

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

**REALIDADE VIRTUAL APLICADA À ARQUITETURA E
URBANISMO: REPRESENTAÇÃO, SIMULAÇÃO E
AVALIAÇÃO DE PROJETOS**

Dissertação de Mestrado

Autora: Irla Bocianoski Rebelo, Arq.
Orientação: Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.

Florianópolis, setembro 1999.

REALIDADE VIRTUAL APLICADA À ARQUITETURA E URBANISMO: REPRESENTAÇÃO, SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE PROJETOS

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

**REALIDADE VIRTUAL APLICADA À ARQUITETURA E
URBANISMO: REPRESENTAÇÃO, SIMULAÇÃO E
AVALIAÇÃO DE PROJETOS**

Irla Bocianoski Rebelo

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre.
Curso de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção – PPGEP
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Orientador: **Prof. Ricardo Miranda Barcia Ph. D**
Co-orientador: **Rodolfo Pinto da Luz**

Florianópolis setembro 1999

Irla Bocianoski Rebelo

REALIDADE VIRTUAL APLICADA À ARQUITETURA E URBANISMO: REPRESENTAÇÃO, SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE PROJETOS

**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA E APROVADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO NO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

Florianópolis, 19 de setembro de 1999

Prof Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph. D.
Orientador

Dra. Profa. Edis Mafra Lapolli

Dr. Prof. Alejandro Rodrigues Martins

Mestre Eng. Rodolfo Pinto da Luz

DEDICATÓRIA

A realização deste trabalho foi possível porque pessoas muito especiais estiveram ao meu lado suportando, auxiliando e incentivando. Dedico este trabalho á você Rodolfo pela incansável paciência e apoio e a você Mãe pelo carinho sempre presente.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, capacidade intelectual e razão.

Ao Professor Ricardo Miranda Barcia que apoiou e incentivou o desenvolvimento desta pesquisa e demais projetos dentro do Laboratório de Realidade Virtual. Obrigada por acreditar neste trabalho que reflete a busca por novas informações numa área de incansáveis pesquisas na busca de soluções para um melhor uso e convívio do homem e da máquina. Obrigada por manter unida sob sua coordenação esta equipe de pesquisas que compõe o LRV. A você Rodolfo, um obrigado muito especial, pela contínua dedicação de ensinar, questionar, promover diálogos, ponderar e avaliar meus conceitos. Todo incentivo que permitiu a realização deste trabalho permitirá a realização de muitos projetos futuro. Obrigada pela confiança em mim depositada e pela força que fez deste trabalho uma realidade.

Mãe, além do seu apoio explícito houve sempre uma torcida implícita para que minhas conquistas fossem realizadas. Obrigada Mãe, obrigada Gustavo, pelo carinho, preocupação e principalmente pela compreensão. Eu amo vocês.

Aos amigos do LRV um carinhoso obrigado. A motivação existente neste grupo tornou possível a discussão de idéias e o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos Onivaldo e Sabina que demonstraram suas amizades. Muito obrigada Prof. Rodolfo e D. Lígia, vocês também tiveram uma importante participação no desenvolvimento deste trabalho. Gostaria de expressar meus agradecimentos pela atenção e apoio.

Aos amigos Prof. Alejandro, Profa. Édís, Prof. Almir, Ivana, Henrique, Ozzy, Alice e Sharon por serem pessoas maravilhosas. Obrigada Gabriela, Eveline e Regiane pelas trocas de idéias durante a disciplina de RV. Vocês têm uma grande participação neste trabalho. Agradeço aos amigos e professores conquistados dentro do PPGEP, e a todos aqueles que de alguma forma tornaram possível a conclusão deste trabalho.

Gostaria também de deixar meu reconhecimento ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, à Universidade Federal de Santa Catarina, a CAPES e CNPq pela oportunidade e apoio no desenvolvimento desta dissertação.

EPÍGRAFES

“... uma coisa é estar sentado na poltrona de um teatro e ver os atores se movendo, e outra é viver e atuar na cena da vida. Existe um elemento físico e dinâmico na criação e apreensão da quarta dimensão com o próprio caminho; é a diferença que existe entre praticar esporte e olhar os outros enquanto praticam, entre dançar e ver dançar, entre amar e ler um romance de amor.

Falta, talvez, na representação cinematográfica, esse impulso de participação completa, esse motivo de vontade e essa consciência de liberdade que sentimos na experiência direta do espaço.” (Bruno Zevi, 1992, pg. 51)

“O método de representação dos edifícios que encontramos aplicados na maioria das histórias de arte e da arquitetura serve-se de: a) plantas, b) elevações e cortes ou seções, c) fotografias.

Já afirmamos que, isoladamente e no seu conjunto, esses instrumentos são incapazes de representar completamente o espaço arquitetônico...” (Bruno Zevi, 1992, pg. 30)

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2	ORIGEM DO TRABALHO	2
1.3	OBJETIVOS	4
1.3.1	<i>Objetivos Específicos</i>	4
1.4	RELEVÂNCIA E MOTIVAÇÃO	4
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	5
2	ESTADO DA ARTE NA ARQUITETURA E URBANISMO	7
2.1	INTRODUÇÃO	7
2.2	NOVAS FERRAMENTAS	9
2.3	PROJETO DIGITAL	13
2.4	MODELO E AMBIENTE VIRTUAL	16
2.5	REALIDADE VIRTUAL	19
2.6	CONCLUSÕES	21
3	REALIDADE VIRTUAL: TECNOLOGIA E INTERFACE	23
3.1	INTRODUÇÃO	23
3.2	O QUE É REALIDADE VIRTUAL	24
3.3	ORIGENS DA REALIDADE VIRTUAL	28
3.4	EQUIPAMENTOS	30
3.5	APLICAÇÕES	35
3.5.1	<i>Aplicação da RV na Arquitetura e Urbanismo</i>	36
3.6	CONCLUSÕES	42
4	REPRESENTAÇÃO SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO UTILIZANDO RV	43
4.1	INTRODUÇÃO	43
4.2	REPRESENTAÇÃO	44
4.2.1	<i>Considerações Sobre a Representação</i>	46
	As três direções	47
	Perspectiva	48
	Trompe L'oeil	49
	Fotografia	52
	Arquitetura	53
	Computação Gráfica	53
4.2.2	<i>Breve Histórico Sobre as Representações Gráficas</i>	54
4.2.3	<i>A representação na Arquitetura e Urbanismo</i>	56
	Representação digital	59
4.2.4	<i>Representação e RV</i>	61
	Maquete digital	62
	Representação a Distância	63
	Realismo nas Representações	64
4.3	SIMULAÇÃO	65
4.3.1	<i>Procedimentos tradicionais</i>	66
4.3.2	<i>Simulação com RV</i>	68
4.4	AVALIAÇÃO	71
4.4.1	<i>Procedimentos de avaliação</i>	72
4.4.2	<i>Avaliando com RV</i>	75
	O planejamento urbano em escala natural	77
4.5	CONCLUSÕES	78

5 PROJETO OSCAR NIEMEYER VIDA E OBRA	80
5.1 INTRODUÇÃO	80
5.2 O SOFTWARE E SEU DESENVOLVIMENTO	81
5.2.1 <i>Primeiros passos do desenvolvimento</i>	81
Interface	83
Modelagem	86
Programação	87
5.3 EXPOSIÇÕES ATUALIZADAS VIA INTERNET - NIENET	88
5.4 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS E EQUIPE DE PRODUÇÃO	88
5.5 CONCLUSÕES	89
6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	91
6.1 CONCLUSÕES	91
6.2 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	92
7 REFERÊNCIAS	94
7.1 URLS	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem de um modelo otimizado para VRML _____	21
Figura 2 - Imagem de um modelo fotorealístico: muitos detalhes _____	21
Figura 3 - Triângulo de RV: Imersão Interação e Imaginação _____	25
Figura 4 - Percentual de Memorização _____	26
Figura 5 - a) Wireframe b) Modo shade c) Render com textura _____	29
Figura 6 - a) Interação através de mouse e teclado b) Interação com luva e óculos equipado com rastreador de posicionamento (<i>tracker</i>) _____	31
Figura 7 - Hardware de RV: a) Capacete VFX1 b) Luvas 5th GLOVE 95 c) PAHNTOM Headgear _____	32
Figura 8 - Responsive Workbench: a) Funcionamento b) e c) Interação com maquete virtual através de dispositivo em forma de caneta _____	33
Figura 9 - Force ArmMaster (Burdea, 1996b) _____	34
Figura 10 - Modelo de um CAVE _____	34
Figura 11 - Interfaces de imersão a) e b) movimento unidirecional c) movimentação livre _____	39
Figura 12 - Técnicas de perspectiva representadas por Albrecht Durer a) Janela com malha de apoio b) Cordão para referência de pontos _____	48
Figura 13 – a) Ferdinando Galli Bibiena: Santa Maria del Serraglio, Parma; b) Pallazo Farnese: Camera dell’Aurora c) Pallazo Farnese: Sala de Giove (Bertol, 1997) _____	50
Figura 14 - Hichard Hass: a) 112 Prince Street Facade, New York (1975); b) West Facade, Boston Architectural Center (1977); c) Atrium, mericith Communication Headquarters, Des Moines (1981) _____	50
Figura 15 - Hichard Hass: a) Absolute New York (não existe mais), New York City, (1996); b) Centre Theater, Milwaukee WI, (1981) c) Tarrant County Civil Court House Annex, Fort Worth TX , (1988) _____	51
Figura 16 - Hichard Hass: a) Gateway to the Waterfront, Warburton Ave. & Main Street Yonkers NY Funded by Downtown Waterfront Development Corporation, 1996; b) Fountainbleu Hotel, Miami Beach FL, 1986 _____	51
Figura 17 - Le Cours des Loges, Concepção/Realização Mur’Art, 1998: mural e detalhe (Gambier, 1999) _____	52
Figura 18 - Afresco por Gerland, 18, Rue Pierre de Coubertin. Concepção e realização Cité de la Crèation. 1998, 250 m2 (Gambier, 1999) _____	52
Figura 19 - Fachada Palazzo Farnese (Zevi, 1992): a) representação simples; b) Representação detalhada _____	57
Figura 20 - Falling Water por Frank Lloyd Wright: a) Fachada sem detalhes (Zevi, 1992) b) Fachada com detalhes (Zevi, 1992) c) Fotografia da Falling Water (Thiel-Siling, 1998) _____	58
Figura 21 - a) Simulação com solarscópico (Solarscópico - LabCon-Arq, URL) b) Solarscópico (Solarscópico - LabCon-Arq, URL) c) Relógio de Sol (Relógio de Sol - LabCon-Arq, URL) _____	67
Figura 22 - Aplicação que permite ao usuário acender as luzes da cidade em tempo real (Bertol, 1997) _____	69
Figura 23 - Volume de trabalho x tempo de trabalho (Sanders, 1996) _____	74
Figura 24 - Simulação da iluminação de um banco (Graziano, 1999) _____	75
Figura 25 - Estrutura de navegação no software _____	82
Figura 26 – Apresentação do conteúdo no software: a) VIDA b) OBRAS _____	84
Figura 27 - Menu permanente do software _____	85
Figura 28 - Maquete e interface 3D do software: a) Exposição resgatada pela Internet b) Vista externa do Museu _____	86
Figura 29 - Auditório do MAC com exibição de um vídeo sobre Niemeyer _____	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Modelos de aplicações da RV na arquitetura e urbanismo: Representação, Simulação e Avaliação _____	2
Quadro 2 - Tarefas e ferramentas do arquiteto _____	10
Quadro 3 - Lista de versões do AutoCAD _____	12
Quadro 4 - Matrix de relação entre tipos de software e tarefa _____	15
Quadro 5 - Principais diferenças entre Modelo Virtual e Ambiente Virtual _____	17
Quadro 6 - Estímulos requeridos ao experienciar aplicações de RV _____	25
Quadro 7- Maquete digital x RV _____	60
Quadro 8 - Resumo dos softwares de modelagem 3D e plataformas operacionais (Luz, 1997) _____	61
Quadro 9 - Cronograma de desenvolvimento do softwre “Oscar Niemeyer, Vida e Obra” _____	83
Quadro 10 - Softwares e Hardwares utilizados no desenvolvimento _____	89

RESUMO

REBELO, Irla Bocianoski. **Realidade Virtual Aplicada à Arquitetura e Urbanismo: Representação, Simulação e Avaliação de Projetos**. Florianópolis, 1999. XX páginas. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1999.

O trabalho apresentado nesta dissertação explora algumas das utilizações da Realidade Virtual (RV) em arquitetura e urbanismo. O uso desta tecnologia como ferramenta de representação, simulação e avaliação podem promover benefícios de caráter produtivo, financeiro, e cognitivo, uma vez que tais aplicações vêm sendo desenvolvidas baseadas em métodos tradicionais ou adaptando-se constantemente a novos processos, os quais funcionam de forma individualizada. O uso da RV pode ainda auxiliar em procedimentos paralelos utilizando-se dos mesmos materiais de arquivos digitais se a aplicação em RV permitir. Os indivíduos auxiliados na utilização desta tecnologia são profissionais, estudantes, clientes e demais envolvidos na implementação de projetos. Para demonstrar uma das aplicações desta tecnologia foi desenvolvido um software multimídia sobre o arquiteto Oscar Niemeyer. Este software é um modelo de aplicação em RV que utiliza o método de representação. O software que apresenta um vasto material sobre a obra e vida do arquiteto apresenta também uma de suas obras, o MAC (Museu de Arte Contemporânea localizado em Niterói, RJ), em RV. Enquanto o usuário explorara esta obra em tempo real ele pode interagir com o modelo 3D abrindo portas, habilitando vídeos ou buscando informações nas obras do museu. Entretanto o aspecto mais significativo deste projeto é a oportunidade de resgatar obras do museu sempre que houvesse uma nova exposição. As exposições virtuais seriam desenvolvidas baseada nos objetos expostos no museu e de modo a formar novos pacotes a serem disponibilizados ao usuário através da Internet. Para fundamentar o conceito da necessidade do uso de RV nas áreas de arquitetura e urbanismo será apresentado um panorama sobre o estado da arte desta tecnologia e uma breve história da arte de representar, simular e avaliar projetos. Será também ilustrado o conceito de realidade virtual apresentando algumas definições por diferentes autores e demais áreas de aplicações desta tecnologia.

PalavrasChave: RV, Arquitetura, Urbanismo, Simulação, Representação, Apresentação

ABSTRACT

REBELO, Irla Bocianoski. **Virtual Reality Applied to Architecture and Urbanism: Representation, Simulation e Evaluation of Projects.** Florianópolis, 1999. Tantas folhas. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1999.

The dissertation explores the uses of Virtual Reality (VR) in architecture and urbanism field. The employment of this technology for representation, simulation and evaluation can promote benefits of productive, financial, and cognitive nature, since such procedures have being developed based on traditional methods besides have been constantly adapted to new processes. These procedures present applications that run independently without allow recycle or association among them. The use of the VR can support procedures in parallel using the same digital files if the VR application would permit. Those who can be assisted by the use of this technology are professional, students, customers and others involved in the design's completion. To demonstrate the applicability for this technology in the architecture area, a multimedia software was developed presenting the life and work of Brazilian architect Oscar Niemeyer. This software demonstrates the use of 'representation' aspect of VR applications exhibiting one of the architect's projects through a 3 dimensional model in VR, the MAC (Museum of Art Contemporary located in Niterói, RIO DE JANEIRO). While the user explores this 3D model in real time one can interact with parts of this model opening doors, open videos or seeking information through the museum's model. However the most significant aspect of this software is the opportunity to download virtual expositions, which are made up of art works pieces modeled based on the real exposition. These virtual expositions would be put available often, and the user would download them through the Internet whenever a new virtual exposition takes place. In order to support the concept for the need of VR on architecture and urbanism fields, it will be presented a panorama with the state of the art of this technology and one brief history of representation, simulation and evaluation as well. Also the concept of virtual reality will be pointed up throughout the presentation of some definitions by different authors besides identification of further application areas for this technology.

Key Word: VR, Architecture, Urbanism, Simulation, Representation, Presentation

1 Introdução

1.1 Contextualização

A utilização da tecnologia de realidade virtual (RV) surge para profissionais e clientes como ferramenta auxiliadora tanto nos procedimentos de desenvolvimento de projetos quanto na compreensão e avaliação de projetos solicitados. Através de sistemas de RV é possível obter uma economia tanto de tempo quanto financeira através de previsões e/ou simulações de projetos. Algumas das vantagens sobre a utilização desta tecnologia nas áreas de arquitetura e urbanismo podem estar na preservação do patrimônio histórico através de divulgação massificada buscando conscientização pública pela preservação, previsões e avaliações de projetos para planejamento urbano a partir de entrada de dados reais e simulações dos mais variados projetos e interações virtuais permitindo avaliações pertinentes ao uso do espaço projetado.

Muitas aplicações surgem com a necessidade do uso de novas ferramentas outras surgem através de idéias criativas para o uso da RV. Este trabalho vai focar três abordagens do uso da tecnologia de RV em projetos de arquitetura e urbanismo: representação, simulação e avaliação. É importante, portanto que para cada abordagem sejam apresentadas técnicas referentes aos procedimentos tradicionais, necessidade e relevância da utilização da tecnologia de RV como ferramenta de apoio ou de substituição e exemplos práticos de aplicação desta tecnologia nas áreas de estudo.

O Quadro 1 apresenta brevemente alguns dos campos e modelos de aplicações da RV nas áreas de arquitetura e urbanismo, relacionando benefícios e beneficiados em cada área.

	Modelo	Benefício	Beneficiado
Arquitetura	Representação ou Apresentação	Facilidade de compreensão das muitas partes do projeto através de uma maquete interativa (cortes, fachadas e plantas baixas são claramente reconhecidas)	Clientes Principalmente
	Avaliação	Neste caso seria necessária a representação prévia do projeto a ser avaliado. Obtendo-se tal modelo é possível colocar a avaliação em prática que pode ser empírica ou baseada em teorias ou métodos científicos. As avaliações devem considerar o espaço projetado (circulações, volumes, estruturas, insolação, ventilação, etc), impactos urbanos ou ambientais, entre outros;	Órgãos municipais Clientes Profissionais
	Simulação	Este modelo permite conferir os mesmos aspectos verificados na avaliação, porém com dados mais específicos. Podem ser simulados: insolação, ventilação, estruturas, composições, uso de cores, materiais construtivos entre outros. A utilização deste modelo pode abrir caminho para uma futura avaliação baseada em dados técnicos.	Profissionais da área Clientes
Urbanismo	Representação ou Apresentação	Nos projetos de urbanismo os profissionais continuam sendo equipes de desenvolvimento, mas os clientes são caracterizados por grande investidores, comunidade, construtores e prefeituras. A representação de projetos neste caso passa a ter uma conotação mais ampla exigindo publicações em larga escala do projeto de participação cooperativa de todas as partes envolvidas.	Além de construtores e os próprios órgãos municipais a comunidade seria um grande beneficiado se houvesse possibilidade de interferência no desenvolvimento do projeto.
	Avaliação	Em projetos de caráter públicos a apropriação do espaço projetado é tarefa da comunidade. Nada mais justo que o envolvimento da população na avaliação destes projetos antes, durante ou após sua realização.	Comunidade Órgãos municipais Profissionais
	Simulação	Ainda considerando a participação comunitária as intervenções previstas podem ser submetidas a uma análise através de simulações de apropriação do espaço e reformulações de áreas existentes.	Comunidade Órgãos municipais Profissionais

Quadro 1 - Modelos de aplicações da RV na arquitetura e urbanismo: Representação, Simulação e Avaliação

1.2 Origem do Trabalho

O termo RV é ainda pouco compreendido por profissionais das áreas de arquitetura e urbanismo, professores e alunos. Seu uso inapropriado faz com que cada vez mais, julgamentos ambíguos sejam produzidos. A comunidade bem como o setor acadêmico passa a avaliar o termo baseado no conhecimento empírico que, de certa maneira, é limitado devido ao pequeno número de pesquisas desenvolvidas na área hoje em dia. Esta idéia parte do reflexo de pensar que “tudo que é produzido em um computador é virtual

porque os dados gerados através desta mídia são armazenados de forma virtual ou porque produzem ambientes sintéticos (quando é o caso de maquetes 3D)". Outro aspecto que leva à errada concepção do termo RV é a má difusão do termo pela mídia. O autor de *Envisioning Cyberspace* Peter Anders (1998) se posiciona contra a difusão descontrolada de jargões pela mídia descrevendo o seguinte:

"Imagens do espaço cibernético encontradas em filmes e televisão são tão distorcidas quanto ciber-jargões que lemos em revistas. Eles ilustram a confusão em torno do espaço cibernético. Enquanto a intenção de projetos sérios é orientar ao invés de confundir, o que nós vemos é uma mídia que expressa informações caóticas – descontrolada e mal administrada."(Anders, 1998, pg. 2)

Da mesma forma o uso do termo RV é desvirtuado. A carência de pesquisas nesta área seja por falta de investimentos ou desinteresse acadêmico, é um dos grandes responsáveis pelo insuficiente número de publicações e divulgações de informações mais apuradas. Fazer conhecida a tecnologia que seguramente tornar-se-á uma ferramenta presente em muitas etapas do projeto arquitetônico e urbanístico é necessário.

Para estimular o uso da RV devem ser apresentados exemplos de possíveis aplicações utilizando esta tecnologia. Desta maneira é importante oferecer sugestões de aplicação para melhorias nos processos de desenvolvimento, apresentação e avaliação¹. Espera-se que esta iniciativa desperte o interesse de profissionais e acadêmicos pelo uso e pela busca de novos benefícios proporcionados pela RV. Como forma de promover o uso desta tecnologia será também apresentado um projeto na área de arquitetura que utiliza a RV para divulgar uma coleção de obras do arquiteto Oscar Niemeyer.

¹ O desinteresse do setor acadêmico em desenvolver técnicas que auxiliem o estudante na compreensão do espaço tridimensional é um assunto abordado por Bruno Zevi (1992). Sua publicação não menciona o uso de tecnologias computacionais, mas aponta interesse preponderante sobre disciplinas teóricas. Este fato ainda é observado nos dias de hoje quando pesquisas na busca por novas ferramentas de auxílio na compreensão do espaço tridimensional são praticamente inexistentes. Ele escreve:

"A desigualdade que existe entre o tempo dedicado às artes literárias e o empregado na ilustração da arquitetura não tem qualquer justificativa crítica e tem como última conseqüência a nossa geral falta de conhecimentos espaciais". (Zevi, 1992)

1.3 Objetivos

Este trabalho apresenta os benefícios encontrados através do uso da tecnologia de RV elegendo três enfoques de aplicação: representação, simulação e avaliação. É objetivo desta dissertação tratar cada enfoque como um conjunto exclusivo de oportunidades que, se bem aproveitadas, produzem resultados adequados a diferentes necessidades. Através de exemplos serão justificadas e evidenciadas as aplicações mais apropriadas da RV de acordo com tais enfoques.

1.3.1 *Objetivos Específicos*

Outros aspectos que justificam este trabalho se fazem presente a seguir sem ordem de prioridade ou importância:

- Divulgar a tecnologia de realidade virtual para que novas pesquisas possam ser desenvolvidas nas áreas de arquitetura e urbanismo;
- Promover discussões sobre aspectos da realidade virtual como ferramenta de representação, simulação e avaliação;
- Estimular pesquisas por novas ferramentas de trabalho na arq/urb;

1.4 Relevância e Motivação

Será possível ao final deste trabalho uma avaliação positiva sobre o uso da RV nas áreas profissionais e acadêmicas, após a verificação de dois tópicos: 1) apresentação de uma extensa lista de aplicações da tecnologia e 2) previsões otimistas com relação ao crescimento do poder computacional aliado aos baixos custos que acompanharão tais mudanças. Promover e estimular o desenvolvimento de novas aplicações e técnicas utilizando a RV também caracterizam aspectos relevantes neste trabalho. A divulgação e esclarecimentos da RV podem incitar especulações saudáveis para a

sociedade e órgãos governamentais os quais podem ser beneficiados através de aplicativos de baixo custo em RV.

1.5 Estrutura do trabalho

O trabalho a seguir é iniciado com uma apresentação sobre o estado da arte na arquitetura e urbanismo, abordando aspectos sobre métodos representativos, simulação e avaliação. Para compreender a tecnologia de RV será desenvolvido um capítulo esclarecendo conceitos, emprego, funcionamento e equipamentos utilizados no desenvolvimento destas aplicações. Tendo sido esclarecidos procedimentos tradicionais de arq/urb e introduzido o leitor no conceito de RV, serão abordados os aspectos referentes à representação, simulação e avaliação, seguido da apresentação do projeto “Oscar Niemeyer: Vida e Obra” como estudo de caso para o uso da RV na arquitetura. Os capítulos desenvolvem-se da seguinte forma:

O capítulo 2 apresenta o estado da arte na arquitetura e as novas ferramentas que estão sendo utilizadas para o desenvolvimento de projetos. São ferramentas CAD que beneficiam a produção de projetos, o armazenamento de dados entre outros. A presença da realidade virtual na arquitetura é outro aspecto abordado, mostrando como esta tecnologia está sendo inserida através de VRMLs, promovendo interação com modelos virtuais. Este capítulo é finalizado com definições de espaço digital e ambiente virtual, termos que vêm sendo utilizados com grande frequência por profissionais de arquitetura e urbanismo.

O capítulo 3 esclarecerá a tecnologia de RV apresentando conceitos e definições acerca de seu uso, bem como aspectos históricos sobre sua origem. Equipamentos e aplicações voltados principalmente para as áreas de arquitetura e urbanismo serão demonstrados como forma de esclarecer o uso da RV neste campo.

O capítulo 4 apresenta os métodos representativos utilizados em projetos, entre eles, o desenho - que é o mais comentado por se fazer ainda muito presente nos processos de criação, desenvolvimento e apresentação de projetos arquitetônicos e urbanísticos. Além disto, será apresentado um breve histórico sobre os procedimentos de representação utilizados desde o século XV até os dias de hoje com o uso da RV. Este capítulo também apresenta os benefícios da RV quando utilizados na simulação de projetos. A simulação permite a tomada de muitas decisões durante todo processo de projeto, auxiliando julgamentos referentes à iluminação, ventilação, aspectos ergonômicos entre outros. No urbanismo as simulações permitem a tomada de decisões quanto à previsão de apropriações em planos diretores bem como a recriação ou representação de centros históricos. Após os procedimentos de simulação são abordados aspectos de avaliação com o uso da RV. Uma simulação tridimensional pode originar uma avaliação do projeto utilizando critérios pré-determinados ou empíricos que permitem traçar resultados de análise. Avaliações são úteis em projetos que necessitam estar de acordo com padrões ergonômicos, normas técnicas ou leis e especificações. Entre alguns exemplos de avaliações de projetos podem ser citados avaliação de luminosidade, ventilação natural, acústica, etc. Em projetos urbanos, a avaliação permite ao profissional prever o projeto inserido no espaço urbano baseado em planos diretores, leis locais ou regionais necessidades particulares de certas comunidades entre outros.

O capítulo 5 apresenta a realidade virtual de baixo custo, através do software Niemeyer Vida e Obra desenvolvido no Laboratório de Realidade Virtual (LRV). Este software serviu como estudo de caso e aplicação para este trabalho, tendo sido desenvolvido a um custo baixo, pois não utiliza equipamentos periféricos de RV. Serão apresentados procedimentos e ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do software, bem como os resultados alcançados.

No capítulo 6 concentram-se as conclusões e considerações sobre este trabalho de dissertação, bem como algumas recomendações para pesquisas futuras.

2 Estado da Arte na Arquitetura e Urbanismo

“...uma coisa é estar sentado na poltrona de um teatro e ver os atores se movendo, e outra é viver e atuar na cena da vida. Existe um elemento físico e dinâmico na criação e apreensão da quarta dimensão com o próprio caminho; é a diferença que existe entre praticar esporte e olhar os outros enquanto praticam, entre dançar e ver dançar, entre amar e ler um romance de amor. Falta, talvez, na representação cinematográfica, esse impulso de participação completa, esse motivo de vontade e essa consciência de liberdade que sentimos na experiência direta do espaço.” (Zevi, 1992, pg 51)

2.1 Introdução

Projetistas das áreas de arquitetura e urbanismo estão começando a se acostumar com uma nova idéia nos procedimentos de projetos. O aparecimento do computador representa uma nova metodologia de trabalho auxiliada por um conjunto de ferramentas digitais acessíveis apenas através do computador. Estas ferramentas são aprimoradas, reinventadas e adaptadas de acordo com as evoluções de processamento gráfico (hardware) e cálculos para suporte de programas CAD² ou gráficos (software). O desafio que os profissionais encontram agora é dominar as novas ferramentas que prometem mais agilidade e detalhes mais apurados nos projetos. Este domínio, no entanto, acontece apenas depois da escolha pela ferramenta adequada às necessidades do profissional. A variedade de tarefas e procedimentos que podem ser substituídos por aplicativos computacionais é grande, mas exige além do aprendizado específico para cada aplicativo a aquisição destes.

Vários aspectos positivos impulsionam a rápida difusão das ferramentas computacionais nas áreas de arquitetura e urbanismo. Estas ferramentas auxiliam o profissional, o estudante e o cliente através de processos simplificados, reutilizáveis e de fácil compreensão nas etapas de apresentação. A agilidade nos desenvolvimento de projeto beneficia o profissional com

² CAD (*Computer Aided Design* – Projeto Auxiliado por Computador) O CAD é a principal base dos programas destinados a projetos de engenharia em geral. Aplicativos CAD auxiliam principalmente no que se refere ao desenvolvimento de desenhos técnicos e de precisão (plantas baixas, perspectivas, etc.). CAAD (*Computer Aided Architectural Design* – Projeto Arquitetônico Auxiliado por Computador) significa o uso da tecnologia CAD em aplicativos específicos para projetos de arquitetura e urbanismo.

otimização das etapas de projeto e o cliente com menores prazos de entrega. Na educação a praticidade na associação multidisciplinar de conteúdos em aplicativos educativos permite ao aluno um aprendizado mais coerente, lógico e coeso.

O evento da adaptação à tecnologia é um acontecimento presente em grandes áreas do conhecimento. Entretanto profissionais que aderiram às ferramentas digitais ainda mantêm procedimentos tradicionais como os rascunhos em papel e lapiseira, pois ainda permitem mais versatilidade e rapidez de expressão. Estes esboços normalmente fazem parte de um processo inicial de criação onde a liberdade dos traços artísticos ainda não possui uma ferramenta de substituição simples e prática de ser utilizada. A utilização de ferramentas computacionais aparece na fase de desenvolvimento técnico do projeto através de programas CAD. Uma vez digitalizados, os mesmos dados que servem para produzir a planta baixa servirão também para a produção de cortes, fachadas e perspectivas, otimizando o processo da representação gráfica técnica. A etapa seguinte consiste na criação de maquetes digitais que podem ser criadas com a utilização de aplicativos específicos para arquitetura ou similares de modelagem. O programa *AutoCad*, que se destina a projetos de engenharia em geral, começou a ser muito utilizado por arquitetos o que proporcionou investimentos em aplicativos específicos para a arquitetura como é o caso do *Arch 3D*. O *3DStudio Max*, também baseado na tecnologia CAD, é um exemplo de aplicativo específico para modelagem 3D, o qual não é indicado para as etapas de projeto que dependam da representação gráfica técnica.

É importante ressaltar que o sistema de desenvolvimento de projeto é uma característica particular de cada profissional e está associada ao processo de criação de cada um. A sequência de eventos resultante reflete na prioridade de escolha das ferramentas a serem utilizadas durante os processos de criação. No caso do projeto de arquitetura existem profissionais que iniciam o projeto partindo de esboços espaciais em planta baixa para os ambientes, enquanto outro propõe volumetrias espaciais como partido de projeto.

Entretanto o surgimento de uma nova ferramenta de trabalho pode levar a uma modificação deste procedimento, se o profissional sentir necessidade.

A RV é a mais recente das ferramentas, ainda pouco empregada por profissionais e pela área acadêmica, mas que se depender do rápido desenvolvimento computacional (gráfico e poder de processamento) promete uma utilização em larga escala em razão de seus benefícios.

2.2 Novas ferramentas

As teorias sobre os movimentos que fizeram época, a história e grandes nomes da arquitetura e urbanismo estão dividindo espaço com as pesquisas e o descobrimento de novas ferramentas derivadas da informática. Novos softwares, aplicativos e hardwares que possam agilizar os procedimentos de projetos são testados e, se aprovados, são rapidamente apropriados e utilizados. Laboratórios de informática em escolas de graduação permitem que o aluno já saia do curso familiarizado com muitas ferramentas novas. Profissionais que já se encontram no mercado procuram esclarecimentos, adquirem novas ferramentas e se especializam para utilização destes novos instrumentos de trabalho. A idéia é não estar desatualizado, otimizar os processos de projeto e principalmente atrair o cliente com novos tipos de apresentação e representação.

A substituição das tarefas como o desenho em prancheta, produção de maquetes e experimentos laboratoriais através de procedimentos que utilizam computador exige muita paciência. A recompensa depende da compreensão sobre as capacidades da ferramenta que futuramente levará o usuário ao domínio de seu uso. Diferente da adaptação às ferramentas convencionais de desenho (régua e afins), que exigia basicamente habilidades manuais, a tecnologia computacional requer disciplina e persistência, pois se trata de um aprendizado lógico, no qual o lado esquerdo do cérebro, responsável pelo pensamento lógico, deverá ser tanto utilizado quanto o lado direito, responsável pelo processo criativo. Este é o motivo que leva muitos profissionais a

pensarem que o uso da tecnologia computacional é um processo com retorno demorado e impreciso. Complementando a posição de Bertol (1997) de que nem todos terão sucesso utilizando a ferramenta CAD, Sanders (1996) afirma que aplicações CAD se tornam cada vez mais difíceis e complexas de aprender, usar e gerenciar. A migração das ferramentas tradicionais para as digitais envolve uma grande variedade de tarefas. Para compreender melhor esta mudança o Quadro 2 estabelece algumas relações de substituição de ferramentas e meios tradicionais para o digital.

TAREFA	AMBIENTE FÍSICO (ferramentas e meios)	AMBIENTE DIGITAL (ferramentas e meios)
Croquis / Desenhos	Lápis, lapiseiras, canetas nanquim, guardanapos, blocos de rascunho, papéis diversos	Editores de Imagem que geram arquivos raster (Bitmap) ou vetoriais (Cad)
Maquete	Estilete, cola, madeiras, papelões, isopor, etc	Softwares de modelagem 3D que geram arquivos vetoriais
Visualização	Câmera filmadoras ou fotográficas, fotografias, slides, filmes	Câmeras digitais, softwares que geram animações, imagens digitais geradas de modelos 3D, maquetes interativas, realidade virtual
Documentação	Caneta, lapiseira, máquina de escrever papel vegetal, folha de papel A4 ou outros tamanhos	Softwares e arquivos digitais de vários formatos (texto, tabelas, imagens, vetores, filmes, animações)
Apresentação	Maquetes, fotografias, desenhos, xerox, pranchas de papel de vários tamanhos, etc	Imagens, maquetes, animações, multimídias, realidade virtual, materiais impressos e plotados
Acesso de Recursos	Bibliotecas, catálogo de produtos, folder, etc	CD-Roms, páginas Internet, serviços oferecidos na rede
Contato	Telefone, correio, fax	E-mail, <i>chats</i> , videoconferência, páginas Internet
Armazenamento	Tubos, caixas, microfilme, arquivos físicos	Leitor/gravador de disquetes e CDs, Softwares de gerenciamento e armazenamento de informação, disco rígido

Quadro 2 - Tarefas e ferramentas do arquiteto

De acordo com Terzides (1992a) o computador foi introduzido ao profissional de arquitetura como um mediador para a concretização de desejos e aspirações destes profissionais. Procedimentos de automação de projeto que poderiam resolver facilmente espaços e volumes fazem parte das primeiras idéias para utilização do computador como ferramenta auxiliar. Idealizaram-se então procedimentos de adaptação onde o computador aprenderia a projetar através de experiências adquiridas com o usuário. Esta ferramenta que auxilia o profissional na produção racional de projetos é chamada por Negroponte

(1970) de “máquina de arquitetura”. Mais tarde sua primeira idéia de máquina inteligente se tornou realidade com um sistema que permitia ao usuário gerar soluções de projeto empregando elementos predeterminados retirados de um menu na tela de um computador (Negroponte, 1974).

Os pioneiros dos sistemas CAD³ na década 60 idealizavam uma ferramenta que possibilitasse um incremento nas habilidades de desenvolvimento de desenhos e projetos através de tarefas que requeressem a movimentação de linhas em um pedaço de papel para a produção de projeto de automóveis, produtos diversos, arquitetônicos e urbanistas. Mas foi apenas nas décadas de 70 e 80 que o desenvolvimento de sistemas CAD seriam largamente difundidos pela indústria como uma poderosa, porém cara, ferramenta. Ainda na década de 80 a companhia AutoDesk seria criada com o auxílio do programador John Walker a qual, em 88, seria uma das primeiras a se aventurar no campo da visualização 3D utilizando sistemas CAD (Rheingold, 1992).

Cada vez mais novas aplicações direcionadas a arquitetos foram surgindo. Os programas CAAD permitem uma aproximação maior entre profissional e ferramenta, pois sua interface começa a ser mais direcionada às atividades relacionadas a projetos arquitetônicos. O *AutoCad* foi um dos pioneiros e mais utilizado programa para desenvolvimento de gráficos de projetos. Produzidas pela *Autodesk*, as primeiras versões, não muito amigáveis, eram desenvolvidas para funcionar em sistema operacional DOS. Mas com o passar do tempo novas versões foram adquirindo características de interface mais amigáveis e com isso o seu uso se tornou mais intenso. O Quadro 3 apresenta a lista de versões do programa AutoCad desde seu lançamento.

Mas não são apenas os programas vetoriais que se destacam como ferramentas digitais na arquitetura e urbanismo. Softwares destinados à diagramação de pranchas para apresentação de projetos e editores de

³ No início da década de 60 a IBM construiu uma ferramenta computacional para desenho gráfico para a *General Motors* (GM) a qual foi nomeada ‘DAC’ (*Design Augmented by Computer*). Mais tarde estes sistemas acabariam sendo conhecidos como ‘CAD’ (*Computer Aided Design*) (Rheingold, 1992).

imagens estão cada vez mais ganhando espaço. Editores de textos, tabelas e planilhas também são ferramentas utilizadas na nova rotina destes profissionais onde descritivos, orçamentos entre outros materiais podem ser gerados com mais facilidade. A apropriação destas ferramentas deve-se à qualidade das apresentações que são geradas através de imagens mais realísticas e flexibilidade no agrupamento e reutilização de dados de projetos.

Versões do AutoCAD	Datas de Lançamento
Release 2000	Abril 1999
Release 14	Fevereiro 1997
Release 13	Novembro 1994
Release 12	Junho 1992
Release 11	Outubro 1990
Release 10	Outubro 1988
Release 9	Setembro 1987
Versão 2.6 (Lançamento 8)	Abril 1987
Versão 2.5 (Lançamento 7)	Junho 1986
Versão 2.1 (Lançamento 6)	Mai 1985
Versão 2.0 (Lançamento 5)	Outubro 1984
Versão 1.4 (Lançamento 4)	Outubro 1983
Versão 1.3 (Lançamento 3)	Agosto 1983
Versão 1.2 (Lançamento 2)	Abril 1983
Versão 1.0 (Lançamento 1)	Dezembro 1982

Quadro 3 - Lista de versões do AutoCAD

Outra ferramenta que tem modificado os procedimentos tradicionais de atendimento entre profissional e cliente é a Internet. O trabalho a distância já é uma realidade na área de arquitetura e urbanismo que pode ser encontrada em *sites* destinados a atender o cliente esteja ele onde estiver. As diferenças entre o atendimento tradicional dentro de um escritório e o atendimento a distância é basicamente a comunicação. Através de e-mails, *chats* ou telefone é possível conhecer o cliente, discutir idéias e obter soluções sem encontros físicos. O primeiro contato do cliente com o profissional, através da Internet, acontece com uma visita ao *site* do profissional onde devem estar disponíveis seus trabalhos (fotografia, desenhos, croquis ou maquetes VRML interativas). Se houver interesse de contratação deste profissional por parte do cliente, este pode ser convidado a responder um questionário onde demonstrará todas as suas preferências para que seja iniciado um programa de necessidades para o

projeto a ser desenvolvido. No decorrer do projeto as conversas podem continuar acontecendo por e-mail (assíncrona) ou por vídeo conferência (síncrona). Esta última pode permitir um envolvimento maior entre profissional e cliente de acordo com o nível de interatividade utilizado durante o encontro. O uso da Internet como ferramenta mediadora promove ainda uma prática que começa a se tornar cada vez mais comum entre vários profissionais: o teletrabalho (Modesto, 1997). O teletrabalho não exige um endereço físico para o profissional, o que acarreta a ausência de encontros pessoais entre cliente e profissional.

Dos hardwares, o principal e mais utilizado é o próprio computador, com uma configuração que varia de acordo com a necessidade ou disponibilidade financeira do usuário. Outros *hardwares* utilizados são os *plotters* (que transformam as plantas digitais em material impresso), *scanners* (que servem para digitalização de imagens), *ZIP Drivers* (que transportam arquivos que excedem a capacidade de disquetes) e gravadores de CD-ROM (que começam a se tornar mais acessíveis em virtude da queda de preços).

Estas ferramentas que proporcionam maior comodidade no desenvolvimento de projetos necessitam de domínio, obrigando o profissional a estar sempre atualizado no que diz respeito às novas ferramentas de trabalho. Por outro lado o mundo tecnológico que toma conta de escritórios e profissionais exige um treinamento constante para utilização dos muitos softwares oferecidos pelo mercado.

2.3 Projeto digital

Os anos 90 foram marcados como uma geração que se rendeu às facilidades do projeto digital. Tem havido uma reciclagem nos procedimentos de projeto em que as tarefas são realizadas com um novo tipo de ferramenta, onde os resultados e dados gerados são digitais permitindo uma armazenagem livre de espaço físico e as representações mais realísticas e interativas. Os novos documentos possuem vários formatos, tamanhos e tipos de dados. A

transformação destes dados do meio digital para o físico é normalmente feita através de impressões, as quais podem oferecer uma qualidade de apresentação superior ao produto artesanal e maior flexibilidade na reprodução e/ou correção de detalhes. As correções que normalmente são necessárias após reuniões com clientes e eventuais avaliações tornam-se mais simples de serem executadas, pois mantêm o mesmo padrão de apresentação sem alterar o documento inteiro. Estas modificações podem ser feitas inclusive na presença do cliente através da manipulação 3D ou 2D.

Hoje já é possível criar, desenvolver e armazenar qualquer parte de um projeto arquitetônico em meio digital. Contratos, cronograma de desenvolvimento, programa de necessidades, plantas, perspectivas e maquetes. Mas quais as ferramentas que permitem o desenvolvimento de tais documentos digitais? São os softwares as ferramentas modernas que permitem a criação e manipulação de dados digitais. Apresentados nas mais diversas formas, eles podem servir a várias tarefas como a criação de desenhos, apresentações, quantificadores de materiais para execução de projeto, gerenciamento entre outros. Estes aplicativos são programas CAD (programas vetoriais para desenhos 2D ou 3D), editores de texto, de imagens e de planilhas que substituem antigos procedimentos e ferramentas de trabalho. A variedade de tarefas e softwares que permitem um trabalho mais ágil e organizado é apresentada no Quadro 4. Este quadro relaciona softwares e tarefas envolvidas em projetos de arquitetura nos dias de hoje através de uma estrutura organizacional para ferramentas digitais.

Algumas pesquisas indicaram que, mesmo tendo sido os processos gráficos beneficiados pelo uso de computadores, foram encontradas várias situações onde estas ferramentas apresentavam restrições tornando-a inapropriada ou desnecessária no desenvolvimento do projeto (Hall, 1987). Nem todo profissional se rende a todas as facilidades oferecidas pelos softwares. Alguns procedimentos, como o de criação (que faz parte do processo inicial de idealização do projeto), ainda contam com o uso do lápis e papel. A liberdade de traços como acontece no papel ainda não é possível no ambiente digital e isso retarda o procedimento de apropriação integral do

computador como ferramenta única de trabalho. Dificilmente é utilizado o computador para a geração de idéias, e isto está ligado a falta de ferramentas apropriadas e simples de serem utilizadas para tal finalidade. Mas isto não impede a iniciativa por parte de alguns profissionais que adotam o meio digital como ambiente de execução desta etapa de criação. Quando existe uma apropriação adequada de ferramentas o profissional buscará estar sempre informado sobre novas versões de softwares, novos aplicativos e tudo mais que possa melhorar seu processo de projeto (Sanders, 1996).

	Projeto	Desenho	Especificação	Gerenciamento de Projeto	Negócios	Estimativas	Desenvolvimento de Negócios	Interiores	Administrativo	Pessoal	Contatos
Processador de Texto			✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Planilha	✓				✓						✓
Banco de Dados	✓	✓						✓		✓	
Banco de Dados Relacional		✓		✓	✓	✓					
Preparação de Telas	✓						✓				
Agendamento de Projeto		✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓
Gerenciamento de Contato	✓			✓		✓	✓			✓	
Calendário	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Multimídia	✓				✓						
E-mail	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mensagem Instantânea				✓						✓	
Navegador Internet			✓			✓				✓	
Software de Ilustração	✓				✓		✓	✓			
CAD 2D	✓	✓	✓	✓		✓		✓			
CAD 3D	✓	✓	✓	✓		✓		✓			
Visualização	✓						✓	✓			
Animação	✓						✓	✓			
Realidade Virtual	✓						✓	✓			
Editoração Eletrônica	✓	✓			✓		✓	✓		✓	

Quadro 4 - Matrix de relação entre tipos de software e tarefa

Fonte: [adaptado da tabela proposta por Bertol, 1997]

Considerando que os métodos até hoje utilizados para o desenvolvimento e apresentação de projetos arquitetônicos são seculares ou derivações mais simplificadas, a adaptação das ferramentas computacionais pode ser mais difícil do que parece: a maior barreira é o medo do computador. A operação de objetos como controles remotos, vídeo cassetes, rádios e relógios mais presentes em nosso dia a dia exige menos dedicação que um computador. Nem todos os objetos mencionados dependem do conhecimento pleno do usuário para funcionarem (o relógio de vídeo cassete que frequentemente mostra “00:00”, por exemplo, não precisa estar marcando o horário correto para que o usuário veja um filme: operação mais básica deste aparelho).

2.4 Modelo e ambiente virtual

A tecnologia computacional promoveu diversas melhorias nos procedimentos de representação de ambientes que normalmente eram demonstrados através de perspectivas (desenho) ou maquetes (físicas) em escalas reduzidas. A possibilidade de criar uma maquete digital trouxe a diversificação na apresentação de um projeto através de várias vistas – internas e externas - capturadas a partir de uma única maquete digital. Aplicações mais recentes permitem que esta maquete possa ser explorada por um leigo através de sistemas interativos utilizando realidade virtual. Entretanto, segundo Zevi (1992), um projeto só pode ser realmente contemplado após sua execução. Isto classifica qualquer outro tipo de representação (como desenhos, maquetes ou croquis) não suficiente para compreensão de sua escala.

‘Todos os produtos de arquitetura são qualificados por sua escala, e por isso não só as maquetes plásticas não são suficientes para representá-los, como também qualquer imitação...’ (Zevi, 1992, pg. 49)

Talvez Zevi (1992) tivesse se pronunciado de outra maneira diante das possibilidades geradas com a tecnologia de RV. Explorar o projeto ainda não edificado em sua escala real é uma simulação possível através da utilização de

dispositivos adequados que permitem a sensação de imersão no ambiente virtual.

Porém, antes de compreender as qualidades dos sistemas de RV (imerssiva ou não-imerssiva), é importante apontar as diferenças entre o 'modelo virtual' e o 'ambiente virtual' (Quadro 5). A diferença encontra-se na possibilidade de manipulação para cada um dos exemplos os quais dependem de um modelo eletrônico tridimensional.

Modelo Virtual	Ambiente Virtual
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arquivo criado e desenvolvido em software de modelagem para usuários <i>expert</i>; ▪ Não permite interação com o modelo dentro de um ambiente de regras para usuários comuns; ▪ Eventualmente este modelo pode ser exportado para um ambiente virtual através de uma linguagem ou software específico (VRML por exemplo); ▪ Permite a criação de animações e imagens pré-renderizadas para apresentações posteriores; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O modelo encontra-se dentro de um mundo de regras; ▪ Utilização de leis físicas que aproximem o AV do mundo real como a gravidade para o ambiente e massa para os objetos; ▪ Podem existir caminhos pré-definidos dentro deste mundo, como animações. Mas o usuário possui liberdade para explorar o ambiente; ▪ Modelos de interações com os objetos do AV com possibilidade de entrada (para o software) e saída (para o usuário) de dado; ▪ Interface de manipulação e interação mais amigável.

Quadro 5 - Principais diferenças entre Modelo Virtual e Ambiente Virtual

O 'modelo virtual' refere-se a qualquer elemento tridimensional desenvolvido dentro de um aplicativo apropriado para modelagem 3D. Sua manipulação dependerá das habilidades de manuseio daquela ferramenta pelo usuário conhecedor dos procedimentos disponíveis. As maquetes digitais modeladas para servirem de objeto gerador de imagens de perspectivas não podem ser confundidas com RV ou AV. Estas maquetes são apenas modelos tridimensionais gerados sem intenção de serem utilizadas em sistemas onde o usuário possuiria liberdade para explorar o ambiente virtual. Eventualmente esta maquete pode vir a fazer parte de um sistema de RV. Neste caso o arquivo deve ser adaptado para tal fim, o qual deve cumprir alguns requisitos.

O termo 'ambiente virtual' (AV) é defendido por alguns autores, como Stuart (1995) e Ruddle (1997), como sendo um sinônimo do termo RV. Esta dissertação, no entanto, utilizará o termo AV como sendo o ambiente onde são

possíveis as interações com objetos e cenário dos sistemas de RV. Percorrer o modelo e visualizar todos os seus ângulos, interagir com objetos e explorar livremente a maquete dentro de uma interface simplificada é estar dentro de um ambiente virtual.

É comum encontrar discursos de pessoas que confundem animações com ambiente virtual ou mesmo RV. Uma das características básicas que classifica o modelo eletrônico em AV ou RV é a interação em tempo real que o usuário terá com a maquete, ou seja, enquanto estiver explorando o ambiente. Além do modelo digital, outros elementos podem incrementar as características do sistema de RV, como parâmetros de gravidade e objetos com comportamento real. Estas características e condições podem ser determinadas através de softwares específicos, linguagem ou ambientes de programação. A modelagem do ambiente é possível através de programação ou softwares de modelagem que possuam extensões de arquivos compatíveis para o desenvolvimento de sistemas de RV. Entretanto as interações que o usuário deverá ter com o ambiente e objetos necessitam de programação.

A RV e seus ambientes virtuais têm proporcionado muito mais do que apenas o reconhecimento do espaço tridimensional. Estas aplicações permitem a avaliação de vários aspectos de importância relevante no projeto como correção de problemas de estrutura, saídas de emergência, sistemas elétricos, hidráulicos entre outros. Em outras áreas a RV oferece aos deficientes que necessitam de cadeiras de roda sentir a mesma sensação que uma pessoa normal teria ao explorar um ambiente construído (Weiss, 1996). Novas aplicações, dispositivos e modelos de interações podem tornar ainda mais fáceis os procedimentos de projeto na arquitetura e urbanismo, fazendo do AV parte importante e definitiva para o desenvolvimento de projetos. Outra implicação do uso de AVs é o aparecimento de uma nova interface entre profissional, projeto e cliente, com interações utilizando luvas, capacetes ou outros periféricos de imersão.

2.5 Realidade Virtual

Esta tecnologia é constituída por um conjunto de recursos que torna possível o envolvimento do usuário com ambientes virtuais através de interações em tempo real, ou seja, com entradas e saídas de dados sem tempo de espera para o usuário ou para aplicação. Sua utilização na arquitetura como ferramenta de apresentação, simulação ou representação promove mais realismo e compreensão dos projetos. Mas é basicamente como ferramenta de apresentação que esta tecnologia tem se comportado nesta área de modo geral. Já é bastante comum a prática de demonstrar projetos utilizando VRML (através da Internet ou localmente).

O uso da RV através da exploração de um modelo eletrônico influenciou a construção do *Sitterson Hall*, prédio do *Virtual-Worlds Research Laboratory* da Universidade de Carolina do Norte em Chapel Hill. Antes de iniciar a construção do prédio, a planta baixa foi transformada em um modelo eletrônico que, com o apoio de um capacete de RV e uma esteira de exercício, era possível explorar o prédio. A possibilidade de explorar o projeto antes de sua construção permitiu uma avaliação do espaço a ser construído onde foi considerada a necessidade de modificação das paredes do hall que causavam sensação de clausura. Este projeto foi uma das primeiras aplicações imersivas a serem concebidas na área de arquitetura apresentada por Margaret Minsky e Frederick Brooks (1990) na SIGGRAPH de 1990.

Este seria apenas o início de uma grande variedade de aplicações voltadas à arquitetura e urbanismo. O mercado imobiliário se beneficia dos recursos de RV apresentando aos possíveis clientes imóveis não executados, mas que podem ser avaliados de qualquer ângulo desejado pelo futuro proprietário. O uso desta tecnologia na recuperação e restauração de patrimônio histórico também se faz presente através de investigações e intervenções, além de servir, também, como mídia de divulgação de sítios históricos para visitação (Thwaites, 1998; Rebelo, 1999b). Esta área de aplicação da RV tem incentivado o surgimento de seções especiais em congressos técnicos que buscam novas técnicas e projetos para preservação

de nossa história inclusive com apoio da UNESCO⁴. Além disso, aplicações com finalidade educacional sugerem um novo desafio para a área acadêmica aproximando ainda mais a teoria e a prática. Como exemplo de aplicações estão os estudos de cálculo de estrutura, iluminação, organização espacial entre outros.

Entretanto a disponibilidade comercial de equipamentos, necessários para visualização e interação com maquetes eletrônicas, ainda está longe das expectativas do mercado em geral. Apenas a RV de baixo custo, que requer equipamentos mais simples para a visualização de modelo mais otimizados, é acessível para utilização em larga escala. Isto torna mais difícil, para os profissionais em geral, a produção de modelos mais realísticos (também conhecidos como foto realísticos) para uso em RV. Modelos complexos tornam-se pesados devido ao grande número de polígonos a serem calculados e renderizados⁵ durante a exploração do modelo. A diferença entre foto realístico (Figura 1) e um modelo otimizado (Figura 2) está na quantidade de polígonos necessários para representar detalhes que façam este modelo parecer real. O uso de texturas também se faz importante na representação foto realística, mas se seu uso não for adequado (como a otimização das imagens de textura) o tempo de processamento necessário para o cálculo dos quadros que resultam em imagens durante a movimentação pode ser prejudicado.

O uso de iluminação também é de grande benefício ao resultado realístico do modelo 3D. Entretanto esta característica ainda não permite ser explorada em modelos VRML, pois o cálculo em tempo real a ser feito pode consumir muito poder de processamento. Muitas vezes este aspecto é driblado por meio de texturas que representam a iluminação desejada no ambiente e

⁴ Planejado pelo VSMM'98 em novembro de 1998 o *World Heritage Session on Virtual Reality* foi realizado na cidade de Gifu no Japão. Durante este evento houve participação de membros ligados ao patrimônio histórico da UNESCO que além de palestrarem promoveram um debate em prol da criação de um centro pesquisa para aplicações em RV sobre patrimônio histórico cultural e mundial. Novamente em 1999 o VSMM'99, realizado em Dundee na Escócia, conta com a mesma sessão *Virtual World Heritage*.

⁵ Imagem gerada através do cálculo feito pelo computador dos polígonos aparentes do cenário ou objeto tridimensional que é convertido em dados de saída para o usuário em forma de imagem. O usuário será capaz de compreender seu movimento (ou de objetos) dentro do cenário pois cada quadro (frames) é calculado sempre que houver modificação do ponto de vista ou movimentação do usuário (ou de objetos) dentro do AV. Ou seja, cada passo dado no modelo 3D são algumas cenas renderizadas em tempo real.

que fazem o modelo parecer mais natural. A disponibilização de modelos com iluminação em tempo real necessitam de máquinas com grande poder de processamento.



Figura 1 - Imagem de um modelo otimizado para VRML



Figura 2 - Imagem de um modelo fotorealístico: muitos detalhes

Máquinas com maior poder de processamento são utilizadas quando existe necessidade frequente de uso de sistemas de RV. Neste caso o cliente (usuário do sistema ou aplicação em RV) utiliza-se do equipamento em local apropriado onde, por vezes, podem ser encontrados também outros dispositivos de interação para RV imerssiva. Alguns periféricos utilizados para visualização, manipulação e interação de projetos nas áreas de arquitetura e urbanismo são: bancadas interativas de trabalho (também conhecidas por *responsive workbench*), capacetes, luvas, caves entre outros que serão novamente citados no capítulo 3 (seção 3.4).

2.6 Conclusões

A revolução que tem ocorrido nos procedimentos de projeto está apenas iniciando. A utilização da informática já tem provocado muitas mudanças e, ao que tudo indica, deverão ocorrer muitas outras. O projeto digital que já não é mais uma barreira intransponível toma conta dos escritórios de arquitetura e engenharia facilitando a produção de projetos para o profissional, a

visualização para o cliente e a identificação dos elementos construtivos para o construtor. Além de todas estas facilidades a utilização de modelos digitais em aplicações de RV traz mais liberdade de criação, pois o projeto pode ser avaliado antes de sua edificação.

Novas atividades decorrentes da tecnologia de RV ainda devem ocorrer, modificando ainda mais os procedimentos de projetos, as relações com clientes e intensificando as discussões sobre qualidade de projeto. Em pouco tempo o profissional de arquitetura e urbanismo poderá modificar completamente seus procedimentos de trabalho baseado no que a informática ainda poderá oferecer. O cliente por sua vez deverá participar mais ativamente do desenvolvimento de projetos através de ambientes sintéticos onde é possível interagir com elementos construtivos virtuais.

As últimas novidades que cercam o mundo da arquitetura e urbanismo estão especialmente relacionadas com o uso do computador. Este é o cenário atual nas áreas de arquitetura e urbanismo: ferramentas tecnológicas, agilidade na produção e, por conseguinte, qualidade nos projetos executados. A substituição das réguas e esquadros por computadores tornou mais ágil o desenvolvimento de projetos e permite maior qualidade no produto final. As ferramentas que permitem estes procedimentos são softwares e hardwares adequados que serão novamente mencionados ao longo deste trabalho. Desta maneira ganha-se tempo para avaliações mais apuradas através de maquetes virtuais e passeios interativos sobre a qualidade de vida que estes projetos podem oferecer. Muito se tem falado sobre projeto digital, maquetes 3D, ambiente virtual e interação em tempo real, mas poucos são os entendimentos sobre os termos relacionados e as particularidades de cada um. Estes termos serão apresentados no capítulo 3 e 4.

3 Realidade Virtual: Tecnologia e Interface

3.1 Introdução

Neste capítulo serão abordados alguns aspectos sobre a RV tais como conceito, aplicações e a que serve esta tecnologia. Além de esclarecer que o termo RV *não* se refere ao emprego de elementos digitais comuns como animações ou imagens geradas de modelo eletrônico é necessário ilustrar outros termos ligados à RV. Esta tecnologia refere-se ao uso de modelos eletrônicos tridimensionais disponibilizados ao usuário para interação em tempo real (imerssiva ou não-imerssiva). Exemplo disto seria um passeio pelo ambiente 3D tendo como guia o próprio usuário que poderá criar seu próprio caminho.

As aplicações que podem ser exploradas através da RV crescem em número devido às pesquisas e acesso mais facilitado aos equipamentos. Seu uso tem sido explorado como ferramenta de representação, simulação, avaliação, treinamento, educação e jogos, apoiando diversas áreas, interesse e necessidade. Na arquitetura a representação tem sido a atividade mais explorada. Mas com a popularização da RV e a diminuição nos custos de equipamentos aplicações de simulação e avaliação podem se tornar uma prática mais comum.

Outras áreas de aplicações da RV são medicina, química, aplicações industriais como treinamento ou indústria do entretenimento. Conhecer as várias áreas de aplicação da RV proporciona subsídios para investigação de novas aplicações nas áreas de arquitetura e urbanismo. Alguns trabalhos dentro da arquitetura e urbanismo que tem se destacado pelo uso da RV serão apresentados a fim de estabelecer relações entre o que pode ser feito e o que está sendo feito.

As novas ferramentas que estão fazendo parte da rotina diária da nova classe de arquitetos são ferramentas que permitem a criação de gráficos

computacionais. Estas ferramentas, em sua maioria, não permitem o desenvolvimento de sistemas que contenham a tecnologia de realidade virtual. Isto porque a realidade virtual requer poder de processamento gráfico que ainda não se faz presente nos computadores de uso domésticos ou de escritórios. Algumas pesquisas têm objetivado o uso da realidade virtual a baixo custo, que significa dizer, desenvolvimento barato de aplicações para máquinas de custo médio que serão utilizadas pelo usuário de realidade virtual. A utilização de ferramentas apropriada para interações com aplicações de RV é importante não apenas pelo aspecto da utilização, mas pelo aspecto técnico e financeiro. A RV já dispõe de uma grande variedade de equipamentos proporcionando diferentes níveis de interação, mas com um custo ainda elevado.

3.2 O que é realidade virtual

“Imagine ser capaz de andar dentro de seu computador interagir com qualquer programa que você crie. Isto soa como ficção científica, mas é fato científico. Cirurgiões já praticam operações em pacientes virtuais e arquitetos andam através de estruturas virtuais enquanto a edificação ainda é um projeto”. (Rheingold, 1992)

A RV, como o próprio nome diz, é uma representação da realidade através de artifícios que possam reproduzir cenários ou ambientes aonde pelo menos um dos cinco sentidos possa ser aguçado. Quanto maior for o número de sentidos estimulados dentro de um ambiente virtual maior será a sensação e a imersão vivenciada. Entretanto alguns autores (Luz, 1997) (Weiss, 1996) defendem que uma experiência de RV só será válida quando existirem estímulos relacionados à interação, imaginação e imersão (Figura 3). Burdea e Coiffet (1994) defendem esta teoria que é representada através de um triângulo que aponta os critérios que devem ser cumpridos para que uma aplicação possa ser definida como RV.

Para compreender melhor cada critério da imagem é necessário relacioná-los com a tecnologia de RV. Desta maneira uma experiência imersiva de RV é considerada como tal quando os estímulos gerados pela aplicação cumprem determinadas aspectos que são descritos no Quadro 6.

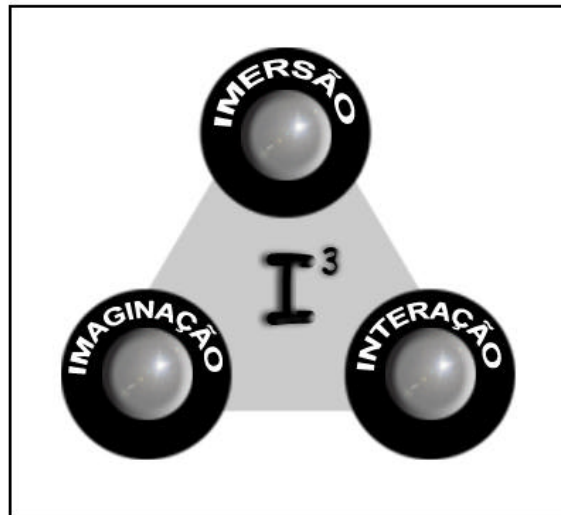


Figura 3 - Triângulo de RV: Imersão Interação e Imaginação

Dos sentidos que necessitam ser satisfeitos para que uma imersão seja completa estão a visão, o olfato, o tato, a audição e o paladar. Muitos autores concordam ainda que a imaginação é essencial para alcançar uma melhor imersão, mas Burdea e Coiffet (1994) ainda acrescentam que a relação espacial seja de igual importância, pois é ela que define sensações de escala dentro de um ambiente. Estas sensações podem ser simples ou complexas, considerando amplos espaços abertos ou pequenos cômodos que podem parecer desconfortáveis e apertados.

Interação	Imaginação	Imersão
Proporciona uma interação completa com o ambiente, com os objetos e com outras pessoas. Exemplo: Abrir uma porta ou saudar uma pessoa dentro de um ambiente tridimensional.	Os sentidos são estimulados a tal ponto que a aplicação parece ser real. Exemplo: sentir que está realmente pilotando um avião ou passeando por uma igreja antiga, mesmo através de um monitor de computador.	A pessoa sente-se como parte integrante do ambiente digital proposta para a interação. Exemplo: Perceber que ao virar a cabeça a imagem que aparece no display do capacete de RV acompanha o usuário permitindo uma visão 360° do ambiente modelado.

Quadro 6 - Estímulos requeridos ao experienciar aplicações de RV

A relação espacial é compreendida por nós através das informações que a visão leva até o cérebro sendo que a partir dela reagimos e nos sentimos de forma diferente. Um exemplo das possíveis reações é a claustrofobia onde uma pessoa não se sente bem dentro de ambientes apertados ou com muitas

peças, como pequenas salas ou elevadores. Se a RV for capaz de causar uma sensação semelhante, esta é uma representação convincente da realidade. Desta maneira a relação espacial firma-se como uma característica que torna a RV um meio de representação de valor significativo quando comparado às tradicionais maquetes desenvolvidas artesanalmente.

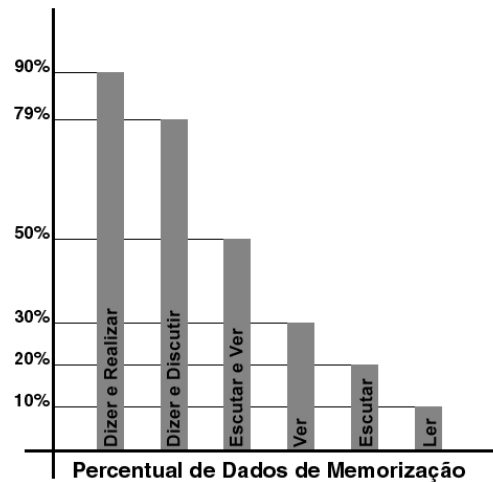


Figura 4 - Percentual de Memorização

Estudos constataam que a visão é o mais aguçado dos sentidos, pois pode facilitar a indução da percepção pelo usuário (Bertol, 1997). Dos sentidos que são excitados isoladamente a visão é o que detém maior influência na absorção de conhecimento. Entretanto os outros sentidos podem promover um acréscimo considerável na tarefa de memorização. A

Figura 4 apresenta um comparativo do percentual de memorização possível de acordo com o estímulo de alguns sentidos agindo em conjunto e/ou em separado (Burdea, 1996a). Se houverem outras combinações entre os sentidos o grau de absorção do conhecimento pode aumentar ainda mais. Um exemplo prático vem de encontro às teorias construtivistas que sugerem que o aprendizado esteja associado a uma atividade prática, ou seja, aprender fazendo. E se esta técnica pode aumentar o índice de absorção do conhecimento o uso de aplicativos de RV é uma alternativa para muitas tarefas. Um velho provérbio chinês diz (Luz, 1997): *Eu escuto e me esqueço, eu vejo e me lembro e eu faço e entendo.*

De acordo com Rheingold (1992), as duas principais idéias desta tecnologia seriam a **imersão** (através da visualização estereoscópica criando a ilusão de que o usuário faz parte do ambiente virtual) e a **navegação** (que possibilitaria ao usuário explorar o AV como se ele fizesse parte do ambiente). Mas se a imersão proposta por Rheingold dependesse apenas de equipamentos estereoscópicos (os quais são oferecidos por um mercado ainda pequeno e oneroso) a RV de baixo custo não seria uma alternativa para aplicações que contemplam o conceito de uma interação em tempo real em ambiente virtual. Estas aplicações podem ser facilmente encontradas através de modelo VRML disponibilizados na Internet. Os modelos em VRML podem ser acessados através de visualizadores (*browsers*) apropriados onde é possível explorar os ambientes virtuais e até mesmo desempenhar tarefas, se estas forem previstas. Eventualmente existirão restrições de navegação e interações, que podem estar relacionadas com a tecnologia ou com o desenvolvimento da aplicação.

Os passeios em AVs oferecem, de modo geral, modelos de navegação egocêntrica, que significa dizer que o usuário é parte do ambiente que explora observando o ambiente em escala natural (Wickens, 1994). Este modelo de exploração normalmente permite ao usuário o reconhecimento do ambiente através de caminhadas. Entretanto, outros modelos de exploração podem ser escolhidos pelo usuário se houver disponibilidade no visualizador ou se forem disponibilizados pelo criador da aplicação (visão de pássaro é um exemplo). A utilização de pontos de vista diferenciados podem ser disponibilizados para o usuário com a adição de câmeras extras dentro do AV servindo como atalhos para diferentes pontos do AV.

Um modelo eletrônico desenvolvido para ser utilizado em VRML (ou aplicação em RV) deve possuir uma modelagem simplificada e otimizada. Detalhes que podem ser substituídos por texturas ou que sejam irrelevantes para o objetivo principal da aplicação devem ser considerados durante o processo de modelagem, prevendo desta maneira uma manipulação coerente com um retorno visual em tempo real. Estando o ambiente disponível na Internet é mais uma razão para que haja uma boa otimização do modelo e das

texturas incentivando o índice de visitação. Muitos usuários podem não possuir um computador suficientemente robusto para suportar um processo de render mais pesado, desestimulando desta forma o processo de exploração do ambiente. Disponibilizar um modelo em VRML não é muito complicado. Entretanto possíveis interações com objetos para realizações de tarefas mais requintadas exigem um conhecimento mais apurado que dependerá de programação. Interações, como abrir portas e janelas, são desenvolvidas através da programação de parâmetros utilizando linguagens de programação para RV ou aplicações específicas.

3.3 Origens da realidade virtual

Existem algumas controvérsias sobre o início da Realidade Virtual. Weiss (1996) relata que o termo poderia ter sido acidentalmente criado por Jaron Lanier, o qual juntamente com Thomas Zimmermann desenvolveu a luva de RV (*DataGlove*) no início da década de 80. No entanto algumas bibliografias descrevem que o reconhecimento e início da RV teriam acontecido por ocasião do artigo "*The Ultimate Display*" (Sutherland, 1965), um trabalho que propunha o conceito de uma interface mais amigável entre o homem e o computador. Apesar do baixo poder de processamento gráfico na época Sutherland utilizou seus conceitos e desenvolveu o primeiro dispositivo aplicado a esta tecnologia - o capacete de RV, que permitia a visualização estereoscópica, a audição e o posicionamento relativo da cabeça do usuário dentro do ambiente virtual (Luz, 1997).

Entretanto, as pesquisas que motivaram o aparecimento da RV deram início muito antes da década 60. A teleoperação foi um dos primeiros trabalhos a serem produzidos ainda na década de 40, o que abriu espaço para o desenvolvimento do CRT (*Cathode Ray Tube* ou Tubo de Raios Catódicos) que suportaria outras pesquisas na área de RV, tais como novos equipamentos (primeiro Capacete de CRT) e tecnologia (modelagem computacional *wireframe*). Em 1966 é a vez do simulador de vôo e em 1970 Krueger sugere

um projeto que combinaria projeção de vídeo e imagens geradas por computador o qual ele chamava de “Realidade Artificial” (Bertol, 1997). As pesquisas com luvas (*DataGlove*) e capacetes de RV (*HMD: Head Mounted Display*) intensificam na década de 70, mas suas comercializações foram efetivadas apenas no final da década de 80 através da ‘VPL Research’, gerenciada por Lanier.

As primeiras aplicações em RV aconteceram com experiências militares desenvolvidas pelo governo americano. Na década de 60 almejava-se treinar soldados da força aérea através de simuladores de vôo. Os treinamentos com RV não necessitavam de um grande número de aeronaves disponíveis nem custos com manutenções das mesmas, além de não colocar em risco as vidas dos soldados em manobras arriscadas. O uso deste sistema para treinamento dos soldados permitiria maior desenvoltura dos pilotos com mais segurança e menor custo. As simulações ganham mais realismo através de gráficos mais elaborados e processadores mais potentes, além de equipamentos mais adequados que promoveram um aumento de desempenho de execução das tarefas do usuário. Um exemplo é o surgimento do capacete de RV ao final da década de 70, com visão estereoscópica e rastreador (*tracker*) para posicionamento do usuário dentro do AV.



Figura 5 - a) Wireframe b) Modo shade c) Render com textura

Uma das previsões de utilização da RV por seus pioneiros foi o emprego desta tecnologia na arquitetura para desenvolvimento de maquetes eletrônicas, sendo esta avaliada como uma das áreas mais promissoras. Seu uso na representação destas maquetes evoluiria do aramado (*wireframe*) para o render de superfícies sólidas (*shade*) o que caracteriza a representação dos

objetos formadores das maquetes virtuais (Figura 5). O uso de texturas para representações mais realísticas surgiria mais tarde revolucionando mais uma vez a qualidade do produto final gerado computacionalmente.

A pesquisa por novas aplicações de RV e equipamentos afins passou a ganhar mais espaço dentro da academia, fundações de pesquisas e corporações não militares. Novos equipamentos são desenvolvidos para suprir às novas necessidades o que faz crescer a demanda por processadores gráficos mais potentes e dispositivos para suporte gráfico e de interação. Um dos resultados mais importantes destas pesquisas é a industrialização e comercialização de novos equipamentos, acarretando inclusive uma baixa nos preços dos equipamentos que são substituídos.

3.4 Equipamentos

Hoje em dia são muitos os equipamentos utilizados no desenvolvimento de aplicações para RV. Os mais comuns de serem encontrados são mouse, teclado, luvas, *joysticks* e capacetes de vários tipos. A RV não imersiva permite que o ambiente virtual seja explorado apenas por mouse e teclado. O uso de luvas e capacete permite uma interação maior com o ambiente que está sendo explorado. Quanto maior a quantidade de equipamentos utilizados para experimentar um cenário maior será a imersão e melhores serão os resultados esperados (Figura 6).

Uma classificação simplificada para equipamentos de RV disponíveis comercialmente aponta dispositivos visuais e hápticos. O domínio dos equipamentos visuais é notoriamente maior (mesmo porque a RV é baseada em imagens) e variam entre monitores, óculos estéreos, capacetes ou CAVEs. O capacete de RV (HMD - *Head Mounted Display*) desenvolvido por Ivan Sutherland, também criador do *sketchpad*⁶, caracteriza um dos primeiros

⁶ O *sketchpad*, tese de doutorado de Sutherland, foi publicado em 1963 e caracteriza um sistema de comunicação gráfico homem-máquina utilizando uma caneta ótica (*lightpen* - dispositivo em forma de caneta para manipulação direta com o computador através de monitor). Estes dispositivos auxiliariam o usuário no desenvolvimento de projetos de (Continua)

dispositivos visuais a serem desenvolvidos para permitir imersão em aplicações de RV (Sutherland, 1968; Sutherland, 1963). Encontrados na forma de capacete ou óculos estereoscópico a diferença está na qualidade da imersão que o usuário experimentará (Bertol, 1997).

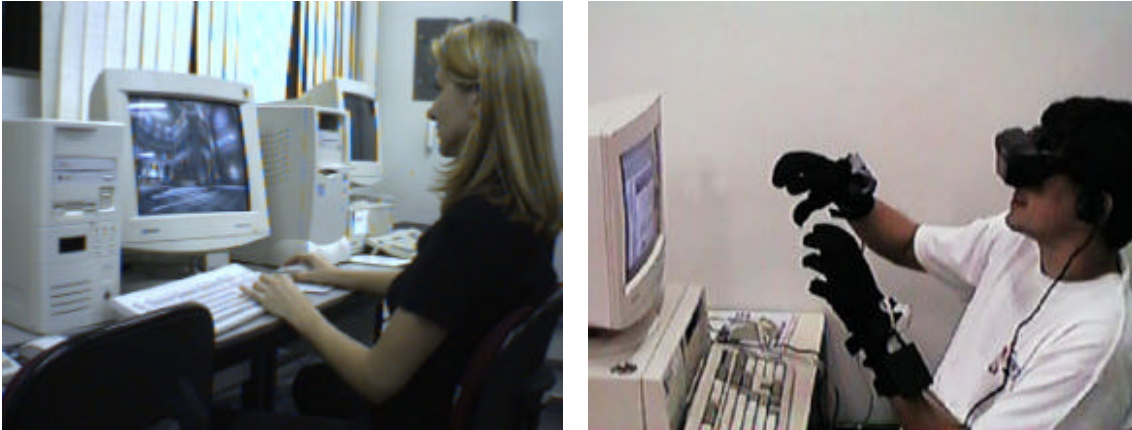


Figura 6 - a) Interação através de mouse e teclado b) Interação com luva e óculos equipado com rastreador de posicionamento (*tracker*)

- **Óculos estereoscópico** - Simulam o trabalho da retina de perceber a distância do objeto e produzir o efeito de profundidade e perspectiva, através da vibração de duas imagens com mesmo conteúdo. Pode possuir *tracker*.
- **Capacete (HMD)** - Permite uma imersão maior no ambiente virtual devido ao isolamento com o ambiente real. A diferença entre os vários capacetes existentes no mercado é a qualidade da imagem gerada a qual é relacionada ao sistema óptico. O *tracker* de posicionamento envia a mensagem do movimento real da cabeça do usuário para o ambiente virtual (Figura 7).

O capacete de RV pode ser encontrado em LCD (visor de cristal líquido) ou em CRT (tubo de raios catódicos), sendo o primeiro mais ergonômico, mas com resolução muito baixa (360x240 *pixels*). O capacete de CRT, apesar de possuir boa resolução (8.400 x 2.400 *pixels*), não é ergonômico devido o seu

engenharia os quais poderiam ser desenhados diretamente no monitor permitindo manipulação direta como duplicação e armazenamento digital dos dados, estabelecendo desta forma as bases conceituais para o CAD.

grande peso. O ângulo de visão de ambos modelos caracteriza outro ponto fraco deste dispositivo, pois é inferior ao humano (que seria de 180° na horizontal e 120° na vertical), o que compromete o grau de realismo da aplicação (Bertol, 1997).

Os dispositivos hápticos ou sinestésicos permitem que o usuário interaja com o sistema enviando dados de alguma forma e recebendo sinais de retorno após uma interação através de uma força de retorno (*Force Feedback*). Estes dispositivos podem ser encontrados em forma de luvas, coletes ou canetas (Figura 7) e também são munidos de posicionadores (*tacker*). Muitos equipamentos estão sendo desenvolvidos com este tipo de sistema, inclusive para uso médico utilizando teleoperação (Burdea, 1996b). A deformação de uma superfície através de interface háptica, por exemplo, faz com que o usuário possa sentir a superfície virtual do objeto utilizando um equipamento de *force feedback* conhecido como PAHNToM (Figura 7.c) (Burdea, 1996b). Um dispositivo de maior porte e que serve ao mesmo propósito é apresentado na Figura 9.

A combinação de diferentes tecnologias oferece uma variedade de equipamentos apropriados a diferentes tarefas. A bancada de trabalho interativa (*Responsive Workbench*) (Krüger, 1995) é muito utilizada por profissionais da arquitetura e urbanismo (Figura 8.a). Desenvolvido por Wolfgang Krueger da GMD, este dispositivo gera uma holografia 3D interativa que auxilia profissionais de arquitetura e urbanismo no processo de avaliação e discussão de projetos. Seu funcionamento é baseado em imagens estereoscópicas geradas por computador que são projetadas sob a superfície

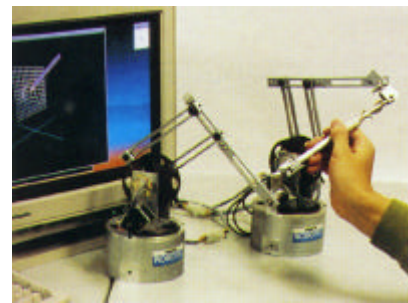


Figura 7 - Hardware de RV:
 a) Capacete VFX1
 b) Luvas 5th GLOVE 95
 c) PAHNToM Headgear

de uma mesa através de um sistema de projetores e espelhos. Estas projeções possuem alta resolução estereoscópica e suporta os posicionamentos da cabeça e das mãos para interação com o modelo 3D. A visão estérea fica por conta de óculos estéreos (*shutter glasses*) que geram o efeito 3D. O sistema de posicionamento através de rastreadores (*trackers*) permite ao usuário uma visão do AV do ponto de vista referente ao posicionamento do usuário, ou seja, havendo movimentação do usuário no ambiente real haverá correção do seu ponto de vista em relação ao AV. A interação pode ainda ser auxiliada por luvas e caneta sendo possível interagir como os objetos da maquete projetada (Figura 8.b e 8.c).



Figura 8 - Responsive Workbench: a) Funcionamento b) e c) Interação com maquete virtual através de dispositivo em forma de caneta

O *Responsive Workbench* oferece ao usuário um quadro de referência exocêntrico (visão de pássaro), ou seja, a manipulação do modelo acontece de maneira semelhante à utilizada em uma maquete convencional, exceto pelas possibilidades de interação com o modelo eletrônico em tempo real. Uma técnica semelhante pode ser utilizada em telões onde o usuário perceberá imagens estereoscópicas com a ajuda de óculos apropriados (Bertol, 1997).

Equipamentos especiais podem ser desenvolvidos para aplicações específicas como coletes que simulam o impacto de projéteis para aplicações militares (Bertol, 1997; Virtual Technologies Incorporation, URL) ou esteiras de exercício (*threadmill*) que conduzem o usuário por passeios virtuais. Outros equipamentos que estimulam a imersão são roupas com atuadores (Figura 9) (Burdea, 1996b), emissores de odores (Keller, 1995; Seidel, 1997) e de

sabores (Bardot, 1992). O CAVE (acrônimo recursivo para 'CAVE Automatic Virtual Environment') é outro sistema baseado em projeções e estereoscopia que permite ao usuário ocupar uma sala com paredes que servirão de telas com o apoio de som estéreo (Figura 10). Concebido em 1992 por Tom DeFanti e implementado por Carolina Cruz-Neira pela Universidade Illinois este dispositivo pode ser descrito como o *HoloDeck* do seriado *Jornada nas Estrelas*. Este tipo de sistema pode suportar fisicamente mais de uma pessoa embora o controle seja feito por apenas uma delas (Bertol, 1997). A utilização de óculos estéreos se faz necessária para visualização 3D (Stuart, 1996). Estes sistemas são caros e pouco difundidos ao público em geral.



Figura 9 - Force ArmMaster (Burdea, 1996b)



Figura 10 - Modelo de um CAVE

São os hardwares os equipamentos que mais sofrem melhoramentos, pois é através deles que informações provenientes de periféricos e dos ambientes virtuais são processadas. O poder de processamento de computadores domésticos vem crescendo e trabalhos que até três ou quatro anos atrás eram processados apenas por estações gráficas de alto custo, hoje podem funcionar em computadores pessoais de baixo custo. Quanto mais processamento possuir a máquina melhor vai ser o desempenho do ambiente 3D em tempo real e menor vai ser o tempo de resposta para as ações tomadas pelo usuário. O ponto crítico de resposta está associado ao aumento da complexidade das operações, o que exige grande poder computacional gráfico e um elevado poder de processamento de cálculo (Luz, 1997). Isto implica no constante desenvolvimento de pesquisas na área de computação gráfica que

procuram por resultados eficientes sempre objetivando um número adequado de imagens por segundo gerado pelo computador (entre 20 a 30 quadros por segundo) (Luz, 1997).

3.5 Aplicações

Thomas Furness, um americano que acredita no futuro da RV, começou sua carreira na Força Aérea Americana, mas em 1971 deixou de fazer pesquisas para a área militar. Em 1977 ele aponta o uso de conferências virtuais como meio de utilização da RV. Seu emprego na arquitetura ajudaria o desenvolvimento de projetos em colaboração com os clientes, onde fisicamente, cliente e profissional, poderiam estar separados por quilômetros de distância. A conferência virtual tornaria possível a aproximação de ambos e a RV permitiria uma exploração tridimensional da edificação. Juntos discutiriam o projeto, resolveriam os problemas diretamente através do modelo virtual e fariam as modificações necessárias em tempo real (Weiss, 1996).

Assim como na arquitetura muitas outras áreas já se beneficiam com aplicações em RV. Na medicina o uso de luvas pode ser utilizado para auxiliar o diagnóstico de casos de mal de Parkinson. O tremor, que é o sintoma relacionado com estes pacientes, pode ser mensurado e diagnosticado de modo personalizado para cada paciente (Weiss, 1996). O *Biomose* é um capacete desenvolvido pela 'Califórnia VR Company' que pode levar um pouco de movimento à vida de uma garota que ficou tetraplégica em um acidente quando criança. Os únicos movimentos que se mantinham eram os músculos do rosto, não sendo possível o movimento de giro de sua cabeça. O capacete captura sinais elétricos do cérebro, dos olhos e dos músculos faciais transmitindo-os ao computador. Estes sinais são utilizados para criar formas e padrões na tela do monitor (Weiss, 1996).

O entretenimento é a área que mais promove pesquisas e produtos comerciais. Mas mesmo sendo este o nicho mais forte do mercado da RV, a comercialização de periféricos como capacetes e luvas ainda é pequena. Mas

apesar da baixa oferta por dispositivos, a produção de softwares e aplicativos de RV tem apresentado grandes resultados com poucos investimentos, e ganhado desta maneira um novo tipo de mercado, o que pode incentivar a demanda por novos dispositivos.

Mas nem sempre as pesquisas de RV que são iniciadas persistem ou se tornam produto. Por vezes elas acabam em protótipos com deficiências por falta de investimentos. Isto impede a produção comercial de produtos que beneficiariam a sociedade. Nos EUA os maiores investimentos governamentais são destinados à área militar onde são pesquisadas inclusive aplicações para área médica e educacional. Outros investimentos, menos consideráveis e de procedência civil, têm beneficiado a área do entretenimento que é sustentado pela comercialização de seus próprios produtos desenvolvidos para um grande público que procura diversão. A distribuição destes produtos retorna o capital investido em pouco tempo permitindo o desenvolvimento de novas pesquisas.

Aplicações voltadas para as áreas de arquitetura e urbanismo são normalmente desenvolvidas por instituições educacionais (universidades) ao redor do mundo. São projetos que procuram aplicações úteis para a RV além de estudos sobre interação homem computador. Dentre eles podem ser encontrados desde passeios virtuais e simulações até interação de equipes no desenvolvimento de projetos. Algumas áreas de pesquisa são ambiente urbano, sistemas de informação, processo de projeto, educação entre outras.

Muitos autores como Schmitt (1993), Neil (1996), Novak (1990) e Anders (1994) compartilham a certeza de que a RV deve se tornar em breve uma ferramenta indispensável para o projetista de arquitetura, pois o AV oferece a essência espacial para interação que não é possível de ser alcançada através da mídia 2D.

3.5.1 Aplicação da RV na Arquitetura e Urbanismo

A apropriação da RV para apresentação de modelos 3D proporciona um dinamismo de interação não possível até então. O grau de detalhamento vai

depende do poder de processamento computacional da máquina do usuário, que se for bom, poderá suportar modelos com detalhamento mais apurado. Infelizmente o nível de detalhe que o profissional se habituou a fazer em programas CAAD deve ser reavaliado objetivando otimização do modelo e utilização correta de texturas. Este esforço é recompensado com uma disponibilização mais facilitada do modelo permitindo inclusive maior liberdade de exploração e interação para o usuário.

Desde as aplicações mais simples como ambientes que são explorados através de mouses e teclados, até o uso de capacetes, luvas, e outros equipamentos, as aplicações em RV tem pelo menos um propósito: ser explorada livremente o mais próximo possível do real. Até o mais sofisticado e complexo ambiente de RV tem seu início no modelo tridimensional produzido em softwares CAD, o qual passa por um processo de modelagem, aplicação de texturas, mapas e materiais. De acordo com Bertol (1997) este processo permitirá os seguintes resultados:

- Perspectiva renderizada estática, criada a partir de um modelo aramado;
- Passeio não interativo através de uma animação;
- Passeio interativo através de monitor;
- Passeio interativo em ambiente virtual com periféricos.

Segundo Campbell (1995b) a RV, que já é uma ferramenta bastante utilizada nos procedimentos de projeto, deve ser compreendida baseada nos seguintes aspectos:

- **RV imerssiva ou não-imerssiva** que proporcionam diferentes formas de visualização e análise;
- O **Nível de detalhamento** determinará a qualidade do modelo, mas também determinará a qualidade de interação com o modelo em função do poder de processamento da máquina;
- **Conversores mais facilitados** de modelos 3D para modelos em RV poderiam permitir mais interação ao longo do processo de desenvolvimento do projeto;

- O uso da RV como **ferramenta de apresentação**, ao contrário do que menciona Campbell, não é uma apresentação em vídeo de passeios pré-determinados (*walk-through*). A RV é uma forte ferramenta para se estabelecer um julgamento do projeto partindo do princípio de que é o usuário quem explora o projeto em busca de respostas. Campbell defende o uso de vídeos baseado no tempo de consumo a ser utilizado por cada cliente para fazer seu próprio passeio. No entanto a idéia da RV é a liberdade de exploração do ambiente. Os vídeos devem ser classificados como outra mídia de apresentação pois são limitados.

Dentre as aplicações encontradas na arquitetura e urbanismo encontram-se propostas que normalmente não poderiam ser executadas em ambiente real (ou se pudessem teria um alto grau de dificuldade). A possibilidade de explorar um projeto para avaliação antes de sua execução ganha realismo com a modelagem tridimensional. Na Universidade da Carolina do Norte foi desenvolvida uma aplicação que através de um passeio virtual o usuário pode conhecer o ambiente virtual utilizando para isso dispositivos de imersão compostos por uma esteira de exercício e um capacete de RV (Bertol, 1997). O “*Treadmill*” é uma esteira comum encontrada em academias de ginástica, mas com algumas adaptações para utilização em RV. O aparelho permite ao usuário caminhar em um ambiente em RV sem praticamente sair do lugar, controlar velocidade e direção. Outros dispositivos semelhantes (também chamados de *full-motion interface*) são apresentados por Jung (1999) que descreve quatro tipos de dispositivos que permitem interação através de caminhada física: *treadmills*, *foot followers*, *cybersphere* e *sliding*. O *treadmill* seria o mais simples deles utilizado apenas para caminhadas em AV em apenas uma direção. Os mais complexos permitiriam diferentes posicionamentos e direções durante a caminhada (Figura 11).

A colaboração, que também é objeto de estudo na arquitetura, permite a criação de aplicações que podem ser compartilhadas durante os procedimentos de projeto (Jabi, 1995). Usoh (1999) apresenta um sistema de visualização para desenvolvimento de projeto de grande porte em colaboração

que funciona com ajuda de ‘cinema’ de RV (utilizando grandes telões) e permite a participação de vários usuários para explorar e discutir o projeto. Na área do urbanismo Ingram (1996) propõe princípios de planejamento utilizando RV. O uso de luvas para manipulação de objetos virtuais em projetos de arquitetura é estudado por Stoakley (1995). Seu enfoque é na técnica de interação que o usuário terá para manipulação dos objetos no AV bem como pontos de vista e disponibilização dos comandos.



Figura 11 - Interfaces de imersão a) e b) movimento unidirecional c) movimentação livre

A representação de projetos é um dos objetos de pesquisas para equipamentos como o *Responsive Workbench*. Através do programa “*Architectural Site Plan*” Bertol (1997) demonstra como este equipamento pode ser utilizado para projetos de grande escala urbana. A aplicação, que tem também o propósito de avaliação, funciona como um kit de partes que permite aos arquitetos juntar modelos construídos e partes modeladas.

A realidade virtual aumentada (*augmented reality*) utiliza uma técnica que mistura elementos reais os quais interferem em resultados digitais representados tridimensionalmente. Underkoffler (1999) apresenta uma aplicação em que o urbanista é auxiliado em projetos de grande escala com a representação em tempo real de aspectos de sombreamentos e ventilação, resultados estes gerados através da inserção de edificações (modelos 3D reais) em um ambiente urbano virtual pré-definido. Outras ferramentas utilizadas assistem o projetista com cálculos de distâncias. Outras aplicações

de sombreamento em ambiente virtuais são também estudadas por Slater (1995).

A utilização da RV no urbanismo possibilita avaliar propostas de projeto e simular os possíveis impactos no ambiente urbano já existente. A disponibilização do plano urbano em uma mídia que permite envolvimento mais amplo de profissionais e inclusive da população (State Street Virtual Environment Tool, URL), podendo beneficiar melhorias na qualidade do ambiente construído e gerenciamento da cidade. O *Seattle Commons* é um projeto de simulação do espaço urbano para estudos de planejamento urbano com a proposta de criação de um parque de 61 mil acres a ser conectado a um centro de negócios (Bertol, 1997). Pesquisadores do University College London através do Centro de Análises Espaciais Avançada (CASA) propuseram a utilização da tecnologia de QuickTime VR⁷ como ferramenta de visualização de suporte ao desenvolvimento de projetos urbanos. O projeto utiliza-se de uma variante do QuickTime VR chamado Real VR que permite a construção de mundos virtuais dentro da representação fotográfica e suporta vários usuários interagindo entre si e com os objetos (Dodge, 1997b). O mesmo centro de pesquisa está desenvolvendo sistemas de simulação com GIS (*Geographical Information System*) para criar o modelo da cidade que futuramente será disponibilizado na rede através de simulações de medição do nível de poluição do ar (Dodge, 1999b).

O PANGEA (Penn, 1997) é outro exemplo de aplicação com objetivo de simulação e avaliação, proposto pelo Departamento de Ciências Computacionais da Escola de Arquitetura Bartlett. Através de um programa que permite visualização 3D, desenvolvido para ser de fácil manipulação, é possível obter análises de vários aspectos de projetos complexos através de gráficos e interação 3D. Estes gráficos são atualizados em tempo real se houver alguma modificação no projeto. Através da entrada de dados sobre materiais utilizados

⁷ O QuickTime VR é uma representação de um cenário real através e fotografias tiradas em loco montadas de maneira tal que complete um giro de 360 graus.

são geradas análises e avaliações referentes à iluminação, acústica entre outros.

O uso da RV na representação de centros históricos também tem sido explorado. A reconstrução de centros históricos (arqueológicos ou arquitetônicos), em qualquer estado de conservação (ou desaparecidos), pode ser simulada em RV permitindo a qualquer pessoa a exploração do sítio para fins de pesquisa ou visita sem deslocamento ou danificações destes monumentos. A primeira conferência dedicada à reconstrução e apresentação do patrimônio histórico aconteceu em Bath na Inglaterra em novembro de 1995 (Virtual Heritage'95, URL) devido o crescente número de aplicações desenvolvidas nesta área. Dentre elas destacam-se assentamentos pré-históricos, antigas fortificações militares, cidades medievais, estruturas arquitetônicas destruídas por guerras ou pelo tempo, mobiliário, ornamentos e ferramentas antigas. Uma destas aplicações simula a cidade de Giotto onde o usuário explora a Basílica de São Francisco de Assis. Os afrescos da igreja servem de "link" para outros AVs representando cidades medievais inspiradas pelas visões de Giotto (Bertol, 1997).

É importante destacar que todas estas aplicações tornaram-se possíveis em função das constantes pesquisas realizadas por pessoas ou grupos interessados na descoberta de novas técnicas para procedimentos de projetos ou representação. Em seu livro "Saber ver a arquitetura" Bruno Zevi (1992) questiona o interesse público pelas artes e seus autores. Ele diz que seus interesses não vão além das obras de arte, música e poesias, estando a arte da arquitetura e seus grandes arquitetos em lugar menos destacado. Ele se refere à facilidade do deslocamento de obras de arte para uma mostra ou exposição (música, quadros, objetos de arte) o que seria impossível de ser realizado com o patrimônio arquitetônico. A RV pode suprir as necessidades de um evento desta natureza. Prédios e obras arquitetônicas de certo valor histórico podem ser modelados e programados para serem visitados virtualmente fazendo com que esta arte se torne tão popular quanto os quadros de Van Gogh, Pablo Picasso ou as músicas de Vivaldi e as esculturas de Rodin. A RV aplicada a este tipo de divulgação pode aproximar as pessoas

de uma história mais detalhada e envolvente através de roteiros apropriados como sugere Bruno Zevi (1992):

“O homem médio que visita uma cidade monumental e sente o dever de admirar seus edifícios desloca-se segundo critérios meramente práticos de localização; hoje, visita uma igreja barroca num determinado bairro. Depois uma ruína romana, depois uma praça moderna e uma basílica protocristã. Em seguida, passa para outro setor urbano e, no segundo dia do guia de turismo, volta a se deparar com a mesma mistura de exemplares arquitetônicos estranhos e diferentes. Quantos turistas se propõem visitar hoje todas as igrejas bizantinas, amanhã todos os monumentos renascentistas, depois de amanhã obras modernas?” (Zevi, 1992, pg. 2)

De fato não seria uma opção viável escolher roteiros tão restritos quando uma agenda de viagem não permite tantos deslocamentos. A restrição financeira é outro fator que dificultaria a execução de tais passeios. Este tipo de visita direcionada poderia ser de grande utilidade a alunos, professores, profissionais interessados em viagens de pesquisa e turistas.

3.6 Conclusões

A tecnologia de RV já proporciona uma grande variedade de aplicativos, inclusive na área de arquitetura e urbanismo. As pesquisas continuam propondo novas aplicações com mais frequência e os resultados são absorvidos na medida que os resultados se tornam palpáveis ou os orçamentos permitem. Esta velocidade de apropriação tem crescido bastante, de modo que os novos equipamentos e dispositivos que surgem, aos poucos, se tornam mais acessíveis. As pesquisas que servem de suporte para uma nova etapa desta geração busca soluções por uma interface entre homem e máquina que poderá ser encontrada no uso da RV. Futuramente a RV pode vir a se tornar uma ferramenta de interação essencial para arquitetos, engenheiros e designers durante o processo de desenvolvimento de projetos. Sua utilização, no entanto, depende de equipamentos mais acessíveis e aplicativos mais consistentes.

4 Representação Simulação e Avaliação Utilizando RV

4.1 Introdução

Três aspectos de relevância significativa no desdobramento de projetos são os procedimentos de representação, simulação e avaliação, os quais são utilizados para fins de compreensão do projeto para a obra a ser elaborada e como artifícios para adequar os projetos a diferentes agentes que deverão ser simulados e avaliados. Cabe a este capítulo apresentar os procedimentos mencionados dentro de uma estrutura histórica, buscando sua utilização na área de arquitetura e urbanismo, e o papel da realidade virtual como uma nova tecnologia no auxílio das tarefas referentes a estes procedimentos.

Os processos de representação que vêm sendo utilizados na arquitetura, bem como aqueles que se perderam no tempo por falta de utilização ou pela substituição de uma representação mais aprimorada serão abordados na seção 'Representação'. Alguns destes processos que tiveram seu início no século XV são substituídos por ferramentas que despontam com o aparecimento da computação gráfica. Os novos procedimentos para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos informatizados são derivações dos descobrimentos computacionais que vêm auxiliando e aprimorando uma série de outras áreas onde antigos processos de trabalho são aperfeiçoados e tornam-se mais qualificados.

A simulação permite que diferentes aspectos possam ser analisados para garantir a segurança na execução e uso da edificação. Aspectos de energia, iluminação artificial e natural, desempenho luminoso de sistemas de iluminação zenital, comportamento de estruturas (madeira, concreto ou metálicas) podem ser analisados através de procedimentos laboratoriais, que tornam a tarefa de simulação onerosa e lenta, ou através de modelagem computacional, que surge como mais um meio de assegurar análises rápidas e precisas.

A avaliação segue como procedimento posterior a simulação de modo que sua análise dará lugar a dois tipos de resultados: subjetivo ou objetivo. Este último, por utilizar dados para fins de investigação, torna o resultado mais conclusivo e coerente o que remete a uma avaliação mais segura quando forem utilizados métodos computacionais.

4.2 Representação

A geração de números que representam pontos e pontos que representam imagens é o mapeamento da era computacional referente ao processo e representação. A história das representações pode se resumir, então, no mapeamento de diferentes meios e processos: grafite, tinta, cores e o fósforo ou cristal líquido do monitor.
[Fonte: Traduzido e adaptado de Bertol, 1997]

Muitos procedimentos de projeto utilizados ainda nos tempos de hoje seguem princípios clássicos para a representação e avaliação da formação de idéias. O desenho, forma mais comum de representação, foi sendo aperfeiçoado e adaptado de acordo com o surgimento de novas tecnologias. Por vezes a necessidade era motivação suficiente para o descobrimento de novas alternativas, como aconteceu com o surgimento do lápis⁸. A importância do desenho na arquitetura justifica-se pela necessidade de exposição das idéias espaciais. O desenho, além de documentar o projeto final para implementação posterior, é essencial para a comunicação das idéias que definem o projeto (Gabriel, 1999).

A representação gráfica tem sido utilizada como forma de manifestação do ser humano desde os grafismos feitos por primatas através de inscrições em cavernas, passando por símbolos, alfabetos, até chegar nos dias de hoje com a revolução digital. O aprimoramento da técnica levou o homem a pintar sob telas e desenvolver a perspectiva que permite a representação de espaços e objetos tridimensionais. As mídias utilizadas para as representações 3D, até

⁸ Nicolas Santiago Conte, um retratista que viveu na França, sentiu a necessidade de criar uma nova ferramenta de desenho quando em 1796, por causa de uma guerra com a Inglaterra, não era possível encontrar grafite. Ele inventou o lápis através de uma mistura de pó de grafite e argila derretida aplicada num canal feito no interior de um pedaço de madeira de cedro. O próprio retratista numerou: 1, 2 e 3 de acordo com o grau de dureza da grafite.

hoje, foram bidimensionais, ou seja, papel, telas, paredes e outros meios semelhantes. Desde então o homem criou um fascínio pela representação do espaço de forma envolvente, o que o levou a estudar os processos da visão e desenvolver máquinas que simulassem o mundo real.

A descoberta do estereoscópio e da máquina fotográfica foram os primeiros passos para chegarmos nos tempos modernos onde os hologramas e os mundos digitais proporcionam simulações quase perfeitas. A necessidade de comunicação levou o homem a improvisar, criar e desenvolver técnicas de representação e apresentação prevendo a disseminação de informações e do conhecimento.

Hoje os computadores se destacam pela capacidade de representação de espaços ou objetos tridimensionalmente, seja através de programas CAD ou da RV. A holografia é também uma forma de representação tridimensional levada a conhecimento do público através de filmes de ficção científica. A importância destes métodos é a representação em três dimensões e a interatividade disponível que se faz necessária, cada vez mais, nos dias de hoje. As descobertas constantes e a preocupação com o aprimoramento dos métodos representativos provam a necessidade que o homem tem de se comunicar através de gráficos, sejam estes imagens ou cenários tridimensionais.

Das áreas beneficiadas pelos avanços tecnológicos destacam-se a arquitetura e a engenharia, que vêm otimizando seus processos de projeto desde a produção até as apresentações. Para isso são utilizadas ferramentas ligadas à computação gráfica. Estamos vivendo uma época em que não é mais *uma imagem que vale mais de mil palavras*, mas sim um ambiente tridimensional, principalmente se houver algum tipo de interação com o mesmo.

Alguns procedimentos de representação estão cedendo lugar à RV devido seu poder de interação e imersão. Junto à Internet a RV ganha ainda mais espaço permitindo o compartilhamento de informações e o envolvimento de comunidades em ambientes virtuais. Os métodos de representação descobertos pelo homem transmitem uma referência espacial através de

gráficos, tendo evoluído na mesma proporção em que o homem necessitava de melhorias para a representação do espaço tridimensional.

4.2.1 Considerações Sobre a Representação

Os métodos representativos utilizados no desenvolvimento de projetos arquitetônicos surgiram da necessidade de se representar da melhor maneira possível o maior número de informações que caracterizam ambientes ou elementos tridimensionais. Uma boa representação tridimensional é um forte instrumento para auxiliar a compreensão espacial, principalmente quando o público a que se destina o projeto trata-se de pessoas que possuem dificuldades de compreender (ou imaginar) espaços e elementos 3D. Ao contrário dos arquitetos e engenheiros, que costumam pensar tridimensionalmente, a maioria destas pessoas sente dificuldades para espacializar mentalmente desenhos representados bidimensionalmente. O desenvolvimento de técnicas e ferramentas para simulação de espaços 3D foi uma saída encontrada para uma melhor comunicação destes projetos.

Dentre os mais antigos métodos representativos, de larga utilização, o desenho é o que se faz mais presente. Maria Bernadete Teixeira da Escola de Design da Universidade do Estado de Minas Gerais menciona que as pinturas contam histórias de várias gerações, sejam elas gravadas em pedras, telas ou murais, são antigos meios de comunicar impressões subjetivas e sentimentos sem o uso da palavra. O ditado *“uma imagem vale mais que mil palavras”* evidencia o desenho como uma forma de expressão independente e de efeito.

As maquetes, sempre muito utilizadas como objeto de representação na arquitetura, vão além do processo ilustrativo e dão ao espectador o poder de analisar o modelo em todas as suas dimensões de forma generalizada. Sua escala reduzida oferece ao usuário mais liberdade de avaliação do que os estáticos desenhos que oferecem pontos de vista limitados.

O desenho que se manifesta nas mais diversas formas é o resultado final da aplicação de diferentes técnicas. A representação tridimensional

através do desenho foi bastante explorada por muitos estudiosos onde foram estabelecidas bases para o desenvolvimento de técnicas de representação realísticas como o *Trompe L'oeil* (Bertol, 1997) e os afrescos do século XV. Novos procedimentos e técnicas trouxeram mais liberdade e realismo para a observação de imagens. A fotografia, o perspectógrafo, a câmara escura ou mesmo o estereoscópio, desenvolvido em 1883, promoveram revoluções e serviram de impulso para o descobrimento de novas técnicas de representação visual do espaço ou objeto tridimensional (Felix, 1996). O cinema também desponta como forma de representação e gera ainda mais liberdade para apresentações arquitetônicas. A imagem em movimento permite uma melhor compreensão do espaço.

O desenvolvimento de novas técnicas está associado à situação tecnológica de cada época fazendo com que a evolução e renovação de técnicas e ferramentas ao longo dos séculos proporcionem mais conforto e agilidade aos processos de representação. Este aperfeiçoamento surge mais intensamente com o aparecimento da computação gráfica.

AS TRÊS DIREÇÕES

Vivemos em um mundo tridimensional e o que vemos diante de nossos olhos possui altura, largura e profundidade física (Wong, 1995). A presença dos eixos de direção na matemática (geometria analítica e álgebra linear) é necessária para o desenvolvimento de cálculos e resolução de problemas no espaço. No desenho a perspectiva se utiliza destas direções para determinar profundidade e ilusões espaciais. Estes eixos ou vetores ($x : y : z$) representam largura, altura e profundidade. A representação bidimensional utiliza apenas os eixos x e y que determinam as direções horizontal e vertical. Normalmente é difícil avaliar níveis de profundidade em imagens bidimensionais que utilizam apenas dois eixos. Mas a distância entre objetos, seus tamanhos e textura (Cohen, 1986) podem fornecer dicas sobre posicionamento no plano z que sugere a profundidade do espaço ou do objeto representando.

PERSPECTIVA

As primeiras técnicas utilizadas para criação de perspectivas foram desenvolvidas por artistas e matemáticos renascentistas. Albrecht Durer representou algumas destas técnicas em pinturas e esculturas com detalhe e precisão (Pedoe, 1976). Seu trabalho apresenta dispositivos que ilustram técnicas de medidas para desenvolvimento de desenhos de pessoas ou objetos que teriam sido apropriados como tecnologia de ponta para a época buscando uma representação acurada da visão do artista.

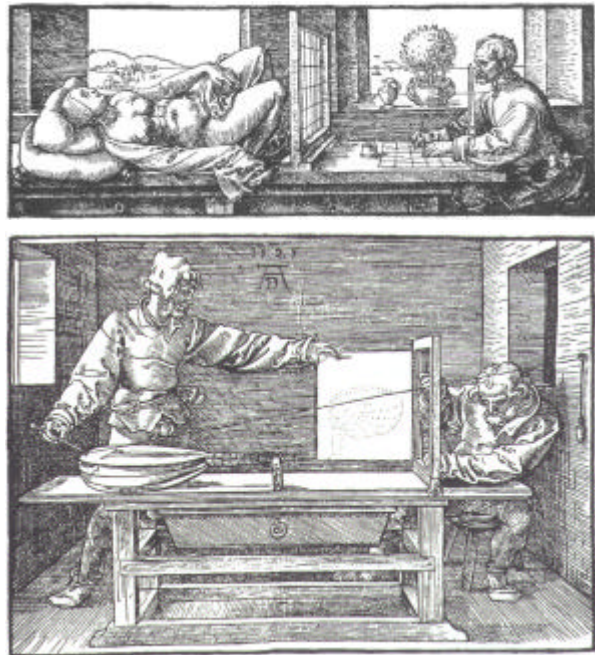


Figura 12 - Técnicas de perspectiva representadas por Albrecht Durer a) Janela com malha de apoio b) Cordão para referência de pontos

A técnica de *grids* (Figura 12.a), representada por uma janela provida de uma malha quadriculada, foi uma destas técnicas a ser utilizada por muitos artistas como forma de transferência do cenário, ou o que seria pintado na tela. Este método permite que o olho do observador esteja fixo para que possam ser determinados os pontos da imagem a ser representada em uma placa de vidro dividida por uma malha fixa entre o artista e o objeto de pintura. Posteriormente este desenho poderá ser transferido para um painel ou folha de desenho utilizando um sistema correspondente de divisão da malha, obtendo um retrato aproximadamente correto.

A Figura 12.b apresenta uma técnica que consiste em transferir a imagem gradualmente para uma superfície de desenho através do uso de um cordão (ou linha), fixado à parede com um peso, e um pino localizado no outro extremo do cordão. Uma estrutura de madeira com o auxílio de outros dois cordões móveis em ângulo reto são colocados entre o pino e o ponto fixo na parede servindo de referência para os pontos a serem tomados durante a

localização do pino no objeto. A localização do cordão determina a posição daquele ponto no desenho (com o auxílio dos dois cordões móveis) que será feito em uma folha de papel conectada à estrutura de madeira por eixo de rotação.

TROMPE L'OEIL

Desenvolvida a partir dos modelos matemáticos euclidianos, a perspectiva tornou-se, sem dúvida, a transformação do ambiente real em abstrato sem a perda de detalhes que se fazem necessários para uma melhor compreensão espacial. A perspectiva é uma representação bidimensional por meio da qual tenta-se mostrar ao observador os detalhes de uma cena real. O aprimoramento da técnica levou ao surgimento do *Trompe L'oeil* que ainda é capaz de iludir o espectador pelo realismo de seu resultado. Durante o século XV esta teria sido a técnica de 'RV' utilizada para promover representações realísticas (Bertol, 1997).

Esta técnica, que do francês significa “enganar o olho”, ilustra paredes, murais e tetos criando uma ilusão de extensão do real (ou mesmo irreal), utilizada muitas vezes quando não existe possibilidade ou condições para a edificação real (Bertol, 1997). O *Trompe L'oeil* teve seu início no final do século XV e dentre as primeiras obras desenvolvidas naquele período encontra-se o coro de San Satiro em Milão. Projetado por Donato Bramante o trabalho produzia um efeito exagerado, mesmo se visto do ponto exato de observação.

A ilusão provocada pela técnica contempla um único ponto de vista no qual o espectador deverá estar posicionado para observar a cena com o devido grau de realismo. Um deslocamento por parte do observador pode comprometer a ilusão criada pela pintura. Uma abordagem tradicional para executar o *Trompe L'oeil* em tetos, por exemplo, é utilizar como ponto focal o meio da sala, onde o observador encontra-se olhando para cima em linha reta (Figura 13.b). A ampliação espacial de pequenos espaços normalmente utiliza o ponto de vista do usuário que entra no ambiente. A exemplo situa-se o Palazzo Farnese (Figura 13.a e 13.c) em Caprarola na Itália, projetado por Antonio de

Sangallo e Jacopo Barozzi da Vignola⁹ e construído na segunda metade do século XVI (Bertol, 1997).



Figura 13 – a) Ferdinando Galli Bibliena: Santa Maria del Serraglio, Parma; b) Pallazo Farnese: Camera dell’Aurora c) Pallazo Farnese: Sala de Giove (Bertol, 1997)

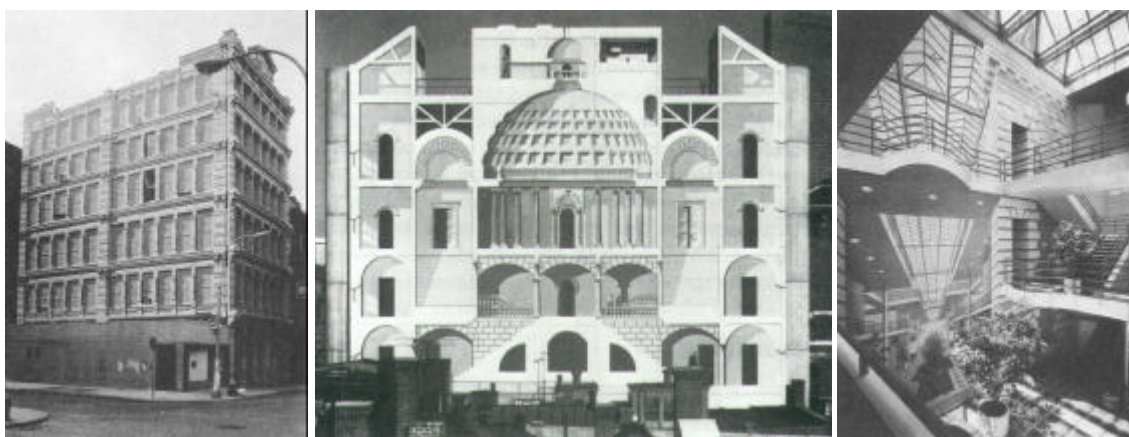


Figura 14 - Richard Haas: a) 112 Prince Street Facade, New York (1975); b) West Facade, Boston Architectural Center (1977); c) Atrium, mericith Communication Headquarters, Des Moines (1981)

A técnica do *trompe L’oeil* é ainda muito utilizada como recurso de ilusão. Richard Haas é um artista contemporâneo que traz aos ambientes urbanos, principalmente americano, uma opção de reforma sem mudanças estruturais de prédios e edifícios (Figura 14, Figura 15, Figura 16). Seus

⁹ A maioria de suas pinturas foram executadas por Vignola e Taddeo Zuccari.

murais integram-se à situação urbana local através de fachadas em estilo antigo, continuação do ritmo de fachadas ou ousando na criação de elementos inesperados. Esta técnica é aplicada principalmente em paredes cegas de edificações antigas e que não se adaptam ao conjunto urbano. Esta técnica que também é chamada de Murs Peints é igualmente encontrada em Lyon na França (Figura 17, Figura 18), como forma de expressão decorativa ou de sinalização. Uma destas obras foi produzida para facilitar o acesso ao hotel “Le Cours des Loges” (Figura 17) que representa uma pessoa indicando o caminho para o hotel (Gambier, 1999).

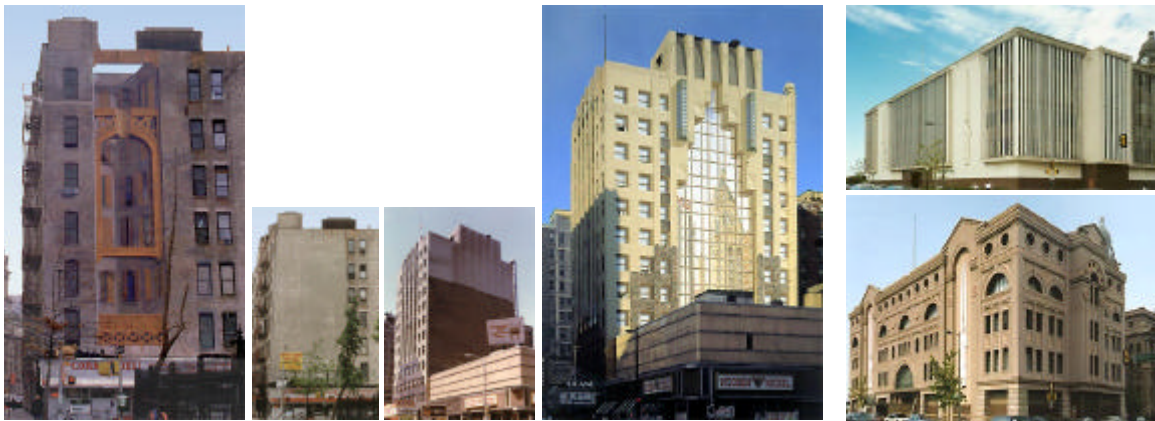


Figura 15 - Richard Hass: a) Absolute New York (não existe mais), New York City, (1996); b) Centre Theater, Milwaukee WI, (1981) c) Tarrant County Civil Court House Annex, Fort Worth TX, (1988)



Figura 16 - Richard Hass: a) Gateway to the Waterfront, Warburton Ave. & Main Street Yonkers NY Funded by Downtown Waterfront Development Corporation, 1996; b) Fountainbleu Hotel, Miami Beach FL, 1986

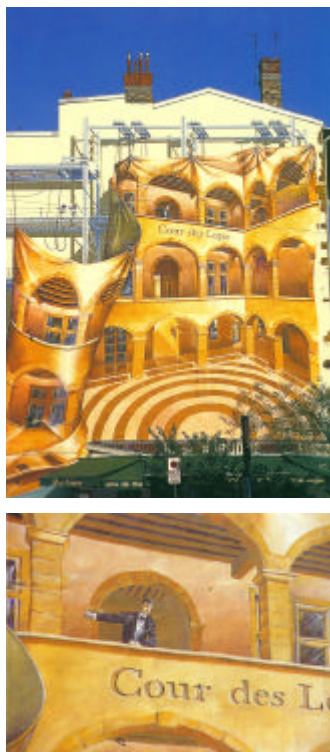


Figura 17 - Le Cours des Loges, Concepção/Realização Mur'Art, 1998: mural e detalhe (Gambier, 1999)



Figura 18 - Afresco por Gerland, 18, Rue Pierre de Coubertin. Concepção e realização Cité de la Création. 1998, 250 m2 (Gambier, 1999)

FOTOGRAFIA

A fotografia, que também serve como forma de representação do espaço, expressa com realismo o mundo tridimensional. Utilizada como elemento de divulgação, recordação ou arquivo, a fotografia é muito utilizada por arquitetos como documentação inicial para desenvolvimento de projetos (fotos de terrenos) ou como modelo final de representação de projetos concluídos. A utilização de material fotográfico para simular inserções de projetos no ambiente urbano não é uma técnica nova. O aprimoramento desta técnica dependeu também do aparecimento de máquinas xerográficas coloridas que possibilitam o trabalho de colagem. Auxiliado pela computação gráfica este procedimento passou a ser ainda mais utilizado incrementando inclusive o grau de realismo no resultado dos trabalhos graças ao poder de manipulação das imagens. A fotografia é o meio estático que mais satisfaz o

sentido da visão. O movimento de imagens será satisfeito através de filmes (cinema / TV) ou através da RV que permite a livre interação do espectador.

ARQUITETURA

Na arquitetura a necessidade do desenho aparece desde a primeira etapa de desenvolvimento do projeto. As primeiras idéias tomam forma a partir de traços e linhas que compõe um desenho inicial, abrindo espaço para o desenrolar do projeto que é representado por desenhos que caracterizam o conjunto de documentos de um projeto. Os desenhos determinam espaços internos, externos e elementos de construção que são representados por planos diferenciados e escalas adequadas que permitem avaliação do modelo e análise plástica do projeto. A documentação é feita através de plantas baixas, elevações, fachadas, cortes, perspectivas, croquis entre outros. Perspectivas e croquis são as representações tridimensionais do conjunto de idéias geradas pelo projetista, mas que serão apresentadas a partir de um determinado ponto de vista escolhido pelo projetista, o que impossibilita ao usuário (cliente) conhecer, tridimensionalmente, outros ângulos do projeto.

COMPUTAÇÃO GRÁFICA

Os tradicionais desenhos de representação utilizados na arquitetura continuam sendo os mesmos. No desenvolvimento de projetos arquitetônicos ou urbanísticos as primeiras idéias são sempre lançadas a partir de uma folha de papel e um lápis, para posteriormente serem desenvolvidas em escalas, maquetes ou perspectivas. O uso de programas CAAD, no entanto oferecem uma representação gráfica padrão e de fácil modificação. Equipamentos auxiliares permitem que as tradicionais técnicas de desenho permaneçam presentes no processo de representação. A caneta digital (Bertol, 1997) toma o lugar da lapiseira fazendo com que as linhas traçadas sobre uma mesa apropriada (*Tablet*) sejam digitalmente armazenadas. A representação 3D permite a criação de inúmeras perspectivas a partir de uma única maquete.

Mas apesar de toda facilidade proposta pelo uso de programas CAAD muitos profissionais não se sentem encorajados a iniciarem um processo de modernização (Sanders, 1996). Talvez por ser o desenho ainda a forma mais rápida de se comunicar espacialmente, pois basta uma folha de papel e uma lapiseira ou um galho e um chão de terra.

4.2.2 Breve Histórico Sobre as Representações Gráficas

As inscrições em cavernas deram início ao processo de representação gráfica durante a era paleolítica. Em seguida aparecem imagens mais elaboradas como as pinturas sacras perto do nascimento de Cristo, abrindo espaço para a criação da perspectiva no século XV e a chegada da computação gráfica ainda neste século. Outros aspectos de interesse representativo que evoluíram na mesma proporção foram técnicas manufaturadas de instrumentos de caça, objetos de arte e utensílios em geral beneficiados, principalmente, pela era industrial. Paralelamente a arquitetura e as engenharias eram favorecidas em seus processos de projetos e representações a cada nova descoberta.

Mas além das técnicas e ferramentas utilizadas para representação, um fato curioso é o procedimento humano de interpretação e representação. O homem paleolítico preocupava-se em contar sua vida cotidiana através de inscrições em paredes de cavernas que eram representadas de acordo com sua lembrança do que teria visto naquele dia: contornos e cores. Não havia técnica de profundidade ou perspectiva restringindo a representação à um desenho bidimensional. Este processo acontece de modo semelhante com crianças que se expressam através de linhas e cores com vistas frontais ou laterais. Com o passar dos tempos o homem percebeu a importância do desenho como forma de expressão e passou a se dedicar ao aprimoramento dos detalhes como cores, escala e profundidade. Quanto maior o grau de detalhamento maior seria a representação da realidade (Cheyne, 1998). Para isso seria necessário o aperfeiçoamento de técnicas e ferramentas. A

matemática Euclidiana ofereceu subsídios para o desenvolvimento da perspectiva, que proporcionou a arte da representação através de linhas, formas, cores, volumes e profundidade (Zevi, 1992).

A revolução industrial e as duas grandes guerras serviram como uma alavanca para o desenvolvimento de novas tecnologias, novas técnicas de trabalho, novo estilo de vida, de pensamento. As primeiras pesquisas realizadas com gráficos computacionais aconteceram no final da década de 40. As primeiras pesquisas buscavam apenas a representação de pontos luminosos em monitores utilizando lâmpadas. Em 1960 Steven Coons desenvolve técnicas de gráficos computacionais para descrever superfícies e em 1963 apresenta um esboço das exigências para sistemas CAD, influenciando os primeiros trabalhos em CAD. A contribuição de Ivan Sutherland para o desenvolvimento de ferramentas gráficas é resultado de uma série de técnicas de computação gráfica programadas por ele e que até hoje são utilizadas (Fallon, 1998):

- Opção que mostra uma linha ou arco esticando, encolhendo ou voltando à posição inicial;
- "*Snap to end point*" permite ao usuário prender a linha, arco ou outro elemento ao ponto final exato de outro elemento gráfico;
- Cópia de informações que facilitam o reuso; e
- "*Geometric constraints*" que permitem a criação precisa de elementos: verticais, horizontais, perpendiculares, paralelos, linha em círculos e linhas de mesmo comprimento.

A revolução do computador pessoal aconteceu em meados da década de 70 junto com o início da comercialização de softwares CAD que eram produzidos por arquitetos e engenheiros. Nesta década Donald P. Greenburg¹⁰ desenvolveu uma animação 3D com um modelo em modo *shade*, revolucionando o processo de apresentação 3D *wireframe*. A disponibilização

¹⁰ Greenburg é da Cornell University College of Art, Architecture and Planning onde realizou esta pesquisa em cooperação com o laboratório de simulação visual da General Electric.

da técnica viria a ser possível na década de 80 quando monitores com imagens colorida e opaca tornaram-se disponíveis e largamente utilizados. Em meados da década de 80 já havia uma grande variedade de produtos CAD comerciais oferecidos a vários preços (Fallon, 1998).

4.2.3 A representação na Arquitetura e Urbanismo

“O método de representação dos edifícios que encontramos aplicados na maioria das histórias de arte e da arquitetura serve-se de: a) plantas, b) elevações e cortes ou seções, c) fotografias. Já afirmamos que, isoladamente e no seu conjunto, esses instrumentos são incapazes de representar completamente o espaço arquitetônico...”
(Zevi, 1992, pg. 30)

O desenho como forma de representação de projetos arquitetônicos ainda é muito importante (Achten, 1997), pois sua presença será exigida como elemento de consulta constante para o processo de elaboração da obra. O conjunto de desenhos é composto por projeções ortogonais (plantas baixa, cortes e seções), perspectiva, croquis, maquetes e até fotografias. Seu objetivo principal é esclarecer espaços, distribuições e volumetrias, além de apresentar detalhes de construção, elementos decorativos entre outras informações. Para esclarecer cada uma destas formas de representação são descritas a seguir as principais técnicas de desenvolvimento de um projeto.

Croquis - O croqui ou um zoneamento de espaços é normalmente o que precede um projeto, ambos lançados a partir de ferramentas que permitem a produção do desenho, como lápis, lapiseiras e folhas ou blocos de papel. Estas idéias precedem o desenvolvimento de uma planta baixa e estudos de volumetria, que devem ser lapidados ao longo do projeto.

Planta Baixa - A planta baixa é definida após o zoneamento das áreas principais do projeto, ganhando então dimensões e escalas apropriadas às necessidades do projeto. Tem o objetivo de organizar o espaço de forma clara e coerente para ocupação futura. Uma planta baixa pode conter muitas informações, mas nunca representará todos os elementos espaciais

necessários para uma completa compreensão. Elementos como desníveis, escadas, vazios entre outros podem não ser claramente identificados. Desenhos complementares (fachadas e cortes) auxiliarão a compreensão espacial. Mas de acordo com Zevi (1992) a compreensão será feita de forma imaginativa e pobre em detalhes. Ele diz que *“a planta baixa é considerada pela maioria dos arquitetos como um objeto de profundo valor artístico, mesmo não sendo por si só suficiente”*. Seus desenhos não representam um modelo tridimensional, e a compreensão espacial é feita de forma imaginativa a partir de um desenho abstrato. Zevi reforça dizendo que *“as plantas são abstratas, pois estão completamente fora de todas as concretas experiências visuais de um edifício”*.

Cortes e Fachadas - As fachadas e cortes são elementos que definem a terceira dimensão do projeto, porém ainda representadas em um único plano – vertical. Este plano possui uma quantidade de elementos ainda mais abstratos, pois, mesmo quando devidamente representados, pouco sugerem sobre sua volumetria ou relevo. Dois exemplos propostos por Zevi (1992) caracterizam a pouca expressividade das fachadas:

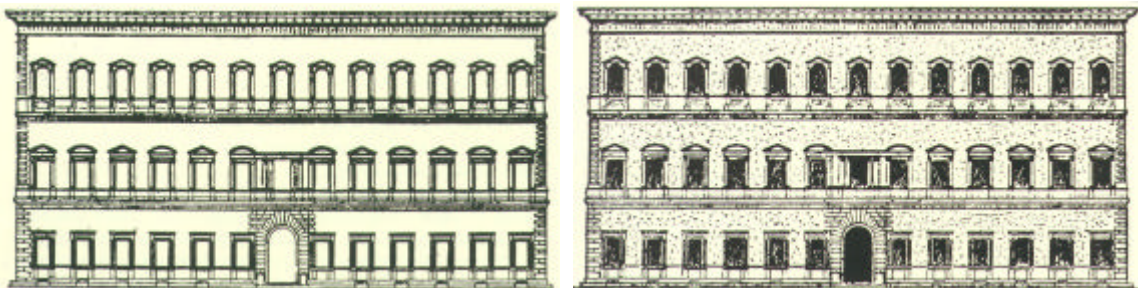


Figura 19 - Fachada Palazzo Farnese (Zevi, 1992): a) representação simples; b) Representação detalhada

a) O Palazzo Farnese¹¹ tem sua fachada representada de forma mural, mas exhibe problemas de representação. Segundo Zevi (1992), o desenho não exprime a diferente consistência e o diferente grau de permeabilidade à luz dos

¹¹ Obra de Antonio de Sangallo e Miguel Ângelo localizada em Roma. Desenho de Letarouilly (1515-1530).

materiais como reboco, pedra, vidro e vazios. A representação ignora o problema, igualando materiais e equiparando uma parede lisa com os vãos das janelas (Figura 19.a). Portanto para que haja uma certa coerência de interpretação é necessário que o desenho seja produzido com fidelidade de materiais e de geometria, fazendo com que as formas do edifício estejam bem destacadas na representação do desenho (Figura 19.b).

b) Entretanto a representação pode ser ainda mais expressiva. Frank Lloyd Wright ao representar a Casa da Cascata¹², necessitou ressaltar o jogo de volumes que parecem transgredir as leis da gravidade, proposto no projeto, através de um desenho que permitisse sua compreensão (Figura 20). Uma simples fachada não seria suficiente para esclarecer sua volumetria (Figura 20.a). A solução encontrada então foi uma representação bidimensional do conjunto volumétrico através do uso de sombras nos cheios e vazios (Figura 20.b) (Zevi, 1992).

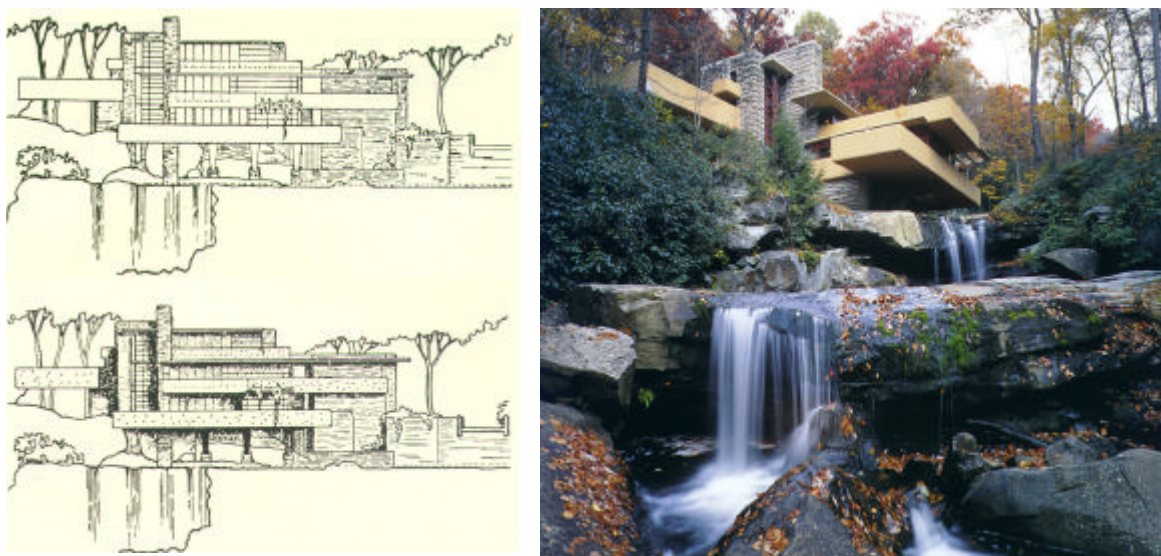


Figura 20 - Falling Water por Frank Lloyd Wright: a) Fachada sem detalhes (Zevi, 1992) b) Fachada com detalhes (Zevi, 1992) c) Fotografia da Falling Water (Thiel-Siling, 1998)

Maquetes - Produzidas com madeira balsa, papelão, cola, pó de serragem entre outros, este tipo de representação física está perdendo lugar para os modelos digitais. As maquetes evidenciam o conjunto volumétrico da edificação

¹² Falling Water, Frank Lloyd Wright, Bear Run, Pensilvânia (1936)

e servem para estudos de insolação e ventilação. Em projetos urbanísticos, as maquetes auxiliam na compreensão do conjunto de elementos formadores do espaço urbano da cidade.

Fotografia - A fotografia também é um forte método de representação na arquitetura. Entretanto sua utilização é quase restrita às obras construídas, na forma de divulgação ou conservação que se faz necessária nos dias de hoje. Por vezes sua utilização também serve nas montagens de imagens com obras ainda não construídas inseridas dentro de um panorama real. Este método é utilizado no marketing ou em estudos de impacto. Este tipo de aplicação vem sendo desenvolvido com mais força após o aparecimento da computação gráfica, que através de softwares específicos tem tornado este trabalho mais fácil e com um resultado final de maior qualidade.

REPRESENTAÇÃO DIGITAL

A diversidade das ferramentas CAAD oferece modelos variados de representação que compreendem diferentes grupos de projetos: arquitetônico ou urbanístico. Estas ferramentas permitem desenhos de projetos estruturais, elétricos, hidráulicos e de decoração que são apresentados bidimensionalmente como é de costume. A representação tridimensional, no entanto, ganha espaço com a utilização da RV, principalmente através do VRML. O desempenho desta tecnologia proporciona uma clareza de compreensão maior do que os procedimentos tradicionais, pois permite ao usuário um modelo de interação livre com a maquete digital. Esta liberdade de interação não seria possível se a maquete digital gerasse apenas animações (filmes) ou perspectivas pré-definidas (imagem estática). Estes aspectos que não são possíveis nas maquetes artesanais ou nos desenhos em perspectivas, tradicionalmente utilizados para representar um projeto, ilustram e esclarecem com mais facilidade as idéias que formam o projeto arquitetônico ou urbanístico. O desenvolvedor de uma maquete digital deve prever o tipo de produto final para representação, o que o conduzirá no processo de

modelagem. O Quadro 7 apresenta as diferenças a serem consideradas durante este processo.

	Limitação	Características	Utilização
Maquete digital	Não permite interação com cenário ou objetos; Não permite passeio livre pelo modelo;	Permite a aplicação de texturas, materiais e mapas complexos; Permite ótimo detalhamento do modelo; Permite a produção de animações realísticas;	Produção de imagens, perspectivas, animações e vídeos fotorrealísticos;
Maquete digital para RV de baixo custo	Ainda não permite um modelo fotorrealístico; O detalhamento do modelo deve ser simplificado com pequena quantidade de polígonos;	Permite programação de atividades no AV; Permite exploração e manipulação por usuários não experientes; Permite caminhos predefinidos em forma de animações;	Exploração livre do modelo Interação com elementos do cenário Interação com outras pessoas

Quadro 7- Maquete digital x RV

Os programas utilizados para modelagem são muitos e nem sempre seus formatos são compatíveis. Softwares utilizados para a produção das plantas técnicas que devem ser enviadas para a obra não são recomendados para o desenvolvimento de um modelo. Por isso é bom que haja conhecimento das ferramentas de trabalho que integram o conjunto de trabalho do escritório, evitando a duplicação de serviços com ferramentas distintas ou o desgaste na procura por meios de integração de arquivos incompatíveis. Estes programas que permitem a criação de projetos desde plantas até sua volumetria variam de empresa, interface e recursos de representação.

Em sua maioria, os programas permitem que as mesmas linhas de uma planta baixa sirvam para a construção da maquete 3D. Alguns softwares muito utilizados em escritórios de arquitetura são AutoCad da Autodesk, MicroStation da Bentley, MiniCad da Diehl Graphsoft e Archicad da Graphisoft. Cada programa possui uma peculiaridade, como o AutoCad que possui recursos para a produção de desenhos técnicos como as plantas baixa, cortes, fachadas e detalhamentos em escalas diferenciadas, e o 3DStudio Max (Kinetix) direcionado à modelagem tridimensional e aplicação de texturas. A modelagem feita no AutoCad é simples, não sendo possível detalhes fotorrealísticos como o uso de texturas. O 3DStudio Max já não é recomendado para apresentações

de desenhos bidimensionais como plantas, cortes e fachadas, mas ele permite um resultado fotorrealístico através de projetos de iluminação, aplicação de texturas correspondentes ao material real, além de produzir animações, definir parâmetros para RV e exportar o modelo para VRML.

A escolha do software para representação do projeto poderá ter restrições como número de ferramentas disponíveis e uso de plataforma operacional. O Quadro 8 apresenta alguns softwares e as plataformas operacionais que suportam estas ferramentas. Dentre elas o Windows é a plataforma mais utilizada, uma vez que a maioria dos usuários de microcomputadores possui um PC (*Personal Computer*) como ferramenta de trabalho.

Software	Empresa	Plataforma
Softimage 3D	Microsoft	1, 2, 3,4
3DStudio	AutoDesk – Kinetix	6
3DStudio Max	AutoDesk – Kinetix	1, 3
Light Wave 3D	Newtek	1, 2, 3, 4, 5, 6
3Design Alias Wavefront	Alias Wavefront/SGI	3
1. Windows NT Intel 2.Windows NT Alpha 3. Windows 95 4. Irix 5. Solaris 6. DOS		

Quadro 8 - Resumo dos softwares de modelagem 3D e plataformas operacionais (Luz, 1997)

A falta de processadores gráficos para determinadas tarefas hoje em dia, como é o caso da RV, exige que antes da produção de um modelo 3D sejam definidas as intenções de uso do futuro modelo. Esta decisão fará com que o modelo seja desenvolvido para um fim específico, que pode ser uma animação de um modelo realístico (com texturas e detalhes bem definidos) ou modelo para uso com RV (que exige um grau de detalhamento simples – otimização do modelo - para que possa ser utilizado em tempo real com o melhor desempenho possível em equipamentos de baixo custo).

4.2.4 Representação e RV

A maquete eletrônica possibilita a compreensão espacial das representações de planta baixa, corte e perspectiva que se encontravam no

papel e não permitiam qualquer tipo de interação. Sistemas de RV podem permitir explorações e interações como abrir e fechar portas e janelas, inclusão ou troca de móveis e alterações de elementos estruturais em tempo real. Na construção civil estes sistemas podem permitir análise de estrutura com apresentação de gráficos e reações físicas, além de permitir visualizações de instalações elétrica e hidráulica que não se encontram aparentes em obra finalizada ou em maquetes tradicionais.

O uso da RV não se restringe às representações de projetos e é muito utilizada na reprodução do patrimônio histórico através de multimídias ou pela rede Internet. A representação de centros históricos serve como instrumento de avaliação para teorias baseadas em levantamentos técnicos por historiadores e como objeto de instrução e educação pela preservação do patrimônio histórico que pode ser visitado de forma virtual. Esta tecnologia pode também conservar características em estado de degradação de prédios históricos, prevendo uma futura recuperação do patrimônio. A RV pode servir como ferramenta de conscientização pela importância da preservação da história.

MAQUETE DIGITAL

Uma das grandes vantagens dos modelos digitais é a substituição de uma ou duas perspectivas produzidas à mão por uma série delas. Considerando os dois profissionais com boas habilidades para suas tarefas (desenho e modelagem) os resultados seriam gerados no mesmo período de tempo, o que torna o serviço de modelagem mais vantajoso que os desenhos produzidos à mão.

A digitalização de dados e o agrupamento dos mesmos através de um ou vários programas possibilita a materialização digital de espaços e objetos. A modelagem é um trabalho que é desenvolvido como um jogo de memória onde as peças se encaixam aos poucos, e derivam quase sempre de formas puras como cubos, cilindros, esferas ou prismas. O modelador deve ter uma visão espacial bem definida do objeto de modelagem além de um plano de trabalho para o desenvolvimento do modelo. Este aspecto se faz ainda mais importante

quando o modelo digital se destina à RV, pois economizará tempo de modelagem e número de vértices no modelo. A produção da maquete digital será apenas o primeiro passo para a criação de diferentes objetos de representação como perspectivas variadas e animações.

Aspectos de ambientação são ajustados após conclusão da modelagem. Analogamente, um modelo concluído é um projeto edificado em ambiente inóspito sem elementos de iluminação, por exemplo. A inserção de luzes permitirá simulação da luz solar, lunar ou artificial. Texturas e reflexos acrescentam realismo ao modelo.

A maquete eletrônica faz com que a perspectiva renascentista perca espaço para a tridimensionalidade interativa. Servindo tanto ao profissional quanto ao cliente, os projetos visualizados e explorados em RV, são vistos com mais atenção, capacitando o cliente a argumentar com mais segurança. De acordo com Sanders a apropriação da tecnologia computacional também contribuiu para que o cliente se tornasse mais exigente na escolha do profissional (Sanders, 1996). A abordagem do profissional também tem sido mais cautelosa, pois o cliente, já preparado pela mídia, espera por serviços mais atualizados.

REPRESENTAÇÃO A DISTÂNCIA

Ainda melhor que experimentar a obra virtualmente e poder visitá-la sem se deslocar de casa até o escritório do profissional contratado. A Internet que tem aproximado cliente e profissional integra a comodidade do trabalho a distância e a disponibilidade de ferramentas de apresentação virtual. A maquete em RV é disponibilizada em formato VRML e pode ser explorada a qualquer momento de qualquer lugar do mundo. Os serviços são prestados de forma virtual, através de dados digitais e a distância. Esta prática que está se tornando cada vez mais comum é chamada de teletrabalho¹³ onde a interação

¹³ O conceito, criado por Jack Nilles em 1974, tem suas primeiras iniciativas datadas na década de cinqüenta. Nilles argumenta que o teletrabalho é a diminuição do deslocamento necessário para a realização do trabalho que pode ser realizado a domicílio alguns dias por semana (Nilles, 1997). A incorporação de novas ferramentas como correios, rádio, televisão, telefone e hoje a Internet permitem a realização do trabalho e a interação entre empresa, cliente e (Continua)

entre profissional e cliente pode acontecer de várias maneiras utilizando ferramenta de colaboração. Estas ferramentas são destinadas ao envio e recebimento de dados relacionados ao trabalho, recursos de apresentação através do VRML, *chats* e videoconferências utilizando web-câmeras.

Este tipo de abordagem oferece um novo modelo para venda e acompanhamento de projetos sem a necessidade de reuniões físicas, devido à facilidade cada vez maior na transferência de dados pela rede. O desenvolvimento do projeto pode ser facilitado mesmo que não haja contato pessoal (Sanders, 1996). Os primeiros contatos podem acontecer da seguinte forma:

Cliente ⇒ **Profissional**: através do *website* do profissional (que tomou conhecimento por acaso, por mala direta via e-mail, ou outra fonte);

Profissional ⇒ **Cliente**: recebimento de e-mail direto do cliente ou por meio de questionários disponibilizados no *website*, a serem preenchidos pelo cliente para que seja traçado um perfil pessoal objetivando o futuro projeto.

REALISMO NAS REPRESENTAÇÕES

A computação gráfica abriu espaço para a representação de maquetes virtuais que logo em seguida foram exportadas para ambientes virtuais onde poderiam ser exploradas em tempo real com o auxílio da RV. A representação destes espaços tridimensionais virtuais tem sido aprimorada conforme a evolução nos processamentos gráficos e disponibilização de novas ferramentas. Pesquisadores de RV buscam uma representação em tempo real semelhante aos *renders* fotorrealísticos de programas 3D que utilizam grande poder de processamento para renderizar uma única imagem.

O monitor é o veículo mais utilizado como meio de visualização, mas com o auxílio de equipamentos de estereoscopia é possível incrementar a

profissional. Os deslocamentos casa-organização (em parte ou em sua totalidade) são substituídos pelo uso da tecnologia da informação (Kugelmass, 1996; Simon, 1996). Este tipo de atividade permite a expansão da oferta de mercado forçando uma melhor qualidade nos serviços prestados, uma vez que a concorrência se torna global (Davidow, 1993).

visualização tridimensional. A união da estereoscopia e das mesas de trabalho (*workbench*) possibilita uma visualização dinâmica que substitui de forma compensadora os procedimentos de representação através de maquetes tradicionais. O único detalhe que não a torna real é o fato de não possuir massa física, que torna a técnica dependente do uso de dispositivos apropriados para a interação.

Mas a representação destes AV não se limita a forma visual e depende também de dispositivos de interação que proporcionem uma imersão mais realística para o usuário. Um grande número de periféricos como capacetes, luvas e roupas com sensores podem provocar estas sensações de imersão aumentando também o grau de cognição do usuário. Luvas apropriadas podem permitir o toque e retornar reações físicas através de estímulos sinestésicos.

4.3 Simulação

“...a forma que você utiliza uma simulação depende do efeito que se deseja através da manipulação do modelo computacional, almejando por uma experiência direta ou uma observação externa. (...) O tipo de simulação que cria um modelo matemático (...) é uma ferramenta cognitiva para ajudar as pessoas na compreensão de sistemas complexos.” (Rheingold, 1991, pg. 212)

Aplicações de simulação em RV utilizam regras do mundo real no ambiente virtual para fins de avaliações comportamentais de determinados aspectos de projeto. A técnica pode ser aplicada em projetos arquitetônicos de pequeno ou grande porte (avaliando aspectos de iluminação, ventilação ou fluxos) ou empreendimentos urbanos de qualquer escala (antecipando resultados de apropriação do espaço projetado ou prevendo o crescimento da cidade e suas adaptações às mudanças). Na preservação do patrimônio histórico a simulação beneficia os processos de restauração e conservação, levantamentos técnicos e arquivamento de dados. A disponibilização destas informações na rede Internet pode ainda servir como opção para o turismo virtual.

A previsão de usos e comportamentos através da simulação oferece maior qualidade nos projetos executados, pois é possível verificação das

propostas antes da execução e retificação do projeto quando necessário. Várias simulações podem ser feitas mesmo sem a necessidade de um modelo digital, utilizando somente dados 2D como plantas baixas ou cortes. Entretanto existirão análises que exigirão o uso de modelos espaciais para diagnósticos mais apurados.

Alguns programas comerciais já permitem simulações específicas, como é o caso do 3DStudio que permite simulações solares baseadas em dados como longitude e latitude (influenciando a posição global do objeto de simulação) e dia e hora (influenciando a posição solar em determinada estação do ano). Entretanto este programa é mais voltado para profissionais especializados na tarefa de modelagem. A disponibilidade de aplicativos de simulação ainda é pequena, e o uso da RV como ferramenta de simulação ainda funciona em caráter de exclusividade, com aplicações destinadas a um único problema.

4.3.1 Procedimentos tradicionais

Procedimentos tradicionais de simulação dependem, normalmente, de equipamentos ou dispositivos delicados e de manipulação complexa. Laboratórios como Labsisco (LabCisco-Arq, URL) e Labcon (Solarscópio - LabCon-Arq, URL), do departamento de arquitetura da UFSC, utilizam equipamentos físicos para simulações de elementos associados ao conforto térmico, lumínico e acústico (Figura 21). A análise de um brise, por exemplo, pode verificar aspectos de incidência de radiação solar e iluminação natural que podem sugerir medidas de redução no consumo de energia. Os resultados colhidos com a utilização destes equipamentos de simulação são demorados e por vezes imprecisos. Estes equipamentos exigem custos com manutenção, reposição de materiais além de espaço físico de armazenamento, inibindo (e por vezes impossibilitando) o emprego dos mesmos por profissionais ou alunos.

“De fato, as variáveis ambientais e sua ação periódica sobre o ambiente construído não são usualmente consideradas na devida forma pelo arquiteto, apesar da extrema importância. Frequentemente, isso se deve ao fato dos processos físicos, associados a estas variáveis, serem de difícil descrição, exigindo a capacitação do arquiteto em métodos modernos de análise e a familiarização com equipamentos que o possibilite parametrizar corretamente seu projeto”. (Pereira, 1996, pg. 1)

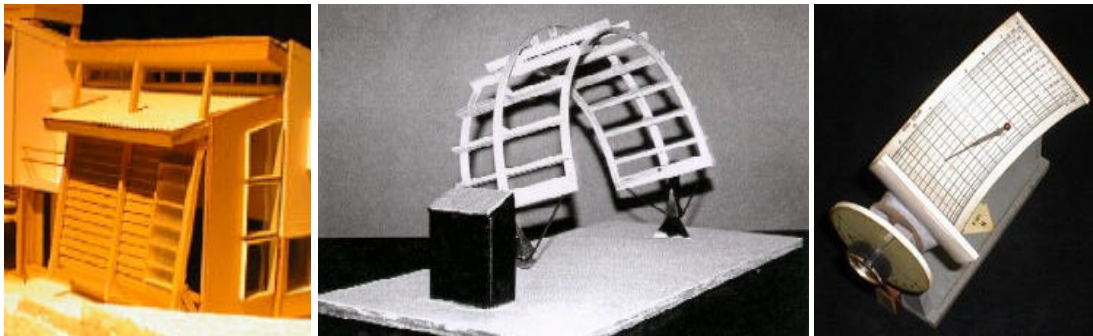


Figura 21 - a) Simulação com solarscópio (Solarscópio - LabCon-Arq, URL) b) Solarscópio (Solarscópio - LabCon-Arq, URL) c) Relógio de Sol (Relógio de Sol - LabCon-Arq, URL)

De acordo com Hillier (1996) simulação significa examinar as várias limitações de aspectos estruturais, de energia, iluminação, ventos, acústica e assuntos sociais que refletem nas configurações sociais. A adequação de técnicas para o projeto arquitetônico e urbanístico, segundo Hillier, podem ser utilizadas como suporte para a experimentação e simulação do projeto.

Com a possibilidade de obter resultados mais acurados e em menor tempo, novos procedimentos computacionais são desenvolvidos e rapidamente apropriados para uso em simulações. Segundo Hui (1998) estas ferramentas de simulação podem ser utilizadas para:

- Avaliação de opções de projetos e investigação para otimização de projetos;
- Facilitar a investigação de novas idéias;
- Verificações de acordo com códigos de energia de prédios;
- Performance de análise econômica para determinar medidas de impacto de energia.

Os três tipos mais comuns de aplicações computacionais encontrados para aplicação em projetos de arquitetura, segundo Hui (1998), são: 1)

simulação de aspectos de energia em prédios 2) simulações de iluminação artificial e natural, e 3) simulações de aspectos relacionados ao sistema solar.

Para Major e Stonor (1997) a modelagem computacional, embora estática e restrita a respostas de entradas predeterminadas do projeto, é um importante meio para a compreensão de suas propostas de projetos antes de sua construção. As pesquisas sugerem os mais variados procedimentos de simulação computacional, como a de Cabús (1997) que apresenta uma proposta de análise do desempenho luminoso de sistemas de iluminação zenital. Entretanto poucas pesquisas estabelecem relações diretas com a tecnologia de RV, mas sistemas isolados e não comerciais já podem ser encontrados.

4.3.2 Simulação com RV

A arquitetura física é projetada e construída para gerar lugares com significados nos quais a sociedade possa viver e interagir (Campbell, 1996). O *cyberspace*¹⁴, onde são armazenados os modelos virtuais, não apresenta objetos físicos, mas permite interações com o ambiente e entre usuários. De acordo com Novak (1990) e Campbell (1996) o *cyberspace* também “é” e “possui” arquitetura, além de sugerir uma metáfora da arquitetura física. De acordo com Anders (1994) a metáfora arquitetônica do *cyberspace* valida o trabalho de projeto, pois remete dicas de orientação e estrutura visual as quais permitem compreender informações abstratas através de relações e hierarquias. Esta validação acontece em função da simulação que sugere respostas às informações abstratas propostas pelo projetista.

De acordo com Bertol (1997) a primeira simulação na arquitetura foi representada através de uma pintura em perspectiva na renascença por Bramante. Devido o pequeno espaço disponível para construção de um coro ele utilizou uma perspectiva em afresco para representá-lo. O primeiro protótipo

¹⁴ O termo, sugerido por William Gibson em seu livro “Neuromancer” (1984), descreve um universo virtual compartilhado também chamados de ambientes colaborativos (CVE : Collaborative Virtual Environment).O espaço virtual é ocupado por um ou mais seres humanos e gerenciado por computadores.

de simulação utilizando RV com tecnologia computacional foi desenvolvido para a área militar. O simulador de vôo, que serve para o treinamento de pilotos, promove maior desenvoltura nas tarefas realizadas pelo piloto e evita eventuais prejuízos financeiros causados às aeronaves reais. A partir de então novas pesquisas sugeririam diversos aplicativos de simulação em áreas distintas.

Uma das primeiras simulações na área de arquitetura seria proposta em 1972. Um cenário urbano virtual (Figura 22) permitiria a interação do usuário em tempo real através dos movimentos de seu corpo controlando o acendimento e o apagar das luzes dos prédios que compunham o *skyline* de Nova York (Bertol, 1997). A partir de então novos aplicativos de simulação na área da arquitetura beneficiariam as validações de projetos além de contribuírem constantemente para pesquisas em áreas relacionadas.

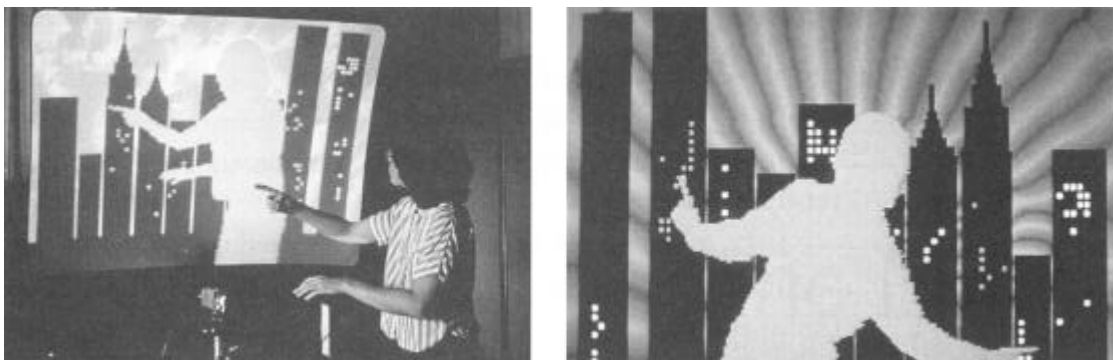


Figura 22 - Aplicação que permite ao usuário acender as luzes da cidade em tempo real (Bertol, 1997)

Na educação a simulação auxilia nos processos de ensino laboratoriais, que podem também permitir a colaboração de alunos e professores durante os procedimentos de experiências. A colaboração neste caso permite o envolvimento de alunos e professores fisicamente distantes. Experimentos que simulam o comportamento de estruturas (madeira, concreto ou metálicas) ou aspectos do conforto ambiental anteriormente mencionado podem ser compreendidos através de tentativas ilimitadas em AV e respostas realísticas. Uma proposta de uso da RV no ensino de arquitetura é apresentada por Keller (1999) como ferramenta de suporte ao ensino da geometria espacial. Utilizando

também procedimentos de colaboração e ensino a distância, Yeung (1998) propõe um ambiente virtual de aprendizado chamado "*Virtual Classroom for Architecture*" baseado em tecnologia RV (VRML), Internet, Java e *JavaScript*. Outros autores como Dede (1998) e Pantelidis (1997) pesquisam aspectos relacionados ao uso da RV como ferramenta educacional e suas implicações no processo cognitivo.

Passeios virtuais por patrimônios históricos através de aplicações em RV promovem a divulgação do patrimônio e a conscientização pela preservação (Rebello, 1998) (Pollefeys, 1998), permitindo inclusive o acesso de deficientes físicos em edificações que não podem sofrer modificações. Já a simulação permite análises de restaurações, intervenções e especulações teóricas sobre a história do patrimônio. Algumas leis e documentos (Carta de Veneza, URL; Carta do Restauo, URL; Pathways to Preservation, URL) que estabelecem normas para a recuperação de patrimônios exigem soluções de intervenções coerentes com a situação urbana ou do próprio prédio, resgatando ao máximo suas características originais. Através de simulações de RV é possível especular propostas evitando eventuais equívocos que acarretariam na perda das características históricas do monumento. A utilização da RV é vista por alguns autores também como veículo de informação (Dave, 1998), onde a representação do patrimônio, além da exploração interativa, acompanha uma narrativa histórica.

Técnicas de fotogrametria são utilizadas como um rápido e apurado método para modelagem tridimensional nos projetos de patrimônio histórico. A modelagem combina o uso de fotografias e programas CAD que produzem os modelos tridimensionais para trabalhos de pesquisadores das áreas de arquitetura, urbanismo, arqueologia, antropologia entre outros.

QTVR é outra tecnologia utilizada como forma de representação do ambiente construído e que também é considerada RV (Thwaites, 1998). O Quick Time VR é uma técnica que permite representar o ambiente real (interno ou externo) através de montagem fotográfica em 360°. Ao contrário da RV o ambiente não é modelado e não existe liberdade de interação com o ambiente, apenas visualização panorâmica (360°) do ambiente real fotografado. Esta

tecnologia possibilita apenas o reconhecimento do ambiente construído para fins de estudo visual ou de exploração restrita.

Uma das preocupações dos pesquisadores de RV é a utilização de modelos 3D como forma de simulação dependente do projeto final. Major e Stonor (1997) argumentam que frequentemente o projeto é finalizado para então ser verificado computacionalmente, o que faz com que a modelagem computacional sirva como um produto final do processo de projeto ao invés de caracterizar uma peça integrante na tomada de decisão. Como forma de proporcionar dinamicidade e interatividade durante os processos de projeto os autores apresentam uma proposta que, segundo eles, serviria de base para uma nova geração de ferramentas computacionais e que seria baseada na sintaxe do espaço. Esta técnica promoveria resultados em tempo real ao longo do processo de projeto abordando aspectos do desenvolvimento urbano, comercial e residencial, análises de ocupação do espaço, aspectos ligados ao comércio e de ordem criminal além de ambientes de trabalho, laser, cultura e saúde.

4.4 Avaliação

*“Como jamais terão lugar (ou cabeças..) para abrirem seus mapas em escala 1:1, serão obrigados a fazer análises de estruturas arbitrárias e toscamente estabelecidas.”
(Santos, 1988, pg. 46)*

Um método forçoso de avaliação de um projeto é a experiência de uso onde podem ser detectadas falhas por necessidades não consideradas em projeto ou pela não execução de parte do projeto. A correção destas falhas, no entanto, pode ser onerosa e causar transtornos, o que indica a necessidade de avaliações pré-construção para um melhor conforto de espaços e de ambiente.

Muitas áreas da arquitetura e urbanismo utilizam procedimentos de avaliação objetivando o melhor conforto do homem. Os projetos demandam análises de iluminação, ventilação, sistemas construtivos (estruturas, resistência e desempenho de materiais), evolução urbana (transformação, uso e ocupação do solo), saída de emergência, habitação popular, aberturas

(acústica, iluminação natural), entre muitos outros. No entanto, pequenos projetos nem sempre sofrem avaliações, talvez por se tratarem de exercícios repetitivos onde as mesmas teorias são aplicadas com frequência. Neste caso dificilmente ocorrerão avaliações que dependam de maquetes artesanais e/ou equipamentos especiais, pois como foi esclarecido na seção sobre simulação, a dificuldade e o trabalho dos procedimentos podem impedir ou dificultar a avaliação.

A utilização da RV como ferramenta de avaliação aproveita os benefícios da interação em tempo real e o grau de realismo em que coloca o projeto, além é claro da possibilidade de armazenar dados de referência para avaliação automatiza. Além dos aspectos de conforto ambiental anteriormente descritos, os procedimentos de avaliação são igualmente importantes em projetos de planejamento urbano. De acordo com Segre (1988) o planejamento urbano é feito para a comunidade, o que deveria torná-la envolvida nos procedimentos de avaliação. O crescimento urbano exige constante reestruturação de seus espaços e planos diretores que são exaustivamente discutidos por planejadores e políticos, mas com pouca participação da população.

4.4.1 Procedimentos de avaliação

Os procedimentos de avaliação de projetos arquitetônicos ou urbanísticos utilizados até hoje partem de teorias sobre a aplicação de determinada técnica, cálculo ou baseado em simulações 3D através de maquetes reais, o que acarretam em procedimentos morosos e distantes do processo de desenvolvimento do projeto. Este fato incentiva a busca por novas técnicas de avaliação que se adaptam constantemente à disponibilidade de tecnologias. As últimas novidades são técnicas computacionais que vem proporcionando mais agilidade e confiança nos resultados das avaliações. São programas ou aplicações que promovem avaliações de um único critério ou conjunto deles o que reflete numa maior qualidade de execução dos projetos.

O uso computacional no processo de avaliação pode ser baseado em sistemas de simulação anteriormente descrito.

O termo avaliação pode gerar dois tipos de resultados: **subjetivo** (formado pelas idéias ou preferências pessoais e individuais que sugere um resultado baseado no grau de apreciação ou estima referente ao objeto em julgamento) ou **objetivo** (que apresenta um resultado determinado por regras estabelecidas). O resultado **subjetivo é normalmente utilizado como forma especulativa** e baseado em observações, relatos e conjetura ou hipótese teóricas, não possuindo fundamentos estatísticos. O resultado **objetivo utiliza dados** de qualquer tipo para fins de investigação tornando o resultado mais conclusivo e coerente. Alguns tipos de dados que podem ser citados são fotodocumentação, fundamentos teóricos bem estabelecidos, tabelas, levantamentos entre outros.

Estes tipos de dados podem ser utilizados no processo de avaliação computacional, onde resultados conclusivos podem ser gerados de forma lógica ou analítica. A validade dos resultados gerados pelos sistemas computacionais dependerá da estrutura de regras determinadas para avaliação. Assim como em um jogo que as regras, as estratégias, as táticas e os objetivos são empregados para determinar o vencedor (Terzidis, 1992b), a avaliação computacional necessita do mesmo conjunto de opções para gerar um resultado de avaliação consistente.

Os atuais procedimentos de avaliação computacional podem estar disponíveis nas mesmas simulações de aspectos de energia, de iluminações artificiais, naturais ou do sistema solar, anteriormente descrito por Hui (1998).

A informatização dos procedimentos de projeto facilita o número de informações digitais a serem disponibilizadas para avaliações. A geração de maquetes eletrônicas reserva mais tempo para tarefas que eram suprimidas com os tradicionais métodos de representação de maquetes. Sanders (1996) cita que o tempo de produção de projetos, considerando desenvolvimento esquemático, do projeto e construção da documentação (Figura 23), é igual para ambos métodos de produção: tradicional ou computacional, mas ele não considera os procedimentos de avaliação que podem ser otimizados com a

criação da documentação digital. A simulação destes dados em conjunto com ferramentas de interação (como a RV) pode proporcionar dinamicidade nos resultados das avaliações. Mas enquanto as aplicações de RV não marcam presença no mercado outros aplicativos são utilizados como ferramentas de avaliação.

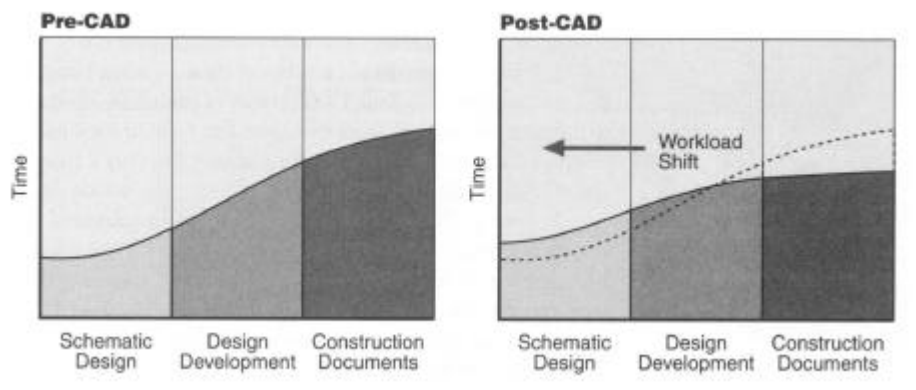


Figura 23 - Volume de trabalho x tempo de trabalho (Sanders, 1996)

Aspectos luminosos baseados em insolação e radiação solar podem ser avaliados através de modelos desenvolvidos em software específicos como o 3DStudio Max que simula o percurso do sol durante qualquer época do ano. As interações com estes modelos permitem avaliações rápidas e práticas. Graziano (1999) utiliza-se desta técnica para avaliar a iluminação natural de um espaço de trabalho. Embora o procedimento não represente uma aplicação em RV ele exhibe resultados baseados em fatores externos reais, pois são utilizados recursos 3D para simulação de condições físicas que trabalham com variáveis reais.

A investigação da iluminação natural para uma agência bancária foi feita com base em um dia de céu claro, às 15:00h do dia 21 de Junho (Figura 24). O resultado que demonstra a avaliação apresenta valores satisfatórios do nível de iluminação natural alcançado para grande parte da edificação, excluindo-se as áreas de guichês que indicaram um valor de 20(lux). A agência bancária conta com um conjunto de 80 (oitenta) lâmpadas fluorescentes instaladas, as quais perfazem um consumo estimado de 4500W/h. A simulação da iluminação

artificial considerou, no entanto, o acionamento de apenas 36 lâmpadas (~2250W/h) o que indica que seria garantido aos guichês um índice de aproximadamente 900(lux) sem a necessidade do acionamento de todas as lâmpadas.

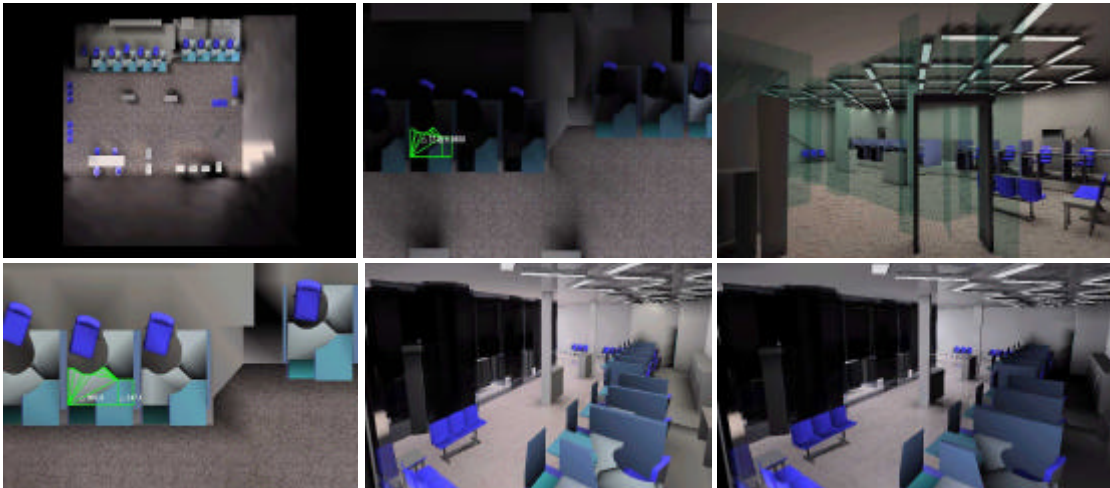


Figura 24 - Simulação da iluminação de um banco (Graziano, 1999)

4.4.2 Avaliando com RV

A representação da realidade através de artifícios que possam reproduzir cenários ou ambientes aguçando pelo menos um dos cinco sentidos é o que faz desta ferramenta um modelo rico nos procedimentos de avaliação, ao contrário do que acontece com os tradicionais métodos de representação. Uma de suas grandes qualidades é a interação possível durante o processo de avaliação pré ou pós-ocupação de projetos de qualquer categoria. Mas a exploração desta tecnologia tem empregado equipamentos caros e de grande porte como capacetes, *workbenchs* e *CAVEs*. De acordo com Henry (1993) o atual estado da tecnologia de RV pode ajudar profissionais e clientes com avaliações mais acuradas de características espaciais devido à similaridade de percepção entre o espaço real e virtual. Henry concluiu em sua pesquisa que o uso de capacetes estéreos para visualização permite uma avaliação acurada da relação espacial do projeto, utilizando para isso uma porção de avaliação

subjetiva. Outras pesquisas apontam a utilização do *CAVE* mais efetiva do que computadores pessoais tipo desktop na comunicação da informação sobre aspectos visuais e espaciais relacionados com o projeto de interiores (Lee, 1998).

As muitas aplicações que utilizam RV como ferramenta de apoio são projetos de pesquisa que, de modo geral, utilizam equipamentos de alto custo. Mas empresas interessadas em facilitar ao cliente a compreensão de projetos utilizam-se de tais equipamentos para realizar avaliações antes que riscos financeiros sejam tomados. A Mike Rosen & Associates (Neil, 1996) utiliza a imersão e a interatividade oferecida pela tecnologia de RV para dar mais subsídios e acelerar os processos de avaliação para os envolvidos no processo (indústria de construção, clientes e integrantes de comitês de avaliação). A empresa acredita que uma das mais difíceis tarefas é fazer compreensível a visão espacial concebida em projeto pelo arquiteto, o que torna a RV a ferramenta certa de comunicação entre projetista e cliente. Além mantê-lo envolvido no processo de visualização, o cliente pode interagir em processos como mudanças de cor, texturas, materiais, iluminação e mobiliário.

A *University College London* (UCL) possui um centro para análises espaciais avançada (Centre for Advanced Spatial Analysis – CASA, URL) e desenvolve projetos que buscam aplicações das tecnologias computacionais em áreas ligadas à geografia, espaço, locação e ambiente construído. Estes projetos envolvem GIS, softwares de arquitetura, análises espaciais, simulações, metodologias de planejamento e suporte de decisão. O objetivo das aplicações desenvolvidas por este centro é atender a um público que utiliza a Internet através de visualizadores VRML para a visualização de projetos (Dodge, 1997a; Dodge, 1999a).

De acordo com Campbell (1995b) a RV provou ser uma ferramenta favorável nas várias fases do projeto. A avaliação, que consiste de um processo interativo no qual as propostas de projeto são apresentadas para aprovação, dará sequência aos detalhamentos de projeto e produção de documentos. Projetos contemporâneos ou históricos (re)construídos em

ambientes virtuais poderão, de acordo com Campbell, promover a disseminação de idéias de projeto para avaliações críticas e educacionais.

O PLANEJAMENTO URBANO EM ESCALA NATURAL

Elementos que servem de objetos de estudo no desenvolvimento de projetos urbanos são (Santos, 1988): estrutura geográfica urbana; infraestrutura e equipamentos urbanos; serviços urbanos; perímetro urbano; quarteirão, lotes e ruas; formas de ocupação; leis que regem normas e procedimentos de projetos. A estrutura destes espaços, que é determinada por projetos de implantação que dão início ou continuação aos processos de ocupação e apropriação do espaço, é analisada e avaliada por um grande conjunto de pessoas pertencentes a diversos setores da sociedade. As regras que administram o agrupamento destes elementos, de acordo com Santos (1988), podem ser analogamente comparadas a um jogo de cartas.

“O jogo urbano se joga sobre um sítio determinado que é a sua “mesa”. Aí se juntam parceiros que se enfrentam segundo os grupos e filiações a que pertençam. Há os políticos, técnicos e funcionários que representam o governo. Aqui, é preciso distinguir de que nível de governo se trata, pois sobre as cidades intervêm agentes federais, estaduais e municipais. Existem as empresas que agem através de investimentos na indústria, no comércio, e nos serviços, com especial destaque para o capital ligado aos ramos imobiliário e da construção civil, cujas ações têm reflexos diretos no meio urbano. Por fim entra a população, fragmentada nos mais diversos grupos. (vizinhança, filiação política e religiosa, profissão, parentesco, afinidades...)” (Santos, 1999, pg. 50)

Com tantos fatores envolvidos no processo de avaliação a utilização de ferramentas computacionais atenderia ao propósito de análise decorrente de regras estabelecidas para resultados objetivos. A previsão de situações através de simulações baseada em regras serve para o levantamento de premissas e critérios que levam a soluções e resultados personalizados. Uma ferramenta que reúna todos os requisitos legais de avaliação pode servir inclusive na aprovação de projetos por órgãos responsáveis (Rebelo, 1999a).

A inserção de cada projeto aprovado em uma base de dados promove subsídios para uma constante atualização do sistema, que visualizada tridimensionalmente, pode permitir melhores distribuições de elementos e

volumetrias que formam o espaço urbano (May, 1997). Esta é uma forma de controlar tanto o crescimento urbano quanto planilhas de orçamentos municipais. As avaliações pré-ocupação e pré-construção evitam débitos financeiros nos caixas de prefeituras e governos.

A disponibilização na rede Internet permite o envolvimento da população na formação da cidade, pois como usuário ela pode participar com mais liberdade dos processos de transformação da cidade. A partir de interações virtuais, os projetos podem ser analisados pelos que irão usufruir o espaço urbano, promovendo a participação da população na avaliação de projetos (Rebelo, 1999a).

4.5 Conclusões

Em 1970 Negroponte (1970) identificou um fracasso na arquitetura moderna, particularmente no planejamento urbano, devido à dificuldade de assimilação do conjunto de aspectos necessários para o desenvolvimento de um projeto, obrigando o projetista lembrar de todos os detalhes de modo simultâneo. Considerando esta deficiência como fato inerente ao ser humano Negroponte propôs vários trabalhos computacionais munidos de sistemas inteligentes para auxílio nos procedimentos de projeto do profissional, muitos deles auxiliariam os processos gráficos de representação.

As ferramentas que se multiplicam a cada mês são capazes de otimizar o processo de produção de projetos quando bem utilizadas. Mas afinal quais os tipos de apresentações são possíveis através da computação gráfica? O desenho na forma digital e algumas derivações desta técnica podem ser criados a partir de programas CAAD. Estes programas permitem a criação de desenhos de forma vetorial e com medidas precisas. A produção de um único desenho permite que este seja apresentado em várias escalas. As linhas de um primeiro desenho, como uma planta baixa, auxiliarão na construção de outros desenhos como cortes e fachadas.

Outra característica que torna a ferramenta computacional um aliado dos arquitetos é a utilização de um mesmo desenho para o desenvolvimento de seus complementares como hidráulico, sanitário e elétrico. Existem programas que permitem quantificar e orçar a obra sem a necessidade de outros profissionais. Mas um dos maiores êxitos da tecnologia computacional é a modelagem 3D, que permitiu uma compreensão espacial mais realista do que as maquetes tradicionais. A RV proporciona representações mais consistentes e interativas fazendo com que os espectadores participem de forma dinâmica e interativa da apresentação.

A representação de projetos através da RV vem sendo aprimorada de acordo com o avanço da tecnologia em hardwares e softwares. Mas outras aplicações desta tecnologia podem ser encontradas na forma de treinamento, demonstrações, simulações, entretenimento entre outras.

A simulação, que normalmente busca uma representação fiel do ambiente real, possui um impacto relevante em análises pré-construção ou pré-ocupação. Os benefícios deste procedimento em projetos de arquitetura são aqueles que promovem otimização e velocidade na geração de resultados para níveis de segurança e conforto. A substituição de equipamentos tradicionais ainda é pequena, mas os poucos resultados já obtidos com o uso da tecnologia de RV refletem um interesse crescente no desenvolvimento de novas aplicações. A interatividade com dados e o retorno rápido de resultados tornam os procedimentos de análises mais objetivos e substanciais.

A utilização de ferramentas informatizadas de avaliação já encontrou seu espaço junto aos atuais procedimentos de projeto. A tecnologia de RV no entanto, busca por soluções de baixo custo para que haja maior apropriação de suas ferramentas. A constatação da otimização dos serviços e qualidade de resultados nos procedimentos de avaliação com RV é fato. Agora resta esperar a difusão desta tecnologia e com ela o aparecimento de mais aplicativos para a simplificação das tarefas de avaliação.

5 Projeto Oscar Niemeyer Vida e Obra

“Resolvendo em grande parte os problemas da representação de três dimensões, e por isso os problemas da pintura e da escultura, a fotografia cumpre a importante missão de reproduzir fielmente tudo o que existe de bidimensional na arquitetura, ou seja, todo o edifício menos a sua essência espacial.” (Zevi, 1992, pg. 49)

5.1 Introdução

Dentre os campos de utilização da RV na arquitetura e urbanismo apresentados neste projeto, a representação é o destaque do software multimídia que apresenta a vida e obra do arquiteto Oscar Niemeyer. Este CD-ROM, que utiliza uma forma dinâmica e interativa de explorar a vida e obra deste arquiteto, é composto de mídias de textos, imagens, vídeos e RV. A RV permite que o usuário possa explorar a maquete digital, sem restrições de acesso, aumentando o grau de cognição nem sempre esclarecido nas imagens e croquis.

O projeto surgiu de uma parceria entre os governos da França e Brasil com interesse na transferência de tecnologias entre os dois países. O acordo entre as instituições INSA de Lyon e o LRV através do Programa de Pesquisa Internacional (PPI) e que também envolveu duas empresas (a brasileira ‘Atlântica Multimídia’ e a francesa ‘Sofft Industrie’) contou com a participação decisiva do Ministério da Cultura e Tecnologia (MCT) como financiador do projeto. Visando a cultura, a tecnologia e a arquitetura, a colaboração franco-brasileira só foi possível mediante a união de indústrias, ministérios, fundação e especialistas com interesse na divulgação da obra e vida do Arquiteto em CD-ROM, utilizando para isso o recurso de RV como elemento diferencial.

O CD-ROM foi desenvolvido pelo LRV que coletou os dados de referência do arquiteto, produziu roteiros, interface, modelagens e programação. As etapas de produção do software “Niemeyer Vida e Obra” serão apresentadas a seguir.

5.2 O software e seu desenvolvimento

O projeto, que ambiciona o desenvolvimento de uma coleção de alto padrão sobre arquitetura, urbanismo e patrimônio histórico, tem como etapa inicial o desenvolvimento do CD-ROM “Oscar Niemeyer, Vida e Obra”. O CD-ROM reuniria material sobre a vida do arquiteto brasileiro bem como dez de suas obras mais importantes apresentadas em RV.

A primeira etapa do projeto, concluída com uma obra, demonstra a viabilidade do uso da RV de baixo custo em softwares multimídia. A tecnologia utilizada nesta etapa consiste de multimídia (textos, imagens e vídeos), RV (representação tridimensional) e o uso da Internet (como meio de resgate de informações). O LRV possui *know-how* para o desenvolvimento destas tecnologias, as quais serão repetidas e esclarecidas nas demais etapas de desenvolvimento do projeto. No entanto cabe ressaltar que a RV, apesar de datar da década de 60, é considerada nova aplicada a produtos multimídia de baixo custo.

O modelo 3D desenvolvido nesta primeira etapa apresenta o Museu de Arte Contemporânea (MAC) de Niterói com o maior grau de detalhamento possível. Além do passeio virtual o software oferece uma componente que permite o resgate pela Internet de exposições que acontecem no museu. O componente 2D do CD-ROM consiste de documento sobre a vida e obra do arquiteto, apresentados no formato multimídia já mencionado. A adaptação do modelo em RV ao multimídia 2D determina a viabilidade do produto proposto.

5.2.1 Primeiros passos do desenvolvimento

A divisão “VIDA e OBRA” foi feita ainda no início do desenvolvimento do software como forma de apresentação geral do conteúdo do CD-ROM. Desta maneira o usuário pode direcionar sua pesquisa já no início do software. Isto possibilitou a criação de uma estrutura base em forma de fluxograma que permitiu a produção dos conteúdos e uma maior compreensão da sua navegação para a equipe de desenvolvimento. Esta proposta, que tornou mais

simples a produção do CD-ROM, foi integrada ao software em forma de mapa de navegação possibilitando ao usuário uma maior compreensão visual da estrutura do software (Figura 25). Como forma de atender as expectativas dos possíveis usuários, foi feita uma pesquisa através de uma análise de requisitos. Estes requisitos levaram em conta a disponibilização de conteúdo e a presença de uma maquete em RV.

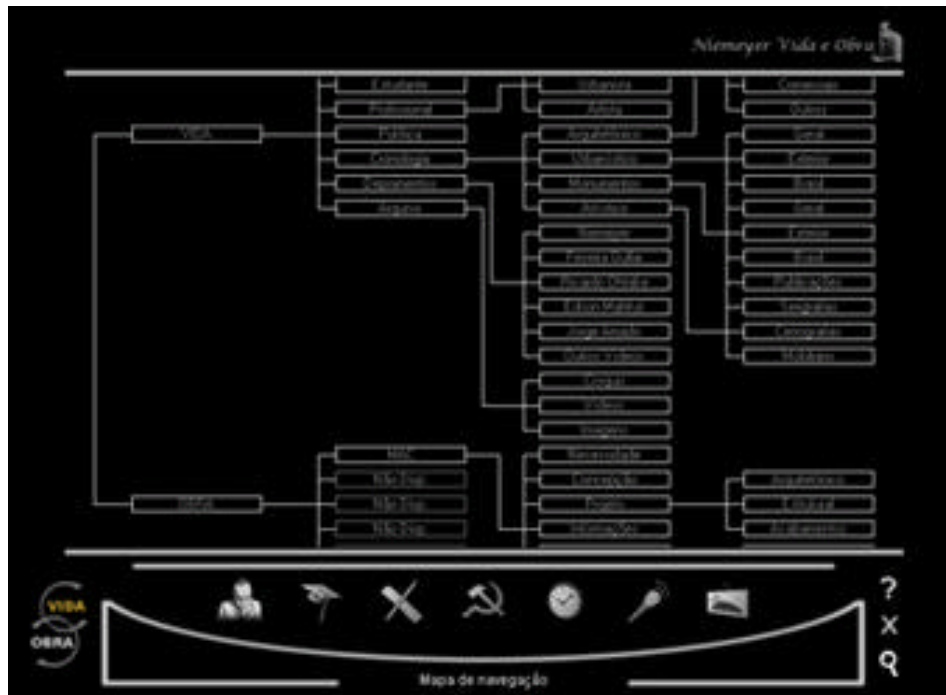


Figura 25 - Estrutura de navegação no software

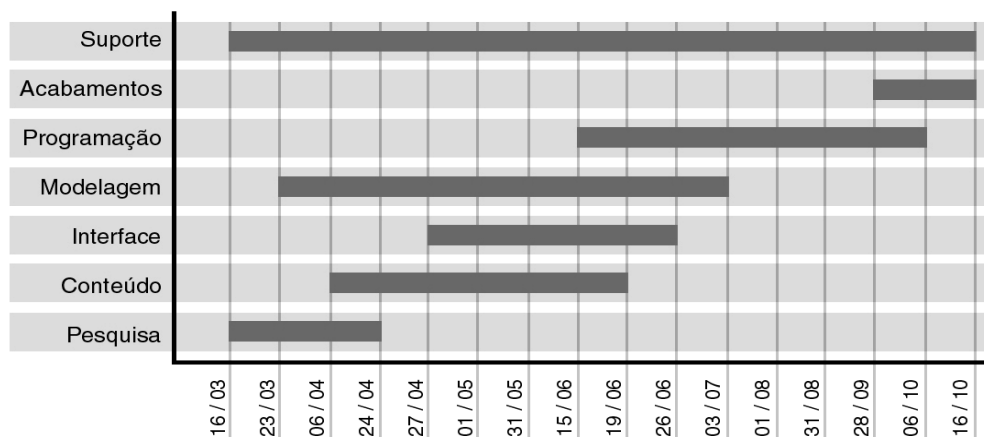
A seção “VIDA” dá acesso aos dados biográficos do arquiteto que são em seguida subdivididos em assuntos relevantes. As informações levantadas sobre a VIDA do arquiteto incluem imagens e vídeos cedidos pela Fundação Oscar Niemeyer¹⁵. Os textos foram adaptados e reestruturados baseados em bibliografias disponíveis sobre o Autor.

A seção “OBRA” apresenta 10 obras de relevância do arquiteto, das quais uma (o MAC) foi desenvolvida, e as outras nove se apresentam

¹⁵ A Fundação Oscar Niemeyer colaborou com a disponibilização de informações como mapas e plantas do Museu de Arte Contemporânea. O Próprio Museu de Arte Contemporânea também forneceu material e um livro com informações diversas sobre o museu.

indisponíveis. Nesta seção é oferecido ao usuário um grande número de dados relevante à obra bem como sua maquete em RV. O conteúdo sobre o MAC é apresentado através de textos, imagens e vídeos que foram classificados levando em conta os possíveis usuários da área de arquitetura e curiosos que buscam informações culturais sobre o museu.

O desenvolvimento do material multimídia, da maquete digital, da interface e das tarefas de programação ocorreu de forma contínua como representado no Quadro 9. Os assuntos que merecem destaque no processo de desenvolvimento, no entanto, são as tarefas de interface, modelagem e programação que serão apresentados a seguir. Os Instaladores, desenvolvidos com instruções na língua portuguesa¹⁶, esclarecem o procedimento de instalação dos softwares e *plugin(s)* necessários para que o usuário faça pleno uso do multimídia e do modelo em RV.



Quadro 9 - Cronograma de desenvolvimento do software "Oscar Niemeyer, Vida e Obra"

INTERFACE

O menu permanente, baseado na estrutura geral de conteúdo, passou por várias propostas que resultaram no desenho gráfico atual inspirado nas curvas dos projetos desenvolvidos por Oscar Niemeyer ao longo de sua

¹⁶ Com exceção dos softwares necessários para rodar a maquete em RV, que são automaticamente instalados sem a necessidade de intervenção do usuário durante o processo.

carreira. O desenvolvimento desta interface gráfica levou em conta a futura conexão multimídia com a aplicação em RV e atende unicamente às opções multimídia do sistema (a maquete possui sua própria interface).



Figura 26 – Apresentação do conteúdo no software: a) VIDA b) OBRAS

A distribuição dos elementos de interface respeita espaços destinados a textos, imagens e vídeos mantendo uma coerência na apresentação do conteúdo (Figura 26). A parte inferior da tela foi escolhida como espaço permanente para disposição da estrutura básica (menu permanente) do software com opções de acesso aos seguintes comandos:

- **VIDA:** Apresenta uma subestrutura com atalhos para os aspectos gerais da vida do arquiteto classificados em: Biografia, Estudante, Profissional, Política, Cronologia de Obras, Depoimentos e Arquivo.
- **OBRA:** Apresenta dez obras do arquiteto e uma subestrutura que descreve aspectos relevantes sobre a obra e sua maquete em RV.
- **AJUDA:** Apresenta um texto com tópicos que ajudam o usuário a navegar no ambiente 2D e 3D do software
- **SAIR:** Sai do programa
- **MAPA:** Apresenta um mapa da estrutura do software que serve como atalho de acesso para qualquer tela do software.

Uma parte das opções de menu é apresentada em forma de imagens identificadas com uma sugestão textual (*hint*) na parte inferior do navegador quando o mouse passa sobre o ícone. Os outros elementos do menu

permanente são esclarecidos na Figura 27. Mais detalhes sobre a apresentação da estrutura VIDA e OBRA podem ser encontrados no anexo 1.

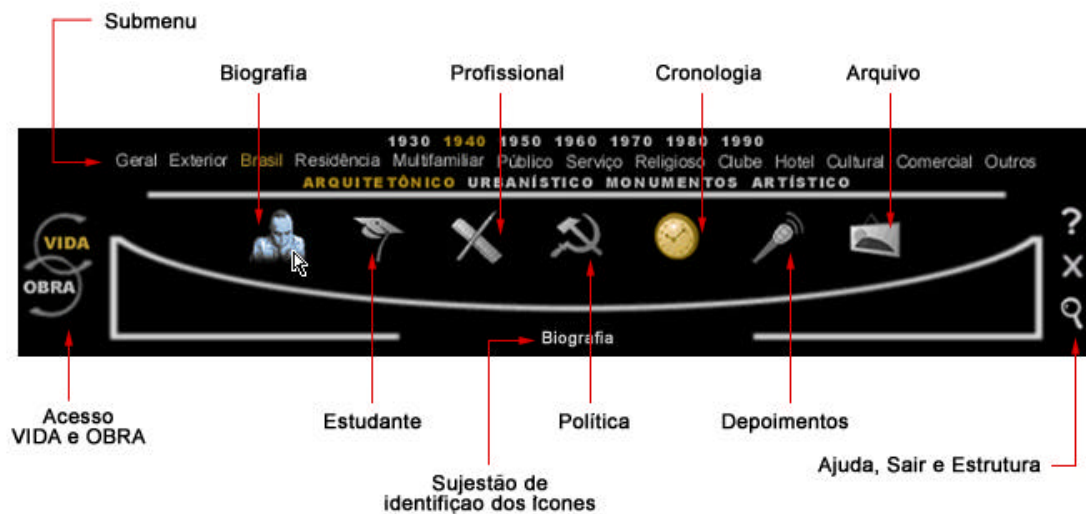


Figura 27 - Menu permanente do software

A estrutura de interface da maquete em RV apresenta um conjunto diferente de elementos de navegação e informação. O procedimento de exploração do museu acontece através de um navegador semelhante a uma rosa dos ventos onde as setas servem de indicadores de direção durante o passeio. Apesar da liberdade de exploração do museu concedida ao usuário, a falta de subsídios de localização pode causar frustração se o usuário se sentir perdido. Diante deste fato foi implementado um painel que serve também como ferramenta de navegação através de atalho em plantas baixas e cortes do museu. Este painel serve também como elemento de informação durante o procedimento de exploração dos ambientes e das obras de exposição localizadas no museu.

Outros elementos que fazem parte desta interface são as esferas localizadas ao lado do navegador 3D principal. O primeiro botão permite fazer um movimento de inclinação vertical aumentando o ângulo de visão do usuário. O segundo botão ativa o painel de auxílio à navegação e informação. O terceiro botão chama a atenção do usuário durante o passeio para alguma informação relevante no lugar onde o usuário se encontra (ao passar por um ponto da maquete que possui informação este botão começa a girar; se a esfera for

clicada o painel é ativado e a informação aparecerá em forma de texto ou imagem para o usuário). Se o usuário ignorar a informação e continuar o passeio o painel desaparece e a esfera para de girar. Durante o passeio virtual o usuário tem a liberdade de escolher outras opções do multimídia (2D).

Como forma de oferecer ao usuário uma vinculação do espaço virtual com o caráter real de uso do museu, foram utilizados elementos de exposição que fazem referência aos ambientes. As exposições resgatadas via Internet são expostas nos salões de exibição do museu virtual (que corresponde ao real) (Figura 28.a). Dinamicamente o usuário poderá resgatá-las sempre que houver uma nova exposição disponibilizada. No auditório do museu o usuário encontrará um vídeo que iniciará com seu acesso àquele ambiente (Figura 29).

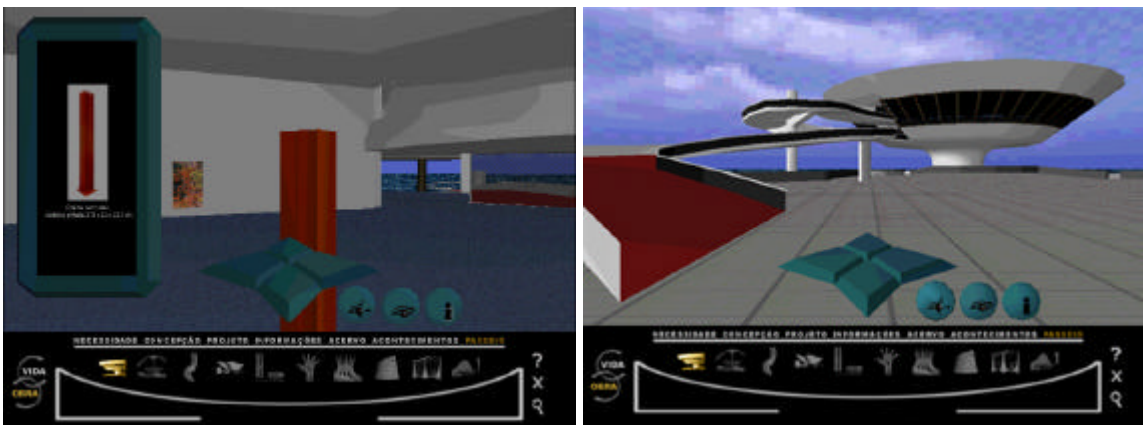


Figura 28 - Maquete e interface 3D do software: a) Exposição resgatada pela Internet b) Vista externa do Museu

MODELAGEM

Mesmo tendo-se em mãos as plantas em formato digital com extensão “*.dwg” (gerados em AutoCad) do Museu de Arte Contemporânea faltou material apropriado para os acabamentos da maquete. O material foi suficiente para a produção geral da maquete tendo sido insuficiente na finalização dos detalhes (por exemplo detalhamentos de portas, escadas e materiais construtivos). Por este motivo, a utilização das texturas no modelo 3D (principalmente em detalhes de acabamento) foi prejudicada pela falta de

visitas ao museu onde poderiam ter sido fotografados elementos de construção e acabamento. As exposições foram as mais prejudicadas, pois não havia conhecimento das coleções para produção das obras em 3D. Com o material encontrado na Internet foram realizadas duas exposições como forma de viabilizar o desenvolvimento deste módulo.

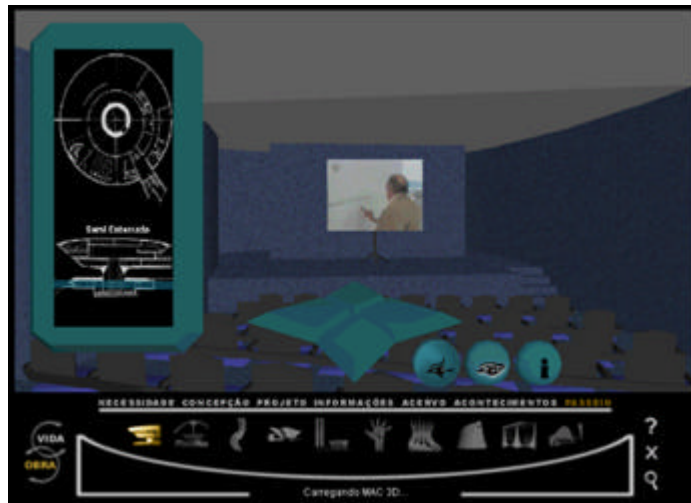


Figura 29 - Auditório do MAC com exibição de um vídeo sobre Niemeyer

PROGRAMAÇÃO

A programação foi dividida em duas etapas onde foram desenvolvidos os módulos 2D e 3D do software. Após uma busca pela linguagem de programação adequada a ser utilizada, a escolha pelo BUILDER C++ foi aprovada pois atenderia as necessidades do projeto. Na sequência esta linguagem passaria a ser objeto constante de estudo pela equipe de desenvolvimento. A programação da estrutura do software foi a primeira tarefa a ser realizada enquanto o conteúdo era finalizado. O preenchimento da estrutura com textos, imagens e vídeos aconteceu em seguida e logo permitiu os primeiros testes de revisão e correção de erros (*bugs*).

Durante a produção do modelo 3D foram desenvolvidos testes de programação para as interações propostas ao modelo virtual (abrir portas, inclusão de vídeos, interação com elementos de navegação). A união do multimídia e do 3D concretizou o aparecimento do primeiro protótipo que foram

sendo aprimorados com os constantes testes realizados pela equipe. A inclusão do módulo de resgate de exposições foi a última coisa a ser implementada antes do instalador. O instalador necessitou de uma interface própria também desenvolvida pelo laboratório.

5.3 Exposições atualizadas via Internet - NieNet

Como já foi mencionado o software possui também o diferencial de ampliar as informações do software através do resgate de arquivos pela internet. O NieNet, que não faz parte do software principal, é o módulo utilizado para resgatar exposições do MAC e é automaticamente instalado, junto com o pacote principal de instalações do Niemeyer Vida e Obra.

Sua interface mostra quais exposições existem na máquina do usuário e, quando conectado na rede Internet, mostra a lista dos arquivos de exposições disponíveis no servidor as quais poderão ser escolhidas pelo usuário. Foram desenvolvidas duas exposições das quais uma é fornecida no próprio CD-ROM e a outra pode ser resgatada pela rede Internet. A segunda exposição encontra-se disponível no servidor do LRV e para resgatá-la deve ser utilizado o módulo NieNet que é instalado junto com o software no diretório Niemeyer.

Dentro do software Niemeyer Vida e Obra o usuário poderá visualizar as exposições existentes em sua máquina antes de escolher o passeio virtual, dentro da opção "*MAC>passeio*".

5.4 Equipamentos utilizados e Equipe de produção

O desenvolvimento do software empregou profissionais especializados em diferentes áreas formado por integrantes do LRV e pessoal contratado. A equipe de desenvolvimento apresenta-se da seguinte forma na distribuição das tarefas:

- 2 pessoas - **Gerência**
- 2 pessoas - **Pesquisa**
- 2 pessoas - **Roteiro**
- 1 pessoa - **Modelagem**
- 3 pessoas - **Programação**
- 3 pessoas - **Interface e Elementos Gráficos**

Os equipamentos computacionais utilizados para a produção do software caracterizam um desenvolvimento de baixo custo para um produto de baixo custo (Quadro 10). Os equipamentos utilizados na produção de vídeos foram uma televisão e um vídeo cassete.

Softwares utilizados	Hardwares utilizados
– Adobe Photoshop	– 1 Pentium 200 PC com 64 MB com placa de captura de vídeo MIRO DC 30
– Adobe Premier	– 1 PentiumII 300 PC com 64 MB placa de vídeo Fire GL 1000
– Microsoft Word	– 3 Pentium 200 PC com 64 MB
– Microsoft Excel	– 2 Estações Silicon Graphics O2
– Microsoft Project	– 1 Estação Silicon Graphics Octane
– UltraEdit-32	– 1 Scanner
– Borland C++ Builder	– 1 Gravador de CD
– Sense 8 World Up Release 3	– 1 Tablet
– Netscape 4.0	
– Kinetix 3DStudio Max R	

Quadro 10 - Softwares e Hardwares utilizados no desenvolvimento

5.5 Conclusões

Nesta primeira etapa de trabalho foram alcançados resultados positivos, tendo sido grande a procura pelo CD-ROM, tanto nacional quanto internacional (estudantes, professores, profissionais, expositores). Entretanto por ser um produto inacabado e necessitar de revisões, a Fundação Oscar Niemeyer optou pela não distribuição do CD-ROM. Foi sugerida então a disponibilização gratuita do conteúdo do CD-ROM na Internet, o que caracteriza a próxima fase do projeto. A viabilização de um software multimídia utilizando RV de baixo

custo foi comprovada com este CD-ROM e seu resultado publicado em congresso internacional (Rebello, 1998).

6 Conclusões e Sugestões para Futuros Trabalhos

6.1 Conclusões

Foram evidenciados com este trabalho os benefícios que podem ser encontrados na utilização da realidade virtual como uma tecnologia de suporte para as tarefas de representação, simulação e avaliação em projetos de arquitetura e urbanismo.

As evidências que comprovam a larga utilização e necessidade da tecnologia de RV são apresentadas através de exemplos de aplicativos, na sua grande maioria caracterizados por projetos de pesquisa que buscam novos empregos para o uso da RV. Desenvolvidos em diferentes laboratórios de pesquisas pelo mundo estes projetos buscam soluções que facilitem tarefas de projeto e que reúnam tecnologias de ponta.

Cada enfoque tratado neste trabalho contemplou um conjunto exclusivo de oportunidades que produzem resultados mais expressivos e qualitativos adaptados a diferentes necessidades. Desta maneira o material apresentado na dissertação poderá auxiliar em novas pesquisas que possam ser desenvolvidas nas áreas de arquitetura e urbanismo e promover discussões sobre aspectos da realidade virtual como ferramenta de representação, simulação e avaliação. A continuação das pesquisas estimulará a busca por novas ferramentas de trabalho na área de arquitetura e urbanismo.

O software “Niemeyer Vida e Obra” comprova, além da possibilidade de inclusão da tecnologia de RV dentro de programas multimídias, a importância da apresentação de obras construídas através de uma tecnologia que permite interação livre em tempo real. A grande procura pelo CD-Rom comprovou o anseio do público por novas mídias que permitam a liberdade de manipulação de ambientes tridimensionais.

6.2 Sugestões para futuros trabalhos

Foi verificado que a RV tem um importante papel em várias etapas de desenvolvimento de projeto de arquitetura e urbanismo, apesar de ser amplamente referenciada como uma ferramenta que permite basicamente a exploração de ambientes tridimensionais. Esta tecnologia não promete ser apenas um novo método de apresentação e visualização do projeto finalizado. O progresso dos equipamentos promoverá uma revolução de projeto que combinará métodos intuitivo e construtivo com a rapidez, controle e precisão das ferramentas CAD (Campbell, 1995a).

Hoje o alto custo de equipamentos inviabiliza a larga utilização de aplicativos de RV, deixando uma pequena parcela de usuários se beneficiarem desta tecnologia devido a pouca disponibilização de equipamentos no mercado. Acredita-se, no entanto, que num futuro próximo um grande mercado favorecerá o campo da arquitetura e urbanismo (Bermudez, 1995).

O desenvolvimento do software “Oscar Niemeyer Vida e Obra” demonstra a viabilização do uso da RV em aplicações de baixo custo na arquitetura, além de envolver outras tecnologias de apoio como é o caso do NieNet. A aceitação e procura pelo software evidenciou a carência de aplicativos semelhantes e o anseio do público por aplicações deste tipo.

Com a velocidade que a tecnologia sofre modificações, são necessárias constantes atualizações (ferramentais e pessoais) para o aprimoramento tanto do homem quanto das ferramentas, pois de acordo com Sanders (1996) o uso da tecnologia computacional é um processo, não um evento.

O computador, como elemento de comunicação entre cliente e profissional, deve permitir um processo de análise interativa para tarefas de avaliação e modificação em tempo real por ambos usuários.

Aplicativos em RV com variáveis de auto-análise e auto-correção podem vir a ser o brinquedo do futuro onde “brincar de projetar” dispensará o auxílio profissional (hoje estas pessoas utilizam catálogos de projetos normalmente publicados em revistas de arquitetura). Alguns softwares (*HomeDesign* e *HouseDesign*) já permitem este tipo de brincadeira utilizando elementos pré-

determinados que resultam em plantas finalizadas com cotas e algumas características que permitem a execução de um projeto simples. Mas ainda falta o realismo necessário para manipular com mais liberdade e realismo. A audição já pode ser reproduzida com fidelidade e a representação visual apresenta avanços encorajadores. Em breve, quem sabe, dispositivos mais eficientes que o monitor ou os óculos de RV devem ser desenvolvidos. Talvez lentes de contato que não atrapalhem o desempenho de um passeio virtual, sem a presença de fios e cabos que impedem movimentos e nos prendem ao mundo real.

Talvez a RV um dia venha a se tornar a “máquina de atuar” que Zevi (1992) busca quando sugere a necessidade de um impulso para uma completa participação e liberdade na experiência direta do espaço pelo espectador (que a esta altura já se tornou usuário).

O futuro da arquitetura pode estar nas “mãos” racionais da informática onde uma lista de necessidade pode se tornar um projeto com soluções adequadas de aspecto ergonômico ou estético. Estaria o futuro do arquiteto ameaçado? Acredito que não, pois de qualquer maneira, na pior das hipóteses, deverá existir um conjunto de profissionais da área no desenvolvimento de tais ferramentas de uso massificado.

7 Referências

- ACHTEN, H.H. (1997). Generic representations - Knowledge representation for architectural design. G. Ang, L. Hendriks, P. Nicholson and M. Prins (eds.), Journal of Architectural Management, 1997.
- ANDERS, Peter (1994). The Architecture of Cyberspace. Progressive Architecture Oct. 78-81, 106 páginas, 1994.
- ANDERS, Peter (1998). Envisioning Cyberspace. McGraw-Hill, New York, 1998.
- BARDOT, I.; BOUCHEREAU, L.; BOURGINE, P.; et al (1992). Cuisiner artificiel: un automate pour la formalisation sensorielle de produits alimentaires. Proceedings of Interface to Real and Virtual Worlds Conference, 451-461, 1992.
- BERMUDEZ, Julio; KING, Kevin (1995). Architecture in Digital Space. Actual & Potential Markets. Published in: Kalisperis & Kolarevic (Eds.): ACADIA 1995. Seattle, WA: University of Washington, páginas 405-423, 1995.
- BERTOL, Daniela; FOELL, David (1997). Designing Digital Space: An a guide to virtual reality. John Wiley & Sons, Inc, 1997 - New York, NY.
- BURDEA, G.; COIFFET, P. (1994). Virtual Reality Technology. John Wiley & Sons, New York City, June, 1994.
- BURDEA, G.; COIFFET P. (1996a). Multimodal Virtual Reality: Input-Output Devices, System Integration, and Human Factors. 1996. (percentual de memorização)
- BURDEA, Grigore C. (1996b). Force and Touch Feedback for Virtual Reality. Ed. Wiley Professional Computing, 1996. Printed in United States of America
- CABÚS, Ricardo Carvalho (1997). Análise do Desempenho Luminoso de Sistemas de Iluminação Zenital em Função da Distribuição de Iluminâncias. Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis, SC, 1997.
- CAMPBELL, Dace A. (1995a). Virtual Reality in the Design In: Vers Une Architecture Virtuelle... Human Interface Technology Laboratory, University of Washington, Seattle, Washington, 1995. URL: <http://www.hitl.washington.edu/people/dace/portfoli/arch560.html>
- CAMPBELL, D.; WELLS, M. (1995b). A Critique of Virtual Reality in the Architectural Design Process. HITL Technical Report No. R-94-3. Seattle, WA: HIT Lab, University of Washington, 1995. URL: <http://www/projects/architecture/R94-3.html>
- CAMPBELL, Dace (1996). Design in Virtual Environments Using Architectural Metaphor: A HIT Lab Gallery. Tese de mestrado, University of Washington, Seattle, Washington, 1996. URL: <http://www.hitl.washington.edu/publications/campbell/document/>
- CHEYNE, J. A. (1998). Signs of Consciousness: Speculations on the Psychology of Paleolithic Graphics. Site visitado no dia 08/06/1998. <http://watarts.uwaterloo.ca/~acheyne/signcon.html>
- COHEN, Paul R (1986). FEIGENBAUM, Edward A. The Handbook of Artificial Intelligence vol. 3, Addison Wesley, 1986.
- DAVE, Bharat (1998). BIT's of Heritage. 4th International Conference on Virtual System and Multimedia VSSM98 - FutureFusion Applicaion Realities for Virtual Age. pages 250-255. In november, 1998/ Japan
- DAVIDOW, William; MALONE, Michael (1993). The Virtual Corporation. Structuring and Revitalizing the Corporation for the 21st Century. HarperBusiness, New York.
- DEDE, C (1998). Virtual Reality in Education: Promise and Reality. In: Virtual Reality Annual International Symposium, 5, 1998, Atlanta, Georgia, USA. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society Press, 1998. páginas 208-209.
- DODGE M.; JIANG B. (1997a). Geographical Information Systems for Urban Design: Providing new tools and digital data for urban designers. Learning Spaces conference, November 1997, De Montfort University. Site visitado em 15 de maio de 1999. http://www.casa.ucl.ac.uk/publications/learning_spaces/
- DODGE, M.; SMITH, A.; DOYLE, S. (1997b). Visualising Urban Environments for Planning and Design. Paper for the graphics, visualisation and the social sciences workshop, 8th May 1997, Loughborough, UK. Site visitado em maio de 1999. http://www.geog.ucl.ac.uk/casa/pub/viz_social_sciences/viz_paper.html

- DODGE M.; DOYLE S.; SMITH A.; FLEETWOOD S. (1999a). Towards the Virtual City: VR & Internet GIS for Urban Planning. paper presented at the Virtual Reality and Geographical Information Systems Workshop, 22nd May 1998, Birkbeck College, London. Site visitado em 15 de maio de 1999. <http://www.casa.ucl.ac.uk/publications/birkbeck/vrcity.html>
- DODGE, M., SMITH, A., DOYLE, S; FLEETWOOD, S. (1999b). Towards the Virtual City: VR & Internet GIS for Urban Planning. May 1998. Center for Advanced Sapatial Analysis (CASA) University College London. Site visitado em maio de 1999. <http://www.casa.ucl.ac.uk/publications/birkbeck/vrcity.html>
- FALLON, Kristine K. (1998). Early Computer Graphics Developments in the Architecture, Engeneering, and Construction industry. IEEE Annals of the History of Computing. Volume 20, Número 2, Abril/Junho, páginas 20-29, 1998.
- FELIX, Neusa (1996). Computação Gráfica no Ensino de Perspectiva. Anais do Gráfica 96. 1º Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes e no Desenho. 12º Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. Organizado por Vânia Ribas Ulbricht. 1996.
- GABRIEL, Gerard Cesar; MAHER, Mary Lou (1999). Does Computer Mediation Affect Design Representation? Proceedings of Design Thinking Symposium, MIT Cambridge 23-25 April, 1999.
- GAMBIER, Gérald (1999). Murs Peints de Lyon. Editions La Taillanderie, Châtillon-sur-Chalarnonne, 1999.
- GIBSON, William (1984). Neuromancer. New York, Berkley Publications Group, 1984.
- GRAZIANO, Sigfrido F. C. G. Junior (1999). Análise de iluminação para a Caixa Econômica Federal, São José, SC. Trabalho publicado no V Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído - V ENCAC, Fortaleza Brasil, Nov 1999.
- HALL, Theodore W. (1987). Space Stations, Computers and Architectural Design. Integrating Computers into the Architectural Curriculum. ACADIA Conference Proceedings, Raleigh North Carolina, USA, páginas 7-18, 1987.
- HENRY, Daniel; FURNESS, T. (1993). Spatial Perception in Virtual Environments: Evaluating an Architectural Application. Proceedings of VRAIS'93, páginas 33-40, 1993.
- HILLIER, B. (1996). Space is the machine: a configurational theory of architecture. Cambridge, Cambridge University Press, 1996.
- HUI, S. C. M. (1998). Simulation based design tools for energy efficient buildings in Hong Kong, Hong Kong Papers in Design and Development, Vol. 1, páginas 40-46, Department of Architecture, University of Hong Kong, 1998.
- INGRAM, R.; BENFORD, S.; BOWERS, J. (1996). Building Virtual Cities: applying urban planning principles to the design of virtual environments. Proceedings do VRST'96, 1996.
- JABI, Wassim M.; HALL, Theodore W. (1995). Beyond the Shared Whiteboard: Issues in Computer Supported Collaborative Design. CAAD Futures '95: The Sixth International Conference on Computer-Aided Architectural Design Futures, Singapore, 24-26 September 1995.
- JUNG, Thomas; HAULSEN, Ivo (1999). Immersive Escape-Route Scenario with Locomotion Devices. Proceedings do Workshop on Spatial Cognition in Real and Virtual Environments, Tübingen, Germany, 1999.
- KELLER, P.; KOUZES, R.; KANGAS, L.; HASHEM, S. (1995). Transmission of olfactory information in telemedicine. In K. Morgan, R. Savata, H. Sieburg, R. Mattheus, J. Christenssen Eds. Interactive technology and the new paradigm for healthcare. Amsterdam: IOS Press, Amsterdam, Chapter 27, páginas 168-172, January, 1995.
- KELLER R.; SCHREIBER J. (1999). GEO-3D: A Realidade Virtual como Suporte ao Ensino da Geometria Espacial, Workshop Brasileiro de Realidade virtual, Novembro 1999.
- KRÜGER, Wolfgang et al (1995). The Responsive Workbench: A Virtual Work Environment. IEEE Computer volume 28, número 7, páginas 42-48. 1995.
- KUGELMASS, Joel (1996). Teletrabalho. Novas Oportunidades Para o Trabalho Flexível. Atlas, São Paulo.
- LEE, J. (1998). Comparing the Effectiveness of Computer Simulation on Computer Monitor vs. Virtual Reality as Communication Tools in Interior Design, Tese de doutorado, Dept. of Near Environments, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia October 16, 1998.

- LUZ, Rodolfo Pinto da (1997). Proposta de especificação de uma plataforma de desenvolvimento de ambientes virtuais de baixo custo. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção. Novembro de 1997.
- MAJOR, Mark David; STONOR, Tim (1997). Designing for Context: the use of 'space syntax' as an interactive design tool in urban Developments. Proceedings of the 14th Inter-Schools Conference on Development, Edinburgh, Scotland, 24-25 March, 1997.
- MAY, Kate McMillan (1994). Virtual Reality: Architecture and the Broader Community. [online] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.arch.unsw.edu.au/subjects/arch/specres2/mcmillan/vr-arch.htm>. Arquivo capturado em 31 de outubro de 1997.
- MINSKY, Margaret; et al (1990). Feeling and Seeing: Issues in Force Display. Proceedings do SIGGRAPH'90, páginas 235 - 243, 1990.
- MODESTO, Joana (1997). Alguns Aspectos Sobre a Problemática do Teletrabalho. Revista informação & Informática - nº 18. Site visitado em 29/12/1997. <http://www.infocid.pt/ii/pub0009C.htm>
- NEGROPONTE, N. (1970). The Architecture Machine. Cambridge: MIT Press, 1970.
- NEGROPONTE, N. (1974) Soft Architecture Machines. Cambridge: MIT Press, 1974.
- NEIL, M. J. (1996). Architectural Virtual Reality Applications. Computer Graphics: Real Virtual Reality, 53-54, 1996.
- NILLES, Jack M. (1997). Fazendo do Teletrabalho uma Realidade. Futura, São Paulo.
- NOVAK, Marcos (1990). Liquid Architectures in Cyberspace. Cyberspace: First Steps. Cambridge, MA: MIT P, 1990.
- PANTELIDIS, V. S. (1997). Virtual Reality and Engineering Education. Computer Applications in Engineering Education, USA, 5, 1, páginas 3-12, spring 1997.
- PEDOE, Dan (1976). Geometry and the Visual Arts. General Publishing Co. Toronto, Canada, 1976.
- PENN; DAITON; DEKKER; MOTTRAM; NIGRI (1997). Intelligent Architecture Desktop VR for Complex Strategic Design in Architecture and Planning. In Virtual Reality, Training's Future? Perspectives on Virtual Reality and Related Emerging Technologies. Páginas 121-130, Edited by Robert J. Seidel and Paul R. Chatelier, 1997.
- PEREIRA, Fernando O. Ruttkay; BITTENCOURT, Leonardo (1996). Justificativa e proposta de constituição de laboratórios na área de conforto ambiental em escolas de arquitetura e urbanismo. Proposta de solicitação encaminhada ao CEAU / MEC, junho de 1996.
- POLLEFEYS, M.; REINHARD, K.; VERGAUWEN M.; GOOL, L. (1998). Virtualizing Archaeological Sites. 4th International Conference on Virtual System and Multimedia VSSM98 - FutureFusion Application Realities for Virtual Age. pages 600-605. Japan, November, 1998.
- REBELO, I.; PINTO da Luz, R. (1998). New Technologies Helps to Enhance the Knowledge – Oscar Niemeyer Project. 4th International Conference on Virtual System and Multimedia VSSM98 - FutureFusion Application Realities for Virtual Age. pages 286-291. Japan, November, 1998.
- REBELO, Irla B.; LUZ, Rodolfo P. (1999a). Simulação do Espaço Urbano Através da RV para o Desenvolvimento e Análise de Projetos. ICVA – Primeiro Congresso Virtual de Arquitetura. Dezembro 1999 – Janeiro 2000.
- REBELO, Irla B.; LUZ, Rodolfo P.; ROSA, Onivaldo J. (1999b). Divulgação, Avaliação e Restauração de Patrimônio Histórico Através da Realidade Virtual. ICVA – Primeiro Congresso Virtual de Arquitetura. Dezembro 1999 – Janeiro 2000.
- RHEINGOLD, Howard (1992). Virtual Reality. First Touchstone Edition, New York, 1992.
- RUDDLE, R. A.; PAYNE, S. J.; JONES, D. M. (1997). Navigating buildings in "desk-top" virtual environments: Experimental investigations using extended navigational experience. Journal of Experimental Psychology: Applied, 3, páginas 143-159, 1997.
- SANDERS, Ken (1996). AIA. The Digital Architect – A Common Sense Guide to Using Computer Technology in Design Practice. Wiley. 1996. Printed in United States of America
- SANTOS, Carlos Nelson (1988). A cidade como um jogo de cartas. Niterói: Universidade Federal Fluminense: EDUFF; São Paulo: Projeto Editores, 1988.

- SCHMITT, G (1993). Virtual Reality in Architecture, In N. M. Thalmann and D. Thalmann (Editores), Virtual Worlds and Multimedia. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England, páginas 85 – 97, 1993.
- SEGRE, Roberto (1988). Arquitectura y Urbanismo Moderno: Capitalismo y Socialismo. Editorial Arte y Literatura, Ciudad de la Habana, 1988.
- SEIDEL, Robert J.; CHATELIER, Paul R. (Editores) (1997) Virtual reality, training's future? Perspectives on virtual reality and related emerging technologies, Defense Research Series, Volume 6, Plenum Press, New York and London. Published in cooperation with NATO Defense Research Group, 1997.
- SIMON, Berry (1996). Teleworking Today. Computing & Control Engineering Journal. February, 1996.
- SLATER, Mel; USOH, Martin; CHRYSANTHOU, Yiorgos (1995). The Influence of Dynamic Shadows on Presence in Immersive Virtual Environments. Virtual Environments '95, páginas 8-21, 1995.
- STOAKLEY; CONWAY; PAUSCH (1995). Virtual Reality on a WIM: Interactive Worlds in Miniature. Proceedings do CHI'95, páginas 265-272, 1995.
- STUART, Rory (1996). The Design of Virtual Environments. McGraw-Hill, Printed in United States of América, 1996.
- SUTHERLAND, Ivan (1963). Sketchpad - A Man-Machine Graphical Communication System. Publicado nos Proceedings do Spring Joint Computer Conference, Detroit, Michigan, Maio de 1963, e como relatório técnico de número 296 para o MIT Lincoln Laboratory, Janeiro de 1963.
- SUTHERLAND, Ivan (1965). The ultimate Display. Proceedings do Congresso IFIP, páginas 506-508, 1965.
- SUTHERLAND, Ivan (1968). A Head-Mounted Three-Dimensional Display. Proceedings do Fall Joint Computer Conference, páginas 757-764, 1968.
- TERZIDIS, C.; VAKALO, E. G. (1992a). "Some Thoughts on the Role of Computers in Architectural Design," Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning Conference, 17-25, 1992.
- TERZIDIS, C.; VAKALO, E. G. (1992b). "Some Thoughts on the Role of Computers in Architectural Design," Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning Conference, páginas 17-25, 1992.
- THIEL-SILING, Sabine (Editora) (1998). Icons of Architecture. The 20th Century. Editora Prestel, Printed in Germany, 1998.
- THWAITES, Hal (1998). Ville de Québec: An Analise and Proposal for a Virtual World Heritage Site. 4th International Conference on Virtual System and Multimedia VSSM98 - FutureFusion Applicaion Realities for Virtual Age. pages 445-450. Japan, November, 1998.
- UNDERKOFFLER, John; ISHII, Hiroshi (1999). Urp: A Luminous-Tangible Workbench for Urban Planning and Design. CHI 99, Conference on Human Factors in Computing Systems, Pittsburgh, Pennsylvania USA, Páginas 15-20, May 1999.
- USOH, Martin (1999). Interaction and Visualisation for Architectural Processes in Virtual Environments. Paper não publicado. <http://citeseer.nj.nec.com/22726.html>
- WEISS, Ann E. (1996). Virtual Reality. A Door to Cyberspace. Twenty-First Century Books, New York, 1996.
- WICKENS, C D.; LIANG, C; PREVETT, T; OLMOS, O. (1994). Egocentric and exocentric displays for terminal area navigation. Anais de Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting, Vol. 1, páginas 16-20, 1994.
- WONG, Wucius (1995). Fundamentos del Diseño. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1995.
- YEUNG, C.; CHEUNG, L.; YEN, J.; CHENG, C (1998). Virtual Classroom for Architecture. Proceedings of The Third Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Ásia, CAADRIA '98, Osaka, Japan. Páginas 93-102, April 1998.
- ZEVI, Bruno (1992). Saber ver a Arquitetura. Livraria Martins Fontes Editora Ltda. 3ª edição. São Paulo, Fevereiro, 1992.

7.1 URLs

- Virtual Technologies Incorporation. Página visitada em agosto de 1999. URL: <http://www.virtex.com>. Página visitada em 31 de outubro de 1997.
- State Street Virtual Environment Tool. Página visitada em março de 1999. URL: <http://www-personal.umich.edu/~kgibbs/e477/e477proposal.html>
- Virtual Heritage'95 22nd November 1995, Bath, England. Página visitada em julho de 1999. URL: <http://www.crg.cs.nott.ac.uk/resources/conf/vr/vir-her95.txt>
- LabCisco-Arq- Universidade Federal de Santa Catarina. Página visitada em agosto de 1999. URL: <http://www.arq.ufsc.br/labsisco/labsisco.html>
- Solarscópio - LabCon-Arq, Universidade Federal de Santa Catarina. Página visitada em agosto de 1999. URL: <http://www.arq.ufsc.br:80/labcon/equipamentos/solarscopio>.
- Relógio de Sol - LabCon-Arq, Universidade Federal de Santa Catarina. Página visitada em agosto de 1999. URL: <http://www.arq.ufsc.br:80/labcon/>
- Carta de Veneza - Carta Intemacional sobre a Conservação e o Restauro de Monumentos e Sítios/1964. Página visitada em Abril de 1999. URL: <http://www.sppc.pt/VENEZA.htm>
- Carta do Restauro - Ministério de Instrução Pública Governo da Itália/1972. Página visitada em Abril de 1999. URL: <http://www.iphan.gov.br/iphan/cartarestauro.htm>
- Pathways to Preservation. Página visitada em Abril de 1999. URL: <http://www.unesco.org/whc/nwhc/pages/doc/main.htm>
- Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA). Página visitada em 15 de maio de 1999. URL: <http://www.casa.ucl.ac.uk/index.htm>

ANEXO 1

Estrutura de conteúdo do software Oscar Niemeyer Vida e Obra leva em conta os assuntos que descrevem a vida do arquiteto e assuntos que descrevem especificamente as dez obras representadas no software. Desta maneira elas se apresentam como segue abaixo.

A primeira parte do software chamada VIDA fala sobre os aspectos biográficos da vida do arquiteto que estão classificados por algumas etapas de sua vida. Quando há necessidade, estas etapas são subdivididas em assuntos ou datas que esclarecem melhor as fases da vida do arquiteto. Desta maneira a quantidade de informações é melhor distribuída fazendo com que os usuários sintam-se mais a vontade na navegação. Os assuntos principais da parte referente à vida de Oscar Niemeyer são classificados da seguinte maneira:



- 1) **BIOGRAFIA** – Este item é desmembrado por datas em forma de décadas que iniciam com o nascimento do arquiteto em 1907 até 1998, facilitando desta maneira a procura por alguma assunto ou evento específico.
- 2) **ESTUDANTE** – O texto referente à sua vida de estudante é sucinto e sem muitos acontecimentos. Desta maneira o texto é único e não há subdivisões de assuntos.
- 3) **PROFISSIONAL** – Sua vida profissional é cheia de acontecimentos principalmente por causa das áreas que o arquiteto atuou. Oscar Niemeyer foi arquiteto, urbanista, designer e artista. Em cada uma destas áreas ele possui obras de importância relevante e em grande quantidade. É por isso que sua vida profissional subdividiu-se nas áreas de atuação do arquiteto fazendo com que o usuário explore suas características de forma organizada.
- 4) **POLÍTICA** – Sua vida política destacou-se por ter vivido num período de repressão política onde suas aspirações se destacavam pelo comunismo tendo se exilado por conta própria num período de sua vida. Durante este período fez muitos trabalhos no exterior e ficou reconhecido internacionalmente. Este fato é relevante para apresentação de um texto que leve o usuário a compreender algumas idéias deste arquiteto.
- 5) **CRONOLOGIA DE OBRAS** – Esta parte precisou de muito trabalho para relacionar a lista de obras classificadas que apareceriam no software. Oscar Niemeyer possui uma lista com mais de 2000 mil obras, mas a classificação deste CD-Rom limitou-se à no máximo 700 obras, devido à dificuldade de acesso às informações. As obras foram classificadas da mesma forma que a vida política do arquiteto: Obras arquitetônicas, urbanísticas, monumentos, artísticas. Porém Oscar Niemeyer possui um maior número de obras arquitetônicas. Tendo sido difícil a distribuição das mesmas optou-se por uma classificação por tipo e posteriormente por data. As obras urbanísticas, mesmo sendo em menor

número, foram classificadas por datas. E as obras artísticas, assim como os monumentos, são classificados apenas por localização: Brasil, Exterior e Geral.

- 6) DEPOIMENTOS – Com a intenção de prestigiar o arquiteto e mostrar a grande influência que ele exerceu sobre várias personalidades, foi inserida uma seção onde se encontram depoimentos em forma de citações e depoimentos em vídeos. Estes depoimentos são classificados por nomes de personalidades e depoimentos pessoais do arquiteto.
- 7) ARQUIVO – O arquivo refere-se a todas as imagens e vídeos existentes nesta primeira etapa do software. São imagens pessoais do arquiteto em momentos históricos e com a família, imagens de obras, maquetes e croquis, bem como os vídeos de depoimentos e de auxílio a alguns dos textos.

A obra do Museu de Arte Contemporânea de Niterói é apresentada de forma textual abordando seus pontos mais interessantes. Os assuntos que descrevem a obra levaram em conta os possíveis usuários da área de arquitetura e curiosos que buscam informações culturais sobre o museu. Para explorar o museu o usuário faz uma escolha entre um passeio pela estrutura da maquete, sendo possível desvendar cada sala do museu (inclusive áreas de serviço), ou visitar uma exposição. Estes tópicos são apresentados de forma textual e estão classificados da seguinte maneira:

- 1) NECESSIDADE DE CONCEPÇÃO DA OBRA - O texto apresentado é um relato explicativo que levou à construção do museu, bem como as pessoas envolvidas e interessadas na construção do mesmo.
- 2) CONCEPÇÃO DA OBRA – O texto apresenta a idéia inicial de Oscar Niemeyer para a construção do museu.
- 3) PROJETO – O projeto do museu consiste de três etapas diferenciadas: Arquitetônico, Estrutural e Acabamentos. Estas divisões informam e explicam sobre as características triviais e algumas particularidades desta obra.
- 4) INFORMAÇÕES – As informações relevantes ao museu são aqui mencionadas de forma sucinta. São informações sobre funcionamento do museu, endereço, preços entre outras informações.
- 5) ACERVO – As primeiras informações sobre o museu deixam clara as intenções que levaram a sua execução. O acervo que deu origem ao museu é apresentado nesta opção em forma de texto pelo doador das obras e pelo prefeito que participou da criação do museu.
- 6) ACONTECIMENTOS – São fatos de relevância histórica para o museu. São apresentados eventos já realizados, alguns expositores e algumas citações de personalidades famosas deixadas no livro de visitas.
- 7) PASSEIO – O passeio se refere à parte 3D do museu. Deve ser feita uma escolha entre um passeio por toda a maquete, sendo possível explorar todos os ambientes do museu, ou visitar uma exposição. Foram desenvolvidas duas exposições das quais uma é fornecida no próprio CD-ROM e outra deve ser resgatada pela rede Internet. A segunda exposição se encontra disponível no servidor do LRV e para resgatá-la deve ser utilizado o NieNet que é instalado junto com o software no diretório Niemeyer.

ANEXO 2

APRESENTAÇÕES

Houve um lançamento oficializando o término desta primeira etapa no dia 23 de abril de 1999 na Universidade Federal de Santa Catarina. Participaram do lançamento reitores do Cone Sul que se encontravam em conferência na UFSC. A presença da imprensa também ajudou na divulgação do CD-ROM.

Houveram também apresentações para os parceiros da França - INSA de Lyon, que estiveram no Brasil em dezembro de 1998 e em janeiro de 1999. Em abril de 1999 foi concedida, por telefone, a autorização da Fundação Oscar Niemeyer para disponibilizar o CD-ROM na Internet. O CD-ROM também permaneceu em exposição durante o mês de abril juntamente com uma exposição de Niemeyer que acontecia no Hall da reitoria.

VISITA AO DOUTOR OSCAR NIEMEYER

Atualmente a representação mais persuasiva de projetos (construídos ou não) é a RV. Se considerarmos que a fotografia ou a perspectiva esclarecem suficientemente uma obra construída, estaremos talvez retrocedendo ao século XV quando a descoberta da perspectiva revolucionou os processos de representação de ambientes tridimensionais. Mas se considerarmos que o progresso científico é capaz de tornar cada vez mais real a representação de ambientes tridimensionais, estaremos dando uma chance para que este procedimento de representação possa se transformar no mais moderno e eficaz meio de representação do ambiente tridimensional. Esta é a busca pelos métodos mais efetivos de compreensão de escalas, dimensões e relações com o espaço interior e exterior,

Em visita ao escritório do arquiteto Oscar Niemeyer, foi concedida a oportunidade de demonstrar um de seus projetos em RV – o Museu de Arte Contemporânea localizado em Niterói. O conhecimento do arquiteto pelas ferramentas computacionais atualmente disponíveis no mercado para

profissionais das áreas de arquitetura e engenharias não era muito grande, confirmado pelo próprio arquiteto. A apresentação da obra em RV fez com que o arquiteto emitisse sua opinião: *“Acredito que a fotografia fala bem mais”*. Ao demonstrar o software, possuidor de um vasto conteúdo sobre sua própria biografia e obra, e posteriormente a apresentação de um passeio pela maquete do Museu de Arte Contemporânea em RV, a qual pode ser explorada por qualquer usuário, o arquiteto declara que uma fotografia poderia representar aquela obra com mais fidelidade e realismo. Para um arquiteto que produz obras com intenções poéticas, e vê seu trabalho como um detalhe importante do conjunto urbano, é compreensível que sua opinião seja de recusa quando a representação desta obra não proporciona o mesmo efeito visual que apreciação em terreno real. A representação de seu trabalho em RV foi feita através de um modelo frio adaptado, pois ainda o processamento gráfico de computadores pessoais ainda é pequeno para uma representação fotorealística.

Entretanto quando lhe foi proposto modelar uma de suas obras não edificadas como o Museu de Caracas ele se mostrou muito receptivo a idéia. E ao final da conversa ainda perguntou sobre a possibilidade de representar um projeto no qual estaria trabalhando na época sobre a Barra da Tijuca. Sua intenção declarada foi a de apresentar o trabalho para a prefeitura com a mesma tecnologia utilizada para representar o MAC – A RV.

O projeto Oscar Niemeyer Vida e Obra idealiza a popularização da RV, tendo computadores populares como ferramenta de divulgação da RV, ao contrário da maioria dos projetos que são desenvolvidos em RV que necessitam de máquinas com grande poder processamentos e componentes de custos elevados. E por ser a RV uma tecnologia que está sendo adaptada às necessidades de escritórios de arquitetura e ao público em geral, o desenvolvimento de aplicações simples poderão fazer com que obras de importância e valor histórico possam ser disponibilizadas para que qualquer pessoa possa conhecê-la por completo.