

Interface Caligráfica para Ecrãs de Larga Escala

Ricardo Jota Bruno Araújo Luís Bruno José Dias João M. Pereira Joaquim A. Jorge

Grupo de Interfaces Multimodais Inteligentes
DEIC / INESC-ID / IST - Instituto Superior Técnico
<http://immi.inesc-id.pt>

Resumo

A utilização de ecrãs de larga escala em sistemas de visualização está a tornar-se comum. No entanto, poucas soluções de interacção tiram realmente partido da área de visualização e do espaço de trabalho. Na maioria dos casos, o seu uso limita-se à visualização de modelos 3D em que o utilizador é espectador e, recorrendo a dispositivos tradicionais como o rato e o teclado, um operador navega pelo modelo. Neste trabalho propomos uma nova abordagem de interacção que utiliza apontadores laser e que permite a um ou mais utilizadores interagir de forma natural com um ecrã de larga escala. Transpondo o conceito de interface caligráfica de aplicações desktop para o ecrã de larga escala, oferecemos um conjunto de metáforas de interacção baseadas em traços e inspiradas na metáfora do lápis e papel. Sobre estes conceitos, apresentamos uma nova interface com o utilizador, baseada em menu circulares com suporte a multi-utilizadores. Apresentamos o protótipo ImmiView que oferece as funcionalidades de navegação, modelação simples e criação de anotações para a área da arquitectura. Finalmente, apresentamos as conclusões baseadas em testes efectuados sobre o protótipo.

Palavras-Chave

Ecrã de larga escala, Interface Caligráfica, Interface com o Utilizador

1 Introdução

Os ecrãs de larga escala definem-se pela capacidade de apresentar uma grande quantidade de informação devido ao uso de uma resolução bastante elevada, mas também devido à dimensão física da projecção definida tanto em *pixels* como, para uma referência mais compreensível, em metros. De uma forma geral, a dimensão física deste cenário permite ao utilizador uma maior liberdade de movimento e um maior espaço de trabalho, comparado com o tradicional cenário de *desktop*. Como tal, a interacção baseada em dispositivos de entrada, tais como o teclado e o rato, não é ideal porque limita a liberdade física do utilizador, uma vez que não tira partido, de uma forma natural, do espaço de interacção que o cenário oferece. Esta limitação é partilhada pela maioria das interfaces actualmente disponíveis, em cenários de larga escala ou cenários *desktop*. Propomos neste trabalho apresentar uma técnica de interacção mais adequada aos ecrãs de larga escala, que tira partido da dimensão da área de visualização. A nossa técnica recorre a ponteiros laser para permitir que vários utilizadores interajam, simultaneamente, com um ecrã de larga escala, de uma forma mais natural, seguindo uma metáfora semelhante ao papel e lápis. Desta forma oferecemos uma interface caligráfica para ecrãs de larga escala que permite uma maior liberdade, em comparação com as abordagens para *desktop*, dado que a nossa técnica não obriga o utilizador a interagir a partir de um local predefinido, nem a utilizar artefactos que impeçam a sua mo-

bilidade. Por outro lado, apresentamos uma nova interface com o utilizador e metáforas de interacção que tentam superar a expressividade limitada do ponteiro laser. Um exemplo da expressividade limitada do laser verifica-se no número de estados possíveis de funcionamento do laser em comparação com os do rato. No caso do laser, pode estar ligado ou desligado. No caso do rato com um único botão os estados são: desligado, ligado sem botão activado ou ligado com botão activado. Baseado nas características dos ponteiros laser e nas suas limitações, desenvolvemos metáforas de interacção que abrangem conceitos de selecção de objectos ou de escolha de opções, e conceitos mais complexos como a criação de menus globais ou de menus de contexto, que tirem partido do aumento de área de visualização e de interacção oferecido pelos ecrãs de larga escala. Os conceitos propostos são adaptados a cenários colaborativos multi-utilizador. Em cenários multi-utilizador a área de interacção é aproveitada de melhor forma, ao permitir que vários utilizadores interajam com o ecrã simultaneamente. Este sistema de interacção suporta, de forma robusta, a interacção de dois ou mais utilizadores, sem que ocorram interferências de interacção de um utilizador causadas por outro utilizador.

O artigo apresenta uma nova interface caligráfica constituída por mecanismos de interacção baseada em Traços, que permitem activar opções e seleccionar elementos naturalmente. Iniciamos o artigo com uma breve introdução e apresentamos o trabalho relacionado na secção 2. A secção

3 apresenta os conceitos base nos quais a interface se baseia. Na secção 4 apresentamos a interface com o utilizador descrevendo os menus desenvolvidos para os ecrãs de larga escala e o seu uso por vários utilizadores recorrendo a apontadores laser. De seguida, apresentamos as técnicas utilizadas, por forma a viabilizar o uso do apontador laser como dispositivo de entrada, providenciando mecanismos para o suporte de vários apontadores. Como exemplo das técnicas apresentadas é descrito o uso da interface caligráfica no âmbito do protótipo ImmiView que oferece tarefas de navegação, modelação simples e anotação em ambientes tridimensionais e reportamos os comentários obtidos nos primeiros testes com utilizadores. Para finalizar são apresentadas as conclusões e o trabalho futuro a ser realizado no âmbito da interacção proposta.

2 Trabalho Relacionado

Durante a década de 1990, várias interfaces caligráficas foram desenvolvidas tirando partido de dispositivos de entrada tais como canetas digitalizadoras ou computadores *TabletPCs* para oferecer uma alternativa mais adequada a tarefas de modelação 3D. Sistemas como o Sketch[Zeleznik 96] e Teddy [Igarashi 99] propuseram interfaces que, em vez de usar o conceito *WIMP*, utilizavam Traços, esboços ou o reconhecimento de símbolos para aceder a vários operadores de modelação 3D. A aplicação Sketch permitia desenhar em vistas tridimensionais usando uma sintaxe baseada em símbolos 2D e foi seguida por várias sistemas de modelação tais como o Gides[Pereira 03], explorando mecanismos para auxiliar a interpretação de esboços e o SmartPaper[Shesh 04] combinando algoritmos de reconstrução 3D sobre esboços. Alternativamente ao uso de comandos caligráficos, o sistema Teddy permitia construir formas geométricas, simplesmente desenhado o contorno via um único Traço. Vários trabalhos [dA03, Nealen 05] tentaram enriquecer a abordagem de forma a oferecer operadores mais complexos e naturais tentando imitar cada vez mais a metáfora do papel e lápis. Apitz e Guimbretière[Apitz 04] apresentam uma interface baseada em Traços e demonstraram-na sobre uma aplicação de desenho. Esta interface baseia-se em desenhar Traços para activar elementos de interface como mudança de cor ou selecção de pincel.

Jiang *et al.* apresentam uma solução para interacção com ecrãs de larga escala. Ao utilizar um rato sem fios acoplado a uma câmara *USB* é possível detectar a posição do rato, e consequentemente a do seu ponteiro, que é representado por um círculo vermelho no ecrã. Determina-se, assim, o movimento desejado pelo utilizador calculando a posição do círculo relativo ao centro da imagem capturada pela câmara e movendo o círculo nesta direcção. Cao e Balakrishnan[Cao 03] apresentam uma interface baseada na captura de uma *varinha mágica* para controlar um ecrã de larga escala. Os autores optaram por apresentar uma aplicação onde a interface está reduzida ao mínimo, utilizando o conceito de *Widgets* sempre que é necessário apresentar funcionalidade ao utilizador. Com o conceito de *widgets* os autores apresentam uma implementação do

menu circular adaptado à interacção por *varinha mágica*.

Jacoby e Ellis [Jacoby 92] utilizaram menus 2D sobre geografia 3D, para adaptar o sistema de menus ao contexto de realidade virtual. Esta solução é considerada limitada, devido às diferenças de interacção latentes em ambientes 3D. Outro caminho desenvolvido é a utilização de menus circulares, já utilizados em várias aplicações 2D, e que facilita o acesso às opções em ambiente 3D em relação aos menus tradicionais (Ver [Hopkins 91] e [Callahan 88]). O sistema Holosketch também utiliza uma abordagem semelhante ([Deering 95]). Neste trabalho Deer apresenta todos os comandos disponíveis na forma de objectos e ícones 3D, organizados de forma circular. O projecto Smart Sketches apresenta outro exemplo de menus circulares [Santos 04]. Todos estes trabalhos desenvolveram diferentes tipos de soluções para menus em ecrãs de larga escala e alguns apresentam soluções de menus circulares. Todas as abordagens anteriores baseiam-se no *click* como metáfora de activação. Embora não desenvolvido para ecrãs de larga escala, Guimbretière[Guimbretière 00], apresenta uma solução para menus circulares onde é utilizado um Traço como mecanismo de selecção.

Existe várias literaturas relacionadas com a utilização de Lasers como dispositivo de entrada. Lapointe e Godin [Lapointe 05] apresentam um sistema para detecção de Laser em cenários de retro-projecção. Embora muito semelhante à solução apresentada neste artigo, não contempla várias câmaras para detecção de lasers pelo que a área de captura é limitada. Davids e Chen [Davis 02] apresentam uma nova versão do algoritmo apresentado por Godin, que já contempla várias câmaras e, devido a esse facto, Chen descreve a utilização de um filtro de kalman para emparelhamento de eventos. Oh e Stuerzlinger[Oh 02] apresentam um estudo que valida o Laser como uma opção adequada a cenários de ecrãs de larga escala. Oh apresenta também uma solução para a identificação de diferentes lasers em simultâneo. Esta solução baseia-se em *Hardware* específico para identificar que laser está ligado. Consideramos que esta solução é demasiado pesada para ser considerada viável. Myers *et al.*[Myers 02] apresenta um estudo onde compara a eficácia de vários tipos de laser, a uma certa distância do ecrã. Myers conclui que as técnicas actuais não funcionam com o laser devido à falta de precisão dos ponteiros Laser. Olsen [Olsen 01] tenta colmatar essa falta de precisão utilizando técnicas, como o *Dwelling*, que pretendem adaptar o conceito de janela, ícones, rato e apontar (i.e *WIMP : Windows, Icon, Mouse and Pointing*) à utilização do laser. Embora concordemos com Myers, consideramos que o trabalho de Olsen tenta adaptar-se a uma realidade que não retira o máximo partido dos ecrãs de larga escala.

3 Abordagem de Interacção

A maioria das interfaces para *desktop* foram desenhadas para dispositivos como o teclado e o rato, baseando-se principalmente no conceito de *point & click*. Este conceito utiliza o espaço de interacção de forma discreta e pontual, e restringe o uso da informação contínua na manipulação



Figura 1. Exemplos de Traço. De topo esquerda, na direcção dos ponteiros do relógio: Curva Fechada, Risco, Curva Aberta, Símbolo, Gesto de Triângulo e exemplo de caminho.



Figura 2. Traço representado a amarelo traçado na aplicação IMMIVIEW

directa de elementos. A nossa abordagem de interacção repousa, exclusivamente, no conceito de Traço para interagir com o ecrã de larga escala, permitindo o uso de interacção contínua na interface do utilizador.

3.1 Conceito Traço

O conceito de Traço é o elemento básico da nossa interface caligráfica. Todas as metáforas de interacção que propomos para interagir com os ecrãs de larga escala assentam nesse conceito. De forma simples, um Traço é uma sequência de pontos, obtido do dispositivo de entrada e pode representar um risco ou linha, uma curva aberta ou fechada. No entanto, a nível da interacção, um único Traço pode ser interpretado como um caminho sobre a área de interacção, um gesto, ou um símbolo que pode ser uma forma simples, um esboço mais complexo ou um elemento escrito. Na Figura 1 encontram-se exemplificadas várias interpretações possíveis de Traços. Desta forma permitimos ao utilizador interagir de forma contínua com a área de interacção e não de forma pontual.

Por outro lado, o Traço torna-se para o utilizador a representação da sua interacção e permite-lhe identificar a sua localização na área de interacção. Utilizar dispositivos como os apontadores laser, permite-nos não só interagir em contacto físico com o ecrã, de forma semelhante a um ecrã sensível ao toque, como na Figura 2, mas também interagir à distância, oferecendo maior liberdade ao utilizador e tornando acessível qualquer parte do ecrã de larga escala.

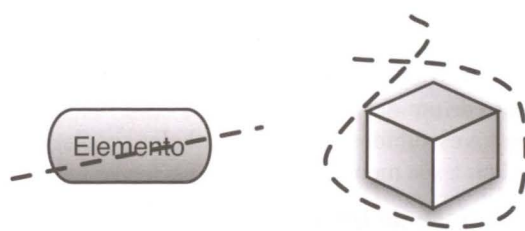


Figura 3. Na esquerda apresenta-se um exemplo de activação de um elemento de interface por Mecanismo de Riscar. À direita apresenta-se um exemplo da selecção com o Mecanismo de Laço

3.2 Mecanismo de Riscar

O elemento mais básico que pode ser representado por um Traço é uma linha constituída por dois pontos (risco simples). Uma das principais metáforas de interacção, recorrendo a Traços, é riscar elementos sobre a área de interacção tal como riscamos ou sublinhamos palavras numa folha de papel. Na nossa abordagem de interacção, o risco é utilizado como forma natural de activar os elementos da interface com o utilizador. Desta forma, elementos com uma área de visibilidade diminuta, podem ser seleccionados e activados tais como as opções de menu, de forma semelhante ao acto de riscar um elemento de uma lista de palavras no papel. O mecanismo permite a substituição do conceito de *click* pelo de riscar, que no cenário de interacção com um ecrã de grande dimensão, pode ser efectuado perto ou longe. Por outro lado, um Traço pode riscar ou activar vários elementos, oferecendo uma forma contínua de interacção dado que um Traço pode ser visto como um caminho ou uma sequência de riscos.

3.3 Mecanismo de Laço

Seguindo a metáfora do lápis e do papel, propomos o uso do Laço (tipo de Traço), para seleccionar de forma natural objectos presentes na interface do utilizador. Este recurso de interacção é vulgarmente utilizado em qualquer editor de imagem. O Laço permite seleccionar todos os objectos localizados no seu interior, tal como fazemos no papel. Por oposição ao mecanismo de riscar, o Laço é utilizado exclusivamente para seleccionar. Através deste mecanismo, é oferecida ao utilizador uma forma simples de seleccionar elementos que lhe são apresentados no ecrã, permitindo seleccionar um ou mais elementos com um único Traço, independentemente da distância a que o utilizador utiliza o ponteiro laser. A Figura 3 descreve a diferença entre os mecanismos de riscar e de Laço.

3.4 Mecanismo de Gesto

O ultimo mecanismo descrito é o mecanismo de gesto. O gesto é uma interpretação possível do Traço que pode ir do simples movimento ao reconhecimento de um dado símbolo efectuado pelo utilizador. Desta forma os gestos

podem ser utilizados como atalhos para aceder a funcionalidades. Este método já está disponível em várias interfaces para *desktop*, nas quais permite-se associar o reconhecimento de um dado símbolo a uma dada funcionalidade. Os gestos escolhidos devem ser símbolos simples de forma a facilitar a sua memorização.

4 Interface de Utilizador

Tirando partido dos mecanismos descritos anteriormente, desenvolvemos uma interface que permite, aos utilizadores, interagir com vários tipos de cenários, nomeadamente com um ecrã de larga escala. A interface é constituída por opções, ou um conjunto de opções (menus), apresentadas numa tela bidimensional que expõe a funcionalidade da aplicação, e que pode ser complementada com o uso de outras modalidades tais como a voz. A nossa interface permite as seguintes acções: riscar as opções de menus para activar acções, circunscrever objectos 3D com um Laço para seleccioná-los e desenhar um triângulo (gesto) para accionar o menu principal. Por outro lado, tiramos partido do conhecimento dos objectos seleccionados, por forma a apresentar menus contextuais e a expor a funcionalidade relacionada com o tipo de objecto seleccionado.

4.1 Opções

Desenvolvemos uma solução de escolha de opções que suporta tanto o cenário de interacção via caneta com *TabletPC*, como o apontador laser sobre o ecrã de larga escala. Em ambos os cenários ocorre falta de informação face ao cenário normal do rato em computador de secretária: o sistema não tem conhecimento da área para onde o utilizador está a apontar até que o mesmo pressione a caneta sobre o *TabletPC* ou o laser sobre a tela. A falta desta informação torna as interfaces de apontar e clicar pouco adequadas - é muito difícil atingir alvos pequenos com a caneta, mais ainda no caso do laser uma vez que o utilizador falha frequentemente a área onde quer clicar dada a inexistência de *feedback* visual antes de pressionar o botão do apontador.

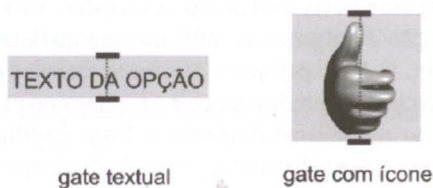


Figura 4. Gates: textual e com ícone

A solução encontrada vai no sentido do trabalho executado por Apitz e Guimbretière[Apitz 04]. Os autores também propõem activar as opções do sistema, riscando-as. Neste trabalho apresentam um protótipo de um programa de desenho baseado neste conceito. Cada opção do sistema é então uma área com um texto ou um ícone, contendo nos limites verticais, ao centro, duas pequenas marcas a sugerir os limites da linha de activação da opção, como ilustrado na Figura 4. O utilizador encontra-se dentro da *gate*

quando entra nos limites da caixa que a engloba. A opção é activada quando o Traço cruza a linha que divide a *gate* verticalmente ao meio (Figura 5). Foi tomada a decisão de não misturar texto e ícones na representação da *gate* para melhorar a indentificação da acção representada pela *gate*. Os ícones usados nas opções do sistema têm assim que ser suficientemente explícitos, de modo a que o utilizador reconheça a funcionalidade associada.

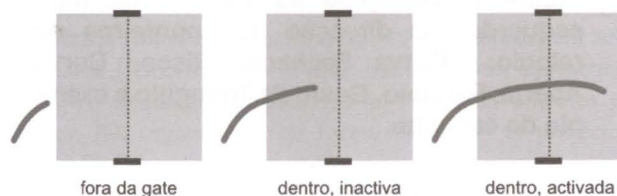


Figura 5. Traço do utilizador e estado correspondente da *gate*

Para auxiliar os utilizadores inexperientes no sistema, foi implementado um mecanismo de *tooltips*. Trata-se de uma pequena caixa de texto com a descrição da funcionalidade associada à opção textual. A mesma surge quando o Traço entra na área da *gate*, e fica visível até que o mesmo a abandone. O texto associado a cada *tooltip* pode ser utilizado para invocar os comandos de fala, que é uma outra forma alternativa de o utilizador escolher as opções de controlo do sistema. A presença das *tooltips* permite que a aprendizagem dos comandos de fala, seja mais fácil, evitando a sua memorização e potenciando a sua lembrança.

4.2 Menus

A interface proposta permite aos seus utilizadores activar diferentes funcionalidades do sistema através do uso de menus globais ou de menus contextuais. Por outro lado, foi adicionado o conceito de menus laterais, que permite aumentar a expressividade dos menus globais e contextuais. Toda a interacção parte do principio que os mecanismos previamente descritos estão disponíveis. O menu principal pode ser aberto através do desenho de um triângulo (mecanismo de gesto). Este menu é composto por um conjunto de opções que permitem aceder aos menus de segundo nível. O objectivo do menu principal é apresentar um ponto de partida que separe, de forma clara, as várias funcionalidades existentes no sistema. Os menus de segundo nível são compostos por um conjunto de opções que permitem activar funcionalidades específicas. Sempre que um menu de segundo nível é activado, o menu principal que lhe deu origem é fechado. Todos os menus, a excepção do menu principal, têm associados três opções de manipulação: "fechar", "mover" e "abrir o menu principal". O menu principal só tem associado as opções "fechar" e "mover". Optou-se por dividir as opções de controlo por dois motivos: melhorar a navegação entre grupos de funcionalidades (não apresentando demasiadas opções ao utilizador de uma única vez); e porque, desta forma, é possível a um ou mais utilizadores abrir dois ou mais menus e mantendo-os abertos. É possível ao utilizador manter

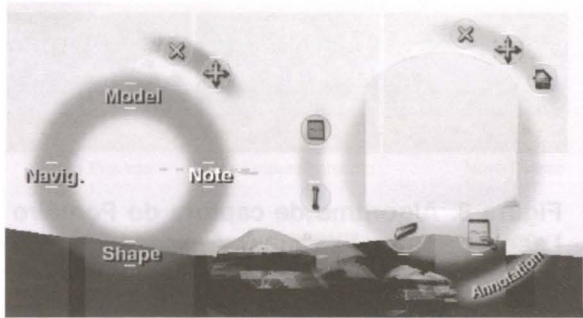


Figura 6. Exemplo de menu principal (esquerda) e de um menu de segundo nível com as várias áreas de interação (direita)

abertos em diferentes locais da interface vários menus, que permitem realizar diferentes tarefas.

A localização dos menus também foi alvo de estudo. Em vez de existir permanentemente um menu aberto, na interface, que permitisse ao utilizador activar as suas operações, decidiu-se que os menus seriam abertos na posição escolhida do utilizador. Para melhor posicionar os menus face ao utilizador, tendo em conta a dimensão da tela, optou-se por apresentar o menu principal na posição onde o utilizador desenha o triângulo. Inicialmente os utilizadores activam os menus em locais pouco desejados, mas os testes indicam que eles rapidamente criam os menus directamente nos locais que desejam. Por outro lado, a partir do momento em que um utilizador abre o menu principal numa determinada posição, consequentes menus de segundo nível serão abertos nessa posição. Esta definição pretende atribuir um espaço de trabalho ao utilizador, que esteja perto do seu posicionamento físico, e que lhe permita de forma mais rápida e eficaz aceder às funcionalidades pretendidas. No caso da interface ser utilizada de forma colaborativa por dois utilizadores, cada um deles poderá ter o seu espaço de trabalho, correspondendo à localização dos menus que abriram. Os menus circulares propostos têm uma representação gráfica circular e são compostos por duas circunferências concêntricas. Na superfície da coroa circular resultante estão as opções dos menus. Estas opções estão inseridas dentro de circunferências e seguem as definições explicitadas no capítulo anterior. A escolha desta representação circular permite que o utilizador tenha uma maior acessibilidade às opções dos menus através do uso do laser e não concentra a sua mancha gráfica numa só zona, o que poderia ocultar mais detalhes da interface. O desenho dos menus foi baseado num conjunto de princípios, descritos na literatura, e que pretendem assegurar uma correcta interacção com o utilizador. As principais opções tomadas são as seguintes:

- A sua representação circular é semi-transparente (faz uso de um gradiente de cor) o que torna o sistema menos intrusivo para o utilizador, minimizando a ocultação de informação da interface.

- O número de opções por menu deve ser o mais reduzido possível por forma a tornar mais rápida e mais fácil a sua escolha por parte do utilizador. Nos nossos testes, o número máximo de opções que utilizámos foi de oito.
- Cada tipo de menu deve possuir uma cor diferente, que permita ao utilizador identificar rapidamente o contexto de funcionalidades que lhe está associado. Para reforçar a identidade do menu, existe uma etiqueta associada ao mesmo com o seu título.
- O sistema hierárquico de menus pode ter no máximo três níveis, de forma a que o utilizador não perca a noção da sua sequência de escolhas.

4.3 Menus Laterais

De forma a não aprofundar em demasia a navegação dos menus, o número máximo de níveis necessário para navegar entre grupos de opções é de três. O primeiro nível é identificado como o menu principal, o segundo nível é identificado pelos menus de funcionalidade. O terceiro nível foi implementado utilizando menus laterais que estão associados aos respectivos menus de segundo nível. A decisão de manter abertos os menus de segundo nível, em conjunto com os seus menus laterais, deveu-se ao facto de considerarmos vantajoso que os menus de segundo nível, que representam funcionalidade, só sejam fechados por ordem directa do utilizador (ao invés do primeiro nível). Os menus laterais (visíveis no lado esquerdo dos menus das Figuras 10 e 12) resolvem dois problemas: permitem apresentar listas de opções agrupadas, reduzindo assim o número de opções por menu de nível dois e permitem seleccionar o modo presente no menu de segundo nível. Um menu de segundo nível pode ser constituído por vários modos, cada qual permitindo efectuar diferentes tipos de acções. Por exemplo, no nosso sistema, um menu de transformação geométrica pode ter os modos: translação, rotação e escala, cujas opções de acesso estão num menu lateral. Quando um utilizador escolhe um dado modo, todas as opções presentes na coroa circular do menu são substituídas, daí terem-se disponibilizando estas opções fora do menu. Outro efeito desta solução é que todas as

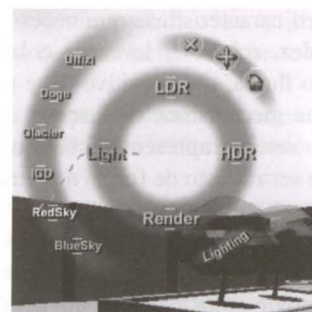


Figura 7. Exemplo de um menu lateral, alternativo à solução escolhida.

acções que afectam o menu em si (mover, fechar, entre outros) podem concentrar-se fora do menu, posicionando-se no topo direito da coroa circular (ver Figura 7). Embora a maioria dos nossos menus utilizem menus laterais, foi implementada uma solução alternativa. Esta solução assemelha-se à expansão de opções comum em menus normalmente utilizados aplicada à nossa versão de menus circulares. Ao activar uma opção é expandida uma secção que apresenta novas opções. Esta solução alternativa é ilustrada na Figura 7, onde se pode ver o menu lateral expandido à esquerda do menu circular.

4.4 Menus Contextuais

Tal como foi referido anteriormente, propomos dois tipos de menus: globais e contextuais. Os primeiros, nos quais está incluído o menu principal, permitem a realização de determinados grupos de tarefas no sistema, como por exemplo a navegação num cenário tridimensional. Os menus são abertos usando um símbolo (ex: triângulo) ou por fala, e surgem inicialmente junto ao Traço que os gerou, podendo no entanto ser arrastados pelo utilizador para outra zona do ecrã. Os menus contextuais estão associados a operações a serem realizadas sobre objectos previamente seleccionados pelo utilizador. Por exemplo, no caso de uso de um ambiente virtual, após seleccionar um cubo, é aberto um menu contextual com as opções que permitem activar operações de transformações geométricas sobre esse objecto. Estes menus dispensam a opção de regresso ao menu principal já que estão intimamente ligados com o objecto seleccionado. A razão que nos levou a dividir os menus em globais e de contexto prende-se com o número de operações específicas que podem ser realizadas sobre determinados tipos de objectos. Acções como apagar, mover ou duplicar um elemento requerem que ele seja previamente seleccionado. Uma vez que a selecção é executada através de um mecanismo de Laço, e que todas as operações são realizadas a partir de menus, optou-se por unir ambos os conceitos e apresentar os menus de contexto (com as opções disponíveis para manipular esse objecto) sempre que um objecto é seleccionado. Esta decisão permite reduzir o número de opções em cada menu sem descuidar a expressividade da interface.

5 Dispositivo de Entrada

Para satisfazer as metáforas definidas na secção 3 foram definidas quatro características que necessitam de ser satisfeitas: rapidez, robustez, leveza e colaboração. Para uma interacção fluida, o dispositivo deve ser rápido e robusto. Para os mecanismos de Laço e de Gesto é importante que o retorno apresentado seja o mais imediato possível. Deve ser robusto de forma a permitir que os gestos sejam melhor reconhecidos. Falhas nos dispositivos de entrada, embora não impeçam a interacção, reduzem seriamente o reconhecimento de gestos. Tendo em atenção a liberdade de movimentos presente em cenário de ecrã de larga escala, um dispositivo pesado torna-se proibitivo. De forma a permitir que o utilizador tenha liberdade de movimento e não se sinta cansado por uma sessão de interacção prolongada, o dispositivo de entrada deve ser o mais leve



Figura 8. Algoritmo de captura do Ponteiro Laser: Captura, Filtragem, Aplicação

possível. Por fim, e porque o cenário oferece uma grande área de interacção, qualquer dispositivo deve ter em conta a interacção colaborativa, onde dois ou mais utilizadores interagem simultaneamente com o ecrã.

5.1 Dispositivo Laser

Tendo em conta as características definidas optou-se por utilizar ponteiros laser como dispositivos de entrada. O conceito da utilização de ponteiro laser baseia-se na metáfora do Quadro Branco e na familiaridade já existente, na maioria das pessoas, com ponteiros laser. Este conceito utiliza a incidência do laser no ecrã para desenhar os Traços. A solução apresentada é leve, os ponteiros utilizados pesam menos de 20 gramas; robusta, o sinal do laser é constante e facilmente detectável através de sistemas de visão por computador; rápida - cada ciclo de captura demora 60 milésimos de segundo e permite a colaboração através da captura de vários ponteiros simultaneamente.

5.2 Algoritmo de Captura

O Laser é capturado utilizando um sistema de processamento de imagem. É utilizada uma câmara sensível a infravermelhos e, para reduzir o ruído da imagem e aumentar o sinal de infravermelho, é utilizado um filtro que só permite a passagem de luz na gama dos infravermelhos. O sinal recebido pela câmara é uma imagem em tons de cinzento que representa a intensidade do infravermelho. Após processamento da imagem, é possível filtrar os pixels mais intensos onde se considera existir um laser. O resultado da filtragem apresenta uma ou mais regiões de incidência de laser. A posição do laser é, de seguida, enviada para a aplicação que traduz do espaço de coordenadas da câmara para o espaço de coordenadas da aplicação. A Figura 8 apresenta o resultado dos três passos do algoritmo.

5.3 Filtro de Kalman

Para efectuar uma conversão entre as coordenadas de uma única câmara e as coordenadas de aplicação basta encontrar uma homografia que defina a conversão desejada. No entanto, ainda não é possível cobrir um ecrã de larga escala com quatro por três metros com uma única câmara. Seria necessário ter uma resolução bastante elevada e posicionar a câmara a uma distância considerável e num local onde as oclusões fossem mínimas. No caso do ecrã de larga escala utilizado, existem limitações de espaço que proibiam tal solução e optou-se por utilizar várias câmaras a cobrir partes diferentes do ecrã, implementando um sistema que permitisse identificar o ponteiro laser, mesmo quando este percorre várias câmaras.



Figura 9. Sistema de emparelhamento de eventos

O filtro de Kalman é um método de estimação estocástica que combina modelos determinísticos e estocásticos de modo a obter estimativas óptimas de variáveis de estado de sistemas lineares [Welch 06]. A aplicação do filtro de Kalman a este problema permite estimar a posição do laser. Desta forma, as câmaras funcionam como clientes que sabem identificar posições laser e converter, recorrendo a uma homografia, entre o seu espaço de coordenadas e o espaço da aplicação. Estes clientes falam com um servidor, responsável por recolher informação de todas as câmaras e traduzir isso em eventos de entrada coerentes. A Figura 9 ilustra o processo efectuado por parte do servidor.

Ao aplicar a previsão do filtro de Kalman, é possível emparelhar eventos de câmaras diferentes para o mesmo ponto. O emparelhamento permite identificar quando é que se inicia, mantém ou termina um Traço. Esta solução tem como vantagem uma melhor resolução, devido ao número de câmaras, mas também oferece suporte a interacção colaborativa. Através da utilização de vários filtros, é possível determinar o estado de cada Traço, como é apresentado na Figura 9. Caso só exista um evento previsto sem correspondência real é considerado que o Traço foi terminado, ou seja, o laser foi desligado. Caso exista um evento real sem previsão associada, é iniciado um novo Traço tendo como base este primeiro evento. Caso haja um emparelhamento entre um evento previsto e um evento real o filtro de Kalman correspondente ao evento previsto é actualizado e é considerado que o Traço existente mantém-se activo. A cada Traço detectado é associado um identificador único que permite às aplicações identificarem que eventos pertencem a que Traços.

6 Suporte a Multi-Utilizador

Uma vez desenvolvido um dispositivo de entrada que disponibilize eventos de várias fontes em simultâneo, torna-se necessário processar os eventos de forma a que eventos de fontes diferentes não entrem em conflito ou confundam o utilizador. Para tal, no âmbito da interface apresentada foram desenvolvidas duas soluções que tem em vista o suporte à interacção colaborativa.

6.1 Cor do Traço Aleatória

Para melhor representar vários Traços em simultâneo optou-se por representar cada Traço com uma cor dife-

rente, escolhido de um sub-conjunto de cores identificadas como de alta visibilidade. Desta forma, cada utilizador reconhece a cor gerada pelo seu Traço e permite identificar que acções foram directamente activadas por ele. A aleatoriedade da cor também permite reconhecer falhas no reconhecimento contínuo do Traço, o que é bastante importante no Mecanismo de Gestos uma vez que é necessário um gesto contínuo para o reconhecimento de um gesto.

6.2 Pertença

Na Interacção colaborativa, caso os utilizadores estejam bastante perto um do outro, algumas acções podem ser activadas inadvertidamente. Embora alguns estudos [Tse 04], sugiram que, por norma, os utilizadores interagem em localizações separadas, surgem, por vezes, situações onde um utilizador activa um menu e, devido à proximidade da interacção, outro utilizador activa uma opção desse mesmo menu.

Como solução foi criado o conceito de pertença. Sempre que um Traço intersecta um elemento da interface é criada uma relação de Pertença entre o Traço e o elemento da interface. A relação de Pertença cria uma associação um-para-um entre o Traço e elemento da interface. A associação garante que o elemento da interface só recebe eventos proveniente daquele Traço. Da mesma forma, ao Traço associado, só é permitido emitir eventos ao elemento da interface correspondente. Este conceito permite que seja possível que dois utilizadores cruzem interacções, como por exemplo Traços responsáveis por mover menus.

7 Protótipo

No âmbito do projecto Europeu IMPROVE [Stork 06], foi desenvolvido um protótipo ilustrando os conceitos apresentados. Desenvolvido para apoiar o trabalho de arquitectos, o IMMIView permite aos seus utilizadores visualizar cenários virtuais, possibilitando-lhes executar as seguintes tarefas principais: navegação, criação de objectos 3D, gestão de anotações, e configuração de parâmetros de visualização e selecção de objectos. Seguindo os conceitos da secção 4 o menu principal permite acesso às quatro primeiras tarefas. A Quinta tarefa (Seleção de objectos) é associada aos menus contextuais. O menu principal permite o acesso aos seguintes menus:

- *Navegação* - disponibiliza ao utilizador todas as opções que lhe permitem deslocar-se no espaço.
- *Formas* - permite criar as seguintes primitivas geométricas 3D: cubo, esfera, cilindro, cone e plano.
- *Anotações* - permite criar/posicionar anotações (notas que os arquitectos registam sobre alterações a fazer nos modelos), cujo conteúdo pode ser desenhado pelo utilizador ou escrito num PDA.
- *Modelo* - permite ao utilizador configurar alguns parâmetros relacionados com o *rendering* e a iluminação do sistema.

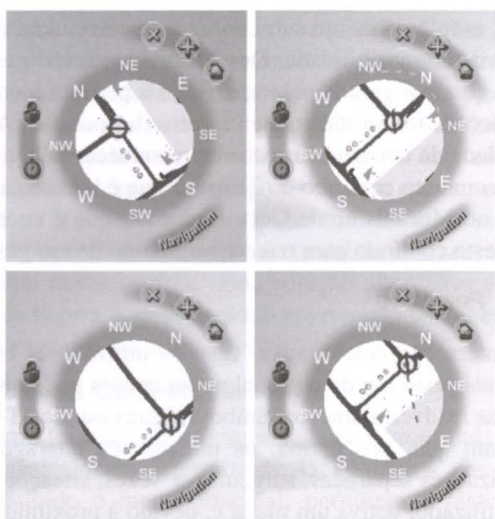


Figura 10. Bússola

A tarefa de selecção de objectos é realizada através da sua circunscrição com um Laço. Depois de feita a selecção de uma forma geométrica, é aberto um menu contextual que contém as opções de manipulação sobre esse objecto. No caso das anotações, o menu contextual inclui dois modos: no primeiro, o utilizador tem opções para criar/alterar o conteúdo da anotação, enquanto que no segundo, o utilizador pode esconder ou remover a anotação.

7.1 Widgets

O menu circular é apresentado como o elemento básico utilizado na interface do protótipo. No entanto, e após o estudo de algumas funcionalidades, foram desenvolvidos novos menus que diferem ligeiramente das directivas previamente seguidas, e cujo modo de accionar acções (mecanismo de risco) envolve mais acções do que somente activar uma *gate*. Uma vez que estes *widgets* (Bússola, Formas Geométricas e Anotações) provaram ser úteis e adicionaram mais valia à interface, optámos por apresentar aqui os *widgets* que acabaram por integrar o protótipo final.

7.1.1 Bússola

Inicialmente toda a navegação era efectuada sobre uma vista na primeira pessoa. Uma das questões que os utilizadores nos colocavam em demonstrações de versões de desenvolvimento do sistema relacionava-se com a navegação por mapas. Igualmente importante para os nossos utilizadores é a orientação baseada em pontos cardeais da vista actual. A orientação cardinal da vista permite a um arquitecto perceber o caminho que o sol percorre face ao cenário apresentado. Embora, à partida, fossem duas questões separadas facilmente convergiram numa única questão. Como tal decidimos criar um novo modo (menu lateral) no menu de navegação, que implementa um mapa envolvido por um círculo que representa uma bússola. No centro do mesmo é mostrada uma vista de topo do mapa, centrada no utilizador. Na margem circular encontram-se os oito pontos cardeais. O utilizador consegue alterar a sua orientação ao arrastar o anel circundante, ficando alinhado

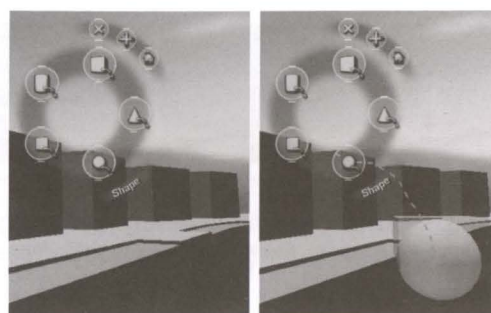


Figura 11. Inserção de formas geométricas

com o ponto cardinal que se encontra na parte superior do mesmo (Figura 10, em cima). O utilizador consegue adicionalmente alterar a sua posição no mapa, arrastando a posição da área central do mapa (Figura 10, em baixo) através da realização de Traços.

7.1.2 Formas Geométricas

Inicialmente, as formas geométricas eram posicionadas automaticamente no centro do menu aquando a sua criação. Sendo necessário a sua selecção de forma a recolocar o objecto na posição desejada recorrendo a um menu contextual. Consideramos que uma acção tão comum como a criação de novos objectos deve ser mais fácil e incluir menos passos. Uma vez que, ao activar uma opção, o utilizador já tem um Traço activo no ecrã, é possível utilizar esse mesmo Traço para posicionar o objecto. O objecto fica associado ao Traço, bastando ao utilizador activar a *gate* correspondente ao objecto e dirigir o Traço para a posição desejada. Para finalizar a interacção, o utilizador termina o Traço e o objecto é instanciado nesse ponto (Figura 11).

7.1.3 Anotações

No cenário proposto não se considera a existência de artefactos de introdução de texto como o teclado, pelo que tornou-se necessário procurar outras formas de inserção de texto. Os dispositivos de entrada utilizados não permitiam que teclados virtuais fossem utilizados no ecrã de larga escala, quer devido à precisão requerida, quer pelo tamanho que o artefacto iria ocupar ao seguir as regras da interface

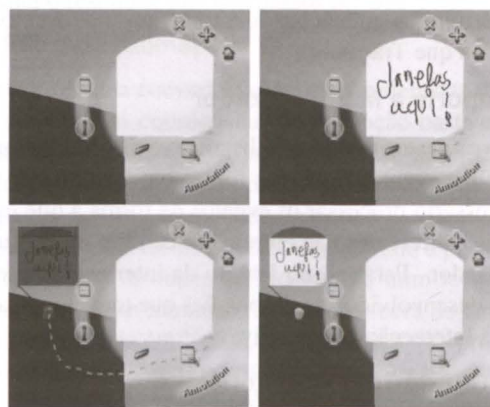


Figura 12. Anotações

proposta. Pelo que optámos por deixar os utilizadores desenhar o conteúdo desejado nas anotações. A inserção de uma anotação requer que o utilizador mantenha o Traço activo após activar a opção de criação de forma a posicionar a anotação no local desejado (Figura 12).

7.2 Testes de Usabilidade

Para avaliar a interface e as técnicas de interacção, foram efectuados testes de usabilidade com utilizadores. Assim, ao abrigo do projecto IMPROVE foram realizados testes com arquitectos pertencentes a uma empresa de arquitectura escocesa e com designers do ramo automóvel de uma empresa italiana. Estes testes foram realizados em dois momentos distintos: Abril/2007 em Glasgow e Junho/2007 em Lisboa. Os testes em Glasgow tiveram dois utilizadores e foram utilizados computadores pessoais (*tabletPC*) e uma tela com um projector, sobre a qual os utilizadores interagiam fazendo uso dos apontadores laser. Os testes em Lisboa tiveram quatro utilizadores e foi utilizada a *PowerWall* (composta por 12 projectores) do Instituto Superior Técnico, no TagusPark. A agenda dos testes consistiu nas seguintes fases: Introdução ao sistema; Questionário Inicial; Sessão Livre limitada a 15 minutos; Realização dos testes; Questionário Final. Para além dos questionários, foram utilizados outros métodos para obter dados dos testes com utilizadores. As sessões foram gravadas em vídeo para posterior análise. Foram registados os dados das interacções dos utilizadores, com base num mecanismo de *logging* que o protótipo tem implementado. Finalmente, os responsáveis da avaliação registaram em papel o tempo de realização das tarefas, os erros cometidos, as dificuldades, e os comentários relevantes expressos pelos utilizadores. Das observações e comentários obtidos em relação às interacções com o laser/Traços, mostram-se alguns dos principais problemas que podem ser corrigidos:

- O tempo da curva de aprendizagem dos utilizadores para dominarem correctamente o laser e as técnicas de interacção propostas é relevante.
- Os utilizadores utilizam diferentes direcções dos Traços para activarem as opções dos menus. O sistema permite somente tracejados com direcções horizontais ou oblíquas. Logo, os Traços verticais que os utilizadores usam não funcionam.
- Alguns ícones das opções dos menus não identificavam claramente a operação associada.
- O sistema após uma utilização de uma hora causa algum cansaço ao utilizador.

8 Conclusões e Trabalho Futuro

Este trabalho apresentou uma nova abordagem de interacção para ecrãs de larga escala baseada em apontadores laser, que oferece uma forma natural, livre e aberta de utilização a sistemas em ambientes de multi-utilizadores. Graças ao suporte a vários apontadores laser, vários utilizadores podem colaborar no mesmo espaço de trabalho e tirar partido de toda a área de visualização oferecida por um

ecrã de grande dimensão. Esta interacção foi concretizada recorrendo ao conceito de interface caligráfica, baseando-se no uso de Traço. Oferecemos, assim, uma interacção natural usando metáforas que imitam a interacção papel e lápis, permitindo riscar ou seleccionar elementos (via o desenho de um Laço).

Este trabalho foi demonstrado no nosso protótipo *Immi-View* e testado com vários utilizadores, e que permite apontar para vários trabalhos futuros utilizando esta abordagem. Um dos caminhos futuros a tomar será tornar a interface dependente da distância a que o utilizador interage, dado que os testes mostraram uma interacção diferente por parte do utilizador consoante a distância a que estavam do ecrã e o tipo de tarefa. Por outro lado, detectámos durante os testes que o facto das opções só serem activadas via um risco horizontal é limitativo, sendo necessário rever o sistema de activação de forma a ser mais flexível e aceitar Traços, independentemente da sua orientação. Finalmente, o cenário de ecrãs de larga escala predispõe-se à utilização de interfaces multimodais e a integração de novas técnicas de forma a aumentar a funcionalidade oferecida.

Agradecimentos

Ricardo Jota é suportado pela Fundação Portuguesa pela Ciência e Tecnologia, bolsa SFRH/BD/17574/2004. Bruno Araújo é suportado pela Fundação Portuguesa pela Ciência e Tecnologia, bolsa SFRH/BD/31020/2006. Por outro lado, este trabalho foi parcialmente financiado pela Comissão Europeia no âmbito do projecto IMPROVE IST-2003-004785.

Referências

- [Apitz 04] Georg Apitz e François Guimbretière. *Crossy: A crossing-based drawing application*. *UIST*, 2004.
- [Callahan 88] J. Callahan, D. Hopkins, M. Weiser, e B. Shneiderman. An empirical comparison of pie vs. linear menus. Em *CHI '88: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, páginas 95–100, New York, NY, USA, 1988. ACM Press.
- [Cao 03] Xiang Cao e Ravin Balakrishnan. *Visionwand: Interaction techniques for large displays using a passive wand tracked in 3d*. *UIST*, 2003.
- [dA03] Bruno de Araújo e Joaquim Jorge. *Blobmaker: Free-form modelling with variational implicit surfaces*. Em *12.º Encontro Português de Computação Gráfica*, páginas 335–342, 2003.
- [dA05] Bruno Rodrigues de Araújo, Tiago Guerreiro, Ricardo Jorge Jota Costa, Joaquim Armando Pires Jorge, e João António Madeiras Pereira. *Leme wall:*

- Desenvolvendo um sistema de multi-projecção. páginas 191–196, October 2005.
- [Dachselt 07] Raimund Dachselt e Anett Hübner. Virtual environments: Three-dimensional menus: A survey and taxonomy. *Comput. Graph.*, 31(1):53–65, 2007.
- [Davis 02] James Davis e Xing Chen. Lumipoint: Multi-user laser-based interaction on large tiled displays. *Displays*, 2002.
- [Deering 95] Michael F. Deering. Holosketch: a virtual reality sketching/animation tool. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 2(3):220–238, 1995.
- [Guimbretiére 00] François Guimbretiére e Terry Winograd. Flowmenu: combining command, text, and data entry. Em *UIST '00: Proceedings of the 13th annual ACM symposium on User interface software and technology*, páginas 213–216, New York, NY, USA, 2000. ACM Press.
- [Hopkins 91] Don Hopkins. The design and implementation of pie menus. *Dr. Dobb's J.*, 16(12):16–26, 1991.
- [Hur 06] H. Hur, T. Fleisch, T.-B. Kim, e G. On. Aici-advanced immersive collaborative interaction framework. 2006.
- [Igarashi 99] Takeo Igarashi, Satoshi Matsuoka, e Hidehiko Tanaka. Teddy: A sketching interface for 3d freeform design. *Proceedings of SIGGRAPH 99*, páginas 409–416, August 1999. ISBN 0-20148-560-5. Held in Los Angeles, California.
- [Jacoby 92] R. H. Jacoby e S. R. Ellis. Using virtual menus in a virtual environment. Em *Proceedings of SPIE, Visual Data Interpretation*, 1992.
- [Lapointe 05] Jean-François Lapointe e Guy Godin. On-screen laser spot detection for large display interaction. *HAVE*, 2005.
- [Myers 02] Brad A. Myers, Rishi Bhatnagar, Jeffrey Nichols, Choon Hong Peck, Dave Kong, Robert Miller, e A. Chris Long. Interacting at a distance: Measuring the performance of laser pointers and other devices. *CHI*, 2002.
- [Nealen 05] Andrew Nealen, Olga Sorkine, Marc Alexa, e Daniel Cohen-Or. A sketch-based interface for detail-preserving mesh editing. Em *SIGGRAPH '05: ACM SIGGRAPH 2005 Papers*, páginas 1142–1147, New York, NY, USA, 2005. ACM Press.
- [Oh 02] Ji-Young Oh e Wolfgang Stuerzlinger. Laser pointers as collaborative pointing devices. *CHI*, 2002.
- [Olsen 01] Dan R. Olsen e Travis Nielsen. Laser pointer interaction. *SIGCHI*, 2001.
- [OPE07] Opensg, 2007. <http://opensg.org>.
- [OSG07] Open-source groupware architecture, 2007. <http://osga.net>.
- [Pereira 03] João Paulo Pereira, Joaquim A. Jorge, Vasco A. Branco, e Fernando Nunes Ferreira. Calligraphic interfaces: Mixed metaphors for design. Em *DSV-IS*, páginas 154–170, 2003.
- [Santos 04] P. Santos e A. Stork. Smartsketches: A multimodal approach to improve usability in the early states of product design. Em *International Society Technologies Programme*, 2004.
- [Shesh 04] Amit Shesh e Baoquan Chen. Smartpaper: An interactive and user friendly sketching system. *Comput. Graph. Forum*, 23(3):301–310, 2004.
- [Stork 06] André Stork, Pedro Santos, Thomas Gierlinger, Alain Pagani, Céline Paloc, Iñigo Barandarian, Giuseppe Conti, Raffaele de Amicis, Martin Witzel, Oliver Machui, Jose M. Jiménez, Bruno Rodrigues de Araújo, Joaquim Armando Pires Jorge, e Georg Bodammer. Improve: An innovative application for collaborative mobile mixed reality design review. November 2006.
- [Tse 04] Edward Tse, Jonathan Histon, Stacey D. Scott, e Saul Greenberg. Avoiding interference: How people use spatial separation and partitioning in sdg workspaces. Em *CSCW '04*, páginas 252–261. ACM Press, 2004.
- [Welch 06] Greg Welch e Gary Bishop. An introduction to the kalman filter. Relatório técnico, University of North Carolina, 2006.
- [Zelevnik 96] Robert C. Zelevnik, Kenneth P. Hurdon, e John F. Hughes. SKETCH: An Interface for Sketching 3D Scenes. Em *SIGGRAPH 96 Conference Proceedings*, páginas 163–170, 1996.