

# Uma Interface Híbrida para Desktop Integrando Realidade Virtual, Realidade Aumentada e 2D WIMP

Felipe Carvalho

TecGraf – PUC-Rio

Rua Marquês de São Vicente, 225,  
Gávea, Rio de Janeiro – RJ, CEP:

22453-900

+55-21-2512-5984

kamel@tecgraf.puc-rio.br

Alberto Raposo

TecGraf – PUC-Rio

Rua Marquês de São Vicente, 225,  
Gávea, Rio de Janeiro – RJ, CEP:

22453-900

+55-21-2512-5984

abraposo@tecgraf.puc-rio.br

Marcelo Gattass

TecGraf – PUC-Rio

Rua Marquês de São Vicente, 225,  
Gávea, Rio de Janeiro – RJ, CEP:

22453-900

+55-21-2512-5984

mgattass@tecgraf.puc-rio.br

## ABSTRACT

Hybrid user interfaces, which create a heterogeneous environment providing different interaction forms and devices, may be enhanced by exploring more extensively the mixed reality continuum. This work presents an alternative to include immersive virtual reality in hybrid user interfaces in a common desktop setup. In addition, it is proposed the integration of a 2D WIMP (Windows, Icons, Menus and Pointing Device) environment with virtual and augmented reality interactive environments in the hybrid interface. This integration consisted in taking advantage of the users' experience with the mouse in the WIMP environment and in making data transferences, such as text, audio or video files, to the augmented reality environment. The mouse was used as a universal tool in the hybrid environment, and the visualization was obtained by means of an HMD with an attached camera.

## RESUMO

Interfaces híbridas, que criam um ambiente heterogêneo para o usuário provendo diferentes formas de interação e vários dispositivos, podem ser enriquecidas se explorarem mais extensivamente o continuum da realidade mista. Este trabalho apresenta uma alternativa para incluir realidade virtual imersiva em interfaces híbridas para uso em desktop. Além disso, é proposta a integração de um ambiente de interação do tipo 2D WIMP (*Windows, Icons, Menus and Pointing Device*) na interface híbrida com ambientes interativos para realidade virtual e aumentada. A integração consistiu em aproveitar a experiência dos usuários no ambiente WIMP com o mouse e realizar transferências de dados, como arquivos de texto, áudio, vídeo, entre outros, para o ambiente de realidade aumentada. O mouse foi utilizado como ferramenta universal no ambiente híbrido e a visualização se fez pelo uso de um HMD com uma câmera acoplada.

## Keywords

Hybrid Interfaces, Mixed Reality, 2D and 3D Interaction.

## 1. INTRODUÇÃO

O tema Interfaces Híbridas (IH) foi inicialmente abordado por Feiner [1], caracterizando um ambiente heterogêneo, rico em técnicas de interação, com dispositivos de diversas naturezas sendo utilizados de forma complementar. Ao longo do tempo surgiram trabalhos que agregaram o conceito de espaço contínuo de interação, absorvendo a emergente idéia da computação ubíqua no contexto das IH, desenvolvendo a idéia de ambientes de interação que não residiam somente no desktop, mas sim em outros dispositivos e no próprio ambiente real ao redor. Os trabalhos de Reikimoto [2] e o projeto EMMIE [3] foram alguns pioneiros nesse sentido e caracterizam bem essas idéias.

Os trabalhos mencionados acima exploram de alguma forma o continuum da realidade mista [4], descrito como um espectro no qual em um extremo está a Realidade Comum (sem alteração alguma), e no outro extremo está uma Realidade totalmente Virtual (RV). Ao longo desse espectro encontram-se a Realidade Aumentada (RA) e a Virtualidade Aumentada (VA). A RA é baseada no mundo real enriquecido com informações virtuais, enquanto a VA está baseada no mundo virtual enriquecido com informações do mundo real.

A heterogeneidade, uma das principais características das IH, foi inicialmente explorada no sentido de se utilizar diferentes tipos de computadores no mesmo espaço de trabalho seguindo as idéias da computação ubíqua. A idéia de prover diferentes ambientes de interação no mesmo ambiente físico de trabalho tem sido menos explorada. É importante esclarecer que neste artigo, “ambiente de trabalho” (ou “espaço de trabalho”) significa o ambiente físico onde o usuário está localizado, por exemplo, um ambiente do tipo desktop. Por outro lado, “ambiente de interação” é a interface na qual técnicas de interação específicas estão sendo executadas, por exemplo, 2D WIMP, RV, ou RA.

Uma possibilidade, no sentido de prover mais ambientes de interação em um típico espaço de trabalho, que é o desktop, é utilizar interações 3D e 2D em diversos contextos sem a necessidade de sair fisicamente dele. Estudos recentes têm demonstrado que em muitas situações um misto de interação 2D e 3D é preferível, ao invés do uso exclusivo de uma ou outra [5], [6]. A inclusão de RV imersiva (RVI) juntamente com RA e

interação 2D no mesmo ambiente de trabalho ampliaria as alternativas do ambiente híbrido.

Em alguns dos trabalhos sobre IH [3], [7], [8], há uma importante característica em comum: o uso do mouse como uma “ferramenta universal” tanto para interações 2D quanto 3D. Para permitir a interação 3D foi necessário o uso de algum rastreador no mouse. Essa idéia de ferramenta universal tenta minimizar o número de ferramentas utilizadas durante uma operação nesses ambientes de trabalho híbridos.

As interações 2D incluem as comumente encontradas nas interfaces do tipo WIMP - *Windows, Icons, Menus and Pointing Device*. Através desse tipo de interação os usuários normalmente têm acesso ao gerenciamento dos sistemas operacionais, armazenando e gerenciando dados dos mais diferentes tipos como textos, apresentações, bitmaps, áudios, vídeos, entre outros. A familiaridade com este tipo de interface utilizando o mouse é bastante consolidada. Assim, é importante o aproveitamento dessa familiaridade em uma interface híbrida para usuários, uma vez que as IH têm como característica importante a heterogeneidade, e explorar esta característica absorvendo as vantagens de cada componente de um todo é fundamental. Ou seja, se há um ambiente interativo do tipo WIMP como componente de uma IH é importante utilizá-lo tirando proveito das experiências que os usuários já tiveram neles.

Este trabalho apresenta uma interface híbrida composta por ambientes interativos do tipo WIMP, RA e RV, em um mesmo espaço físico de trabalho. Esta interface faz uso de um mouse rastreado, como uma forma de ferramenta universal para interação e gerenciamento, e utiliza um Head Mounted Display (HMD) com uma câmera acoplada como o visualizador do ambiente. Um dos principais objetivos da integração do ambiente 2D é aproveitar o conhecimento já adquirido dos usuários nesses ambientes com o uso do mouse e também permitir a transferências de arquivos deste ambiente para outros ambientes interativos pertencentes a interface híbrida. Por exemplo, arquivos poderão ser transferidos do WIMP para um ambiente de Realidade Aumentada onde poderão ser anexados a objetos virtuais 3D com objetivo de deixar observações no formato texto, audio, video, ou qualquer outra mídia.

É importante esclarecer que neste artigo o termo “mouse” será utilizado referindo-se ao mouse convencional, utilizado em um plano para interações no ambiente WIMP. O termo “apontador 3D” fará referência ao mesmo mouse rastreado para uso em operações espaciais 3D nos ambientes RA e RV.

Na próxima seção são discutidos alguns trabalhos relacionados. Na seção 3 a interface híbrida proposta é apresentada, descrevendo cada um dos ambientes de interação (RV, RA e WIMP), bem como as interfaces de transição entre eles. A seção 4 relata algumas experiências realizadas, e a seção 5 conclui o artigo.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

Entre os trabalhos iniciais sobre IH está o de Reikimoto [2] que explorou a idéia da heterogeneidade das IH no sentido do uso de vários computadores em um mesmo ambiente de trabalho. No projeto EMMIE [3], foi utilizada RA para adicionar informação visual ao espaço contínuo de interação, disponibilizando visualizações 2D e 3D no espaço de trabalho. Entre outros projetos de pesquisa similares estão o Studierstube [9], que

realizou um sistema de colaboração utilizando RA com vários contextos de interação, o *MagicMeeting* [7], no qual foi criado um ambiente de colaboração utilizando interfaces tangíveis para manipulação de dados 2D e 3D, e recentemente o de Nakashima [8], que explorou a integração de interações 2D e 3D criando um ambiente colaborativo composto por um *illusion hole* e retro-projetores para habilitar o uso de interações do tipo tabletop.

A utilização e integração de interfaces do tipo 2D WIMP já tem sido explorada em interfaces híbridas, por exemplo, no projeto do *MagicMeeting* [7], onde foram disponibilizadas visualizações de telas bidimensionais em um ambiente AR presas a interfaces tangíveis que podiam ser manipuladas com o mouse. No trabalho de Reikimoto [2] foram utilizadas interfaces 2D como normalmente são utilizadas, mas com a adição de técnicas espaciais de manipulação direta que permitiam a transferência de arquivos entre computadores de uma forma transparente para os usuários. As técnicas desenvolvidas foram o *pick-and-drop* e o *hyperdragging*. A primeira consistia na idéia do usuário com um apontador (caneta) clicar em algum dado na tela de um computador e o dado passar para a caneta. Este dado poderia ser depois depositado em um segundo computador após um clique na tela do mesmo. No caso do experimento de Reikimoto, nem a caneta nem a topologia do ambiente foram rastreadas, os computadores estavam em rede e as canetas eram identificadas a cada toque. No *hyperdragging* houve o mesmo objetivo, mas este possuía um feedback visual do “rastros” do dado sendo arrastado, simbolizando uma âncora com o lugar origem de onde veio o dado. Este rastro era visualizado através de uma projeção em uma mesa. No projeto EMMIE [3], o *hyperdragging* também foi utilizado, mas adaptado para um ambiente de RA. Foram utilizados HMDs do tipo *see-through*, os quais não isolavam a visão do mundo externo. Porém, HMDs deste tipo são muito caros e uma alternativa para muitos pesquisadores é a utilização de HMDs comuns com uma câmera acoplada, o que leva ao surgimento de algumas questões discutidas na seção 3.3.

A utilização de RV do tipo imersiva utilizando HMDs não tem sido muito explorada por esses trabalhos e a utilização da mesma poderia trazer benefícios como a utilização de técnicas de interação resultantes de pesquisas neste meio interativo. Entretanto, permitir a sua utilização, no caso de uma interface híbrida de desktop, não pode implicar somente em ativar um HMD e visualizar o mundo virtual imersivo. Existem questões importantes relacionadas com objetos reais que podem causar colisões durante a experiência virtual, as quais serão discutidas a seguir.

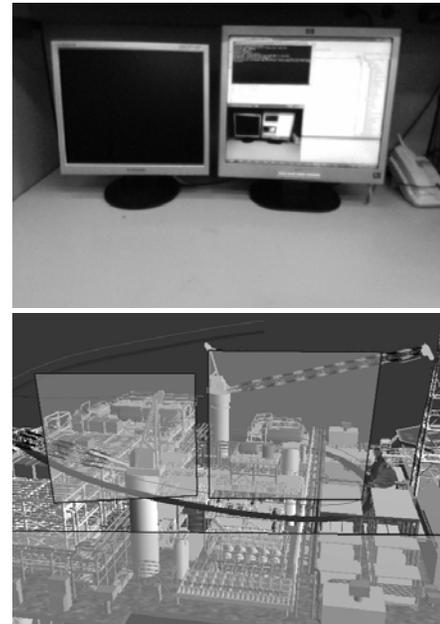
## 3. INTERFACE HÍBRIDA

A interface híbrida implementada no trabalho objetiva uma exploração do continuum da realidade mista, disponibilizando ambientes interativos referentes a interfaces WIMP, RA e RV em um único espaço físico de trabalho situado em um ambiente de desktop comum. A seguir é discutido como esses ambientes interativos foram configurados e implementados neste ambiente de trabalho. Além disso, é discutido o uso de interfaces de transição [10] para conduzir as transições entre esses ambientes.

### 3.1 Realidade Virtual

A inclusão da RV do tipo imersiva na IH foi feita através da virtualidade aumentada, necessária para prover uma noção do espaço físico disponível ao usuário durante a interação. Esta necessidade pode ser mais bem entendida explicando o conceito de interfaces de transição e uma aplicação exemplo importante. As interfaces de transição foram introduzidas conceitualmente através do projeto *MagicBook* [10], consistindo em interfaces responsáveis por um caminhar uniforme ao longo do continuum da realidade mista. A aplicação exemplo deste conceito foi feita através do uso de um livro onde o usuário poderia visualizar as suas ilustrações enriquecidas com gráficos 3D através da RA ou poderia ficar imerso no mundo virtual através da RVI utilizando um HMD. No *MagicBook*, a transição feita do ambiente RA para o RVI implica no isolamento da visão do mundo real para o usuário, ou seja, o usuário perde a percepção visual do mundo real ao seu redor. Dessa forma, precauções precisam ser tomadas com objetos reais próximos potenciais a colisão, pois se o usuário necessitar realizar técnicas de interação complexas envolvendo movimentação dos braços, haverá problemas. Na aplicação do *MagicBook* não foi necessário esse cuidado porque as interações disponibilizadas no ambiente imersivo limitavam-se a eventos de clique no HMD. O problema de colisão com objetos do ambiente real é tratado em algumas experiências imersivas com o objetivo de reduzir possíveis quebras de presença (*breaks in presence*) [11], ou seja, eventos que podem desviar a atenção do usuário do mundo virtual para o mundo real. No contexto da utilização da RV na interface híbrida proposta, não há o objetivo de tentar induzir o usuário a sentir que está fora do mundo real completamente, mas sim disponibilizar uma experiência virtual que não seja prejudicada por objetos que possam causar colisões, por exemplo, a mesa, os monitores, entre outros, que estão no desktop.

Desta forma, para informar ao usuário os limites físicos do espaço de interação disponível no ambiente de trabalho, foram inseridas representações geométricas simples do ambiente de desktop (a mesa de trabalho, telas dos monitores, etc.), de tal forma que não causassem perda de informação do mundo virtual (occlusão no campo de visão). A essas representações geométricas foram adicionados atributos de transparência para preservar a percepção do mundo virtual, dado que o objetivo da imersão é explorá-lo (Figura 1). O uso dessas transparências pertence ao campo da virtualidade aumentada, pois há uma informação do mundo real (localização dos objetos do desktop) adicionada a uma experiência que é predominantemente virtual.



**Figura 1. A primeira figura mostra o desktop como o ambiente de trabalho. A segunda figura mostra a visão no ambiente virtual imersivo mostrando os limites de interação física pelo uso das transparências.**

A representação do espaço de interação físico usando transparências tem dois propósitos principais: permitir a visualização do ambiente virtual que está atrás e, ao mesmo tempo, informar ao usuário sobre os limites da interação física.

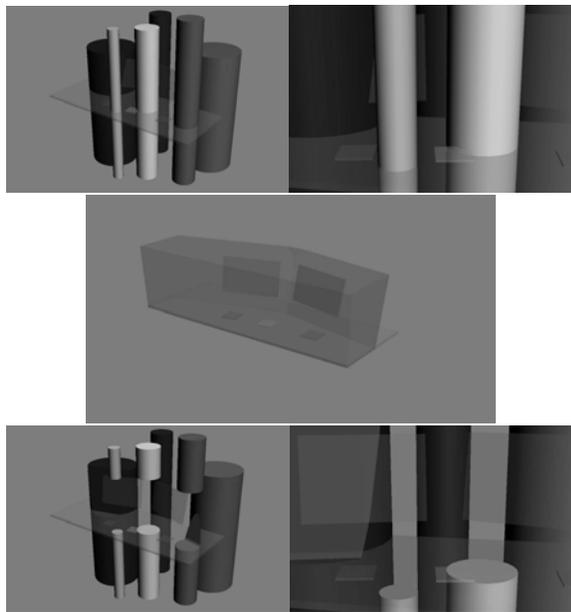
O uso de transparências em interfaces 2D tem sido foco de estudos por diversos pesquisadores, a grande maioria relacionado com a abordagem do tipo *See-Through Interface* [12], [13]. Em relação aos ambientes 3D, Zhai estudou o uso de transparências e identificou vantagens na percepção de profundidade [14]. Resultados positivos em tarefas de navegação em cenários 3D usando transparências também foram verificados [15].

Outra vantagem do uso de transparências em interfaces está relacionada com o seu comportamento dinâmico, i.e., o efeito de oclusão é reduzido modificando dinamicamente os valores de opacidade de superfícies que estejam obstruindo a visão de objetos de interesse. Este tipo de comportamento foi estudado em interfaces 2D considerando a distância do cursor do mouse [16] e também levando em consideração o grau de importância de regiões – *content-aware-transparency* [17].

Fazendo uma analogia aos trabalhos 2D compostos por duas camadas bidimensionais, na IH proposta podemos dizer que há duas camadas tridimensionais ou volumes, um *foreground 3D* – *f3D*, representado pelo espaço físico simplificado do desktop utilizado para a execução das técnicas de interação, e o *background 3D* – *b3D*, representado pelo cenário virtual.

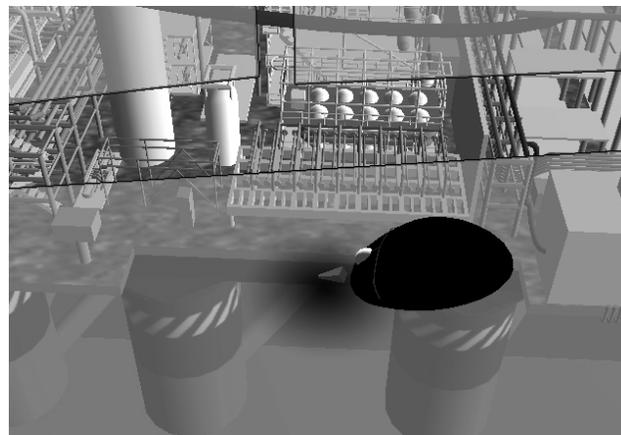
Um potencial problema que pode comprometer a percepção do espaço de interação no *f3D* ocorrerá se a câmera estiver posicionada em algum lugar do mundo virtual densamente povoado de objetos e se alguns destes objetos estiverem entre o *near plane* e as transparências, causando obstrução na

visualização das mesmas. Para contornar este problema foi acrescentado um volume composto por planos de corte, que envolvem o  $f3D$ , transformando esta região numa forma de *cockpit* onde o usuário fica protegido da entrada de objetos. A Figura 2 ilustra esta situação.



**Figura 2.** As duas primeiras figuras ilustram o caso de uma cena virtual densa sem o volume de corte. A segunda imagem ilustra a oclusão da representação dos objetos reais (transparências) pelos objetos virtuais. A figura grande, no meio, mostra o volume de corte, e as duas últimas mostram a mesma cena cortada por este volume.

Neste trabalho é também experimentado o uso de transparências dinâmicas inspirado no trabalho de Gutwin [16], mas adaptando-o a um ambiente 3D, ou seja, levando em consideração a distância de um apontador 3D em relação às superfícies transparentes. Porém, o nível de transparência é diminuído apenas em uma região próxima à ponta do apontador 3D, ou seja, não é alterada a transparência de toda a superfície. Quanto mais próximo o apontador 3D está de uma superfície A, mais opaca fica uma região circular contida em A. O centro desta região está na posição da projeção da ponta do apontador 3D no plano de A. Este recurso serve como um “alerta” da aproximação de um limite físico do espaço de interação (Figura 3).



**Figura 3.** Transparência dinâmica baseada na proximidade do apontador 3D.

A escolha por formas geométricas simples para representar os objetos do desktop deu-se pela preocupação em não haver um desvio de atenção forte para as transparências durante a experiência imersiva, uma vez que o foco principal é o cenário virtual no  $b3D$ . Tal desvio de atenção só é provocado com o uso das transparências dinâmicas a fim de alertá-lo dos limites do  $f3D$ .

Sobre a representação do apontador 3D no ambiente imersivo da RV, é utilizada uma malha proporcionalmente semelhante ao formato e dimensão do mouse real sendo rastreado. Além dessa malha, há uma forma de cursor virtual anexado à frente representando a ponta do apontador 3D. Este cursor é utilizado como uma forma de sinalizador visual para operações sendo efetuadas, podendo mudar suas propriedades como cor ou opacidade indicando mudanças de eventos.

De uma forma abrangente a interação 3D em ambientes predominantemente virtuais é basicamente categorizada nas seguintes tarefas: navegação, manipulação, seleção, *wayfinding*, *symbolic input* e controle de sistema [18]. A utilização desta interface híbrida tem como objetivo disponibilizar ambientes interativos que sejam propícios a uma exploração mais vantajosa de cada tipo dessas tarefas interativas.

Nas tarefas de navegação, o ambiente virtual imersivo é apropriado devido a sua característica de manter o usuário imerso no ambiente e permitir explorações mais direcionadas. A exploração e busca através da locomoção virtual são objetivos frequentes durante esta tarefa e resultam na formação de um conhecimento espacial (*spatial knowledge*) através da tarefa *wayfinding*, que consiste no processo de passar informações e entendimentos para alguém poder navegar em um ambiente. Este conhecimento “navegacional” é comumente adquirido através do uso de visões egocêntricas e exocêntricas do ambiente digital. Na forma egocêntrica a visão é apresentada como primeira pessoa enquanto na exocêntrica há o uso da visão na terceira pessoa. Utilizando uma visão exocêntrica, o usuário vai criando um mapa cognitivo sobre o ambiente, enquanto a visão egocêntrica propicia um conhecimento sobre os pontos estratégicos (*landmark knowledge*) e rotas (*route knowledge*) [18]. Várias técnicas e estudos sobre navegação em ambientes imersivos foram desenvolvidos até o momento, e o aproveitamento de parte deste conhecimento pode ser vantajoso se utilizado em uma imersão em

um ambiente físico de desktop. É evidente que em um ambiente de desktop, onde o usuário permanece sentado, técnicas de navegação que requerem locomoção física para refletir uma locomoção no ambiente virtual não serão possíveis, mas há uma diversidade de técnicas virtuais que podem ser utilizadas no espaço físico de interação disponível no desktop. As técnicas do tipo *steering* (*gaze-directed* e *pointing* [19]), ou técnicas de planejamento de rotas [20], a *WIM* [21], e “*grabbing the air*” ou “*scene in hand*” [22], são exemplos de técnicas válidas, pois a viabilidade na utilização delas está na necessidade um espaço livre à frente do usuário para executar ações de seleção e manipulação, normalmente feitas com os braços e as mãos, e tal espaço pode ser encontrado entre o usuário, os monitores e a mesa, ou seja, no volume espacial do *f3D*.

A visualização do *f3D* poderá ser um estímulo visual que forçará os participantes a criar uma abstração, um modelo mental, do ambiente físico de interação sem realmente ver os limites físicos existentes, e tal abstração poderá ajudar na adequação da melhor forma de trabalho para cada usuário.

Os outros tipos de tarefas da interação serão discutidas nas seções seguintes, visto que são mais apropriadas para ambientes de RA ou 2D.

### 3.2 Realidade Aumentada

O uso da RA no ambiente híbrido foi possível pelo acoplamento de uma câmera ao HMD (Figura 4). A câmera utilizada contém uma lente grande angular que permite ter uma visão mais ampla da área de trabalho sem a necessidade de muitos movimentos da cabeça. A RA nesta interface híbrida é mais adequada para técnicas de manipulação. Além do apontador 3D como ferramenta de trabalho também estão disponibilizadas interfaces tangíveis para serem usadas como repositórios onde objetos virtuais podem ficar presos. Estes repositórios estão presentes também no ambiente de RV, mas sendo visualizados como transparências, servindo como uma “ponte” para o ambiente de RA, uma vez que os objetos de um cenário no ambiente de RV são enviados para o ambiente de RA por meio destes repositórios. Por exemplo, a seleção de um objeto no ambiente de RV faz com que este objeto vá para um repositório dentro do *f3D*, e na transição para a RA a única coisa que se mantém do ambiente de RV é a visibilidade do conteúdo dos repositórios (ver Figura 9 na Seção 4.1). No ambiente de RA, para o apontador 3D é mantida a representação virtual da ponta virtual que é visível no ambiente de RV para poder visualizar possíveis *feedbacks* visuais de operações sendo realizadas.



Figura 4. HMD com câmera acoplada para o ambiente de RA.

Tarefas relacionadas com manipulação poderiam ser feitas utilizando técnicas como *trackball* em um desktop, mas com a manipulação direta com as mãos através de interfaces tangíveis em um ambiente de RA, o usuário poderá realizar operações deste tipo mais intuitivamente com a sensação do objeto sendo manipulado estar no mundo real. Para técnicas de manipulação, tanto uma visão egocêntrica quanto exocêntrica podem ser utilizadas, mas para manipulações mais precisas uma visão egocêntrica tem sido verificada como mais adequada [21] [23]. Tanto o ambiente imersivo de RV como o de RA disponibilizam uma visão egocêntrica, mas acreditamos que no nosso contexto, realizar manipulações precisas sejam mais adequadas na RA, dado que a visibilidade do ambiente físico e, conseqüentemente, a visualização das mãos propicia o uso de interação bimanual em interfaces tangíveis. Se esta interação fosse realizada no ambiente RVI, haveria a necessidade de representar as mãos virtualmente, ou seja, representar o movimento das articulações, o que causaria problemas de imprecisão de rastreamento e casamento das representações virtuais das mãos com os movimentos das mãos reais. Este casamento impreciso da representação virtual com o real pode ocasionar também problemas como a sensação de tato conflitante com o que está no campo visual, pois o toque na mão real poderia ocorrer sem a mão virtual ter tocado alguma coisa.

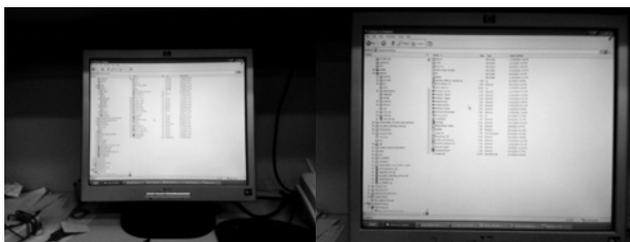
Outra vantagem está no potencial aproveitamento que o ambiente RA, uma vez que ele coexiste com o mundo real, permite na possibilidade de obter informações dos monitores (arquivos textos, áudio, etc.) através de operações como o *pick-and-drop* ou *hyperdragging* para os objetos virtuais nas interfaces tangíveis de interesse. A utilização da RA nesse sentido segue um pouco a idéia do projeto EMMIE [3]. Um cenário potencial dessa utilização poderia ser, por exemplo, um engenheiro de uma construção complexa deixar observações sobre mudanças que deverão ser feitas em peças encontradas no ambiente virtual. O engenheiro poderia ir até o ambiente RV, navegar por ele, selecionar um objeto de interesse e depois ir para o ambiente RA, editar alguma modificação utilizando o mouse como apontador 3D com alguma técnica de manipulação escolhida, e depois obter documentos que estão na tela do computador para áreas desejadas do objeto, podendo ser arquivos texto, áudios, bitmaps, vídeos, etc. que informam os dados sobre as observações do engenheiro. É nesse sentido que o objetivo deste artigo tenta aproveitar também a tecnologia de interfaces já existente das 2D WIMPs e integrá-las nesse ambiente híbrido que utiliza um HMD com uma câmera para permitir RA e RV.

Esta integração do ambiente de RA juntamente com o ambiente WIMP no sentido de procurar e transferir dados, com a finalidade de serem anexados a objetos virtuais 3D desempenha indiretamente, a tarefa interativa de *symbolic input*, uma vez que dados simbólicos estão sendo inseridos em objetos virtuais.

### 3.3 WIMP

Na interface híbrida implementada foi utilizado predominantemente um HMD com uma câmera acoplada para permitir o uso da RVI e RA. Pretende-se também manter o uso do HMD para a execução das interações no ambiente 2D WIMP, evitando o inconveniente da necessidade de retirá-lo e colocá-lo durante uma sessão de trabalho. Desta forma, é importante manter o usuário numa mesma configuração durante as interações no ambiente híbrido através do uso do mouse como ferramenta universal e o uso do HMD como visualizador principal.

Um problema que ocorre com a interação WIMP na IH proposta é a visão do monitor onde são exibidas as interfaces WIMP, que passou a ser mostrada através de uma câmera. Por limitações tecnológicas as atuais *webcams* ainda têm uma resolução relativamente pequena, normalmente 640x480, para permitir taxas de exibição de 30 *frames* por segundo, de forma que visualizar uma tela de computador com uma resolução dessas é pouco adequado para verificar detalhes (Figura 5), dificultando a leitura do nome de arquivos, por exemplo. Em contra-partida, um HMD não deixa de ser um display bidimensional e atualmente permite resoluções razoáveis como 1024x768, sendo possível transferir a visualização das interfaces WIMP do monitor para o visor do HMD, ou seja, é possível interagir com um sistema operacional visualizando-o no próprio HMD. Além da dificuldade da visualização indireta através de uma câmera, ainda há o problema de precisão nos equipamentos de rastreamento atuais, quando utilizados em conjunto com técnicas como as de Reikimoto [2]. Por exemplo, se o usuário precisar escolher um arquivo em um sistema de arquivos onde os ícones são pequenos, a visualização pobre de uma *webcam* somada aos erros de precisão de um rastreador de posição poderão dificultar bastante essa tarefa.



**Figura 5. Visualizações de uma tela através de uma câmera na resolução 640x480.**

Desta forma, sugere-se neste trabalho uma alternativa apoiada no uso dessa visualização da interface WIMP no HMD, com o uso do mouse comum para interagir. Para tarefas mais longas durante a interação com interfaces WIMPs, o mouse comum é provavelmente o dispositivo mais apropriado. Até poderia ser possível interagir com um apontador 3D através de toques ou apontamentos para o monitor, mesmo com os problemas citados anteriormente, mas o cansaço após um período longo mantendo o braço suspenso poderia ser um problema significativo. Utilizando o mouse, o usuário irá realizar movimentos curtos e com a mão e o braço repousando sobre a mesa. Provavelmente uma das grandes vantagens do mouse comum e um dos motivos para o seu sucesso até hoje seja esse “conforto” durante o seu uso.

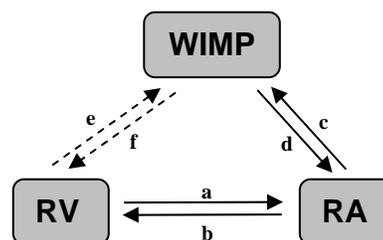
Por conta destas observações importantes das interfaces WIMP e pela motivação de evitar a troca de dispositivos para os ambientes de RV e RA, a IH proposta neste artigo optou por utilizar o mouse como ferramenta universal. Para servir como dispositivo 3D, necessários à interação em RA e RV, o mouse foi rastreado por um rastreador magnético anexado à sua lateral (Figura 6).



**Figura 6. Mouse com um rastreador magnético anexado.**

### 3.4 Interfaces de Transição

A Figura 7 ilustra as interfaces de transição usadas no ambiente híbrido. No momento, já estão implementadas as transições entre os ambientes de RA e RV e entre o ambiente WIMP e o de RA (setas contínuas). As setas tracejadas indicam as interfaces ainda não implementadas.



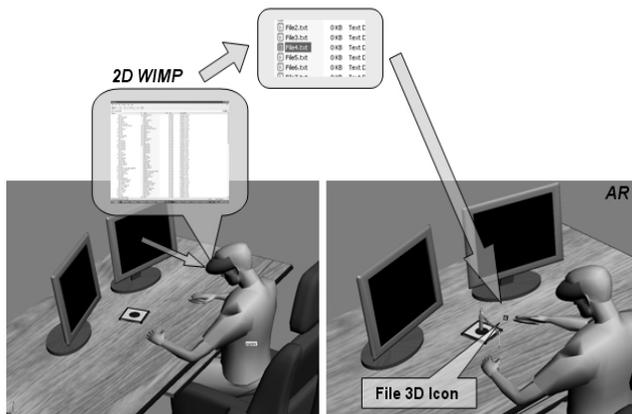
- a: conduzir o mouse até as proximidades do HMD;
- b: conduzir o mouse até as proximidades do HMD;
- c: gesto de conduzir o mouse até as proximidades do monitor, pressionar botão direito, e levar o mouse até o plano da mesa;
- d: botão “RA” no diálogo da IH;
- e: clique duplo no ícone 3D anexado a um objeto;
- f: botão “RV” no diálogo da IH.

**Figura 7. Interfaces de transição entre os ambientes de interação.**

Entre os ambientes de RA e RV, o feedback visual da transição foi implementado como uma interpolação linear da visão dos dois ambientes através do recurso de *blend*. Algumas considerações foram levadas em conta para manter esta transição coerente dando uma noção espacial da co-existência destes dois ambientes distintos no mesmo ambiente de trabalho. Uma dessas considerações foi manter o fov da câmera virtual na RV igual ao fov da câmera real na RA, para quando a transição fosse ocorrendo o usuário percebesse o casamento das transparências com os limites do desktop. O evento ativador das transições RA-RV e RV-RA consiste na execução do gesto de conduzir o mouse até as proximidades do HMD. Se o gesto ocorrer durante a execução do ambiente de RA, o usuário migra para RV, e vice-versa.

A transição do ambiente de RA para o WIMP consistiu no gesto de conduzir o apontador 3D até a proximidade do monitor, segurar no botão direito e mantê-lo assim pressionado até que o mesmo fosse conduzido e posicionado em cima da mesa. Feito

isso, a visualização da câmera no HMD era substituída instantaneamente pela visualização da interface WIMP sem o uso de interpolação linear. Foi definido um volume casado com a posição e orientação do monitor de tal forma que fosse possível determinar quando a ponta do apontador 3D estivesse próxima do mesmo. O mesmo foi realizado para a mesa a fim de determinar quando o apontador 3D fosse posicionado em cima da mesma. No ambiente WIMP, o usuário manifesta a sua vontade de voltar para o de RA clicando em um botão nomeado “RA” dentro de uma pequena janela disponibilizada pelo sistema gerenciador do ambiente híbrido. Se o usuário quiser levar algum arquivo para ser anexado a algum objeto 3D no ambiente de RA, ele deverá arrastar os arquivos para dentro desta janela e depois clicar no botão “RA”. A visualização da transição é feita de forma instantânea. Na volta para o ambiente de RA, se o usuário selecionou alguns arquivos, eles aparecerão simbolizados por ícones virtuais 3D fixados próximo à ponta do apontador 3D (Figura 8). Para anexar esses ícones, que nada mais são que referenciais para arquivos em uma máquina, o usuário deverá aproximar o apontador 3D do objeto 3D alvo e fazer um clique duplo com o botão do meio.



**Figura 8. Ilustração da escolha de um arquivo usando as convencionais interfaces 2D WIMP e a transferência dele para o ambiente de RA.**

Essas referências ficam salvas no objeto 3D portador das mesmas e poderão ser consultadas posteriormente quando a mesma cena com o objeto for carregada, bastando para isso o usuário levar o mouse próximo do ícone 3D e verificar se um feedback visual está ativo, indicando a presença do apontador, e então segurar no botão esquerdo do mouse e arrastar o ícone até o monitor. Quando o sistema verificar a presença do apontador próximo do monitor juntamente com um ícone, a visualização do ambiente WIMP será ativada e um *shortcut* para o arquivo correspondente ao ícone 3D aparecerá dentro da janela da aplicação gerenciadora.

As transições entre os ambientes RV e WIMP já estão definidas, mas ainda não foram implementadas. A transição da RV para WIMP será permitida, a princípio, para executar um arquivo que esteja anexado a um objeto encontrado no mundo virtual através de um clique duplo do apontador 3D no ícone 3D. A transição da WIMP para RV será realizada da mesma forma que a transição da WIMP para RA, através de um botão adicional nomeado “RV”.

Inicialmente, pretendia-se atingir um grau de manipulação direta o mais alto possível, por exemplo, em vez de o usuário precisar arrastar o arquivo de interesse para a janela do programa no ambiente WIMP, ele precisasse somente realizar um clique duplo neste arquivo e a visão do ambiente RA seria instantaneamente ativada, com o arquivo selecionado na ponta do apontador 3D. Porém, este tipo de abordagem interferiria em convenções já bem estabelecidas, como esta referente ao clique duplo, que normalmente é associada à execução do arquivo.

## 4. EXPERIÊNCIAS

Uma avaliação inicial empírica da interface híbrida foi feita através da utilização dos ambientes de interação. Os participantes foram alunos pertencentes ao laboratório com experiências em interação 2D e 3D. Duas experiências principais foram elaboradas, a primeira avaliando uma interação entre os ambientes RA e RV, e a segunda avaliando a utilização do WIMP e RA.

Entre os principais recursos de software utilizados na implementação da interface híbrida estão um grafo de cena (*OpenSceneGraph* [24]) para permitir a visualização dos objetos e cenários 3D, um *toolkit* de realidade aumentada (*ARToolkitPlus* [25]) para o rastreamento de marcas planares presas nas interfaces tangíveis. Sobre os recursos de hardware significativos utilizados estão um HMD modelo *I-glasses*, uma *webcam* modelo *Live Ultra* e um rastreador magnético *Flock of Birds*, para rastrear o mouse e o HMD.

Os objetos estáticos contidos no desktop, como a mesa e os monitores, os quais na maior parte correspondem aos limites do espaço físico de interação foram rastreados previamente para não haver desperdício de processamento rastreando-os durante as interações, uma vez que suas propriedades como posição, orientação e dimensão permanecem constantes em situações normais. Outra questão no *setup* do ambiente de trabalho foi o posicionamento do teclado abaixo da mesa, ficando apoiado em uma base, de modo a obter mais espaço para interação em cima da mesa.

### 4.1 Experiência 1: RA e RV

Dois tipos de interação foram disponibilizados no ambiente de RV, *raycasting* para tarefas de seleção e *gaze-directed* para navegação. Esta última utilizou como vetor de navegação o definido pela posição do HMD e do mouse. Para cada seleção feita na RV, uma instância do objeto selecionado no *b3D* era copiada para o repositório no *f3D*. O experimento iniciou no ambiente de RA e consistiu basicamente em dizer ao usuário ir para o ambiente de RV (usando a interface de transição, i.e., trazendo o apontador 3D para perto do HMD), procurar um objeto específico, selecioná-lo e depois voltar para o ambiente de RA com o objeto anexado no repositório. Na Figura 9 estão alguns *screenshots* da experiência.

### 4.2 Experiência 2: RA e WIMP

Esta experiência consistiu em induzir os usuários a sair do ambiente de RA e ir para o ambiente 2D WIMP para procurar um arquivo de texto e voltar para o ambiente de RA com este arquivo e, por fim, anexá-lo a um objeto virtual no repositório. O experimento iniciava no ambiente RA, já com um objeto 3D preso ao repositório e um arquivo texto anexado a ele. O usuário deveria levar esse arquivo para o ambiente 2D e executá-lo. O

conteúdo do arquivo continha uma mensagem pedindo para anexar um outro arquivo no objeto virtual do ambiente RA e havia uma indicação do caminho desse outro arquivo texto. Desta forma, o usuário deveria localizar o outro arquivo e voltar para o ambiente de RA para anexá-lo ao objeto 3D, finalizando o experimento (Figura 10).

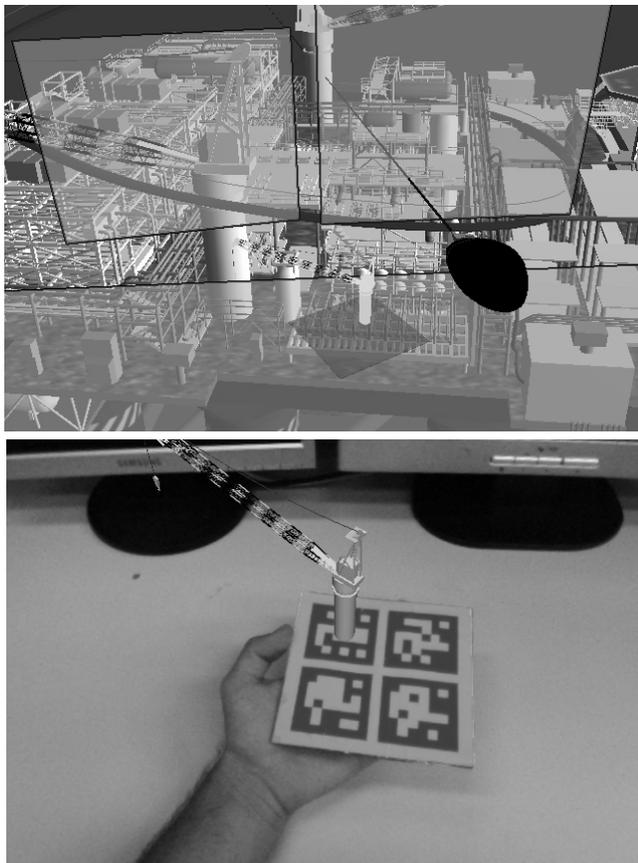


Figura 9. A primeira imagem mostra uma tarefa de seleção no ambiente de RV. A segunda mostra o objeto selecionado no ambiente de RA colocado em um repositório (interface tangível).

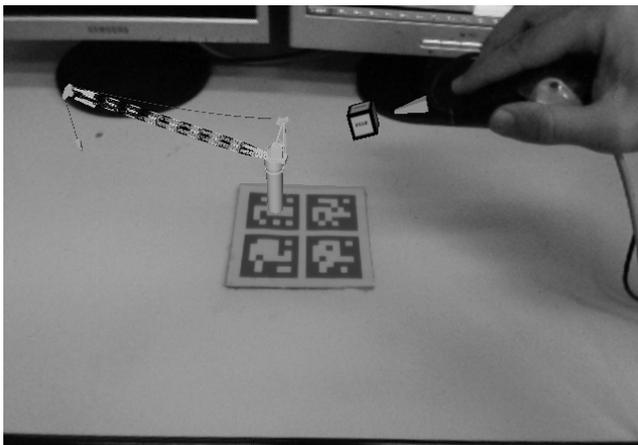


Figura 10. Usuário voltando para o ambiente AR com um ícone 3D na ponta do mouse representando um arquivo do ambiente WIMP.

### 4.3 Discussão

Para esta primeira avaliação empírica os participantes de forma geral aprovaram a idéia e conseguiram terminar o objetivo dos experimentos.

Na primeira experiência, apesar dos problemas de precisão e um pouco de latência, a resposta foi positiva. Após as primeiras sessões, algumas atualizações foram adicionadas, tais como a sugestão de reforçar visualmente as bordas das transparências da mesa e dos monitores para aumentar a distinção com o *b3D*. Outras sugestões ainda não implementadas consistiram em disponibilizar um comando para habilitar e desabilitar a ação dos planos de corte no *f3D*, e a inclusão de alguma forma de sombra transparente do apontador 3D na mesa no ambiente de RV para reforçar a localização do mesmo em relação à mesa.

Na segunda experiência, alguns participantes fizeram observações sobre o uso do HMD durante muito tempo, se não poderia causar um pouco de cansaço. Realmente, este é um problema inerente ao uso de HMDs, que pode ser resolvido ou atenuado com o surgimento de HMDs mais leves no futuro. Sugestões também foram feitas sobre a interface intermediária na transição do ambiente 2D WIMP para o RA, para que esta transição fosse feita de maneira mais direta. Atendendo a esta sugestão, como trabalho futuro, pretende-se desenvolver uma interface que simbolize essa transição para o mundo RA, como a utilização de menus suspensos que surgem ao lado de um arquivo selecionado com o botão direito do mouse, onde normalmente aparecem opções como “Abrir” ou “Abrir com”, e então incluir alguma com a opção com o “Enviar para RA..”.

Outras observações levantaram algumas questões importantes, por exemplo, alguns usuários questionaram também sobre o uso do teclado caso alguém quisesse criar um arquivo, editá-lo e depois anexá-lo no ambiente RA. Na abordagem utilizada, a visão do teclado está excluída, uma vez que a visualização da câmera estaria substituída pela visão da tela 2D. Este já era um problema esperado de alguma forma e algumas soluções teóricas foram pensadas, mas ainda não implementadas. Uma delas é baseada em um trabalho que explorou o uso de teclado usando HMD [26], onde os autores propuseram o uso de um teclado virtual visível no ambiente imersivo e que tinha uma interface tangível que nada mais era do que o próprio teclado real. Há a meta de utilizar esta abordagem, ou variações dela como, por exemplo, verificar os movimentos da cabeça do usuário. Caso o usuário esteja com a cabeça direcionada para a tela, o ambiente 2D ficaria totalmente visível, mas se houvesse uma leve mudança na inclinação para baixo seria feito um *blend* da visão do mundo RA com o mundo 2D WIMP. Outra alternativa seria, durante uma tarefa de digitação, habilitar a utilização de algo similar ao que foi feito no *MagicMeeting* [7] utilizando a visualização de telas como texturas e posicioná-las de tal forma que seja possível ver o teclado também. Estas possibilidades serão ainda avaliadas através de testes com usuários.

Esperavam-se algumas observações sobre a falta de visão da mão utilizando o mouse durante as interações no ambiente 2D WIMP, pois no uso cotidiano, apesar de não ficarmos olhando para o mouse, estamos percebendo-o pela visão periférica, que é removida com o uso do HMD. Porém, esta questão não foi abordada pelos usuários. Isto se deve possivelmente ao fato do mouse ser um dispositivo com a característica *eyes-free*, ou seja,

não há uma necessidade de uma observação contínua do seu comportamento na mesa para realizar as tarefas durante a interação, pois o seu feedback visual, o cursor na tela, transmite muito bem o comportamento do dispositivo. Operações do tipo *eyes-free* são obtidas após um treino constante no qual o usuário praticamente memoriza as componentes da operação e passa a executá-las sem ou com pouco auxílio visual. Para algumas pessoas bem treinadas no uso do teclado, a ponto de não haver a necessidade de olhar para o mesmo, o uso do HMD não traria grandes problemas, mas para a maioria das pessoas ainda é muito comum olhar e verificar o teclado durante uma tarefa que requer digitação.

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a proposta e um protótipo de uma interface híbrida para desktop composta por ambientes de interação do tipo WIMP, Realidade Aumentada e Realidade Virtual.

Para permitir o uso da Realidade Virtual foi utilizada Virtualidade Aumentada para enriquecer o ambiente virtual com as informações sobre os limites de interação física do desktop através do uso de transparências. Essas transparências têm o papel de manter o usuário informando, alertando-o visualmente sobre o espaço de interação. A importância do uso de uma interface híbrida nesta abordagem composta por ambientes RV, RA e WIMP foi discutida principalmente no contexto de técnicas de interação.

A integração do ambiente WIMP disponibilizou um ambiente já conhecido aos usuários, ou seja, houve um aproveitamento de uma tecnologia já existente na qual os usuários poderão interagir normalmente, além do recurso de poderem transferir arquivos de dados para os outros ambientes de interação do ambiente híbrido com a finalidade de serem anexados aos objetos 3D.

O uso de uma interface híbrida como a proposta neste trabalho enriquece a exploração do continuum da realidade mista, uma vez que disponibiliza ambientes de interação distintos que contendo características 2D e 3D para execução e experimentação de técnicas de interação.

Como trabalho futuros, pretende-se realizar testes formais com diferentes cenários, incorporar mais ambientes interativos, tais como as interações do tipo *tablettop*, realizar as melhorias sugeridas pelos participantes das primeiras experiências, disponibilizar um menu visual para escolher dinamicamente outras técnicas de interação dentro dos ambientes, e substituir o uso do rastreador magnético por um óptico que permita mais objetos serem rastreados, por exemplo, a utilização de mais de um mouse, o que permitiria interações bimanuais.

## 6. AGRADECIMENTOS

A pesquisa em Realidade Virtual do Tecgraf/PUC-Rio é apoiada primordialmente pela PETROBRAS, pela FINEP e RNP (projeto Rede GIGA).

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] Feiner S., and Shamash, A., Hybrid User Interfaces: Breeding Virtually Bigger Interfaces for Physically Smaller Computers. *Proc. ACM Symposium on User Interface*

*Software and Technology - UIST*, Hilton Head, SC, 1991, 9-17.

- [2] Rekimoto, J., and Saitoh, M., Augmented Surfaces: A Spatially Continuous Work Space for Hybrid Computing Environments. *Proc. Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI*, Pittsburgh, PA, 1999, 378-385.
- [3] Butz, A., Höllerer, T., et al., Enveloping Users and Computers in a Collaborative 3D Augmented Reality. *Proc. Int. Workshop on Augmented Reality - IWAR*, San Francisco, CA, 1999, 35-44.
- [4] Milgram, P., and Kishino, A., Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays, *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D(12), 1994, 1321-1329.
- [5] Darken, R.P., Durost, R., Mixed-Dimension Interaction in Virtual Environments. *Proceedings of ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 2005, 38-45.
- [6] Zudilova, E.V., Sloot, P.M.A., Bringing combined interaction to a problem solving environment for vascular reconstruction. *Future Generation Computer Systems*, 21, 2005, 1167-1176.
- [7] Regenbrecht, H.T., Wagner, M.T., and Baratoft, G., MagicMeeting: A Collaborative Tangible Augmented Reality System. *Virtual Reality* (2002) 6:151-166.
- [8] Nakashima, K., Machida, T., Kiyokawa, K., and Takamura, H., A 2d-3d integrated environment for cooperative work. *Proceedings of ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 2005, 16-22.
- [9] Schmalstieg, D., Fuhrmann, A., Hesina, G., Szalavari, Z., Encarnação, L. M., Gervautz, M., Purgathofer W., The Studierstube Augmented Reality Project. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 11, 2002, 33-54.
- [10] Billinghurst, M., Kato, H., and Poupyrev, I., The MagicBook – Moving Seamlessly between Reality and Virtuality, *IEEE Computer & Applications*, 21(3), 2001, 6-8.
- [11] Slater, M., and Steed, A., A virtual presence counter, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 9, 2000, 413-434.
- [12] Bier, E.A., Stone, M.C., et al., Toolglass and Magic Lenses: The See-through Interface, *Proc. SIGGRAPH'93*, Anaheim, CA, 1993, 73-80.
- [13] Harrison, B., Ishii, H., et al., Transparent Layered User Interfaces: An Evaluation of a Display Design to Enhance Focused and Divided Attention, *Proc. Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI*, Denver, CO, 1995, 317-324.
- [14] Zhai, S., Buxton, W., and Milgram, P., The partial-occlusion effect: Utilizing semitransparency in 3D human-computer interaction, *ACM Trans. on Computer-Human Interaction*, 3(3), 1996, 254-284.
- [15] Chittaro, L., and Scagnetto, I., Is Semitransparency Useful for Navigating Virtual Environments? *Proc. ACM Virtual Reality Software and Technology - VRST*, Banff, Canada, 2001, 159-166.

- [16] Gutwin, C., Dyck, J., and Fedak, C., The effects of dynamic transparency on targeting performance, *Proc. Graphics Interface '03*, 2003, 105-112.
- [17] Ishak, E.W., and Feiner, S.K., Interacting with hidden content using contentaware free-space transparency. *Proc. ACM Symposium on User Interface Software and Technology - UIST*, Santa Fe, NM, 2004, 189-192.
- [18] Bowman, D., Kruijff, E., LaViola, J., Poupyrev, I., 3D User Interfaces: Theory and Practice (Boston, MA: Addison Wesley, 2004).
- [19] Mine, M., Virtual Environments Interaction Techniques, TR95-018, Department of Computer Science, University of North Carolina at Chapel Hill, 1995.
- [20] Bowman, D., Davis, E., Badre, A., and Hodges, L., Maintaining Spatial Orientation during Travel in an Immersive Virtual Environment. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8(6), 1999, 618-631.
- [21] Stoakley, R., Conway, M.J., and Pausch, R.. Virtual reality on a wim: interactive worlds in miniature. *Proc. Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI*, Denver, CO, 1995, 265-272.
- [22] Ware, C., Osborne, S., Exploration and Virtual Camera Control in Virtual Three Dimensional Environments. *Proc. ACM Symposium on Interactive 3D Graphics - I3D*, Snowbird, Utah, 1990, 175-183.
- [23] Leigh, J. and Johnson, A. E., Supporting transcontinental collaborative work in persistent virtual environments. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 16(4), 1996.
- [24] OpenSceneGraph <http://www.openscenegraph.org/>
- [25] ARToolKitPlus [http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld\\_ar/artoolkitplus.php](http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld_ar/artoolkitplus.php)
- [26] Kim, S, Kim, J., Using Keyboards with Head Mounted Displays. *Proc. of the 2004 ACM SIGGRAPH international conference on Virtual Reality continuum and its applications in industry*, Singapore, 2004, 336 - 343.