

Impacto do Uso de Cursores 3D no Processo de Instanciação de Objetos 3D

Eduardo Barrére^{1,2} and Claudio Esperança²

¹Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – Poços de Caldas – Minas Gerais - MG, Brasil

²Laboratório de Computação Gráfica – PESC – COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro - RJ, Brasil
{barrere, esperanc}@cos.ufrj.br

Resumo. Este artigo apresenta uma análise dos impactos referentes ao uso de cursores 3D durante o processo de desenvolvimento de cenários tridimensionais, mais especificamente durante a instanciação dos objetos no cenário. Para tanto, são descritas as características de uma aplicação para instanciação 3D, que a distingue dos demais tipos de aplicações e, através de uma pesquisa prática, como o uso de cursores 3D auxilia na interação do usuário durante o processo de instanciação.

Keywords: **3D Instantiation, 3D cursors, Interaction.**

1 Introdução

Uma gama de aplicações da área de computação gráfica tem como uma de suas funções principais a instanciação e/ou manipulação de cenários 3D. Entende-se como cenário 3D uma região no espaço tridimensional na qual são dispostos objetos, chamados de objetos 3D, e elementos complementares (luzes, câmeras, etc.).

O processo de criação e manipulação desses cenários requer o uso de vários aspectos de IHC (usabilidade, acessibilidade, tipos de interação) para permitir que o usuário consiga realizar sua atividade da forma mais natural possível. Neste contexto, a aplicação destas técnicas traz consigo uma série de peculiaridades. Numa vertente estão os ambientes de imersão tridimensional e na outra, encontram-se as aplicações utilizadas em computadores convencionais.

Os ambientes de imersão 3D necessitam de computadores com alto poder de processamento e periféricos especiais como luvas, capacetes, etc. Apesar de serem altamente eficientes nas suas propostas [1][2], estes ambientes são caros e ainda estão muito longe de serem utilizados pela grande maioria das empresas e pessoas que têm algum interesse em desenvolver ou utilizar aplicações 3D (CADs, jogos, animações e cenários para filmes e marketing, etc.).

Já os sistemas desenvolvidos para os computadores convencionais (sem os recursos para imersão em ambientes 3D) apresentam custos mais baixos, mas em contrapartida enfrentam o desafio de possibilitar a navegação e interação de cenários

3D com o uso de interfaces 2D [3][4]. Estes sistemas normalmente apresentam uma grande quantidade de funcionalidades e recursos que devem ser apresentados da forma mais prática possível aos usuários. Sendo assim, suas interfaces oferecem alguns desafios quanto a sua interatividade: a quantidade e disposição dos botões, das áreas e janelas de interação. Mas o maior desafio é a manipulação de informações 3D num espaço 2D [5], ou seja, utilizando periféricos com poucos graus de liberdade (*Degrees of Freedom* – DOF) [4], como monitor, teclado e mouse.

O passo inicial para se criar um cenário é instanciar os objetos na cena, ou seja, escolher um objeto dentre as possibilidades oferecidas pelo software (objetos pré-definidos, objetos armazenados ou cópias dos objetos do cenário atual) e determinar a sua posição espacial e parâmetros de configuração iniciais. Este processo de instanciação é a base para a posterior manipulação dos objetos e das características do espaço 3D, que formam um cenário. Este processo de instanciação é básico para as várias aplicações da computação gráfica: realidade virtual, modelagem geométrica, animação e visualização científica.

Para se instanciar os objetos nos cenários 3D, são utilizadas algumas formas de interação, entre elas os cursores 3D [6][7]. Estes cursores 3D podem ser utilizados em duas fases distintas, a primeira é durante o processo de instanciação (alvo deste trabalho) e a outra é para a manipulação dos objetos no cenário.

Este artigo contextualiza o processo de instanciação em aplicações para a criação e manipulação de cenários 3D, e apresenta uma pesquisa que buscou analisar os impactos na instanciação de objetos 3D, quando utilizados os cursores 3D como forma de interação principal para este fim.

2 Trabalhos Relacionados

Vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos visando analisar e ampliar o uso de cursores/manipuladores 3D em softwares da área de computação gráfica. A maioria dos estudos visa ampliar as funcionalidades dos manipuladores, incluindo novas funcionalidades, como é o caso do sistema MUVEE[8] que associa ao cursor a possibilidade de deformar os objetos da cena.

Outros trabalhos buscam realizar a instanciação em cenários 3D, através da geração de objetos 3D a partir de desenhos 2D gerados pelo usuário por meio de manipulação direta. Esses sistemas são voltados para a área de animação, onde se destacam os sistemas: Sketch[9], GIDeS[10] e principalmente o Teddy[11].

Em todos estes trabalhos são realizados estudos de interação para os cursores/manipuladores por eles utilizados, mostrando sempre as vantagens que esses elementos trazem para o sistema. Isto se justifica porque os cursores são peças-chaves de interatividade do sistema elaborado pelos autores, ou seja, a relevância em não se utilizar esses elementos seria enorme para a usabilidade do mesmo.

O trabalho aqui proposto segue uma outra vertente do uso dos cursores, que é a análise da sua relevância durante o processo de instanciação de objetos 3D, quando utilizados como mais uma forma de interação no processo de instanciação e não como a principal ou única forma de se instanciar um objeto no cenário.

3 O Processo de Instanciação 3D

Os sistemas para modelagem de cenários 3D, como AutoCAD®, 3DStudio®, Blender, entre outros; possuem algumas funcionalidades básicas em comum:

- A instanciação de objetos pré-definidos (esfera, cubo, cone, etc.) ou modelados (superfície, wireframes, sólidos, etc.)[3];
- Manipulação das propriedades de um objeto (cor, textura, etc.);
- Transformadas lineares afins (translação, rotação, escala e cisalhamento);
- Transformações de Visualização (manipulação de câmeras e de objetos); e
- Transformações de Projeção (projeção paralela e projeção perspectiva).

Estas funcionalidades variam em pequenos detalhes, de acordo com a diversidade de aplicações do software. A funcionalidade básica em todos os sistemas é a instanciação de objetos no cenário. É por meio dela que eles são posicionados inicialmente e têm suas propriedades iniciais (ou default) estabelecidas.

Quando se fala em sistemas desta natureza, deve-se ter em mente que o processo de interação nestes ambientes, consiste na capacidade reativa do sistema em detectar e responder a cada ação do usuário, através de modificações instantâneas no ambiente 3D (WYSIWYG - *What You See Is What You Get*). A interação em ambientes tridimensionais é realizada com o objetivo de efetuar operações de seleção, manipulação e navegação no ambiente 3D [9][11].

Para os sistemas de instanciação de objetos 3D utilizam-se, tradicionalmente, os seguintes tipos de interação [12]:

- **Manipulação Direta:** Facilita a interação com os objetos do cenário em desenvolvimento, pois é feita diretamente nele. São vantagens desta forma de interação: fácil aprendizagem e retenção minimizam a ocorrência de erros e encorajam exploração. Sua principal desvantagem: difícil programação.
- **MENU:** Suas vantagens: aprendizado rápido, redução da quantidade de passos para realizar uma tarefa, e apoio fácil com tratamento de erros. Suas desvantagens: perigo de muitos menus, redução da velocidade dos usuários frequentes, grande consumo de espaço na tela, requer taxa de exibição rápida;
- **Formulário:** Simplifica entrada de dados e requer treinamentos modestos, mas em contra-partida consome grande espaço na tela; e
- **Linguagem de Comandos:** Propicia ao usuário um sentimento forte de lugar de controle e iniciativa. São vantagens desta forma de interação: é flexível e dá poder aos usuários. Suas desvantagens: requer treinamento significativo e memorização.

As formas de interação podem ser utilizadas em conjunto ou separadas, conforme configuração do software (através da habilitação ou não da forma de interação).

O resultado do processo de instanciação é a inserção de um objeto 3D no cenário, normalmente visualizado na forma de uma janela e passível de manipulação direta. A abordagem utilizada no cenário é a WYSIWYG, uma vez que possibilita ao usuário obter o resultado imediato de todas as ações realizadas. A Figura 1 ilustra um cenário 3D (área em destaque).

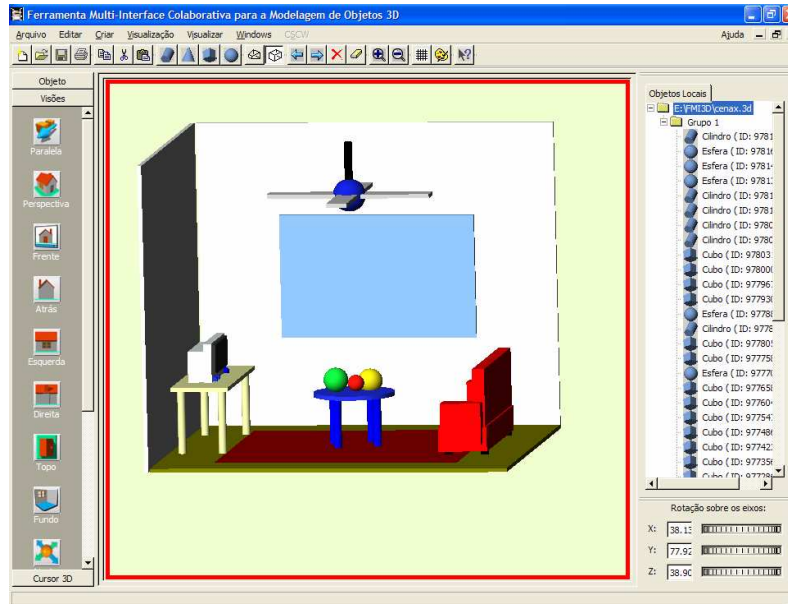


Fig. 1. Cenário 3D

Como o foco inicial e final do usuário está no cenário 3D, ou seja, na área que permite a visualização das interações e também a manipulação direta dos objetos, fica impossível desassociar o processo de instanciação da área de manipulação. Nesta sessão, é discutido o processo de instanciação de objetos 3D. Este processo foi observado pelos autores em experiências realizadas anteriormente[13].

Para viabilizar a realização da pesquisa, os autores utilizaram como software para instanciação e modelagem de cenários 3D a FMI3D (Ferramenta Multi-Interface 3D) [13][14], que é um software desenvolvido na linguagem Ruby[15] e que possibilita o total controle dos tipos de interação disponíveis ao usuário e também o registro destas interações, visando, assim, um acompanhamento maior das atividades realizadas.

Por meio da análise das aplicações disponíveis no mercado ou através da FMI 3D, observou-se que o usuário pode instanciar um objeto 3D das seguintes formas:

- **Menu:** Por meio de um menu ou submenu, o objeto pode ser instanciado de duas formas: na posição central (0,0,0,0,0) do cenário ou fornecendo antes um formulário em que o usuário pode escolher a posição inicial (X,Y,Z) e algumas propriedades básicas, normalmente relacionadas à dimensão do objeto;
- **Botão:** Botões com o símbolo do objeto a ser inserido (agrupados em barras de ferramentas ou outros tipos de painéis). Assim como na instanciação por menu, os sistemas permitem inserir o objeto na posição central do cenário ou via formulário;
- **Copiar e Colar:** Após copiar um objeto ou um grupo deles (CTRL-C), o usuário pode instanciar esta cópia colando-a na área de transferência. Assim como nas outras formas, o objeto pode ser colado no centro do cenário, ou escolhida a posição através de um formulário com a opção de escolha da posição inicial;

- **Arrastar e Soltar:** O usuário pode clicar na imagem que ilustra o objeto desejado, arrastá-la até a área de manipulação direta (que apresenta o cenário ativo) e soltá-la, gerando assim a instância do objeto na posição central ou abrindo um formulário para configuração dos parâmetros básicos dele;
- **Linguagem de Comandos:** Apesar de ainda presente em alguns sistemas, ela é pouco usada pelos usuários, já que necessita que os mesmos tenham domínio do comando para instanciação do objeto e dos seus parâmetros de configuração com as respectivas ordens e formatação; e
- **Manipulação Direta:** Através da interação na área de manipulação direta do software, ou seja, diretamente no cenário.

A instanciação por meio destas formas de interação, não difere muito dos demais tipos de aplicação, a não ser pela possibilidade de instanciar o objeto numa posição *default* ou abrir um formulário para a configuração dos parâmetros iniciais do objeto. Em contrapartida, a instanciação através da manipulação direta apresenta peculiaridades específicas de um ambiente 3D.

4 Cursores 3D

Interagindo com a área de manipulação direta, o usuário pode instanciar um objeto de duas maneiras, conforme ilustrado na Figura 2. A primeira com o posicionamento do cursor do mouse convencional (a) e a segunda através de cursores 3D (b). A idéia básica é instanciar o objeto na posição corrente do mouse, isto é feito normalmente através do acionamento do botão direito do mouse, escolhendo uma das opções que aparecem no menu apresentado (c).

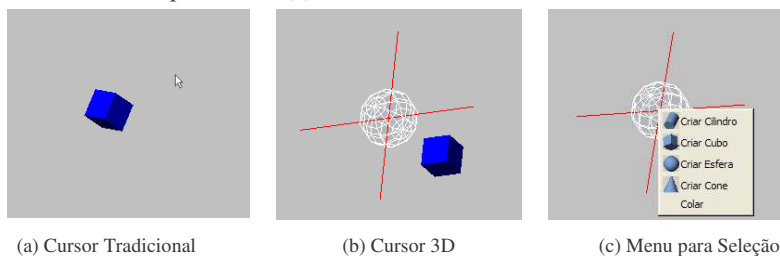


Fig. 2. Instanciação via Manipulação Direta

Quando se utiliza o cursor do mouse tradicional para instanciar um objeto, tem-se um sério problema que ocorre devido ao fato dele nos fornecer uma posição no espaço 2D (X,Y), por ser um periférico com dois DOFs. Nesta situação, existe a necessidade de mapear uma coordenada 2D num espaço 3D. O processo contrário, ou seja, a projeção de uma coordenada 3D num espaço 2D é conhecida e realizada com eficiência [3], como podemos ver em todas as aplicações de computação gráfica que utilizam o monitor ou geram gráficos impressos.

Em contrapartida, o mapeamento de coordenadas 2D num espaço 3D é complexo e depende de outras variáveis que não são visíveis ao usuário, como o vetor direção da câmera, por exemplo. Neste contexto, a posição correspondente no espaço 3D nem

sempre corresponde à posição, no cenário, que o usuário imagina que estaria inserindo o objeto, ou seja, na maioria das vezes a noção de profundidade fica prejudicada pelo fato da região de interação ser 2D[2][7].

Para solucionar este problema, foram desenvolvidos os cursores 3D[16]. Estes cursores são objetos presentes no cenário, que apesar de serem visualizados, não fazem parte da cena. São objetos de referência que permitem ao usuário saber a posição correta em que o objeto será inserido no cenário 3D.

Os cursores 3D podem ter formas diversas, mas os mais comuns são representados por alvos (cruzes) juntamente com elementos básicos para referência no espaço 3D. A Figura 3 ilustra os cursores 3D como elementos de posicionamento no cenário. O primeiro e o quarto cursores são elementos 2D representando alvos, os demais são da ferramenta FMI3D.

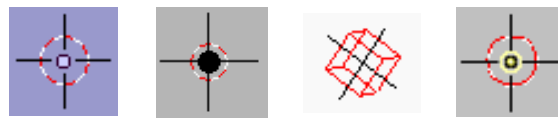


Fig. 3. Exemplos de Cursores 3D (3DS, FMI3D, FMI3D e Blender)

Já a Figura 4, apresenta os cursores 3D atuando como manipuladores 3D, pois permitem manipular propriedades dos objetos que são atribuídas a ele conforme sua localização (objeto ou parte do objeto selecionada).

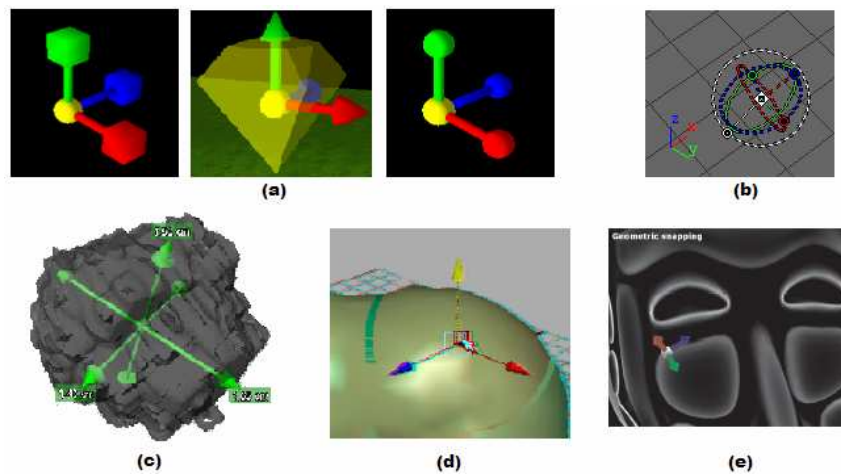


Fig. 4. Exemplos de Cursores 3D atuando como manipuladores

A Figura 4-a apresenta os manipuladores utilizados no software Unlimited Drop[17] e permitem escala, translação e rotação, respectivamente. A Figura 4-b,

apresenta um manipulador com vários controles, do software ppModeler[18]. O cursor apresentado na Figura 4-c é utilizado para informar a dimensão de um tumor[19]. Já o cursor da Figura 4-d é utilizado no software Maya[20] e por último o cursor da Figura 4-e permite a manipulação da superfície do objeto[21].

O uso de cursores 3D já está incorporado no desenvolvimento de aplicações para a área de computação gráfica, sendo que algumas linguagens, como o VTK[22] (Visualization ToolKit) trazem implementações prontas que facilitam o uso e interação com esses cursores, mas como citado anteriormente, poucos trabalhos analisam a relevância atual desses cursores nas aplicações que o utilizam.

5 Pesquisa

Dentro do contexto apresentado anteriormente, foi desenvolvida uma pesquisa com o objetivo de analisar a relevância que os cursores 3D trazem no processo de instanciação de objetos 3D. Esta pesquisa está descrita a seguir.

5.1 Delimitação

Definido o escopo da pesquisa, partiu-se para a escolha do método de avaliação de usabilidade que melhor se adequaria à proposta da pesquisa. Sendo assim, buscou-se definir os atributos a serem medidos (aprendizagem, eficiência, memorização, erros e satisfação [23]) e o método de avaliação de usabilidade a ser utilizado, o teste de usabilidade[24].

Para tornar possível obter os impactos do uso de cursores 3D, a pesquisa foi dividida em duas partes: a construção de um cenário utilizando cursores 3D e a construção de outro cenário utilizando as demais formas de instanciação.

O primeiro cenário consistia numa sala com um sofá, uma mesa, uma janela e uma porta, vide Figura 1, e o segundo cenário o clássico exemplo da área de modelagem 3D, o boneco de biscoito. Enquanto o primeiro cenário ressalta o lado técnico e preciso, o segundo cenário destaca o lado mais artístico do usuário, contemplando assim os dois grandes grupos de aplicações dos cenários 3D.

Os dois cenários deveriam ser construídos nas duas partes, sendo que os participantes da primeira etapa deveriam construir o cenário 1 utilizando cursores 3D e o cenário 2 sem utilizar os cursores. Já os participantes da segunda etapa fariam de forma inversa, o primeiro cenário sem o uso de cursores 3D e o segundo cenário utilizando os cursores 3D.

A divisão em duas partes buscou confrontar as dificuldades encontradas na construção dos dois cenários e, em que situações o uso dos cursores 3D facilitou ou dificultou alguma atividade.

Durante a realização destas duas partes, os dados foram coletados por meio de anotações do avaliador, log do software e questionário preenchido pelos participantes. Os dados coletados abrangeram: aprendizagem, eficiência de uso, memorização, erros e satisfação.

Já o questionário aplicado aos participantes da pesquisa, proporcionou as seguintes informações: dados pessoais, problemas encontrados, avaliação da forma de

interação e satisfação (baseada no questionário de satisfação da SUS (*System Usability Scale*) [25]).

Os Dados Pessoais foram preenchidos somente na primeira etapa da pesquisa e os demais itens após a execução de cada etapa.

5.2 Aplicação

Para participar da pesquisa, foram convidadas pessoas que tivessem experiência em: CAD (projetistas da área automobilística e engenharia civil), Designers de Publicidade, Desenvolvedores de Animação, Desenvolvedores de Jogos e Hobby (usuários que utilizam esses sistemas para pequenas atividades profissionais e pessoais). Ao todo, participaram da pesquisa 40 voluntários que utilizam os sistemas de instanciação 3D para diversas aplicações diferentes, com o objetivo de verificar, também, se a área de aplicação torna mais ou menos atrativo o uso de cursores 3D.

Os voluntários formavam cinco grupos (CAD, Designer, Animação, Jogos e Hobby) de oito pessoas cada um, sendo que quatro pessoas de cada grupo participaram de uma etapa da pesquisa, ou seja, cada etapa contou com a participação de 20 voluntários (4 pessoas x 5 grupos).

Para a aplicação da pesquisa, alguns aspectos foram definidos inicialmente e são de suma importância para se obter resultados significativos e para a validação da mesma. Foram definidos:

- **Ambiente de aplicação:** sala isolada (pessoas e barulho) com computador, cadeira para os usuários e para o avaliador. Foi utilizado um laboratório de informática em horários que não havia aula e nem alunos utilizando-o;
- **Grupo de usuários:** foram agrupados em cinco grupos, de acordo com a área de atuação profissional, visando obter grupos homogêneos, o que viabiliza a avaliação da pesquisa;
- **Horário de aplicação:** agendamento dos horários de aplicação com cada grupo de usuários. Este foi um ponto importante, pois como a pesquisa teve duração aproximada de 180 minutos, os horários de início e término deveriam ser respeitados; e
- **Definição dos cenários:** a seguir é apresentado e descrito o processo de definição dos cenários utilizados.

Os voluntários que participaram da pesquisa foram orientados para saberem quais eram os objetivos a serem alcançados e qual o motivo da realização da pesquisa. No dia da aplicação da pesquisa foi seguido um roteiro baseado no proposto por Nielsen[24]: apresentação, treinamento do usuário, execução das tarefas e debate.

5.3 Relevância da Opinião dos Usuários

Para realizar o teste de relevância, referente à participação de cada usuário, foi seguido o modelo utilizado por Cazella e Alvares [26], que define os critérios de inclusão (o usuário deve trabalhar na área relacionada ao grupo) e critérios de exclusão (o usuário obter um ranking de recomendação menor do que três).

Através de um questionário, aplicado antes do início da pesquisa, foi definida a relevância de cada usuário. Ela é representada por uma métrica chamada Ranking de Recomendação (RR)[26], que mostra a experiência do usuário dentro do grupo no qual ele foi incluído. O RR varia numa escala de 0 a 10.

Os atributos que compõe o RR do usuário participante desta pesquisa são: tempo de experiência na área que o enquadra como membro do grupo (mínimo seis meses (minA) e máxima de 36 meses (maxA)) e tempo de uso com aplicações para modelagem 3D (mínimo três meses (minA) e máximo de 36 meses(maxA)). O peso atribuído(p_i) a cada atributo é: 6.0 para o tempo de experiência na área e 4.0 para o tempo de uso. A Figura 5 ilustra as equações utilizadas para calcular o RR de cada usuário.

$$\begin{array}{cc}
 \text{(a)} & \text{(b)} \\
 an = \frac{a - \text{min}A}{\text{max}A - \text{min}A} \times (10 - 0) + 0 & RR = \frac{\sum_{i=1}^n an_i p_i}{\sum_{j=1}^n p_j}
 \end{array}$$

Fig. 5. Equações para Cálculo da Normalização do Atributo (a) e Cálculo do RR (b)

O usuário que receber um RR igual a zero seria desqualificado da pesquisa e os demais tiveram sua atividade multiplicada pelo seu índice de relevância, visando assim dar um maior peso para os usuários mais “qualificados” para contribuir com a pesquisa. Os valores mínimo (minA) e máximo (maxA) e o peso (p) foram definidos de forma empírica, tendo como referência um perfil geral que colaborasse com a pesquisa.

Os RRs calculados foram os seguintes: grupo CAD RR=7,94, grupo Designer RR=7,58, grupo Animação RR=7,23, grupo Jogos RR=7,67 e grupo Hobby RR=7,03. O RR geral foi de 7,49 o que demonstra uma homogeneidade entre os grupos, corroborando assim para validar a pesquisa.

6 Análise dos Resultados

Foram obtidos resultados provenientes de três fontes diferentes: anotações do observador, debate e análise dos *logs*. Nesta seção são apresentados esses resultados.

6.1 Log do Software

Através da análise dos *logs*, buscou-se verificar o quanto cada objeto instanciado estava fora da sua posição final, ou seja, qual o grau de precisão do usuário ao definir a posição inicial do objeto durante a instanciação do mesmo. A Tabela 1 apresenta a

média de modificações no posicionamento (por meio de arrasto ou formulário e propriedades) de cada objeto, pertencente ao cenário, necessárias até o posicionamento inicialmente considerado correto para o objeto na cena.

Tabela 1. Média de modificações no posicionamento para cada objeto instanciado.

Grupo	Sala			Boneco			Diferença Média (%)
	com cursor 3D	sem cursor 3D	Dif. (%)	com cursor 3D	sem cursor 3D	Dif. (%)	
CAD	2	3	50%	2	3	50%	50%
Designer	3	5	67%	3	4	33%	50%
Animação	4	6	50%	3	5	67%	58%
Jogos	4	7	75%	3	5	67%	71%
Hobby	5	9	80%	4	9	125%	103%
Média	3,6	6	64%	3	5,2	68%	66%

Baseado nestes dados e na conversa posterior com os participantes da pesquisa, chegou-se as seguintes conclusões:

- O uso de cursores 3D auxilia no posicionamento, o mais próximo possível, do considerado correto para o cenário em desenvolvimento. Diminuição média aproximada de duas correções de posicionamento (2,3 modificações ou 66%);
- Os usuários que utilizam a instanciação para trabalhos de precisão (CAD), apesar de conseguirem um bom percentual (50%) de economia com o uso de cursores 3D, quantitativamente não obtêm muita vantagem com os cursores, pois têm uma capacidade de abstração e precisão matemática que os possibilita uma precisão maior na colocação dos objetos na cena através dos formulários de configuração inicial de posicionamento; e
- As pessoas que utilizam esses sistemas para hobby obtêm um ganho percentual bem alto (103%), pois o cursor 3D auxilia esses usuários, que não têm grande experiência em montarem cenários, a encontrarem a posição de cada objeto.

Outro ponto obtido através dos logs foi o tempo para o posicionamento do objeto, desde a sua escolha até a definição do local considerado “ideal” para o mesmo. É importante ressaltar que foi considerado como tentativa de posicionamento do objeto, todas as mudanças realizadas desde a escolha do tipo do objeto até o usuário selecionar outro objeto ou funcionalidade, considerado aqui como todo o processo de instanciação.

A Tabela 2 apresenta a média de tempo gasto, por cada grupo, para posicionar um objeto no cenário. Pode-se observar que no grupo CAD o ganho gerado pelos cursores 3D foi proporcionalmente baixo (6 %) enquanto para o grupo Hobby, o ganho gerado foi alto (101 %). Isto se evidencia quando se compara o resultado da Tabela 2 com a Tabela 1, ou seja, a vantagem dos cursores 3D se torna maior à medida que o grupo de usuário tem menor afinidade com abstrações de cenários 3D.

Tabela 2. Tempo médio gasto para o posicionamento de um objeto no cenário.

Grupo	Sala			Boneco			Diferença Média (%)
	com cursor 3D (s)	sem cursor 3D (s)	Dif. (%)	com cursor 3D (s)	sem cursor 3D (s)	Dif. (%)	
CAD	32	34	6%	30	32	7%	6%
Designer	43	56	30%	41	53	29%	30%
Animação	54	74	37%	50	62	24%	31%
Jogos	57	77	35%	52	66	27%	31%
Hobby	79	156	97%	75	153	104%	101%
Média	53	79,4	41%	49,6	73,2	38%	40%

Vale ressaltar que apesar da quantidade de interações média de alguns grupos serem próximas, o tempo total de instanciação não foi tão próximo assim. Exemplo: o cenário do Boneco construído com o cursor 3D, para os grupos Designer, Animação e Jogos; foram necessárias três interações para cada objeto, mas os tempos foram significativamente distintos. Esta diferença se justifica ao observar os grupos e considerar a forma com que eles veem o cenário (mais técnica ou artística), o que interfere na objetividade e conseqüentemente no tempo de suas ações.

A Tabela 3 apresenta a relação temporal do processo de instanciação para os cenários propostos aos voluntários. Esta tabela agrupa os cenários conforme a forma de instanciação proposta, isto é possível devido à similaridade dos grupos que participaram de cada etapa da pesquisa. A unidade de tempo para a instanciação de todos os objetos de cada cenário é dada em segundos e o tempo total com e sem cursor 3D é dado em minutos.

Tabela 3. Tempo médio gasto para a instanciação dos objetos de cada cenário.

Grupo	Com Cursor 3D			Sem Cursor 3D			Diferença (%)
	Sala (s)	Boneco (s)	Tempo Total (min.)	Sala (s)	Boneco (s)	Tempo Total (min.)	
CAD	1280	540	30	1360	576	32	6%
Designer	1720	738	41	2240	954	53	23%
Animação	2160	900	51	2960	1116	68	25%
Jogos	2280	936	54	3080	1188	71	25%
Hobby	3160	1350	75	6240	2754	150	50%
Média	2120	893	50	3176	1318	75	33%

Esta tabela destaca o baixo impacto (6 %) gerado pelos cursores 3D para os usuários do grupo CAD e o alto impacto (50 %) para os usuários do grupo Hobby. Os demais grupos obtiveram um ganho próximo a 25%.

Os grupos Animação, Jogos e Hobby estão acima da média para a instanciação com cursor 3D, enquanto para a instanciação sem cursores 3D, somente o grupo

Hobby está acima da média (fortemente influenciada pelo próprio grupo). Esta situação caracteriza o forte impacto que os cursores 3D trazem para esse grupo, pois os outros dois ficaram bem próximos da média, mas abaixo dela, caracterizando um ganho menor de desempenho.

6.2 Anotações

Em relação ao item anotações do observador, pode-se verificar, de forma resumida, o seguinte:

- Os usuários do grupo CAD apresentam uma grande desenvoltura no que diz respeito à precisão no posicionamento dos objetos. Isto demonstra um certo incômodo deles em utilizar o cursor 3D, devido à facilidade de lidarem com posicionamento espacial dos objetos;
- No sentido oposto, se encontram os usuários que utilizam esses sistemas como hobby e que tiram muito proveito dos cursores 3D, pois aparentam ter muita dificuldade com a abstração no posicionamento dos objetos no cenário;
- Quanto mais objetos estão dispostos no cenário, ou quanto mais próximo está dos demais o novo objeto a ser inserido, aumenta a dificuldade dos usuários em selecionar, visualizar e manipular o cursor 3D. Este relato se justifica pelo fato do cursor ser mais um elemento no cenário e como tal, apresenta problemas de sobreposição (espacial e de cor) com os demais elementos;
- A dimensão do cursor 3D merece ser salientada. Para os objetos de maior dimensão, o cursor aparenta ter dimensão ideal, mas para situações em que os objetos envolvidos são pequenos, o cursor com tamanho *default* parece dificultar a instanciação; e
- Os grupos que envolvem os profissionais de design e animadores, por terem uma natureza mais artística, não se preocupam muito com a precisão inicial no posicionamento do objeto, mas sim com outras propriedades como dimensão e cor. Neste sentido, o cursor auxilia no posicionamento do objeto mais próximo da posição definitiva.

6.3 Debate

Após a aplicação das atividades os usuários de cada grupo foram reunidos para comentarem o que acharam da atividade e mais especificamente do uso dos cursores 3D.

O grupo de usuários de CAD achou interessante o uso dos cursores 3D no início do processo de criação do cenário ou quando começam a elaborar uma parte do cenário distinta das demais, ou seja, não próxima. Já os usuários do grupo chamado Hobby, destacaram a facilidade que o cursor 3D proporciona ao indicar a posição exata de instanciação do objeto.

Os usuários dos outros grupos, de forma geral, destacaram que, por estarem mais concentrados no cenário como um todo do que em coordenadas espaciais, o cursor 3D é um importante apoio para determinar o posicionamento correto (ou aproximado) do

novo objeto a ser instanciado, permitindo assim que eles se concentrem na construção “artística” do cenário e não na construção “matemática” do mesmo.

7 Análise do Impacto

Como análise geral, os cursores 3D se apresentam como bons mecanismos de interação durante o processo de instanciação, como demonstrado nos gráficos da Figura 6, mas é também perceptível na Figura que o impacto positivo, ou seja, de auxiliar no processo, é maior quanto menos experiente e/ou mais artístico for o trabalho.

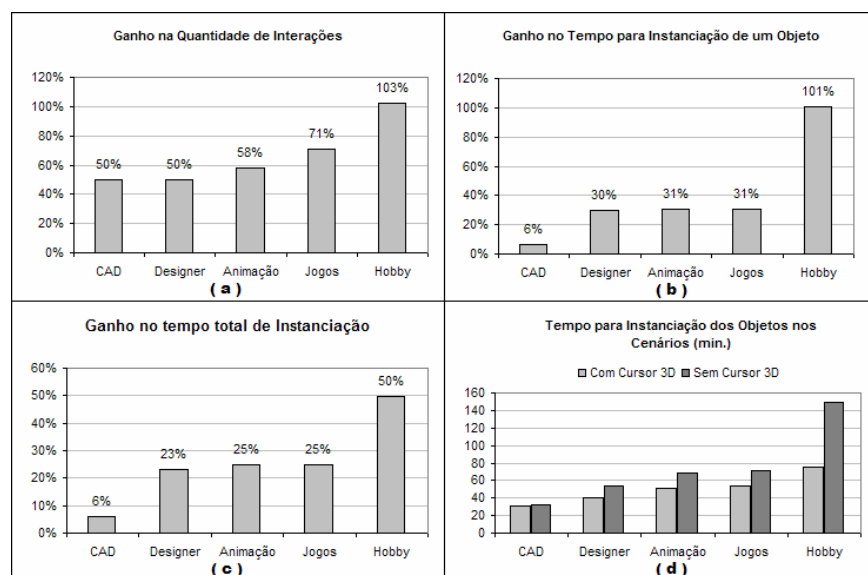


Fig. 6. Gráficos Comparativos do Impacto no uso dos Cursores 3D

Através dos gráficos da Figura acima é possível verificar que a relação quantitativa entre o número de interações necessárias para se instanciar um objeto (gráfico a) apresenta um indicativo dos benefícios do uso de cursores 3D, mas não representa seu ganho real, pois a capacidade de abstração 3D dos usuários influencia no ganho real (tempo economizado e facilidade) deste tipo de interação. Já os gráficos “b” e “c” apresentam representações mais padronizadas, pois ambos tratam o ganho de desempenho no tempo de instanciação de um objeto (gráfico b) e de todos os objetos do cenário (gráfico c).

Por último, o gráfico “d” apresenta o ganho, em termos de tempo (minutos) do uso ou não dos cursores 3D, ficando claro que para o grupo CAD o ganho é pequeno, para o grupo hobby o ganho é altamente significativo e, para os demais grupos, o ganho

representa aproximadamente um quarto do tempo total de instanciação dos objetos no cenário.

Como medida auxiliar, mediu-se o tempo total para a criação do cenário, em que, para os cenários utilizados nesta pesquisa, o tempo de instanciação dos objetos correspondeu a aproximadamente 80% do tempo total para construção do cenário. É importante ressaltar que para cada tipo de cenário, o processo de instanciação dos objetos contribui de forma diferente no tempo total de elaboração do mesmo, pois elementos como luz, câmeras e texturas irão contribuir de forma significativa no tempo gasto com a manipulação dos objetos e do cenário como um todo.

Relacionando as três fontes de dados da pesquisa, através da busca de pontos comuns e/ou relacionados, foram obtidas algumas conclusões, aqui descritas, do impacto gerado pelo uso dos cursores 3D durante o processo de instanciação de objetos 3D em um cenário. São elas:

- Assim como em outras formas de interação e aplicações, a formação técnica do usuário, sua experiência na área de utilização do software e o tipo de trabalho desenvolvido, fazem com que a interação seja mais bem indicada ou não;
- Verificou-se que os usuários que manipulam cenários que necessitam de maior precisão (peças, edificações e equipamentos em geral), não obtêm vantagem significativa ao utilizar um cursor 3D, já que a capacidade de abstração espacial destes usuários é grande e se aprimora com o tempo de experiência profissional e uso dos sistemas desta natureza;
- Para os usuários que fazem uso doméstico dos sistemas, o cursor 3D propicia um ganho significativo de desempenho no desenvolvimento do cenário, uma vez que propicia uma melhor localização espacial dos objetos e ajuda a melhor delimitar os espaços no ambiente 3D;
- Quando o uso envolve a criação artística de cenários, com foco para design e animação, os cursores 3D auxiliam bastante o desempenho dos usuários, pois a atenção destes profissionais está mais centrada na cena como um todo e quase nunca na precisão matemática do posicionamento e dimensões de cada objeto (ou grupo de objetos);
- Para os desenvolvedores de jogos, os cursores 3D têm uma relevância semelhante ao apresentado aos demais usuários que têm finalidade artística no uso dos sistemas. A diferença é no nível de simplicidade dos objetos, que conforme mencionado pelos usuários deste grupo, durante a discussão sobre a pesquisa, na maioria dos jogos os cenários apresentam menor riqueza de detalhes do que os cenários para animação e propaganda. Neste sentido, o despreendimento deles com a precisão dos objetos na cena é ainda maior, ou seja, eles são menos preocupados com a precisão espacial dos objetos. Sendo assim, os cursores ajudam bem a localização espacial dos objetos;
- Em relação às propriedades dos cursores, verificou-se que a sua dimensão é importante e interfere no processo de instanciação de objetos conforme a dimensão do objeto a ser instanciado.
- O tamanho do cursor interfere quando os objetos (já instanciados ou em fase de instanciação) são muito menores ou maiores do que o cursor.
- As cores utilizadas no cursor, assim como no caso de seleção de objetos num ambiente 3D[27][28][29], nem sempre propiciam um melhor destaque deste em

relação a outros objetos que estão atrás do cursor, confundindo-o com os demais objetos. Este problema não tem solução definitiva e ainda é foco de estudos.

- Por último, o tipo do cursor (esfera, cubo, etc.) acaba interferindo em alguns casos, pois quanto mais linhas forem utilizadas para desenhar o cursor, mais essas linhas irão atrapalhar o cenário quando na presença de muitos objetos próximos um dos outros; e

8 Conclusão

A instanciação de objetos num cenário 3D tem como ponto chave o posicionamento do objeto no cenário, em relação ao ponto central ou mesmo em relação a outro(s) objeto(s). Levando em consideração este fato e a complexidade natural em se manipular objetos 3D com o uso de dispositivos 2D, os cursores 3D podem auxiliar bastante o processo de instanciação e assim agregar valor à interface do software.

Os usuários menos acostumados com a precisão dos projetos de áreas como arquitetura, engenharia civil, automotiva e mecânica (6%), entre outras, não se beneficiam tanto com o uso de cursores 3D quanto os usuários iniciantes (50%) ou com finalidade artística (25%), pois este primeiro grupo normalmente já tem incorporado uma abstração espacial mais acentuada e que proporciona uma maior precisão na instanciação por outras formas de interações (menu, botão, etc.).

Em relação ao tempo total gasto com a elaboração do cenário 3D, o impacto gerado pelo uso de cursores 3D durante o processo de instanciação será muito relativo à complexidade do mesmo, em cenário com menos recursos de câmeras, luzes, deformações de objetos e texturas, a relevância é maior, pois grande parte do tempo será gasto com o processo de instanciação. Nos demais casos, esta relevância diminui, o que ainda gera benefícios para a maioria dos grupos observados, menos para o grupo CAD que passa a ser praticamente irrelevante esse ganho de tempo.

A relevância principal no uso dos cursores 3D pode ser maior para os usuários menos ligados à precisão matemática dos cenários (50% do tempo gasto com instanciação), ou seja, que não tem facilidade em elaborar mentalmente o posicionamento “preciso” (ou o mais próximo possível) dos objetos no cenário.

Independente da área de aplicação do software de modelagem seria importante que ele constasse com a presença de cursores 3D (se possível com mais de um formato e escala), pois estes elementos de interação podem ser importantes no processo de aprendizagem (abstração) dos usuários, ou mesmo, ampliar o leque de possíveis usuários do software.

Verificou-se também durante a preparação da pesquisa que, boa parte dos tutoriais disponíveis pelos desenvolvedores ou sites especializados, não apresenta a construção dos cenários mais básicos com o auxílio de cursores 3D. Esses tutoriais poderiam ser bem melhores aproveitados se os exemplos principais fizessem uso dos cursores 3D, pensando sempre nos novos usuários que querem começar a utilizar o software.

Outras pesquisas podem ser feitas para avaliar o impacto dos cursores 3D nas demais etapas do processo de criação/edição de cenários 3D, como a manipulação dos objetos na cena (manipuladores 3D [30]) e a manipulação de câmeras e luzes, por exemplo.

Referências

1. Hand, C., 1997, A Survey of 3D Interaction Techniques. In Computer Graphics Forum (1997) 269–281.
2. Hancock, M., Carpendale, S. and Cockburn, A., 2007, Shallow-depth 3d interaction: design and evaluation of one-, two- and three-touch techniques. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (2007) 1147-1156
3. Foley, J. D. et al., Computer Graphics - Principles and Practice 2nd edition in C, Addison and Wesley (1995)
4. Aliakseyeu, D., Subramanian, S., Martens, J.-B. and Rauterberg, M., 2002, Interaction Techniques for Navigation through and Manipulation of 2D and 3D Data. In Eighth Eurographics Workshop on Virtual Environments (2002)
5. Zeleznik, R. C., Forsberg, A. S., and Strauss, P. S., 1997, Two pointer input for 3D interaction. In Proceedings of the 1997 symposium on Interactive 3D graphics (1997)
6. Hudson, Scott E., 1992, The interaction technique notebook: Adding shadows to a 3D cursor. In ACM Transactions on Graphics (TOG), vol. 11, Issue 3 (1992) 193-199
7. Mesquita, L. A. G. and Wu, Shin - Ting, 2001, Cursores 3D com uso de Dispositivos 2D. Technical Report - DCA-003/01, FECC-UNICAMP (2001)
8. Davies, M. L. and Thomas, B. H., 2001, An Animated 3D Manipulator for Distributed Collaborative Window-Based Applications, In Australian Computer Science Communications, Proceedings of the 2nd Australasian conference on User interface AUIC '01
9. Zeleznik, R. C., Herndon, K. P. and Hughes, J. F., 2006, SKETCH: an interface for sketching 3D scenes. In International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques - ACM SIGGRAPH 2006 Courses (2006)
10. Pereira, J. P., Branco, V. A., Jorge, J. A., Silva, N. F., Cardoso, T. D., and Ferreira, F. N., 2004, Cascading recognizers for ambiguous calligraphic interaction. In Proc. of the Eurographics Workshop on Sketch-Based Modeling (SBM'04).
11. Igarashi, T., Matsuoka, S. and Tanaka, H., 2006, Teddy: a sketching interface for 3D freeform design. In International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques - ACM SIGGRAPH 2006 Courses (2006)
12. Shneiderman, B., Designing the User Interface. Pearson Education (2004)
13. Dias, A. L., Oliveira Junior, G. C. and Barrère, E., Interface para Softwares de Instanciação de Objetos 3D, XI Simpósio Brasileiro de Multimídia e Web – WebMedia (2005)
14. Barrère, E., Dias, A. L. and Esperança, C.: Viabilização da Análise de Interação em um Software Colaborativo para Modelagem de Objetos 3D. In: Workshop on Perspectives, Challenges and Opportunities for Human-Computer Interaction in Latin America (CLIHIC 2007): Innovation Inspired by Diversity, Rio de Janeiro (2007).
15. Lyle Johnson, FXRuby, <http://www.fxruby.org/>, visited in October 2006
16. Bier, E. A., 1990, Snap-dragging in three dimensions. In Proceedings of the 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics (1990)

17. Village Games, Unlimited Drop, In: <http://www.moraldigames.com/developers.htm>, visited in May 2007.
18. ppModeler, In: <http://www.ppmodeler.com>, visited in Jan 2007.
19. Preim, B., Tietjen, C., Spindler, W. and Peitgen, H., 2002, Integration of Measurement Tools in Medical 3d Visualizations. In Proceedings of the conference on Visualization '02 (2002) 21 – 28
20. Autodesk, Autodesk Maya, In: <http://www.autodesk.com/maya>, visited in May 2007.
21. Harlen Batagelo, Wu Shin-Ting, 2007, Application-independent accurate mouse placements on surfaces of arbitrary geometry. In: Proceedings of SIBGRAPI 2007 (accepted papers)
22. Schroeder, W. and Martin, K., 2001, The VTK User's Guide, Kitware Inc.
23. Nielsen, J., Usability Engineering, Academic Press, Cambridge (1993)
24. Junior, S. L. and Silva, J. C., Processes of software reengineering planning supported by usability principles. In Proceedings of the Latin American Conference on Human-Computer interaction - CLIHC '03, vol. 46. ACM Press (2003) 223-226
25. Brooke, J.: SUS: a "quick and dirty" usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester & A. L. McClelland (eds.) Usability Evaluation in Industry. London: Taylor&Francis (1996).
26. Cazella, S. C. and Alvares, L. O. C. : "Modeling user s opinion relevance to recommending research papers". In: UM 2005 User Modeling: The Proceedings of the Tenth International Conference, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag (2005) 337-341.
27. Tittle, J. S. and Todd, J. T., 1995, Perception of Three-Dimensional Structure. In M. A. Arbib, editor, The Handbook of Brain Theory and Neural Networks, MIT Press (1995) 715–718
28. Tory, M. and Moller, T., 2004, Human Factors in Visualization Research. In IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (2004) 72-84
29. Peters, G., 2000, Theories of Three-Dimensional Object Perception - A Survey. In Recent Research Developments in Pattern Recognition - Transworld Research Network (2000)
30. Marcus, A., Feng, L. and Maletic, J. I., 2003, 3D Representations for Software Visualization. In Proceedings of the 2003 ACM Symposium on Software Visualization (2003) 27-38