

Ambientes virtuais na simulação do interior do edifício / Virtual Environments in simulation inside buildings.

Evangelos Dimitrios Christakou / Programa de Pesquisa e Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília / vangelis@unb.br / **Neander Furtado Silva** / Programa de Pesquisa e Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília / neander@unb.br

Abstract *Real-time interactive visualization*

Introdução Na atualidade, a Computação Gráfica (CG), através das ferramentas avançadas de simulação, apóia o desenvolvimento de propostas arquitetônicas que contemplam o conforto do usuário e a eficiência energética. Torna possível simular os fenômenos da natureza com computadores através de imagens sintéticas off-line ou interativas em tempo real.

Segundo Zevi (1984) o espaço interior é o protagonista do fato arquitetônico e sua percepção perfeita somente pode acontecer por experiência direta. No entanto, os **ambientes virtuais interativos em tempo real** (AVTR) podem aproximar a percepção e a vivência de espaços que não podem ser experimentados diretamente, tais como aqueles que ainda estão por construir e daqueles que não existem mais. Os AVTR permitem apreender e experimentar a ambiência arquitetônica, de forma quase perfeita.

Através dos recursos dos AVTR, o observador tem a possibilidade de propagar, através de suas ações, para o simulador a alteração do estado dos objetos, inclusive alimentar o banco de dados – criando novos objetos – e os resultados elaborados pelo simulador são devolvidos para o agente destas ações de forma eficiente e fisicamente correta. (BUKOWSKI, 2001)

Um dos objetivos dos ambientes virtuais é possibilitar a realização de experiências, treinamentos e o desenvolvimento de habilidades que sejam transferíveis para o mundo real. Neste sentido, o uso de ambientes com alto grau de realismo desempenha um papel importante, tornando os ambientes virtuais mais próximos da experiência

cotidiana de seus usuários.(HUFF et al, 2004) O presente trabalho objetiva contribuir no melhor entendimento da simulação computacional da luz natural através da análise dos processos e das ferramentas de AVTR sob o enfoque do processo de projeção do arquiteto.

Considerações iniciais sobre a simulação

Em geral entende-se o termo “simulação computacional” como referente a qualquer algoritmo que mimetiza um processo físico. Quando o edifício é simulado no computador podem-se obter dados e analisar a interação entre os aspectos de projeto, clima, sistemas eletromecânicos e os seus ocupantes. Além da visualização de imagens sintéticas que são as imagens criadas pelo homem através da síntese numérica dos computadores, pode-se fazer passeios virtuais animados por percursos internos ou externos do entorno.

Ao paradigma do domínio de imagens sintéticas off-line, na simulação computacional tradicional, pode-se acrescentar a interatividade proporcionada pelas mídias eletrônicas e digitais – através dos ambientes virtuais - que permitem apreender e experimentar a ambiência arquitetônica de forma holística, codificando-o de forma cada vez menos dependente do suporte físico, ou seja, do sítio físico e da construção real. (DUARTE, 1999)

Na década de 1990, desenvolveu-se a visualização off-line do espaço arquitetônico, interior ou exterior, onde o observador pôde localizar-se virtualmente, em qualquer ponto de um modelo tridimensional. Por definição, considera-se que a imagem sintética reproduz uma



apenas entre as infinitas possibilidades de experimentação e percepção. Por outro lado, os AVTR propõem-se a proporcionar simulações de todas as possibilidades que podem ser experimentadas sensorialmente, –mas principalmente dos fenômenos regidos pelas leis da física e química, parâmetros da iluminação, temperatura e fluxo de ventilação no edifício como um todo– sob a influencia das ações do observador.

Pode-se incluir neste âmbito, em futuro próximo, a possibilidade da apreensão dos cinco sentidos humanos, codificados nos espaços arquitetônicos projetados, através de avatares agentes representantes dos humanos nos mundos virtuais que avaliarão o conforto ambiental no interior dos edifícios, fazendo trocas térmicas, observando ofuscamentos, iluminação e percebendo os sons.

Introdução aos ambientes virtuais interativos em tempo real As cenas arquitetônicas, de forma geral, são complexas, compostas por um numero considerável de vértices (podem alcançar centenas de milhões) e uma cor ou uma textura associada a cada um destes, planos tri-dimensional, câmara virtuais e fontes de luz. Para visualizar renderings off-line destas cenas existem algoritmos de Iluminação Global (IG) suficientemente competentes tais como os algoritmos do RADIANCE (WARD, 2002), atual estado da arte. Segundo EHRlich (2002), os algoritmos que simulam as propriedades físicas e comportamentais da luz, em escalas macro (propagação da luz da fonte ao observador) em escala micro (interações da luz com as características das superfícies) são chamados, em geral, como algoritmos de IG.

Contudo para AVTR, os algoritmos precisam ser rápidos o suficiente para que haja interação, ou seja, estes milhões de vértices, cores, texturas precisam ser calculados e recalculados em tempo real a cada ação e reação do usuário e a realimentação do que acontecerá em seguida. Este ciclo de ação/reação/rendering deve acontecer a uma freqüência suficiente para que o usuário perceba-se em um ambiente dinâmico e não visualize apenas uma seqüência de imagens, frame a frame. Como se fosse uma apresentação de slides. A freqüência que os frames são exibidos é medida em frames per second (FPS) ou Hertz (HZ).

Quando se atinge seis FPS pode-se dizer que pode haver alguma interatividade que somente é efetivamente atingida aos quinze FPS. (AKENINE-MOLLER e HAINES, 2002).

Este panorama sustenta-se, principalmente, na indústria de entretenimento dos “games” aplicações da CG, proporcionou grande desenvolvimento aos mundos virtuais com a introdução da aceleração gráfica das Unidades de Processamento Gráfico (GPU), liberando a Unidade de Processamento Central (CPU) das tarefas gráficas de display. Esta mudança das técnicas de rendering da CPU para as GPU’s programáveis trouxe um aumento de poder de processamento multiplicado por dez vezes em três anos. Enquanto que a evolução da Unidade de Processamento Central (CPU) ainda é conduzida segundo MOORE(1965) pela regra que a quantidade de transistores, e seu poder de processamento, dobra a cada dezoito meses.

A simulação computacional da luz natural em ambientes virtuais A simulação da Luz Natural (LN) deve utilizar algoritmos de IG devidamente validados que é o processo de averiguação dos seus resultados. Os softwares de rendering simples objetivam uma aparente semelhança realística, ignorando a precisão numérica dos resultados. Basicamente, busca-se obter imagens simplesmente belas. (WARD et al, 1998) Por outro lado, os softwares de simulação estão propostos para facilitar o entendimento da luz e o comportamento dos materiais através de cálculos complexos, baseados nas interações do fenômeno físico da luz na cena. (INANICI, 2001).

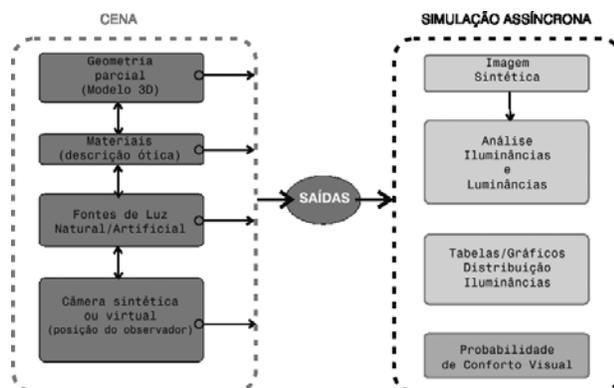


Figura 1 simulação computacional assíncrona (off-line) da Luz Natural



Os AVTR deveriam permitir ao arquiteto adicionar, remover, mudar a posição, enfim alterar todos os atributos dos objetos da cena, incluindo o ponto de vista do observador e ao mesmo tempo simular as condições radiométricas das cenas. Contudo os AVTR ainda co-existem com modelos de iluminação muito simplificados que não representam o mundo físico real. Isto deve-se a complexidade dos cálculos dos mesmos e ao mesmo tempo gerar o número mínimo de frames adequado à interatividade. Por outro lado, os algoritmos de IG, tais como, Ray-Tracing, Path-Tracing, Radiosidade entre outros, são considerados como inaptos computacionalmente para esse uso interativo.

Por este ponto de vista, o que usualmente acontece é a redução da complexidade dos modelos geométricos para que o processo de simulação seja mais eficiente do ponto de vista computacional. Mesmo com essas simplificações impostas, percebe-se que se, ao longo do processo de projeção, mudar-se algum material, ou mesmo a posição ou tamanho de aberturas, isso leva à remodelagem da geometria, e daí recomeça-se todo o processo de simulação novamente. Após a obtenção dos resultados, pode-se deparar com o fato de que ao melhorar o desempenho do design sob um aspecto, prejudicou-se a de outros igualmente importantes. (CHRISTAKOU, 2004)

Estes aspectos também denotam que na medida em que há modificações no projeto arquitetônico, o processamento computacional é perdido, gerando um delay – atraso no processamento – nos AVTR que resulta na quebra do efeito em tempo real.

Revisão das técnicas atuais de rendering interativo Um dos principais obstáculos para o uso efetivo da IG em ambientes interativos é que a maioria dos algoritmos existentes atualmente foi elaborada para a síntese de imagens estáticas que não podem atender a necessidade de retro alimentar rapidamente a cena quando o usuário muda as propriedades da cena. (DAMEZ et al, 2003)

O método de elementos finitos, o pré-cálculo da radiosidade, que é independente do ponto de vista do

observador, pode ser útil para gerar passeios virtuais interativos no espaço arquitetônico. Contudo, o método de radiosidade apenas aproxima os aspectos especulares da luz o que implica na necessidade de um processamento de cálculo suplementar de RayTracing, para incluir as interações da IG, o que inviabiliza a interatividade. (WALD et al, 2002)

Outra técnica se fundamenta na montagem de cenas virtuais através de panoramas de ambiente virtual. (VELHO et al, 2000). Este enfoque elimina a necessidade de modelagem e de rendering, substituindo-os por um processo bi-dimensional que reconstrói a vista desejada, contudo, se baseia em conceito de iluminação conhecido na CG como “luz ambiente”, ou seja, a cena esta iluminada por dados que não estão associados ao sitio onde será implantado o edifício, o que impede a avaliação precisa do comportamento da LN no projeto proposto pelo arquiteto.

WALTER, DRETTAKIS e GREENBERG(2002) propõem a técnica de RENDER CACHE que computa o rendering em uma camada independente e que se comunica de forma assíncrona com o ambiente interativo. Isso permite Muitos pesquisadores têm explorado as seqüências com o movimento de câmera e a reprojeção no plano de câmera seguinte da animação que reduz o esforço computacional, pois a reprojeção dos dados do frame anterior evita recalcular os dados inalterados da cena.

Outra técnica para acelerar o rendering da IG é o processamento paralelo que pode ser melhorada quando se combina com algoritmos de display inteligentes. Um exemplo destes algoritmos é o Post-rendering que exhibe as imagens em uma seqüência maior que o processamento de rendering necessita utilizando a interpolação de frames vizinhos – isto é: o anterior e o futuro ao atual – predizendo quais frames serão necessários para a interpolação. Percebe-se que isto é razoável para animações interativas, mas é extremamente complexo para um ambiente interativo em tempo real.

Estratégias mais focadas na interatividade propõem para contornar as limitações de cálculo da LN acima expostas, pré-processar e armazenar as informações dos raios luminosos a fim de serem utilizadas na medida em que o observador se desloca livremente na cena. Esta técnica adota soluções conhecidas como “rendering hardware” e



utiliza cálculos pré-computados e armazenados em “buffers” localizados em hardware, em sistemas de discos fixos ou em memória RAM. Estas técnicas são baseadas na implementação do rendering através de criação de um arquivo CACHE no processamento paralelo como apresentadas por [WARD, 1999] conhecidas como HOLODECK CACHE e o RENDERCACHE [COSTA et al,2001] que exploram a possibilidade de reaproveitar informações entre fotografias por processos de interpolação e reprojeção utilizando o motor de cálculo do software RADIANCE.

Outra linha de pesquisa trata da redução do número de polígonos a serem renderizados que permite alcançar um número de FPS adequado a interatividade. Incluem-se nesta categoria a determinação de visibilidade e a redução da complexidade geométrica. (PIRES e PEREIRA, 2001)

Considerações finais O projeto de arquitetura pode-se beneficiar com a técnica de simulação da LN, com a qual é possível perceber de forma preditiva e interativa, os espaços que ainda não foram construídos. Podem-se avaliar previamente as condições de conforto visual, computando os diversos níveis de iluminação em diferentes pontos do ambiente, possibilitando que se façam os ajustes necessários. Além disso, pode-se simular o projeto de iluminação artificial conjugado ao da LN, possibilitando melhora significativa na eficiência energética do edifício.

Para obter os melhores resultados, além da interatividade, deve-se considerar que para o processo de projeção arquitetônica existe outro conceito importante. A conexão com o mundo tri-dimensional, pois caso contrário qualquer aplicativo que tivesse reação às ações do usuário seria útil ao arquiteto.

A interatividade na experimentação e na exploração de novas alternativas de design, é um dos principais objetivos a ser alcançado para lidar com este complexo conjunto de aspectos do projeto arquitetônico. A simulação computacional tem sido apoiada por este emergente desenvolvimento de software/hardware e comprovou que pode ser uma ferramenta eficiente para estudar o desempenho ambiental dos edifícios.

Referências Akenine-Moller, t., Haines, E.

Real-Time Rendering Segunda ed. Massachusetts: A K Peters Ltd, 2002. 835 p. / BUKOWSKI, R. W. *Interactive Walkthrough Environments for Simulation*. California, EUA, 2001. 171 f. Tese Doutorado em Ciencia da Computação - GRADUATE DIVISION, UNIVERSITY of CALIFORNIA at BERKELEY / CHRISTAKOU, E. D. *A simulação da luz natural aplicada ao projeto de arquitetura*, Brasília, 2004. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo - Programa de Pesquisa e Pós-graduação, Universidade de Brasília. / DAMEZ, C., DIMITRIEV, K., e MYSZKOWSKI, K. *State of art in Global Illumination for interactive applications and high-quality animations*. In: COMPUTER GRAPHICS FORUM, 2003, Volume 21, numero 4 pag. 55-77 / DUARTE, F. *Arquitetura e tecnologias de informação: da revolução industrial à revolução digital* 1a. ed. São Paulo: Editora da UNICAMP, 1999. 200 p. / ERLICH, Charles K. *Computer Aided Perception: A method to Evaluate the Representation of Glare in Computer Graphics Imagery*. ,2002. Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação -University of California, Berkley, USA, 2002. / HUFF, R., NEDEL, L. P., OLIVEIRA, M., e FREITAS, C. M. *Usando Iluminação Baseada em Imagens na Geração de Ambientes de Realidade Mista*. 2004. <http://www.inf.ufrgs.br/cg/publications/huff/huff-svr2004-final.pdf>, acessado em 01/maio/2007 / INANICI, M. N. *Application of the state-of-the-art computer simulation and visualization in architectural lighting research* In: SEVENTH INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE, 2001, Rio de Janeiro. , 2001. p. 1175-1182. / MOORE, Gordon. *“Cramming more components onto integrated circuits”* Electronics, Volume 38, Number 8, April 19, 1965 / PIRES, P., e PEREIRA, J. M. *Dynamic Algorithm Selection: a New Approach to the Real-Time Rendering of Complex Scenes Problem* In: 10o. ENCONTRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA, 2001, Lisboa. , 2001. / WALD, I., KOLLIG, T., BENTHIN, C., KELLER, A., e SLUSALLEK, P. *Interactive Global Illumination* In: TECHNICAL REPORT TR-2002-02, COMPUTER GRAPHICS GROUP, 2002, Saarland University. Technical Report TR-2002-02. , 2002. / WALTER, B., DRETTAKIS G., e GREENBERG, D. P. *Enhancing and Optimizing the Render Cache* In: THIRTEENTH EUROGRAPHICS WORKSHOP ON RENDERING, UE, 2002. p. 37-43. / WARD, G. L., e SHAKESPEARE, R. *Rendering with Radiance- The Art and Science of Lighting Visualization* São Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1998. 664 p. / WARD, G. L., SIMMONS, M., - “The Holodeck Interactive Ray Cache”. , University of California, Berkeley – 1999 / WARD. <http://radsite.lbl.gov/radiance/> 2002 / ZEVI. B. *Saber ver a arquitetura* 5a edição ed. São Paulo: Martins Fontes , 1996. 286 p.

