

Visualização Não-fotorrealística no Design de Interação do Ambiente VIDA

Non-photorealistic Visualization in Interaction Design of VIDA Environment

Tori, Romero; Livre Docente, Dr; Senac /LPAI e Poli-USP / Interlab
tori@acm.org

Tokunaga, Daniel M.; Ms; Poli-USP / Interlab

Nakamura, Ricardo; Dr; Poli-USP / Interlab

Nunes, Fátima L. S.; Dra; EACH-USP / LApIS e Poli-USP / Interlab

Corrêa, Cléber G.; Ms; Poli-USP / Interlab

Picchi, Fábio L.; Poli-USP / Interlab

Resumo

Este artigo apresenta resultados de pesquisa destinada a estudar o uso de renderização não-fotorrealística na visualização de objetos tridimensionais exibidos pelo atlas anatômico interativo VIDA (*Virtual Interactive Distance-learning on Anatomy*). Foi desenvolvido um algoritmo que converte modelos tridimensionais em desenhos não-fotorrealísticos, com diferentes possibilidades de visualizações estilizadas (somente borda, sombreamento etc). Como primeiro experimento foram estudadas alternativas de design para a tarefa de interação de seleção de estruturas anatômicas 3D.

Palavras Chave: design de interação; realidade aumentada; educação a distância e ensino de anatomia.

Abstract

This article presents results of a research intended to study the use of non-photorealistic rendering for the visualization of three-dimensional objects displayed by the interactive anatomical atlas called VIDA (Virtual Interactive Distance-learning on Anatomy). An algorithm to convert 3D models into non-photorealistic designs with different stylized visualization techniques (only edge, stylized shading etc.) was developed. As a first experiment some design alternatives for the task of interaction for selection of 3D anatomical structures were studied.

Keywords: interaction design; augmented reality; distance learning and anatomy learning.

Introdução

As técnicas de realidade aumentada, ou simplesmente RA (Tori, 2009), procuram gerar a visualização dos elementos virtuais inseridos no ambiente físico da forma mais realista possível, melhorando assim a ilusão proporcionada ao usuário de que tais elementos de fato façam parte de seu mundo real. No entanto, uma das técnicas de RA, também conhecida como Virtualidade Aumentada, consiste na inserção de elementos reais em ambientes virtuais, que nem sempre são fotorrealísticos. Nesses casos pode ser interessante que os elementos capturados do mundo físico sejam visualizados de forma não-fotorrealística (Fischer *et al.*, 2006), de modo a se obter uma maior consistência na linguagem visual. A visualização estilizada pode ainda ser útil para facilitar a compreensão de estruturas complexas (Raskar, Tan *et al.*, 2004; Fischer, Haller *et al.*, 2008).

Com o intuito de se prover o recurso de renderização (ou síntese de imagens) não-fotorrealística numa ferramenta, desenvolvida no Interlab/USP¹, que possibilita a inserção de vídeo-avatar² em aplicações educacionais ou de jogos digitais, foram criados e acoplados a essa ferramenta algoritmos que convertem em tempo-real o vídeo tridimensional em um desenho estilizado (Tokunaga *et al.*, 2009). Esses mesmos algoritmos foram incorporados ao ambiente de realidade aumentada VIDA (*Virtual Interactive Distance-learning on Anatomy*) (Tori *et al.*, 2009b; Tori *et al.*, 2009), em desenvolvimento numa pesquisa colaborativa entre Interlab/USP, LApIS/EACH-USP e LPAI/Senac-SP, adaptados para converter os modelos anatômicos 3D em desenhos estilizados.

No ambiente VIDA, que por enquanto não incorpora recursos de vídeo-avatar, o usuário interage diretamente, com suas próprias mãos e sem ajuda de dispositivos de interação, sobre projeções estereoscópicas que simulam imagens holográficas. Nesse ambiente a renderização não-fotorrealística pode ser usada como recurso adicional de visualização e interação. Vários estudos podem ser realizados, visando-se melhorar o design de informação e/ou o design de interação do ambiente VIDA, a partir do uso de visões estilizadas e tridimensionais das estruturas anatômicas. Este artigo apresenta o ambiente VIDA, os algoritmos de renderização não-fotorrealística, e discute os primeiros resultados desses estudos, os quais focaram-se em técnicas de realce de informação durante interação de seleção de partes de uma estrutura anatômica, mais especificamente na indicação visual das partes selecionadas. Não foram incluídos nesse estudo inicial os gestos a serem realizados pelo usuário nem a forma como este indicará a parte selecionada.

O Ambiente VIDA

O ambiente VIDA (Tori *et al.*, 2009a; Tori *et al.*, 2009) consiste de uma ferramenta para ensino de anatomia a distância, baseada na manipulação direta de objetos virtuais tridimensionais. Consiste em um ambiente de RA, em desenvolvimento, com o intuito de propiciar ferramentas dinâmicas e motivadoras para o estudo de anatomia. O público-alvo é composto por professores e estudantes da área de saúde, que necessitam ensinar ou estudar anatomia humana.

A Figura 1 ilustra o conceito do ambiente VIDA, na visão subjetiva do usuário. Conforme pode ser observado, objetos tridimensionais que representam o corpo humano são dispostos no ambiente virtual, podendo ser visualizados e manipulados pelo usuário. A

¹ <http://www.interlab.pcs.poli.usp.br>

² Vídeo tridimensional capturado em tempo-real para inserção em um ambiente virtual tridimensional.

visualização oferece efeitos de estereoscopia, propiciando a sensação de profundidade. Os objetos podem ser sobrepostos de forma que o usuário tenha a sensação de manipular um volume, composto por diversas camadas. Para a manipulação direta (sem o uso de dispositivos), gestos estão sendo definidos para que o usuário possa executar ações como aumentar ou diminuir a escala dos objetos, transladar uma estrutura dentro do ambiente e navegar pelas estruturas permitindo o efeito de “raios-X”, isto é, entrar dentro do objeto, tendo acesso às suas camadas internas.

Com o emprego de uma ferramenta auxiliar de instanciação, o professor pode construir seus próprios ambientes, escolhendo e dispondo os objetos na posição que desejar, considerando as necessidades de aprendizado de seus alunos.

Na versão atual utiliza-se técnicas de estereoscopia baseada em anaglifo para produzir o efeito 3D³. No entanto os estudos de design de interação e de tecnologia que estão sendo desenvolvidos contribuirão diretamente para o desenvolvimento de sistemas baseados nos futuros monitores tridimensionais holográficos, os quais já são realidade em laboratórios (Pan, 2009).

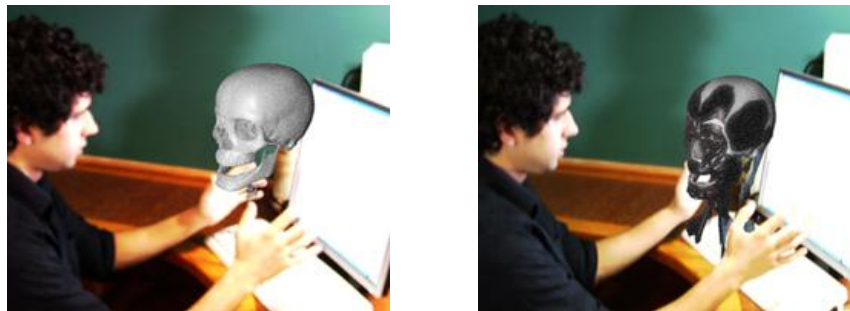


Figura 1: Imagem ilustrativa da sensação do usuário interagindo no ambiente VIDA (Tori *et al.*, 2009a)

A Figura 2 ilustra a exibição em anaglifo no ambiente VIDA. Na referida figura, para uma melhor visualização em 3D pelo leitor, foi realizada uma montagem com a captura estereoscópica do usuário durante a interação.



Figura 2: Interação e visualização em anaglifo no ambiente VIDA (Tor *et al.*, 2009a)

³ A estereoscopia possibilita ao sistema visual humano a estimativa de proximidade dos elementos presentes na cena captada pelos olhos, com base nas diferenças entre as imagens formadas em cada retina (paralaxe). Existem diversas técnicas computacionais que simulam o efeito estereoscópico, sendo a de menor custo, porém, com perda de informação de cores, a técnica denominada anaglifo. Tal técnica emprega óculos fabricados com material translúcido colorido, em geral um verde e outro vermelho, para filtrar as cores dos anaglifos que representam as duas imagens (uma para cada olho). (Siscoutto, Szenberg *et al.*, 2006).

Visualização Não-fotorrealística

Nem sempre o realismo fotográfico é a melhor solução para visualização de informação. Um exemplo disso pode ser observado na Figura 3, na qual a foto de um motor automotivo é comparada a uma versão estilizada da mesma imagem, mostrando claramente que a segunda opção é muito mais indicada para a visualização das estruturas do equipamento (Raskar *et al.*, 2004).

Na área médica não há dúvida de que o realismo é importante, tanto que nem se cogita a utilização de compactação com perdas para armazenamento de imagens médicas. No entanto, mesmo em aplicações da área da saúde, o uso de visualização não-fotorrealística pode ser útil em algumas situações, como o realce de regiões de interesse ou para aprimorar a percepção de estruturas espaciais (Levoy *et al.*, 1990).

Em computação gráfica sempre se procurou aprimorar a qualidade do realismo na renderização (processo pelo qual a imagem final é produzida, incluindo efeitos de textura, iluminação e projeção, a partir da descrição vetorial da mesma), a ponto de ficar cada vez mais difícil se diferenciar nos filmes atuais o que foi capturado do mundo real e o que foi produzido por computação gráfica. Mas há um ramo da computação gráfica que se preocupa em produzir imagens não-fotorrealísticas.

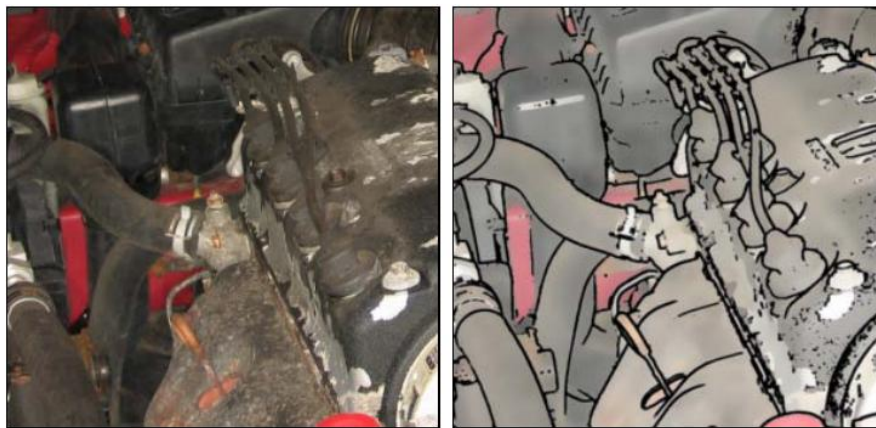


Figura 3: Comparação entre a foto de um motor e versão estilizada, gerada computacionalmente; extraída de (Raskar *et al.*, 2004)

A renderização não-fotorrealística, do termo inglês “non-photorealistic rendering” (Strothotte e Schlechtweg, 2002) é a denominação dada às técnicas de renderização que visam à representação visual dos objetos virtuais de forma estilizada, simulando ilustrações ao invés de fotografias. Essas técnicas são largamente utilizadas para a representação de diferentes informações, como desenhos técnicos (Saito e Takahashi, 1990; Schumann *et al.*, 1996; Gooch *et al.*, 1998; Raskar *et al.*, 2004) e ilustrações médicas (Levoy *et al.*, 1990; Saito e Takahashi, 1990; Schlechtweg e Strothotte, 1999; Svakhine e Ebert, 2003; Tietjen *et al.*, 2005; Fischer *et al.*, 2008), com o intuito de facilitar a visualização dessas informações, para criar um estilo diferenciado na cena, ou para aumentar a consistência da linguagem visual, como em jogos e animações.

Na medicina, em especial, essas técnicas são utilizadas principalmente para eliminar ambiguidades e reduzir complexidades presentes em informações médicas. Fischer *et al.*

(2008) utilizam a renderização não-fotorrealística para permitir a visualização volumétrica das informações capturadas por exames prévios, com informação da ativação do cérebro e de suas áreas internas, de uma forma simples e interativa. Tal abordagem permite que o usuário visualize o fluxo de ativação do cérebro e possa correlacioná-las às diferentes áreas do cérebro.

Já Tietjen *et al.* (2005) utilizam técnicas de extração de silhuetas do objeto e de transparências para representar as informações anatômicas de forma simples, permitindo que o usuário visualize as informações desejadas sem necessidade de se apagar as demais estruturas, possibilitando assim uma visão mais detalhada do órgão e ao mesmo tempo, uma visão mais global de todas as estruturas e suas correlações.

Com o intuito de propiciar mais alternativas ao designer de interação do ambiente VIDA foram, a este, incorporados algoritmos de visualização não-fotorrealística, desenvolvidos originalmente para um sistema de vídeo-avatar em que o vídeo de uma pessoa real é inserido em um ambiente virtual (Tokunaga *et al.*, 2009). Com tais recursos abrem-se inúmeras possibilidades para a interação com o ambiente. Para se comprovar o funcionamento da ferramenta e iniciar os estudos de alternativas de interação, foram realizados estudos iniciais nos quais a visualização não-fotorrealística é utilizada para gerar um estilo diferente em relação à renderização convencional, gerando-se um visual que se destaca do restante da cena, apropriado para a o *feedback* visual da tarefa de interação denominada “seleção”. Neste estilo o sombreamento do objeto é representado por linhas diagonais e paralelas, simulando o sombreamento realizado por hachuras em ilustrações vetoriais. A Figura 4 apresenta exemplo de imagem criada com esse estilo a partir de um modelo 3D convencional.

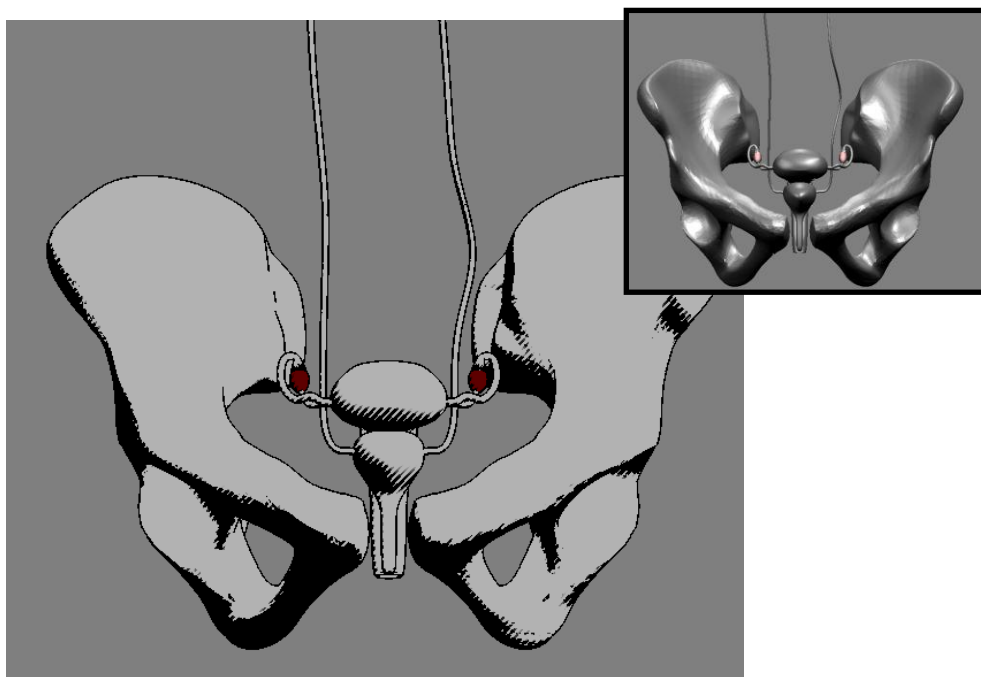


Figura 4: Exemplo de renderização não-fotorrealística a partir de modelos 3D convencionais (imagem do canto superior direito), usando um dos algoritmos desenvolvidos (primeiro estilo não-fotorrealístico);

Tecnologia Desenvolvida

Nesta seção serão apresentados e discutidos os dois algoritmos que foram desenvolvidos para a geração de renderização não-fotorrealística.

No primeiro estilo, para se gerar as linhas que formarão a imagem estilizada a partir de modelos 3D convencionais, verifica-se se cada pixel, renderizado na tela, pertence a uma faixa de planos paralelos à visão do usuário. Em caso positivo o pixel é renderizado na cor preta. Para tal, inicialmente considera-se a representação de plano apresentada na Equação 1, onde \mathbf{n} representa a normal do plano a ser definido, \mathbf{r}_0 , um ponto conhecido do plano e \mathbf{r} , ponto variável que constitui o plano. A normal \mathbf{n} pode ser decomposta nas três coordenadas (n_x, n_y, n_z) , \mathbf{r}_0 em (x_0, y_0, z_0) , e \mathbf{r} em (x, y, z) , como apresentada pela Equação 2.

$$(1) \quad \mathbf{n} \cdot (\mathbf{r} - \mathbf{r}_0) = 0$$

$$(2) \quad n_x(x - x_0) + n_y(y - y_0) + n_z(z - z_0) = 0;$$

$$(3) \quad n_x x + n_y y = n_x x_0 + n_y y_0 = \alpha;$$

Uma vez que as linhas são diagonais e paralelas ao vetor da visão do usuário, a normal que representa o plano deve possuir a componente z igual a 0 , caso contrário os planos não serão na diagonal. Assim, a Equação 2 é alterada de forma a se tornar igual à Equação 3. Note-se que, nesta equação, variando-se a componente \mathbf{r}_0 , decomposta em (x_0, y_0, z_0) , pode-se obter planos paralelos entre si, com uma posição diferente. Assim, igualam-se os valores fixos da Equação 3 a um valor α , desta forma, variando-se α , varia-se a posição do plano. A Figura 5a apresenta a idéia dos planos paralelos.

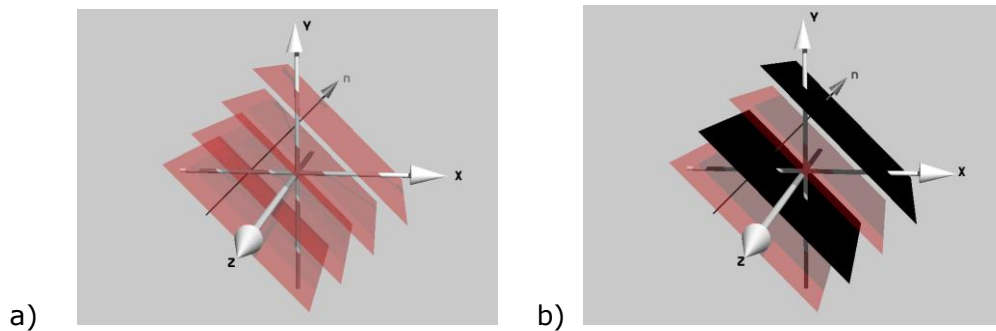


Figura 5: a) Representação dos planos paralelos com normal \mathbf{n} ;
b) faixas de planos, onde $\alpha > V$, a serem renderizados com a cor preta

Para se obter planos paralelos, pode ser utilizada a propriedade de variar o valor de α para geração de diferentes planos, pela característica periódica da função seno. Obtendo-se o valor de seno de α , $\sin(\alpha)$, e verificando se este valor é maior que um valor V , definido pelo usuário, obtemos faixas de planos paralelos repetitivos com uma frequência definida. Uma vez que α é igual a $n_x x + n_y y$ (Equação 3), obtemos uma equação, a partir da qual pode ser verificado se um certo ponto no espaço encontra-se dentro das faixas de planos paralelos e diagonais a tela, simplesmente verificando se o seu seno é maior que V . Desta forma, quanto

maior o valor de V , maior é a faixa a ser renderizada com a cor preta. A Equação 4 representa esta técnica, ilustrada pela Figura 5b.

$$(4) \quad \sin(n_x x + n_y y) = \sin(\alpha);$$

Para se gerar o efeito de afinamento nas extremidades das linhas, apresentado na Figura 4, utilizou-se a intensidade de reflexão da superfície, R . Para tal, multiplica-se este índice de reflexão pelo valor V . Assim, quanto maior a intensidade de reflexão R , maior é o valor a ser comparado com o seno de α , ou seja, quanto maior a reflexão R , menor será a faixa a ser renderizada com cor preta, gerando-se um efeito de afinamento na linha. Porém, uma vez que o valor de R varia de 0 a 1, o afinamento somente ocorreria no ponto mais iluminado, não gerando o efeito desejado. Para se evitar esse problema, multiplica-se a intensidade de reflexão por um valor n , para que o afinamento das hachuras já ocorra com intensidades menores de reflexão. A Equação 5 representa esta solução.

$$(5) \quad \text{Caso} \quad \sin(\alpha) > V \cdot nR, \quad \text{pixel} = \text{preto};$$

$$(6) \quad \text{Caso} \quad \sin((n_x x + n_y y) \cdot f) > V \cdot nR, \quad \text{pixel} = \text{preto}$$

Por fim, para se controlar a frequência dos planos a serem renderizados na cor preta, multiplica-se a parte interna do seno na Equação 4 por um valor f , de forma que quanto maior f , maior será a repetição das linhas, ou seja, maior será a densidade da hachura. Desta forma, todo pixel que se encontrar na posição (x,y,z) que satisfaça a Equação 6, será renderizada na cor preta, gerando o efeito de hachura desejado. Para a visualização no sistema VIDA, outro estilo não-fotorrealístico também foi implementado, apresentado na figura 6.

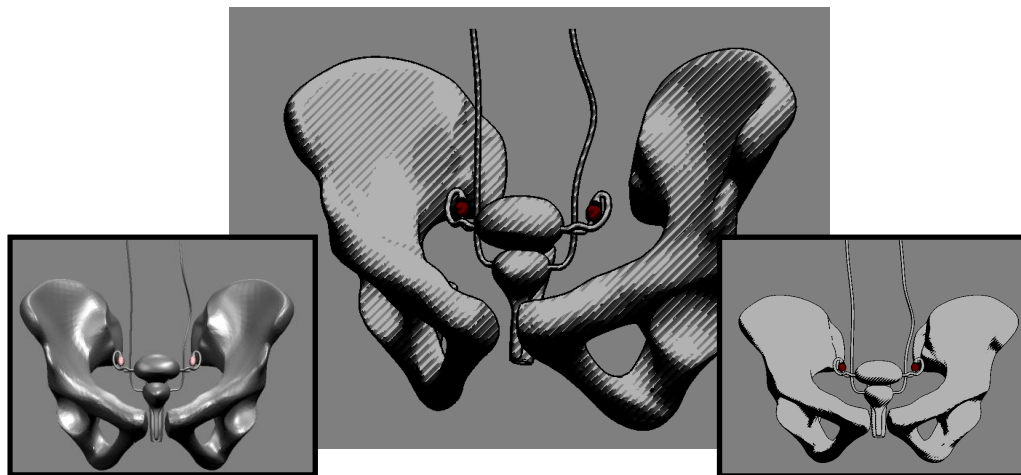


Figura 6: Exemplo de renderização não-fotorrealística a partir de modelos 3D convencionais (imagem do canto inferior esquerdo), usando o segundo estilo não-fotorrealístico (imagem central); para efeito de comparação o primeiro estilo é apresentado no canto inferior direito

Em ambos os estilos, previamente explicados, também foram adicionadas silhuetas, de forma a simular bordas nas ilustrações geradas. Para tal, o objeto é renderizado em *wireframe*

com *culling* inverso⁴. Assim, somente os vértices laterais e da parte posterior do objeto são renderizados. Após essa etapa, os objetos são renderizados novamente, como descrito previamente. Com esta segunda passagem, as linhas internas são cobertas, restando somente as linhas laterais, que simulam as silhuetas do objeto. A Figura 7 apresenta este processo.

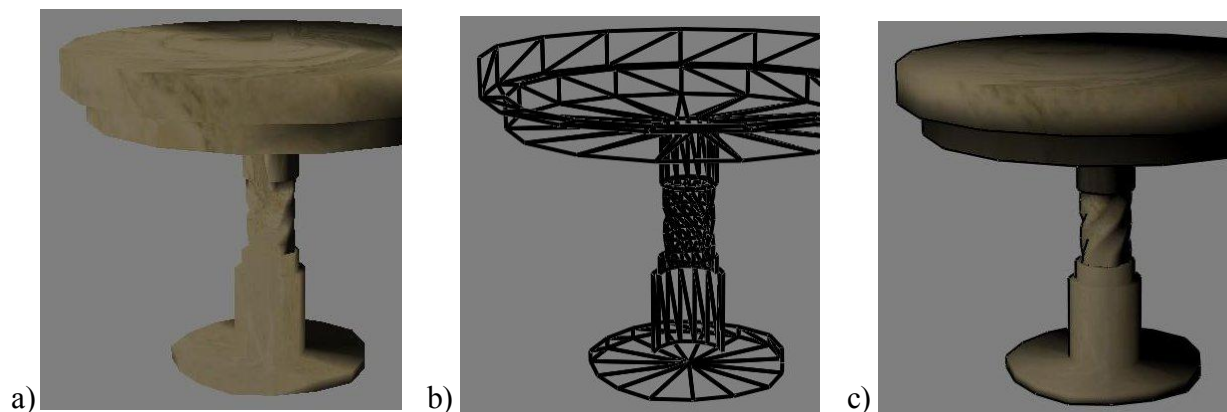


Figura 7: Geração das linhas de contorno: (a) objeto renderizado por OpenGL; (b) objeto em *wireframe* com *culling* invertido; (c) objeto renderizado com silhuetas

Este mesmo método foi utilizado para se gerar o estilo com bordas utilizado no teste, em que, na segunda passagem, se utiliza o processo de renderização convencional através do OpenGL⁵.

Experimentos Realizados

A interação é uma característica fundamental dos ambientes virtuais, englobando diversos fatores, tais como: dispositivos físicos de entrada e saída, concepção e implementação de técnicas computacionais, tarefas a serem executadas no ambiente tridimensional e características dos usuários. Devido à complexidade e interdependência de referidos fatores, a interação deve ser categorizada para facilitar seu estudo, projeto, implementação e testes de usabilidade.

Bowman *et al.* (2004) apresentam uma classificação para a interação, dividindo a mesma em: navegação, seleção/manipulação, controle do sistema e entrada simbólica. O presente trabalho focou na categoria seleção, mais especificamente em uma etapa da seleção, a qual consiste em realçar um objeto ou modelo escolhido pelo usuário dentro de uma estrutura anatômica formada por diversos modelos – fornecendo um *feedback* ou uma indicação de seleção ao usuário. No presente estudo, não foram permitidas seleções de múltiplos objetos simultaneamente.

Para os testes, duas estruturas anatômicas tridimensionais que representam órgãos humanos, sendo pélvis feminina e crânio, foram utilizadas no sistema VIDA (Figura 8).

⁴ Neste caso, *culling* se refere à técnica de remoção de polígonos (*back face culling*) que não deveriam ser visíveis na imagem (Foley, 1995). O *culling* inverso preserva somente tais polígonos. O desenho dos contornos desses polígonos (ou *wireframe*) gera o contorno externo do objeto representado.

⁵ OpenGL: biblioteca gráfica padrão e de código aberto utilizada na maioria das aplicações e disponível em praticamente todas as placas gráficas atuais.

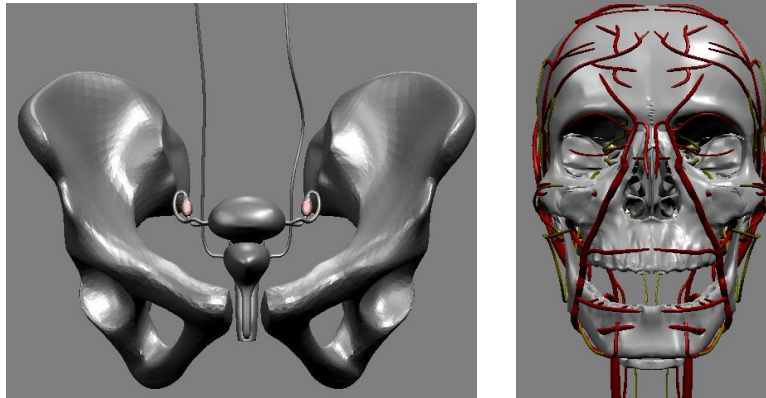


Figura 8: Modelos 3D de Pélvis e Crânio utilizados nos testes

Os testes tinham como objetivo a classificação, por ordem de preferência, de sete formas de realce. Tal ordenação era realizada pela atribuição, sem repetição, de números inteiros de 1 a 7, sendo que o número 1 indicaria, na opinião do voluntário (usuário), a melhor forma de realce apresentada, o número 2 indicaria a segunda melhor forma de realce, e assim sucessivamente.

As formas de realce adotadas nos experimentos foram:

- Não-fotorrealística, neste caso, o principal alvo dos estudos, na qual a estrutura anatômica é apresentada de forma fotorrealística e o objeto selecionado é exibido de forma não-fotorrealística, conforme exemplos apresentados na Figura 9;

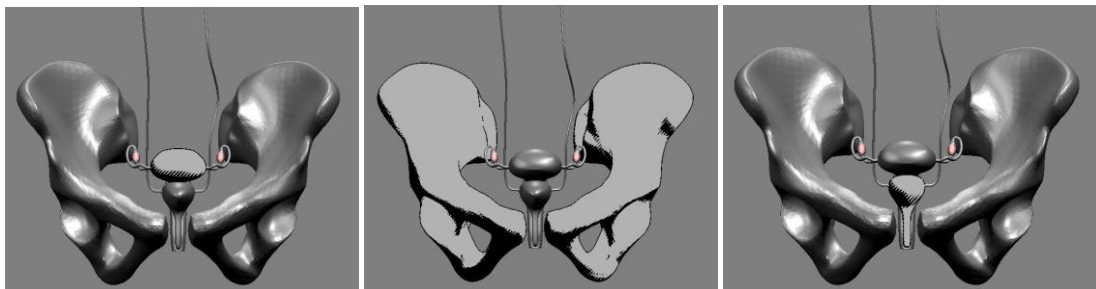


Figura 9: Exemplos de seleção usando realce não-fotorrealístico

- Fotorrealística, que se trata do inverso da primeira forma de realce, ou seja, a estrutura anatômica é apresentada na forma não-fotorrealística e o objeto selecionado é exibido de forma fotorrealística;

- Bordas, que consiste em apresentar o objeto selecionado com um contorno, uma borda de cor diferente da cor predominante do objeto (Figura 10);

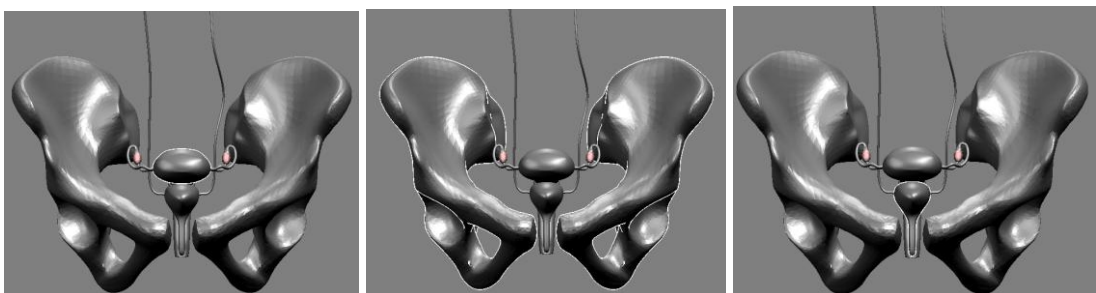


Figura 10: Exemplos de seleção usando bordas

- Bordas diferenciadas, na qual a estrutura é visualizada com bordas e o objeto selecionado é visualizado com uma borda diferente dos demais objetos que compõem a estrutura;
- Intermitente, caracterizada pelo efeito de aparecer e desaparecer do objeto a ser realçado, em uma frequência estabelecida;
- Crescimento, consiste em imprimir uma alteração de escala ao objeto a ser realçado, tornando-o proporcionalmente maior em relação ao seu tamanho original;
- Visibilidade, na qual somente o objeto a ser realçado é exibido, enquanto os demais tornam-se invisíveis ao usuário (Figura 11).

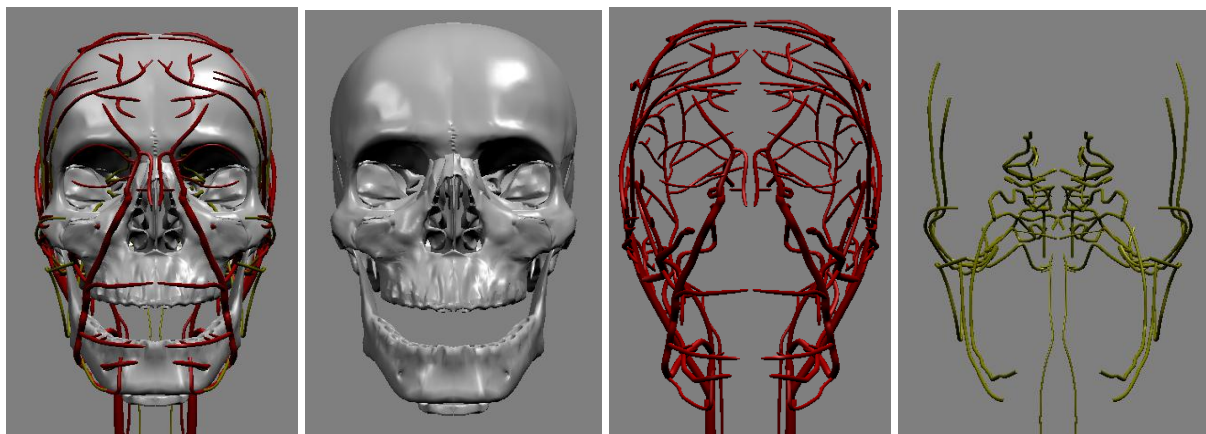


Figura 11: Exemplos de seleção por visibilidade

Considerando-se tal cenário, os usuários ou voluntários, deveriam definir as formas de realce e a seleção dos objetos usando o teclado. Conforme mencionado, não foram utilizados gestos, uma vez que o foco dos testes era avaliar as preferências de visualização para representar a seleção de objetos. Desta forma, utilizando determinadas teclas, o voluntário poderia selecionar o objeto, entre “Crânio” e “Pélvis”, e acionar, sequencial e rotativamente, as diferentes formas de realce de seleção disponíveis. A primeira forma a ser exibida variava aleatoriamente de um usuário para outro.

Os experimentos foram divididos em quatro sessões e aplicados da seguinte forma: para cada estrutura anatômica (Pélvis e Crânio), os testes eram realizados com e sem o recurso de estereoscopia, conforme a Tabela 1, o qual foi empregada para coleta de informações. Conforme já mencionado, além das formas de realce propiciadas pelos algoritmos desenvolvidos, foram incluídos outros realces convencionais, como piscar, crescer ou exibir apenas o objeto de interesse, de forma a se verificar se as novas possibilidades se destacariam. Em cada sessão, o voluntário poderia selecionar os modelos e usar as formas de realce o número de vezes que desejasse, além de poder dirimir dúvidas sobre o sistema e as formas de realce a qualquer momento, mesmo durante os testes.

Esses experimentos iniciais aqui relatados foram realizados no próprio Interlab, onde os voluntários - pesquisadores, professores e estudantes que participam de atividades do laboratório - foram instruídos sobre os objetivos e as tarefas a serem executadas. Em seguida, participaram das sessões, classificando as formas de realce para seleção de modo a ordená-las de acordo com suas preferências, além de expressarem suas opiniões e sugestões sobre as formas de realce de seleção. Os experimentos contaram com a participação de cinco voluntários, todos do sexo masculino, sendo dois estudantes do curso de graduação de

Designer, dois estudantes e um professor do curso de graduação de Engenharia. A Figura 12 mostra uma sessão de testes sendo conduzida.



Figura 12: Voluntário durante uma sessão de testes

Tabela 1: Planilha para coleta de informações dos voluntários

Formas de realce para seleção	Pélvis		Crânio	
	Com estereoscopia	Sem estereoscopia	Com estereoscopia	Sem estereoscopia
Bordas				
Bordas diferenciadas				
Não-fotorrealística				
Intermitente				
Visibilidade				
Crescimento				
Fotorrealística				

Resultados e Discussões

Conforme explicado na sessão anterior, foram realizados cinco experimentos, durante os quais os voluntários preencheram a Tabela 1, após participarem dos testes com 2 objetos anatômicos, visualizando-os com e sem estereoscopia e com 7 formas de realce para cada visualização. Os resultados estão apresentados na Tabela 2. Como pode ser observado nessa tabela, o realce fotorrealístico foi o que recebeu maior pontuação, para os dois objetos, tanto na visualização estereoscópica quanto na exibição tridimensional convencional. No entanto, ao se observar as percepções individuais, nota-se uma grande variação nas preferências, tendo-se casos de realces que ficaram em primeiro lugar para um voluntário e em último para outro. Outra observação é que as características específicas dos objetos interferem na eficiência e no conforto sentido pelo usuário para uma mesma técnica de realce. Uma primeira conclusão que se pode elaborar é que em vez de se decidir “a priori” qual é a melhor técnica de realce a ser disponibilizada, o melhor é que se ofereça uma variedade de opções, deixando-se para cada usuário, decidir quando, e se, optar por uma ou outra técnica.

As pesquisas realizadas com usuários, como as aqui apresentadas, serviriam não para se decidir por qual técnica incluir, mas para se definir a ordem “default” de prioridade para disponibilização ao usuário. À medida que este fosse utilizando o ambiente, o sistema poderia aprender qual a melhor relação “usuário X características do objeto X técnica de realce”, modificando a ordem “default” em tempo real e, desta forma, propiciando um certo nível de inteligência e customização da interface de interação. Os testes iniciais, com usuários internos ao laboratório, também ajudam a se detectar eventuais problemas técnicos e/ou de usabilidade antes de o ambiente VIDA ser testado com usuários finais, quando então poderão ser realizados os ajustes finos no sistema.

Tabela 2: Tabela contendo a somatória dos valores das classificações determinadas pelos voluntários

Somatória das Classificações					
Formas de realce de seleção	Pélvis		Crânio		Geral
	Com estereoscopia	Sem estereoscopia	Com estereoscopia	Sem estereoscopia	
Não-fotorrealística	15	10	22	14	61
Fotorrealística	31	27	32	30	120
Bordas	9	17	16	23	65
Bordas diferenciadas	13	15	27	28	83
Intermitente	18	17	12	15	62
Crescimento	29	27	22	21	99
Visibilidade	25	27	9	9	70

Conclusão e Próximos Passos

Este artigo apresentou resultados de pesquisa e desenvolvimento que estudou novas formas de interação no ambiente de realidade aumentada VIDA, a partir da incorporação de recursos de geração automática de técnicas de renderização, principalmente a não-fotorrealística. Foram apresentados os tipos de renderização criados e a tecnologia desenvolvida para viabilizá-los. Os primeiros testes, envolvendo técnicas para realce de informação durante interação de seleção de elementos anatômicos, mostraram a viabilidade da tecnologia desenvolvida e seu potencial para o aprimoramento do design de interação em ambientes de realidade virtual e aumentada.

Os próximos passos da pesquisa envolverão avaliações sobre outras formas de utilização desse novo recurso para interação, visualização e design de informação em ambientes de realidade aumentada, bem como a integração com outras pesquisas em andamento no Interlab/USP, no LAPIS/USP e no LPAI /Centro Universitário Senac.

Agradecimentos

Os autores agradecem às seguintes instituições que financiaram as atividades desenvolvidas nesse projeto, por meio de apoio a projetos de pesquisa e bolsas de iniciação científica, mestrado e doutorado:

- FAPESP (Projeto TIDIA-Ae - Processo 2005/60618-1);
- Projeto INCT – MACC (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Medicina Assistida por Computação Científica), aprovado no Edital nº 15/2008 - MCT/CNPq/FNDCT/CAPES/FAPEMIG/ FAPERJ/FAPESP;
- CAPES;
- Centro Universitário Senac (Diretoria de Pós-graduação e Pesquisa).

Referências

BOWMAN, D. A. *et al.* *3D User Interfaces: Theory and Practice*. Boston: Addison-Wesley Professional, 2004.

FISCHER, J. *et al.* The augmented painting. *ACM SIGGRAPH 2006 Emerging technologies*. Boston, Massachusetts: ACM, 2006.

_____. Stylized Depiction in Mixed Reality. *The International Journal of Virtual Reality* [S.I.], v. 7, n. 4, p. 71-79, 12/2008 2008.

FOLEY, J. D. *Computer Graphics: Principles and Practice*. Addison-Wesley, 1995. p. 663.

GOOCH, A. *et al.* A non-photorealistic lighting model for automatic technical illustration. *Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*: ACM, 1998. p. 447-452.

LEVOY, M. *et al.* Abstract Volume Rendering in Radiation Treatment Planning. *First Conference on Visualization in Biomedical Computing*: IEEE Computer Society Press, 1990. p. 4-10.

OLIVEIRA, A. C. M. T. G. D.; NUNES, F. D. L. D. S. Building a Open Source Framework for Virtual Medical Training. *Journal of Digital Imaging* [S.I.], p. 15, September 30, 2009 2009.

PAN, Y. X., XUEWU SOLANKI, SANJEEV LIANG, XINAN TANJUNG, RIDWAN BIN ADRIAN TAN, CHIWEI CHONG, TOW-CHONG. Optics InfoBase - Fast CGH computation using S-LUT on GPU. *THE INTERNATIONAL ELECTRONIC JOURNAL OF OPTICS* [S.I.], v. 17, n. 21, p. 18543-18555, 2009 2009.

RASKAR, R. *et al.* Non-photorealistic camera: depth edge detection and stylized rendering using multi-flash imaging. *ACM Trans. Graph.* [S.I.], v. 23, n. 3, p. 679-688, 2004.

SAITO, T.; TAKAHASHI, T. Comprehensible rendering of 3-D shapes. *SIGGRAPH Comput. Graph.* [S.I.], v. 24, n. 4, p. 197-206, 1990.

SCHLECHTWEG, S.; STROTHOTTE, T. Illustrative Browsing: A New Method of Browsing in Long On-line Texts. In: S.BREWSTER, A. C. C. E. (Ed.). *Human-ComputerInteraction-INTERACT'99*. v. 2. n. 1. Edinburgh, Scotland: IFIP, 1999. p. 8.

SCHUMANN, J. *et al.* Assessing the effect of non-photorealistic rendered images in CAD. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: common ground*. Vancouver, British Columbia, Canada: ACM, 1996. p. 35-41.

SISCOOTTO, R. A. *et al.* Estereoscopia. In: TORI, R. *et al* (Ed.). *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. Porto Alegre: SBC, 2006. Cap.13. p. 221-245.

STROTHOTTE, T.; SCHLECHTWEG, S. *Non-photorealistic computer graphics: modeling, rendering, and animation*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2002.

SVAKHINE, N. A.; EBERT, D. S. Interactive Volume Illustration and Feature Halos. *Proceedings of the 11th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications*: IEEE Computer Society, 2003. p. 347.

TIETJEN, C. *et al.* Combining Silhouettes, Surface, and Volume Rendering for Surgery Education and Planning. Springer, 2005. p. 303-310.

TOKUNAGA, D. M. *et al.* Non-photorealistic 3D video-avatar. *SIGGRAPH 2009*. v. 1. n. 1. New Orleans, USA: ACM, 2009. p. 1.

TORI, R. Desafios para o design de informação em ambientes de realidade aumentada. *Infodesign* [S.I.], v. 6, n. 1, p. 12, 08/18/2009 2009.

TORI, R. *et al.* VIDA: Atlas Anatômico 3D Interativo para Treinamento a Distância. *XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*. v. 1. n. 1. Bento Gonçalves: SBC, 2009a. p. 1-10.

_____. VIDA: Atlas Anatômico 3D Interativo para Treinamento a Distância. *XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*. v. 1. n. 1. Bento Gonçalves: SBC, 2009b. p. 10.

_____. Design de Interação para um Atlas Virtual de Anatomia Usando Realidade Aumentada e Gestos. In: FERNANDEZ, A.; ZUANON, R. (Ed.). *Interaction South America 09*. v. 1. n. 1. São Paulo: IXDA Brasil, 2009. p. 12.