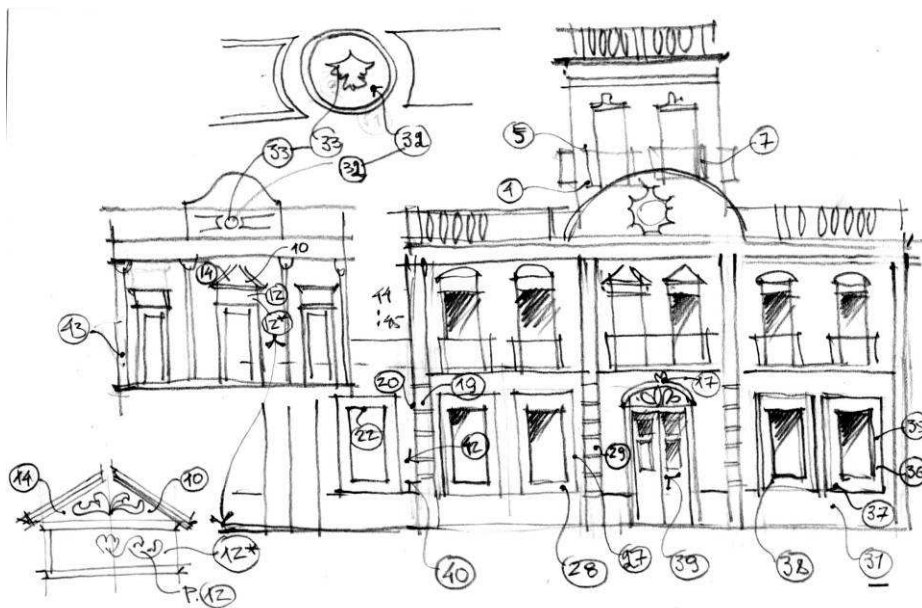


Figura 5-21 Trabalho de Prospecção de cores da casa 02 (NAUMOVA, 1998).

A base de dados para a alteração das cores externas da fachada da casa 02 foi tirada de um trabalho de prospecção realizado, como mostra na figura 5-21. A troca é feita através de hot spot localizado no ponto de panorama mais próximo à construção.

6 CONCLUSÃO

A representação virtual baseada em imagem está cada vez mais ganhando espaço em aplicações que necessitem ser exploradas através de ambientes interativos, principalmente aquelas em que as características de cor e estado de conservação são importantes para sua validação.

A utilização de ambientes virtuais simulados beneficia projetos de recuperação e de revitalização. O patrimônio histórico, que antes era analisado apenas por técnicos, agora pode ser ludicamente explorado por leigos que buscam mais informações por curiosidade ou que podem auxiliar no planejamento das cidades. Toda a documentação histórica de um patrimônio pode ser disponibilizada através de ambientes virtuais fazendo com que o trabalho feito por estudiosos envolvidos nas tarefas de levantamento e recuperação, possa criar um envolvimento maior com o usuário da aplicação.

No campo do estudo de novas inserções em sítios já construídos, as vantagens são ainda maiores, pois a intervenção em ambientes virtuais não prejudica o conjunto real e ainda cria possibilidades especulativas sobre a construção original. Propostas de todos os tipos podem ser consideradas se forem primeiramente testadas.

6.1.1.1 Trabalhos Futuros

Da forma como foi pensado originalmente, em situar os pontos de visualização de panoramas sempre nos encontros de ruas, fica fácil fazer-se ampliações na base atual da aplicação sem a perda do trabalho já executado.

Outra possibilidade, diz respeito ao aproveitamento da estrutura planejada para a aplicação em outros locais, visto que, uma vez aprendida a metodologia, apenas adaptações seriam necessárias. Desta forma, a aplicação poderia ser testada em uma pesquisa que ao final fornecesse dados práticos para análise, perdendo o caráter didático e demonstrativo do protótipo apresentado.

Um último foco de interesse seria a incorporação de animações tridimensionais em panoramas e o estudo das possibilidades na utilização de vídeo panoramas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3D COMBINE, Disponível em <<http://www.photoalb.com/combine/index.htm>> Acesso em: fev. 2001.

AZEVEDO, Laura N., Patrimônio X Qualidade Visual no Cenário Urbano: Um Caso para Avaliação Ambiental em Pelotas – RS, In: Dissertação de Mestrado, Porto Alegre, PROPUR, UFRGS, 2000.

BEHERE Vídeo Solutions, Disponível em <<http://www.behere.com>> Acesso em: set. 2002.

BURTCH, Robert. **A Short History of Photogrammetry**. Disponível em <<http://user.netonecom.net/~rburtch/sure340/history.html>> Acesso em: out. 2002.

DEBEVEC, P. E.; TAYLOR C. J.; MALIK J. **Modeling and Rendering Architecture from Photographs**: A hybrid geometry- and image-based approach. Proceedings of SIGGRAPH 96.

DERSCH, H. **Panorama Tools: Software to Create, Edit and Remap Panoramic Images**. Disponível em <<http://www.fh-furtwangen.de/~dersch>> Acesso em: mar. 2000.

GLASSNER, Andrew S., MCCLURE, Tom. **Cubism and Cameras: Free-form Optics for Computer Graphics**, Microsoft Research MSR-TR-2000-05, Jan. 2000.

GROAT, Linda. Carbuncles, Columns, and Pyramids: lay and expert evaluation of contextual design strategies. Design Review, p. 156-164.

INVENTÁRIO do Patrimônio Histórico da Cidade de Pelotas. Fichas de cadastro. Acervo da Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente - Prefeitura Municipal de Pelotas, 1983.

ISEEMEDIA **Photovista/ Reality Studio**. Disponíveis em <<http://www.iseemedia.com>> Acesso em: jun. 2002.

KAIDAN. Photographic Virtual Reality Solutions for the Internet Disponível em <<http://www.kaidan.com>> Acesso em: mar. 2000.

MARQUES, Arlindo R. **Imagens Virtuais de Pelotas no Passado 1920-1930**. Monografia apresenta no curso de Pós-Graduação em Patrimônio Cultural e Conservação de Artefatos.

MENDEZ, R.B., REIS, R. A. da L. Aplicação de Técnicas de Realidade Virtual em Estudos do Patrimônio Arquitetônico na Praça Central de Pelotas Trabalho apresentado no Workshop de Realidade Virtual, Gramado, RS, 2000.

NASAR, Jack L. **The evaluative image of the city**. California: Thousand Oaks, 1998.

NAUMOVA, Natalia. **Trabalho de prospecção de cores**. Fachada do casarão nº 2, Pelotas, 1998.

PANAVUE Image Assembler, Disponível em <<http://www.panavue.com>> Acesso em: mar. 2002.

PELEG, Samuel; BEM-EZRA, M. **Stereo Panorama with a single camera**, Trabalho apresentado em Proc. Computer Vision and Pattern Recognition, v.1, 395-401 jun1999, Fort Collins, CO.

PHOTOMODELER, Disponível em <<http://www.photomodeler.com>> Acesso em: dez. 2000.

PHOTO3D, Disponível em <<http://www.photo3D.com>> Acesso em: out. 2000.

QTVR-Programming With QuickTime VR 2.1. Disponível em <<http://www.quicktime.com>> Acesso em: jun. 2002.

RADEMACHER, Paul; BISHOP, Gary. **Multiple Center-of-Projection Images**. Trabalho apresentado na SIGGRAPH 98. Orlando, FL, 1998.

RIGG, J. **The Guide to Panoramas and Panoramic Photography**. Disponível em <<http://www.panoguide.com>> Acesso em: jul. 2002.

SANOFF, H. **Visual research methods in design**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

SCHRAND, Richard H. **Canoma Visual Insight**. Ed. Coriolis Group Books (May, 2000).

SEITZ, Steven. **The Space of All Stereo Images**. Trabalho apresentado em International Conference on Computer Vision, 2001.

SHAPIRO, L.G; STOCKMAN, G. C. **Computer Vision**. Upper Saddle River, New Jersey. Ed Prentice-Hall, 2001.

STEREOGRAPHICS Developers Handbook. Disponível em <<http://www.stereographics.com>> Acesso em: abr. 2000.

WALDHÄUSL, P., OGLEBY, C.: **3-by-3- Rules for Simple Photogrammetric Documentation of Architecture**. Trabalho apresentado em Close Range Techniques and Machine Vision. Proceedings of the Symposium of Commission V of ISPRS, 1994, Melbourne, Australia.

WASABI SkyPaint. Disponível em <<http://www.skypaint.com>> Acesso em: jan. 2001.

ZHANG, Zhengyou. Image-Based Geometrically-Correct Photorealistic Scene/Object Modeling : A Review. Asian Conference on Computer Vision, Hong Kong, 1998.