

Análise de Interação em Software para Instanciação de Objetos 3D

Eduardo Barrére^{1,2}

barrere@inf.aedb.br

Claudio Esperança^{1,2}

esperanc@cos.ufrj.br

1 Associação Educacional Dom Bosco (AEDB), Faculdade de Engenharia de Resende - Resende, RJ, Brasil

2 Laboratório de Computação Gráfica – PESC – COPPE – UFRJ - Rio de Janeiro - RJ, Brasil

RESUMO

Este artigo apresenta o relato de uma pesquisa que analisou o processo de interação em software para instanciação 3D, através do estudo das formas de interação comumente utilizadas neste tipo de software. Ele apresenta o processo que envolveu a definição da pesquisa, sua realização e também os resultados obtidos.

Palavras-Chave

Instanciação 3D, Interface com Usuário, Técnicas de Interação.

1. INTRODUÇÃO

Pode-se caracterizar a computação gráfica como a área da Computação que estuda a geração, manipulação e interpretação de imagens por meio de computadores[1]. Para isso são utilizados modelos matemáticos para retratar a realidade de forma mais fiel possível.

Visando atingir o objetivo de retratar fielmente a realidade, os softwares desenvolvidos para a área de computação gráfica devem fazer uso de uma interface que permita ao usuário ter acesso às suas funcionalidades de forma mais simples e natural possível, tentando assim solucionar alguns desafios [1]: Como fazer interação entre os objetos? Como estruturar a cena? Como controlar os atributos dos objetos? Como resolver problemas de visibilidade? Como suportar diversos dispositivos gráficos? Como fazer programas independentes dos sistemas operacionais?

Neste contexto, está sendo desenvolvida uma Tese de Doutorado que busca estudar os aspectos de interface em softwares de instanciação de objetos 3D; e como parte desta Tese foi realizada uma pesquisa para analisar os aspectos de interação em softwares desta natureza. Este trabalho traz a apresentação dessa pesquisa e dos resultados obtidos e que contribuem para a área de IHC aplicada à computação gráfica.

Para a apresentação da pesquisa são feitas inicialmente algumas considerações importantes sobre a área de computação gráfica, mais especificamente sobre a instanciação de objetos num cenário 3D e também sobre os aspectos de interface neste tipo de software. Depois são apresentados a metodologia utilizada para a aplicação da pesquisa, seus resultados e conclusões.

2. INSTANCIAÇÃO 3D

Segundo Cavalcanti[2], o objetivo principal da Computação Gráfica(CG) é transformar dados em imagens. Assim, existe o problema da modelagem dos dados (criação, estruturação e análise dos dados) e o problema da visualização desses dados. O objetivo inverso, ou seja, a recuperação dos dados a partir de uma imagem, corresponde à área de Visão Computacional(VC).

Ainda existe a necessidade de manipulação de imagens com o objetivo de processar uma imagem para produzir uma nova imagem, a partir de operações de filtragem e de deformação. Esses problemas são tratados na área de Processamento de Imagens(PI). A Figura 1 busca esquematizar os relacionamentos entre as áreas citadas.

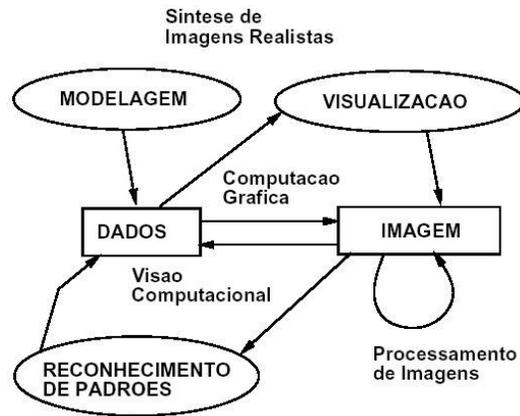


Figura 1 – Relacionamento entre as áreas de CGxVCxPI[2]

Em outras palavras, a partir de um modelo matemático (armazenado como um conjunto de dados) podem-se utilizar técnicas para a visualização desse modelo, gerando assim uma imagem. Por outro lado, partindo da aquisição de uma imagem real, pode-se utilizar técnicas de reconhecimento de padrões para obter informações, gerando dados que poderão ser visualizados na forma de novas imagens que contêm somente alguns aspectos requisitados da imagem original.

Visando contribuir para a área de computação gráfica, buscou-se uma funcionalidade básica que estivesse presente em grande parte dos softwares desta área, chegando assim aos softwares para instanciação de objetos 3D. Estes softwares também podem ser módulos em sistemas de maior complexidade como softwares para CAD e pacotes gráficos, por exemplo. Para facilitar a apresentação do trabalho, o termo utilizado neste artigo será software para instanciação de objetos 3D, representando assim os softwares isolados e os módulos de grandes sistemas de desenvolvimento gráfico.

A Figura 2 apresenta o modelo conceitual de um software para a instanciação de objetos 3D, onde são representados os módulos:

- **Interface:** interação do usuário com o software, normalmente realizada através de teclado e mouse;
- **Operações** (descrito a seguir);
- **Técnicas de instanciação e visualização:** implementação efetiva do conjunto de operações suportados pelo software; e
- **Arquitetura:** base de hardware e software necessário para a execução e visualização dos módulos que fazem parte do software.

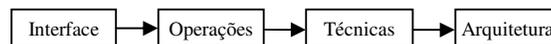


Figura 2 – Modelo Conceitual

Em relação ao módulo Operações, um software para instanciação de objetos 3D deve suprir a maioria destas operações:

- A instanciação propriamente dita de objetos pré-definidos (esfera, cubo, cone, etc.);
- A instanciação de objetos modelados (superfície, *wireframes*, sólidos, etc.)[2];
- Manipulação das propriedades de um objeto (cor, textura, quantidade de pontos, etc.);

- Transformadas lineares afins (translação, rotação, escala e cisalhamento);
- Intrusão e Extrusão (unir mais de um objeto e retirar partes de um objeto, respectivamente);
- Transformações de Visualização (manipulação de câmeras e manipulação de objetos); e
- Transformações de Projeção (projeção paralela e projeção perspectiva).

Dentro do contexto da Tese em desenvolvimento, foi decidido pela implementação de um software para instanciação de objetos 3D que permitisse um controle total sobre a sua interface, podendo assim configurar qual(is) o(s) recurso(s) de interação estaria(m) disponível(is) ao usuário durante a execução do software e omitindo operações e demais funcionalidades do mesmo que dificultariam o estudo em si.

A objetividade das operações (somente instanciação de objetos), a simplicidade (a interface não contém botões/menus que levem a outra funcionalidade que não seja a instanciação) e total controle sobre a interface são pontos importantes para se realizar o estudo. Sendo assim, verificou-se que os principais softwares disponíveis na área (CorelDraw®, PhotoShop®, Maya®, 3D Studio®, Blender®, etc.) não oferecem esta flexibilidade em suas interfaces e consequentemente acabariam interferindo no estudo, o que justifica o desenvolvimento de software para tal finalidade.

2.1 SOFTWARE PARA INSTANCIÇÃO 3D

O software implementado para ser utilizado no estudo é chamado de “FMI 3D” (Ferramenta Multi-Interface para Instanciação 3D)[3], ilustrado na Figura 3, e foi desenvolvido utilizando-se uma linguagem de scripts orientada a objetos chamada FXRuby[4], que permite uma prototipação rápida aliada a todos os recursos da orientação a objetos.

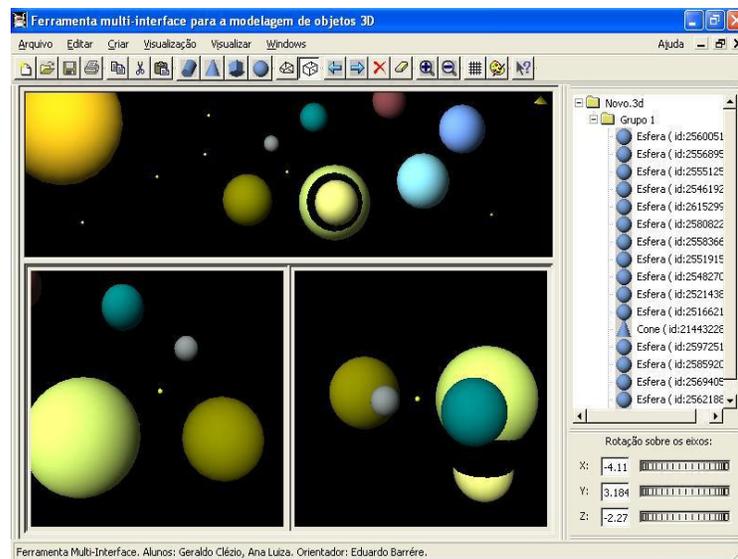


Figura 3 –

Multi-Interface para Modelagem 3D

Ferramenta

Em relação às operações básicas de um software para instanciação de objetos 3D, somente as operações de instanciação de modelos, intrusão e extrusão não foram implementadas, devido a maior complexidade que elas oferecem e por não requerem recursos de interface diferentes dos já selecionados para estudo (objetos pré-definidos e propriedades, respectivamente).

A abordagem utilizada pelo software é a WYSIWYG (*What You See Is What You Get*), pois possibilita ao usuário obter o resultado imediato de todas as ações realizadas, recurso básico em um software desta área da computação gráfica.

3. INTERFACE EM SOFTWARES 3D

A interface de um software é o canal de comunicação entre o usuário e as funcionalidades do software propriamente ditas, ou seja, é a forma com que o software permite ao usuário interagir com suas funcionalidades e assim obter respostas a sua necessidade.

É de conhecimento comum dos profissionais que trabalham com interface que cada categoria de aplicação apresenta uma série de peculiaridades e estas geram a necessidade de recursos de interface específicos para resolver cada caso. Mas vale lembrar as “regras de ouro” de Ben Shneiderman [5], que são considerados princípios “universais”, pois podem ser aplicados a qualquer interface, seja a de um *website*, de um software comercial ou multimídia e visam aumentar a satisfação das pessoas durante a interação com os computadores, tais como: consistência, atalhos, diálogos bem explicados, prevenção de erros, possibilidades de reversão para o estado inicial, e claro, a essência da usabilidade: não esquecer que o controle é do usuário, pois eles precisam ter a sensação de que controlam o sistema e de que o sistema responde às suas ações.

O objetivo destas “regras” é aumentar a sensação da competência humana durante o uso da tecnologia e auxiliar o desenvolvimento de interfaces, gerando satisfação, eficiência e conforto para o ser humano. Lembrando que uma interface só é bem-sucedida se ela der o suporte adequado aos objetivos e ao comportamento do usuário real. Por isso, conhecê-lo é fundamental. Deve-se saber o que o usuário pensa, o que ele quer e como ele age, aplicando técnicas de pesquisa como grupos de foco ou testes de usabilidade.

Quando se fala em softwares que envolvem cenários (ambientes) 3D, 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). Trata-se de um processo contínuo que tanto pode ser realizado através de dispositivos especiais como convencionais. A interação em ambientes tridimensionais é realizada com o objetivo de efetuar operações de seleção, manipulação e navegação no ambiente tridimensional [6].

O usuário efetua ações no ambiente 3D através dos dispositivos de entrada. Estas ações (estímulos motores) são efetuadas através de técnicas de interação, que correspondem aos métodos, através dos quais, o usuário especifica comandos e dados para o sistema computacional, para executar tarefas. A resposta do sistema se dá através de dispositivos de saída que estimulam os sentidos do usuário (visão em perspectiva ou outros recursos de profundidade e espaço).

Estes estímulos são processados e assimilados pelo cérebro e, juntamente com as expectativas criadas com base em experiências anteriores, definem como as pessoas interagem com o ambiente.

Alguns dos atributos utilizados no processo perceptual são: cor, tamanho, perspectiva, oclusão e movimento do observador. Esses atributos não são tratados na pesquisa aqui relatada, mas sim em outra pesquisa em desenvolvimento pelos autores.

Existem várias técnicas de interação para o usuário realizar suas ações no ambiente 3D. Essas técnicas podem ser mais apropriadas ou não para determinados tipos de tarefas. Analisar essas técnicas e obter dados que auxiliem na escolha de uma em contrapartida à outra é o objetivo deste trabalho.

3.1 TIPOS DE INTERAÇÃO

Toda ação e percepção do usuário dependem da interface do software que o mesmo utiliza. O desenho desta interface não é uma maquiagem final, ao contrário, esse desenho tem de ser a expressão da sua organização, ontologia e possibilidades operativas [7].

Como os dados são definidos internamente? Que tipo de modificações eles permitem? Quais formas operativas são disponibilizadas? Qual o potencial que o usuário consegue reconstruir, ou alterar a interface segundo suas necessidades? Tudo isso vai delimitar o campo de ação do usuário, restringendo-o a ações rígidas ou permitindo potenciais maiores de criação a partir dos dados existentes.

Para os softwares de instanciação de objetos 3D utilizam-se, tradicionalmente, os seguintes tipos de interação [8]:

- **Manipulação Direta:** Facilita a interação com os objetos do cenário em desenvolvimento, pois esta é feita diretamente no cenário. São vantagens desta forma de interação: fácil aprendizagem, fácil retenção, minimiza a ocorrência de erros e encoraja exploração. Sua principal desvantagem: difícil programação.
- **Seleção de MENU:** Em um sistema de seleção, as ações a serem executadas estão organizadas e classificadas em grupos e subgrupos, facilitando a interação do usuário. São vantagens desta forma de interação: curto aprendizado, 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;
- **Exibição de Campos:** Utilizada quando se requer entrada de dados. Os usuários devem entender os campos principais, saber os valores permissíveis e os dados, e ser capaz de responder a mensagens de erro. São vantagens desta forma de interação: simplifica entrada de dados e requer treinamentos modestos. Sua principal desvantagem: consome grande espaço na tela; e
- **Linguagem de Comando:** Provê um sentimento forte de lugar de controle e iniciativa aos usuários. Os usuários aprendem a sintaxe e podem expressar rapidamente possibilidades complexas. São vantagens desta forma de interação: é flexível, dá poder aos usuários. Suas desvantagens: requer treinamento significativo e memorização.

Estas formas de interação foram implementadas no software FMI 3D e podem ser utilizadas em conjunto, ou mesmo separadas, conforme configuração do software (através da habilitação ou não da forma de interação).

4. METODOLOGIA DE PESQUISA

Dentro do contexto apresentado anteriormente, foi desenvolvida uma pesquisa para analisar o impacto de cada tipo de interação, disponível no software FMI 3D, no processo de montagem de um cenário 3D. A metodologia utilizada para a realização desta pesquisa é descrita neste item.

Antes de se iniciar a pesquisa, foi realizada a delimitação do seu escopo, definindo como objetivo principal à análise das formas de interação em um software para instanciação 3D e buscando com isso delimitar os motivos que levam os usuários a realizarem cada operação, disponível num software desta categoria, através de um tipo de interação ou de outro. Com isso, busca-se obter uma resposta científica para aquela resposta clássica dos usuários que utilizam uma determinada forma de interação: “por que é melhor assim” ou “Ah, porque eu gosto mais dessa forma”.

Delimitado o escopo da pesquisa, partiu-se para a escolha do método de avaliação de usabilidade que melhor se adequaria à proposta da pesquisa.

A usabilidade lida com a forma com que um software pode ser utilizado pelos usuários para alcançarem seus objetivos com eficiência, eficácia e satisfação, dentro do contexto de uso esperado [9].

Vários autores têm uma definição de usabilidade (Shackel[10], Nielsen[11], Jordan[12], entre outros). Este trabalho baseou-se na definição de Nilsen, que considera a usabilidade como um entre os vários aspectos que podem influenciar a aceitabilidade de um produto. Isto é, ela faz parte de um conceito mais amplo que envolve aspectos como custo, confiabilidade e até mesmo aceitabilidade social. A definição de aceitabilidade dada por Nielsen é: “a aceitabilidade de um sistema se refere à capacidade do sistema de satisfazer todas as necessidades e exigências dos usuários, que podem ser tanto os usuários finais quanto outras pessoas que estejam envolvidas de alguma forma com esse sistema” [11].

Na avaliação e na medida da usabilidade, Nielsen utiliza cinco atributos[11]:

- **Aprendizagem:** o sistema deve ser de fácil aprendizado para que o usuário possa começar a utilizá-lo rapidamente;
- **Eficiência:** o sistema deve ser eficiente no sentido de que uma vez que o usuário aprenda a utilizá-lo ele o faça com alta produtividade;
- **Memorização:** o sistema deve ser de fácil lembrança, ou seja, ao passar um determinado período sem utilizar o sistema o usuário pode utilizá-lo novamente sem ter que aprender tudo novamente;
- **Erros:** a taxa de erros deve ser baixa. Erros de extrema gravidade não devem ocorrer. Ao cometer algum erro, o usuário deve ter a possibilidade de recuperar o sistema para o estado imediatamente anterior ao erro; e
- **Satisfação:** os usuários devem gostar do sistema. Ele deve ser agradável de ser utilizado para que as pessoas se sintam satisfeitas com o seu uso.

A pesquisa em questão também considerou esses atributos como medida de avaliação. Após a definição dos atributos, foi necessário fazer a escolha de um dentre os métodos de avaliação de usabilidade comumente utilizados[13]:

- **Avaliação Heurística:** este método pode ser aplicado sem a participação do usuário, por avaliadores que se baseiam nas dez heurísticas de Nielsen[14] para realizar a avaliação. Ele não é adequado a pesquisa pelo fato de avaliar o software e não como (ou porque) o usuário faz uso do mesmo (objetivo desta pesquisa);
- **Percorso Cognitivo:** também não conta com a participação do usuário, analisando os aspectos de usabilidade referentes à facilidade de aprendizagem da interface, através de um Processo Exploratório [15], ou seja, refere-se ao processo de aprendizagem do software e não a forma como os usuários mais experientes fazem uso do mesmo. Por este motivo e também pelo mesmo motivo do método anterior, este método também não é recomendado para esta pesquisa; e
- **Teste de Usabilidade:** realizado através da observação dos usuários, visando detectar problemas de usabilidade ou mesmo a forma com que os usuários utilizam a interface para realizar uma determinada tarefa[16]. Este teste é realizado baseado nas métricas de usabilidade escolhidas. O registro de informações pode ser feito através de vídeo, áudio e anotações. De posse destas informações, é possível obter medidas qualitativas (comportamento do usuário) e quantitativas (tempo de execução, etc.). Este método se

mostra mais adequado ao escopo da pesquisa e por isso foi escolhido para ser implementado.

Definido o método da avaliação a ser utilizado, o Teste de Usabilidade, partiu-se então para a definição das métricas de usabilidade que deveriam ser medidas para contribuir de forma efetiva à pesquisa. Posteriormente definiram-se as atividades a serem executadas para coletar os dados.

4.1 MÉTRICAS DE USABILIDADE

Para a definição das métricas de usabilidade, utilizou-se o Modelo de Medida de Usabilidade de Nielsen[11], que segue os seguintes passos: identificar claramente qual o objetivo a ser atingido, definir os componentes do objetivo, quantificar os componentes, definir um método para medir a performance do usuário e por último, determinar quais serão todas as atividades a serem executadas para coletar os dados. A Figura 4 ilustra um exemplo de aplicação deste modelo.

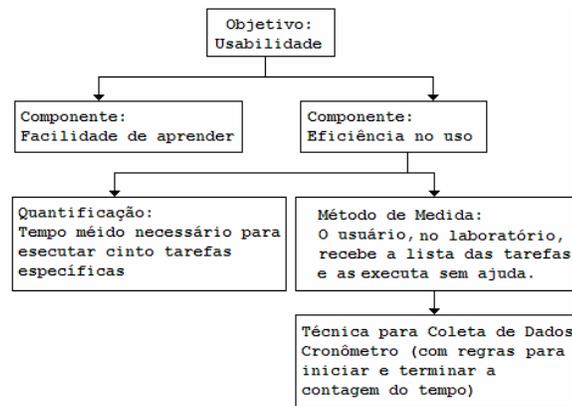


Figura 4 – Exemplo do Modelo de Usabilidade [16]

Baseado no objetivo principal da pesquisa, a análise das formas de interação em um software para instanciação de objetos 3D, buscou-se delimitar os motivos que levam os usuários a realizarem cada operação disponível num software desta categoria, ou seja, a utilização de um tipo de interação ou de outro. Focado nestes motivos, foi preenchido o modelo de usabilidade de Nielsen e assim definidas as métricas de usabilidades a serem utilizadas na pesquisa. A Tabela 1 apresenta o modelo obtido.

Tabela 1. Modelo de Usabilidade Aplicado

Objetivo:	Verificar, dentro dos tipos de interação selecionados, o que leva o usuário a utilizar um tipo de interação em detrimento aos outros.
Método de Medida:	O método de medida utilizado será único e aplicado a todos os componentes de uma única vez. Ele consiste na apresentação do cenário a ser construído pelo usuário (através de uma lista de objetos a serem instanciados e de uma imagem do cenário já pronto). Serão apresentados cinco cenários diferentes (este número é justificado posteriormente).
Componente:	Aprendizagem
Quantificação:	Tempo para realizar o primeiro passo da primeira etapa (instanciação do primeiro objeto no seu local, com as propriedades de cor e tamanho adequadas).
Técnica de Coleta:	Cronômetro, anotações do avaliador e questionário preenchido após a realização da atividade.
Componente:	Eficiência de uso
Quantificação:	Tempo para executar a construção de cada cenário.
Técnica de Coleta:	Cronômetro, anotações do avaliador e questionário preenchido após a realização da atividade.
Componente:	Memorização

Quantificação:	Número de vezes que o usuário executou os passos, subsequentes ao primeiro passo de cada etapa, interagindo com a interface sem titubear na escolha de uma forma de interação ou mesmo da sua localização na interface.
Técnica de Coleta:	Anotações do avaliador e questionário preenchido após a realização da atividade.
Componente:	Erros
Quantificação:	Quanto e quais erros o usuário cometeu na execução de cada tarefa (passos da construção do cenário).
Técnica de Coleta:	Anotações do avaliador e questionário preenchido após a realização da atividade.
Componente:	Satisfação
Quantificação:	Qual a satisfação do usuário em utilizar cada tipo de interação.
Técnica de Coleta:	Anotações do avaliador e questionário preenchido após a realização da atividade.

É importante ressaltar que a pesquisa foi aplicada a cada tipo de interação escolhido de forma isolada, ou seja, menu, manipulação direta, botões e comandos. Após a aplicação das pesquisas isoladas, a mesma foi aplicada com todos os tipos de interação disponíveis de forma simultânea. Sendo assim a pesquisa foi realizada em cinco etapas.

4.2 COLETA DE DADOS

Para realizar a coleta de dados foi necessário definir que tipo de anotação deveria ou poderia ser feita em relação a cada componente do modelo:

- **Aprendizagem:** quais os tipos de dificuldades o usuário encontrou, como localização da funcionalidade, visualização do resultado, entendimento das terminologias utilizadas na interface, etc.;
- **Eficiência de uso:** condução do processo de construção do cenário;
- **Memorização:** quais as dificuldades que o usuário encontrou no processo de memorização da interface;
- **Erros:** o que provavelmente levou o usuário a cometer os erros. Tabela com a descrição do erro, o tipo do erro (falha de execução, erro recuperável, pequena dificuldade/ confusão) e comentário; e
- **Satisfação:** reações físicas e emotivas do usuário em reação as suas atividades.

Além da anotação, havia o questionário a ser preenchido pelo usuário após a realização de cada etapa da pesquisa e no final da aplicação de toda a pesquisa. O questionário foi elaborado da seguinte forma:

- **Dados pessoais:** nome, idade, grau de instrução, área de formação, grau de conhecimento neste tipo de software;
- **Problemas encontrados:** descrição dos problemas encontrados;
- **Avaliação da forma de interação:** pontos positivos e negativos da forma de interação; e
- **Satisfação:** baseado no questionário de satisfação da SUS (*System Usability Scale*) [18].

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

5. APLICAÇÃO DA PESQUISA

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

- **Ambiente de aplicação:** sala isolada (pessoas e baralho) com computador, cadeira para o usuário 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 chamados a contribuir com a pesquisa 10 usuários de diversas áreas de formação, mas todos deveriam ter um pré-requisito em comum: ser usuário (uso profissional ou pessoal) de alguma ferramenta gráfica que tenha a instanciação de objetos 2D ou 3D, pois dificuldades com os periféricos e com funcionalidades básicas de um software desta natureza iriam prejudicar a análise aqui pretendida;
- **Horário de aplicação:** agendamento dos horários de aplicação com cada usuário. Este é um ponto importante, pois como o usuário deverá construir cinco cenários (cinco etapas da pesquisa), deve-se reservar entre noventa e cento e vinte minutos para a aplicação da pesquisa; e
- **Definição dos cenários:** a seguir é apresentado e descrito o processo de definição dos cenários utilizados.

Quando da realização do recrutamento dos voluntários para participarem da pesquisa, foi feita uma apresentação sobre a Tese em desenvolvimento e qual o objetivo da pesquisa, visando esclarecer aos voluntários quais 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[19]:

- **Apresentação:** apresentar ao usuário os procedimentos da pesquisa e funcionamento do software (funcionalidades);
- **Treinamento do usuário:** criação de um cenário exemplo (contando com todas as formas de interação) com a condução do avaliador;
- **Execução das etapas:** apresentação do cenário, realização das etapas de construção do cenário;
- **Questionário:** aplicado após a execução de cada etapa da pesquisa; e
- **Debriefing:** após o término da aplicação da pesquisa foi realizada uma conversa informal com o usuário a fim de se obter comentários gerais e de esclarecer possíveis dúvidas sobre seu desempenho durante a pesquisa.

A pesquisa ocorreu dentro da normalidade e num ambiente tranquilo e propício. Em média cada usuário demorou noventa minutos para realizar suas atividades e de forma geral, todos compreenderam os objetivos da pesquisas e aprenderam algo com as dificuldades encontradas durante as atividades. A seguir são descritos os cenários utilizados em cada etapa da pesquisa.

5.1 CENÁRIOS

Cada etapa da pesquisa tem como atividade a construção de um cenário pré-estabelecido e elaborado para tal finalidade. Neste contexto, têm-se cinco cenários diferentes, um para cada etapa da pesquisa, que são: manipulação direta, menus, botões, linguagem de comando, livre (com todas as formas de interação disponíveis).

A escolha entre aplicar somente um cenário para todas as etapas e aplicar um cenário para cada etapa ocorreu baseada num problema: se o cenário for o mesmo, a cada etapa o usuário tem mais domínio do cenário e dos seus objetos (instanciação, posicionamento, escala e cor), mascarando assim as dificuldades que um determinado tipo de interação possa trazer; e

um desafio: se a criação do cenário único pode mascarar os resultados, como planejar cenários que não apresentem grandes variações no seu nível de complexidade (objetos, posicionamento e escala), que também iriam interferir nos resultados?

A resposta foi obtida analisando-se os seguintes pontos:

- Cada cenário deveria ser composto por quantidades aproximadas de objetos (no máximo dois objetos a mais ou a menos do que a média da quantidade de objetos num cenário);
- Todos os objetos do cenário devem sofrer mudança de cor;
- Todos os objetos do cenário devem sofrer transformação de escala e translação; e
- A complexidade no posicionamento dos objetos deve ser mantida. Como exemplo pode-se citar a sobreposição de objetos ou colocação dos mesmos com alguma superfície de contato.

A única consideração na relação entre o tipo de interação e a ordem das etapas foi deixar a livre interação (utilizando quaisquer tipos de interação) por último, pois ela representa a agregação do que o usuário achou mais fácil em cada tipo de interação, ou seja, ela representa parte da conclusão do que o usuário achou de cada tipo de interação.

Com base nessas considerações foram elaborados os cenários utilizados na pesquisa. A seguir são apresentados estes cenários. A Figura 5 ilustra os cenários das cinco etapas.

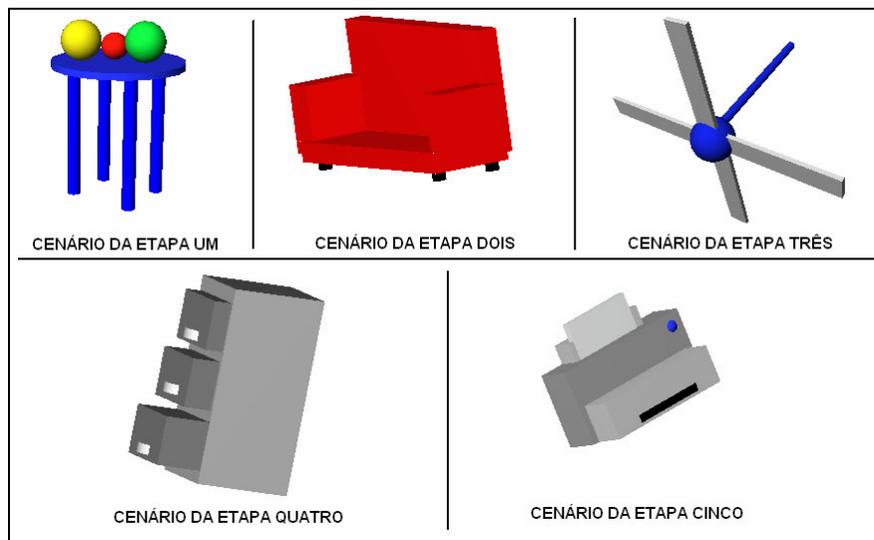


Figura 5 – Cenários da Pesquisa

Cada cenário foi composto por uma série de objetos que apesar de formarem elementos simples, são suficientes para apresentar dificuldades de posicionamento 3D durante suas construções. A Tabela 2, a seguir, descreve os cenários da pesquisa.

Tabela 2. Descrição dos cenários.

Cenário	Descrição	Observação
Um	É composto por oito objetos e trás como resultado o modelo de três bolas colocadas sobre uma mesa. Ele foi utilizado na aplicação da primeira etapa e foi desenvolvido utilizando-se somente a interação através de menus.	A principal complexidade está na colocação espacial dos objetos e na mudança de escala que ocorre nos mesmos.

Dois	É composto por oito objetos e trás como resultado o modelo de um sofá. Ele foi utilizado na aplicação da segunda etapa e foi desenvolvido utilizando-se somente a interação através de botões.	A maior complexidade está na colocação espacial dos “pés” do sofá, pois além da conexão com a base, eles devem estar eqüidistantes. Para este cenário foram disponibilizados, na interface do software, todos os botões existentes, forçando o usuário a localizar a funcionalidade dentre uma gama grande de opções, como ocorre em alguns softwares e/ou situações de uso.
Três	É composto por seis objetos e trás como resultado o modelo de um ventilador. Ele foi utilizado na aplicação da terceira etapa e foi desenvolvido utilizando-se somente a interação através de comandos.	Este tipo de cenário proporciona a facilidade de ter um objeto central, a esfera. Este objeto propicia uma organização inicial do cenário e serve de apoio para a disposição dos demais. Esta situação é importante quando todos os passos deverão ser realizados via linha de comando, pois gera um ponto de referência para a elaboração do cenário.
Quatro	É composto por sete objetos e trás como resultado o modelo de um “arquivo morto”. Ele foi utilizado na aplicação da quarta etapa e foi desenvolvido utilizando-se somente a interação através de manipulação direta.	A maior complexidade está na colocação espacial das gavetas (dentro do armário, mas proporcionalmente fora do mesmo) e dos puxadores.
Cinco	É composto por seis objetos e trás como resultado o modelo de uma impressora. Ele foi utilizado na aplicação da quinta etapa e foi desenvolvido utilizando-se a interação livre, ou seja, utilizando quaisquer tipo de interação para realizar cada atividade.	A complexidade deste modelo está na colocação espacial dos objetos e na mudança de escala que ocorre nos mesmos. Dentre todos os modelos utilizados é o que requer maior atenção no posicionamento dos objetos na cena. O objetivo principal deste cenário é obter quais foram as preferências do usuário, quanto a forma de interação, durante a execução de cada operação necessária à conclusão do cenário.

6. RESULTADOS DA PESQUISA

Participaram desta pesquisa dez usuários e em todos os casos o processo ocorreu de forma tranqüila e sem intervenções externas.

A figura a seguir apresenta quatro gráficos (grau de conhecimento sobre este tipo de software, faixa etária, área de formação e grau de instrução, respectivamente) que caracterizam o perfil do usuário que participou desta pesquisa.

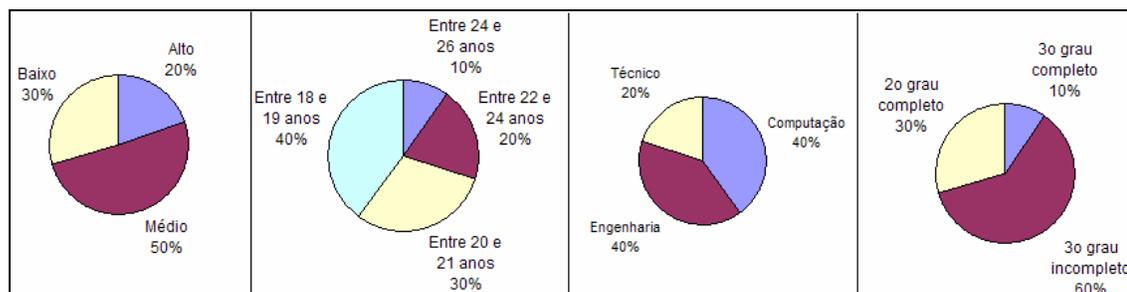


Figura 6 – Perfil do Usuário que participou da Pesquisa

Dentre os aspectos importantes do perfil do usuário estão o fato da maioria absoluta estar cursando o terceiro grau (universitários) e serem da área de exatas.

A seguir são citadas as métricas de usabilidades utilizadas, baseadas no modelo de usabilidade de Nielsen, e seus respectivos resultados.

6.1 APRENDIZAGEM

Em relação ao processo de aprendizagem, três aspectos foram fortemente detectados durante a realização da pesquisa. Foram eles:

- **Localização da Funcionalidade:** o processo de relacionar o local e forma de acionamento com a funcionalidade, foi o ponto mais marcante e também o mais esperado do processo de aprendizagem. Esta dificuldade é natural e previsível durante este processo. Ela ocorreu em maior quantidade nos cenários dois (botões) e quatro (manipulação direta). Na interação através dos botões ocorreu devido a grande quantidade de ícones presentes na interface, o que acaba confundindo o usuário. Na interação através de manipulação direta, ela ocorreu devido às possibilidades da funcionalidade estar ativa através de uma das combinações do mouse ou do menu associado ao botão direito do mouse;
- **Terminologias utilizadas na interface:** o uso de funcionalidades técnicas acaba levando ao uso de nomes técnicos para o acionamento das funcionalidades técnicas (cisalhamento, translação, etc.), o que dificulta o aprendizado por usuário “menos especializados” em qualquer tipo de software. Esta situação ocorreu principalmente nos cenários um(menu) e três(linguagem de comandos). No primeiro cenário justifica-se principalmente por ter sido o primeiro cenário apresentado ao usuário. Já no terceiro cenário, a grande dificuldade da terminologia está associada também aos comandos que devem ser utilizados para ativar cada funcionalidade (mesmo com a disponibilidade de um help – o qual os usuários sempre relutam a utilizar). Apesar dos usuários já terem contato anterior com softwares desta natureza, verificou-se que grande parte dos usuários faz uso das funcionalidades mais complexas associando o ícone com a funcionalidade ou decorando como fazer para ativá-las, sem associar o que está sendo feito com o termo técnico; e
- **Visualização do resultado:** Esta dificuldade esteve presente no cenário três (linguagem de comandos), onde mesmo com a disponibilização da área de visualização da cena, o usuário muitas vezes fica concentrado na tela de interação de comandos e acaba se esquecendo da tela de visualização do cenário.

Vale ressaltar que ao cenário cinco (interação livre) não se aplica o processo de aprendizagem, pois o usuário já passou por este processo ao realizar as outras etapas da pesquisa.

De forma geral destacam-se o problema das terminologias utilizadas e da localização das funcionalidades como problemas comuns ao processo de aprendizagem.

6.2 MEMORIZAÇÃO

O processo de memorização das funcionalidades, para todos os cenários, ocorreu normalmente a partir da segunda ou terceira vez que o usuário realizou a mesma operação. Para cada tipo de cenário, um ponto de maior dificuldade se destacou no processo de memorização. Foram eles:

- **Cenário Um:** a relação entre associar em qual menu e/ou submenu se encontra a funcionalidade esteve presente para quase todos os usuários (oito em dez). Esta dificuldade é natural e se resolve rapidamente quando o usuário assimila a estrutura de organização dos menus;
- **Cenário Dois:** o posicionamento dos botões e a grande “poluição” de ícones dificultaram a localização visual rápida da funcionalidade, mas assim como no cenário um e também nos demais cenários, assim que o usuário compreende a divisão (posicionamento) dos elementos de interação, ele passa a acessar com maior rapidez e precisão as funcionalidades;
- **Cenário Três:** o maior problema apresentado no processo de memorização da interação através de linguagem de comando é a assimilação da sintaxe. O uso de comandos padronizados e com estruturação de parâmetros semelhante facilita bastante o processo de

memorização e apresentou bons resultados na execução de novos comandos através da lógica apresentada em comandos utilizados anteriormente. Cinco usuários conseguiram instanciar novos objetos ou propriedades através da indução dos comandos (dada a sintaxe semelhante);

- **Cenário Quatro:** como as funcionalidades estão associadas à ação do mouse (botão direito, dois botões, clicar e arrastar, etc.) a dificuldade de memorização é grande, pois os usuários buscam as mesmas funcionalidades dos softwares mais utilizados por eles e nem sempre é o mesmo padrão de software. A abstração da interação é um fator determinante na dificuldade de memorização, mas com poucas repetições o usuário se adapta ao uso da interação; e
- **Cenário Cinco:** não apresenta nenhuma dificuldade de memorização, pois o usuário está utilizando as técnicas já vistas anteriormente, mas o processo de memorização parece ocorrer, dada a indecisão do usuário em escolher a “melhor” forma de interação. A percepção deste fator não foi tão fácil de ser feita, pois a princípio tem-se a impressão de que o usuário não lembra como fazer, mas na maioria dos casos a indecisão ocorre na escolha de qual forma ele achou mais eficiente e não por não lembrar como ativar a funcionalidade.

6.3 EFICIÊNCIA DE USO

Em relação à eficiência de uso do software, o aspecto da dificuldade de manipulação dos objetos (propriedades e transformações) ocorreu principalmente nos cenários um e dois, devido à dificuldade natural do usuário em se adaptar ao software.

A dificuldade de posicionamento dos objetos na cena ocorreu principalmente no cenário quatro (linguagem de comando), pois a abstração espacial é grande e nem todos os usuários conseguem assimilar essa abstração. O posicionamento dos objetos e a manipulação das propriedades de transformação impedem bastante a eficiência de uso desta forma de interação. Esta dificuldade apareceu também nos cenários um e dois, mas foi mais bem assimilada devido à atenção do usuário estar focada à área de visualização, o que não ocorreu no cenário três.

Já no cenário quatro, o grande inibidor da eficiência foi à falta de precisão em algumas operações. Ora por inabilidade do usuário em manipular o mouse, ora por problemas de precisão do próprio software (relação entre ação do periférico e reação do sistema).

A maior eficiência ocorreu, como já era previsto, no cenário cinco, onde o usuário pode utilizar a forma de interação que achava mais adequada a cada tipo de funcionalidade. De forma geral, os usuários preferiram a interação através de menu ou botão para a instanciação dos objetos e preferiram a manipulação direta para posicionamento dos objetos na cena e também para a sua seleção (para poder aplicar alguma alteração nas propriedades de um objeto). Nenhum dos usuários utilizou a linguagem de comandos durante a execução desta etapa, o que já era previsível e foi confirmado por eles próprios, pois é comum este tipo de interação por usuários mais experientes e com formação básica de programação mais aguçada.

Um ponto importante na eficiência de uso do software durante a elaboração de todos os cenários foram às funcionalidades de manipulação da câmera (vistas da cena, *zoom* e manipulação livre da câmera). O *zoom* (incremento ou decremento da distância da câmera num único eixo) é utilizado sempre que o usuário necessita ampliar o cenário (para ver maiores detalhes) ou reduzir (para ter maior noção da cena como um todo) e a manipulação livre da câmera (para visualizar a cena ou algum objeto de outro ângulo). O *zoom* é facilmente acionado por menu, botão ou manipulação direta, mas gera um grau de dificuldade maior na interação por linguagem de comandos, mas o principal problema é a funcionalidade de manipulação livre da câmera, que somente proporcionou bons resultados na manipulação

direta da câmera no cenário, nos outros casos sempre perdesse algum tempo tentando colocar a câmera na posição desejada.

6.4 DESTAQUES DA INTERAÇÃO

Para cada etapa da pesquisa foram levantados os aspectos positivos e negativos de cada tipo de interação. Foram eles:

- **Cenário Um:** como destaque positivo tem-se a organização das funcionalidades e como destaque negativo tem-se a mudança de foco (o usuário está centrado na área de visualização e muda o foco para a navegação dos menus);
- **Cenário Dois:** o ponto positivo é a representação gráfica e a organização através de grupos (com funcionalidades bem definidas) que auxiliam ao usuário a encontrar a funcionalidade pretendida e o ponto negativo é a poluição da interface do software com um grande número de ícones gráficos, o que desvia o foco da área de visualização do cenário e confunde o usuário na busca de uma funcionalidade. A possibilidade de visualizar ou inibir um determinado grupo de botões é muito útil para diminuir este ponto negativo;
- **Cenário Três:** um ambiente de entrada de comandos parecido com um *prompt* de sistema é bem aceito por usuários acostumados com sistemas operacionais como LINUX e UNIX e também por programadores. Já a necessidade de saber a sintaxe dos comandos e as terminologias técnicas (que norteiam a sintaxe dos comandos) foi o principal destaque negativo deste tipo de interação;
- **Cenário Quatro:** como destaque positivo tem-se a manutenção do na área de visualização da cena, o que permite uma maior concentração do usuário na atividade fim e em consequência uma maior produtividade. Como destaques negativos tem-se a manipulação de objetos quando esses se encontram sobrepostos e a falta de precisão na manipulação do mouse. Este último problema é minimizado com a experiência do usuário em manipular o software e o problema da sobreposição dos objetos pode ser diminuído com a mudança de cor ao selecionar um objeto ou na composição com outra forma de interação ao se manter uma lista dos objetos ativos na cena;
- **Cenário Cinco:** o ponto positivo é a liberdade de escolha da forma de interação, o que possibilita uma configuração do software para otimizar o seu uso; e o ponto negativo é a indecisão da forma de interação mais adequada durante o processo de aprendizagem, o que é praticamente resolvido com o tempo de uso do software.

6.5 PROBLEMAS

De forma geral, os principais problemas encontrados pelos usuários foram o posicionamento dos objetos na cena, a manipulação da câmera e a aplicação das transformações nos objetos. Somente no cenário três é que ocorreram vários problemas com a sintaxe dos comandos, mas essa situação já era esperada.

A manipulação direta apresentou uma quantidade pequena de problemas de posicionamento, mas não garantiu a diminuição dos problemas referentes às aplicações das transformações, pois isso requer experiência com o software e não está diretamente associado ao tipo de interação utilizado. A falta de precisão refinada nas funcionalidades de manipulação dos objetos pode ser resolvida com o auxílio de outro tipo de interação (menu ou botão) para realizar o ajuste fino do posicionamento ou transformação.

6.6 SATISFAÇÃO

A satisfação do usuário foi mensurada na sua facilidade ou dificuldade em executar os passos de cada etapa. O quesito que ocorreu com maior ênfase foi considerado o principal aspecto de satisfação / insatisfação dos usuários na etapa corrente.

No Cenário Um destaca-se a satisfação do usuário com a organização dos menus e a facilidade de encontrar as funcionalidades a partir do momento em que o usuário entendeu a esta organização e se familiarizou com as principais terminologias utilizadas pelo software.

Na interação através de botões, a relação visual, através de ícones, propicia uma maior facilidade no processo de busca de funcionalidades “desconhecidas”, propiciando assim uma sensação de domínio do usuário sobre a interface, mas o congestionamento da interface com muitos botões, também levou a insatisfação de alguns usuários com este tipo de interação. Já o processo de interação através de linguagem de controle apresenta um alto grau de insatisfação dos usuários com as falhas de execução dos comandos (principalmente por problemas de sintaxe), o que desvia a atenção dos usuários menos especialização deste tipo de interação.

A interação que apresentou um maior grau de satisfação foi a manipulação direta, pois propiciou uma maior concentração dos usuários no cenário e uma melhor relação entre ação e resultado.

7. CONCLUSÃO

A pesquisa realizada transcorreu tranqüilamente e propiciou um conjunto de dados significativos, possibilitando assim obter informações relevantes para o cumprimento dos objetivos propostas para a mesma.

O uso de menus mostrou-se uma importante forma do usuário realizar uma determinada funcionalidade que ele não realiza com freqüência e acaba sendo utilizado como um help de funcionalidades, pois em algum dos menus está a funcionalidade que ele quer executar. Já os botões são bastante utilizado para a instanciação dos objetos, gravação do cenário, desfazer ação, *zoom* e outras funcionalidades básicas de um software. Já as funcionalidades de posicionamento, escala, cor e outras transformações são mais realizadas através de manipulação direta, pois trazem resultados parciais da interação (pequenas pausas na execução da interação) que permitem um maior controle sobre o processo. O uso da linguagem de comandos foi caracterizado como uma atividade para “especialistas”, pois o fato de decorar os comandos foi considerado uma situação somente para usuários experientes.

Conclui-se também que a liberdade de configuração dos tipos de interface é um importante mecanismo para permitir ao usuário habilitar ou inibir formas de interação que tornam a interface mais amigável aos seus propósitos.

No contexto geral, o modelo utilizado para a realização da pesquisa se mostrou viável e aplicável de forma relativamente rápida e eficiente; e os cenários apresentaram-se úteis para os propósitos aos quais foram criados.

REFERÊNCIAS

- [1] Foley, James D. et al., *Computer Graphics - Principles and Practice 2nd edition in C*, Addison and Wesley, 1995.
- [2] Cavalcanti, P. Roma, *Introdução à Computação Gráfica, Notas do Curso de Computação Gráfica I - UFRJ*, in <http://orion.lcg.ufrj.br/compgraf1/downloads/apostila.pdf>, 2000, visited in may 2006.
- [3] Dias, A. L., Oliveira Junior, G. C. and Barrére, E., *Interface para Softwares de Instanciação de Objetos 3D*, XI Simpósio Brasileiro de Multimídia e Web - WebMedia, 2006.
- [4] Lyle Johnson, *FXRuby*, <http://www.fxruby.org/>, visited in april 2006.
- [5] SHNEIDERMAN, B., *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Massachusetts, Addison-Wesley Publishing Company, 1993.

- [6] Nedel, L. P., Freitas, C. M. D. S., Schyn, A., Navarrere, D. and Palanque, P., *Usando Modelagem Formal para Especificar Interação em Ambientes Virtuais: Por que?*, SVR 2003 - SBC Symposium On Virtual Reality, 2003, 81-92.
- [7] Rocha, H. V. and Baranauskas, M. C. C., *Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador*, Editora EMOPI, Capítulo 4, Campinas, 2003.
- [8] SHNEIDERMAN, B., *Designing the User Interface*. Pearson Education, 2004.
- [9] Sérgio Luisir Díscola Junior, Júnia Coutinho Anacleto Silva, André Constantino da Silva and Marcela Xavier Ribeiro, *Integração IHC e ES: Processo de Planejamento da Reengenharia de Software Guiado pela Avaliação de Usabilidade – PPR-UVI Simpósio sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais — Mediando e Transformando o Cotidiano*, CEIHC, 2004.
- [10] Shackel, B. *Usability – context, framework, design and evaluation*. Cambridge University Press, 1991.
- [11] Nielsen, J., *Usability Engineering*, Academic Press, Cambridge, 1993.
- [12] Jordan, P.W. *An Introduction to Usability*. Taylor & Francis, 1998.
- [13] 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.
- [14] Nielsen, Jacob, *Ten usability heuristics*, in http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html, visited in may 2006.
- [15] Lewis, C. and Wharton, C., *Cognitive walkthroughs*. In M. Helander, T.K. Landauer, P. Prabhu (Eds.) *Handbook of human-computer interaction*, 2nd ed. Elsevier Science, 1997, 717-732.
- [16] *Common Industry Format for Usability Test Reports – CIF – ANSI NCITS 354-2001*.
- [17] BETIOL, Adriana Holtz. *Avaliação de usabilidade para os computadores de mão: um estudo comparativo entre três abordagens para ensaios de interação*. Tese de Doutorado - UFSC, 2004.
- [18] *System Usability Scale*, <http://www.usability.serco.com/trump/methods/satisfaction.htm>, visited in march 2006.
- [19] Nielsen, J. *230 Tips and Tricks for a Better Usability Test*. <http://www.nngroup.com/reports/tips/usertest/testtipsforeword.html>, Nielsen Norman Group, visited in may 2006.