

## 2 Trabalhos Relacionados

Levando-se em consideração que neste trabalho é proposta a montagem de uma solução composta por hardware e software, a seção de trabalhos relacionados foi dividida com base neste mesmo critério. Inicialmente são discutidos trabalhos referentes ao hardware construído e posteriormente serão tratados trabalhos relacionados ao software desenvolvido. Trabalhos que tenham servido de inspiração em ambas as categorias serão classificados na categoria onde entende-se que sua contribuição foi maior.

### 2.1. Hardware

Em termos de hardware foram pesquisados trabalhos que propusessem técnicas de interação com as mãos livres através do rastreamento com luvas ou técnicas de visão computacional baseadas em marcadores. Uma linha complementar de pesquisa diz respeito às vantagens da utilização do recurso de feedback tátil e sua influência na percepção da imersividade por parte do usuário. Alguns dos trabalhos pesquisados serão apresentados nas seções a seguir.

#### 2.1.1. Sistema de rastreamento de dedos da A.R.T.

A empresa A.R.T. fabrica sistemas de rastreamento para ambientes imersivos de realidade virtual e possui uma luva para rastreamento de dedos [ART Fingertracking 2011], que é parte integrante de seu sistema completo de rastreamento (Figura 2.1 e Figura 2.2). Essa luva permite o rastreamento da orientação da mão do usuário e da posição de cada um dos dedos. Ela pode ser usada tanto na mão direita quanto na mão esquerda, está disponível em versões para 3 ou 5 dedos e provê comunicação sem fio entre a luva e a central de controle.

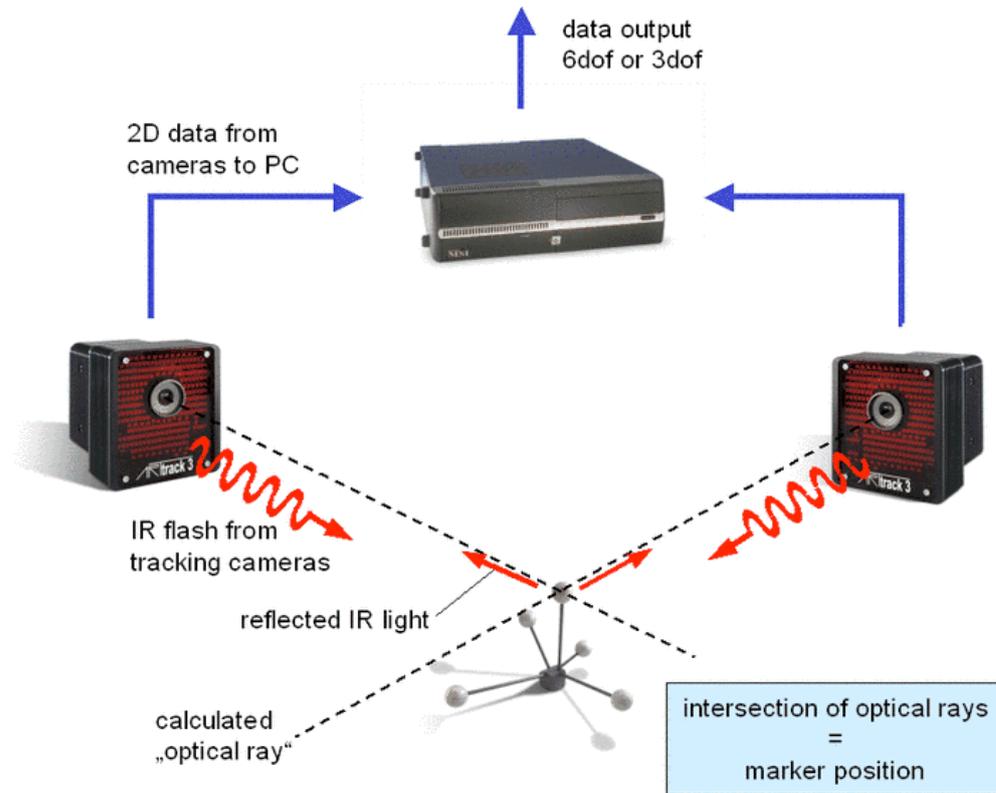


Figura 2.1: Sistema de rastreamento da A.R.T. [ART Tracking 2011].

Para identificar a posição dos dedos é utilizado um par de LEDs infravermelhos em cada dedo. Cada um desses conjuntos de LEDs emite luzes em uma frequência diferente, permitindo assim que as câmeras identifiquem os dedos de forma individual. A alimentação da luva é feita através de uma bateria recarregável.



Figura 2.2: Luva para rastreamento de dedos da A.R.T. com 3 e 5 dedos [ART Fingertracking 2011].

Uma limitação desse produto é a ausência de um módulo de feedback tátil na solução comercializada. O fabricante anunciou, entretanto, que já existe um protótipo com essa facilidade e que em breve será lançada uma nova versão comercial incluindo esse recurso. O conceito a ser aplicado neste caso é similar ao proposto por Scheibe, Moehring e Froehlich (2007), onde fios envolvem a ponta dos dedos proporcionando uma sensação de toque ao serem encurtados ao mesmo tempo em que uma vibração é aplicada sobre eles. Um micro-controlador é responsável pelo controle desse acionamento.

Esse produto serviu como inspiração principalmente por introduzir a ideia da comunicação sem fio entre a luva e a estação de controle. Além disso, o fato de ser uma solução comercial bastante utilizada por empresas e centros de pesquisa ao redor do mundo contribuiu por indicar uma solução com um elevado grau de maturidade de desenvolvimento e boa aceitação por parte de seus usuários [ART References 2011].

### **2.1.2.**

#### **Feedback tátil em aplicações imersivas de realidade virtual**

Scheibe, Moehring e Froehlich (2007) propõem um sistema de feedback tátil para interações feitas com a ponta dos dedos em aplicações imersivas de realidade virtual. O sistema é constituído por dedais com fios que envolvem as pontas de cada um dos dedos da mão (Figura 2.3). Para simular o contato com uma superfície, o comprimento dos fios é encurtado de forma a fazer com que eles entrem em contato direto com a ponta dos dedos. Em acréscimo a isso, uma vibração é provocada nos fios causando no usuário a percepção de um estímulo tátil. Tanto o encurtamento e relaxamento dos fios quanto o processo de vibração é controlado através de um micro controlador que recebe comandos de uma aplicação de realidade virtual. O artigo exemplifica o uso do dispositivo em um protótipo que simula o interior de um veículo e avalia o alcance e a interação dos usuários com objetos nesse ambiente virtual. Os estudos revelaram que o feedback tátil auxiliou na execução de tarefas de manipulação direta com maior confiabilidade e naturalidade. Os usuários preferiram o sistema com o feedback tátil à versão sem esse recurso, pois sentiram um maior controle nas tarefas de manipulação no interior do veículo.

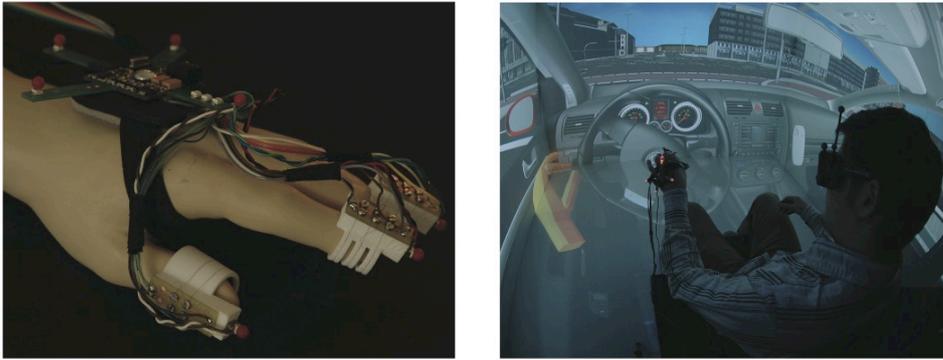


Figura 2.3: Tactile Feedback at the Finger Tips [Scheibe, Moehring e Froehlich 2007].

A principal inspiração que esse trabalho trouxe foi na aplicação do feedback tátil como forma de ampliar a sensação de imersão do usuário ao interagir com uma aplicação de realidade virtual. Uma vantagem da solução que estamos propondo se comparada a este trabalho é a ausência de fios entre a luva e o sistema de rastreamento e feedback tátil, o que melhora a mobilidade do usuário, principalmente considerando-se que em nosso caso de estudo esse usuário encontra-se em pé em uma Cave onde ele pode ter um elevado grau de mobilidade. No trabalho citado, por outro lado, o grau de mobilidade do usuário é limitado já que ele se encontra sentado no *cockpit* virtual do carro.

## 2.2. Software

Em relação ao software a ênfase da pesquisa foi na busca de iniciativas relacionadas ao conceito de uma tela de toque virtual, principalmente em relação a técnicas de interação com um sistema desse tipo. Uma vez que a literatura não é muito vasta neste aspecto, parte da pesquisa foi direcionada também para a área de realidade aumentada com foco em técnicas de interação diversas. Uma terceira linha de pesquisa foram *widgets* para aplicações 3D e suas vantagens e desvantagens dependendo do dispositivo de interação utilizado e do contexto do usuário. Alguns desses trabalhos serão apresentados nas seções a seguir.

### 2.2.1. Tela de toque virtual

Em Tosas e Li (2004) é proposta uma forma de interação para ambientes de realidade mista que permite a usuários interagir com uma tela de toque virtual

utilizando apenas as mãos. Recursos de visão computacional são utilizados para a detecção da mão e dos gestos referentes à digitação em um teclado numérico virtual. A ideia é que se possa interagir com elementos de interface gráfica de usuário apenas com as mãos através de cliques feitos com os dedos em janelas, ícones e menus de forma similar a sistemas gerenciadores de janelas como o MS Windows.

O sistema proposto é composto por um HMD (*Head Mounted Display*) que permite ao usuário a visualização da projeção do teclado virtual, uma câmera para filmar os movimentos da mão e o software de identificação e rastreamento da mão, que também gera uma resposta visual e audível quando teclas são pressionadas.

A detecção de um clique é feita através do encurtamento da imagem de um dedo da mão. O software monitora constantemente o comprimento dos dedos da mão, podendo assim identificar que uma variação nesse comprimento indica que o dedo foi dobrado com o intuito de se pressionar uma tecla.

O artigo propõe duas implementações de teclado virtual. A primeira é chamada de *teclado virtual estático*, ou seja, um teclado fixo em relação a uma localização no espaço. A interface virtual é inicializada no momento em que o usuário coloca sua mão sobre um desenho da forma da mão projetado no espaço pelo seu HMD. O sistema então grava uma imagem da mão do usuário e faz uma análise do modelo da mão daquele usuário, verificando parâmetros como o comprimento dos dedos, dos segmentos dos dedos, a tonalidade da pele etc. Uma vez feita essa identificação, o teclado virtual é apresentado e o usuário inicia sua interação (Figura 2.4).

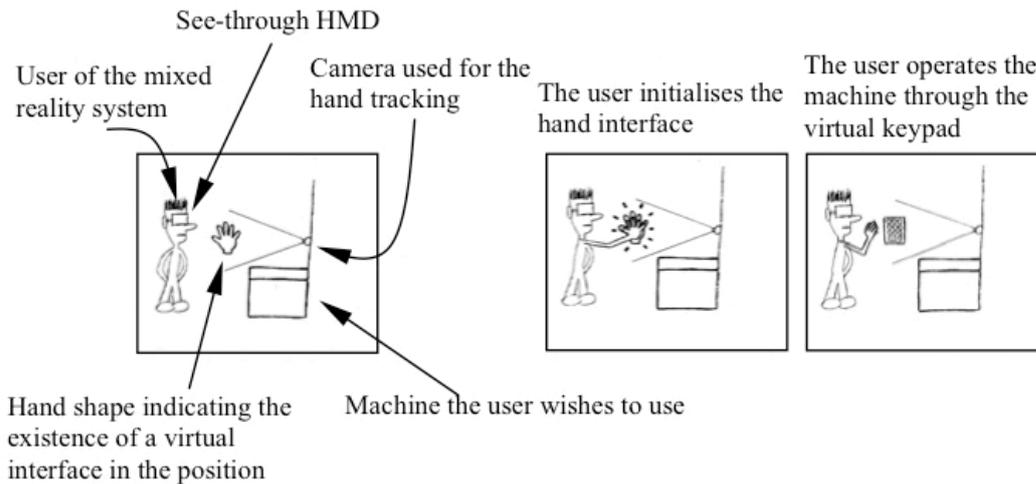


Figura 2.4: Inicialização do teclado virtual estático [Tosas e Li 2004].

A segunda implementação proposta por Tosas e Li (2004) é chamada de *teclado virtual flutuante*. Nesse caso a câmera para reconhecimento da mão é montada diretamente no HMD do usuário, o que faz com que o reconhecimento da mão tenha que ser feito pela parte de trás da mão, podendo ser mais complexo de se fazer do que o reconhecimento pela parte frontal. A vantagem dessa abordagem está na maior mobilidade do usuário, que pode se movimentar no ambiente virtual sempre “levando” o teclado consigo.

Uma situação observada nesse trabalho foi que a tela de toque virtual não é adequada para tarefas de entrada de dados muito longas, pois ao permanecer com a mão levantada por um período de tempo prolongado o usuário pode sentir cansaço e desconforto na mão e no braço. As situações de uso mais adequadas são aquelas em que é feita a seleção de itens de menu e de objetos presentes no ambiente virtual.

A prova de conceito construída no artigo limita-se a demonstrar o algoritmo de reconhecimento da mão e não chega a demonstrar todos os fundamentos teóricos discutidos no texto. Os autores criaram um teclado numérico onde o usuário digita números que são exibidos em um aplicativo de bloco de notas. A mão do usuário deve estar paralela ao plano da imagem da câmera e o fundo deve ser obrigatoriamente preto. O HMD não foi utilizado para projetar a imagem do teclado, sendo substituído por um painel de acrílico transparente com o desenho de uma grade representando os espaços das teclas do teclado virtual, como pode ser visto na Figura 2.5.

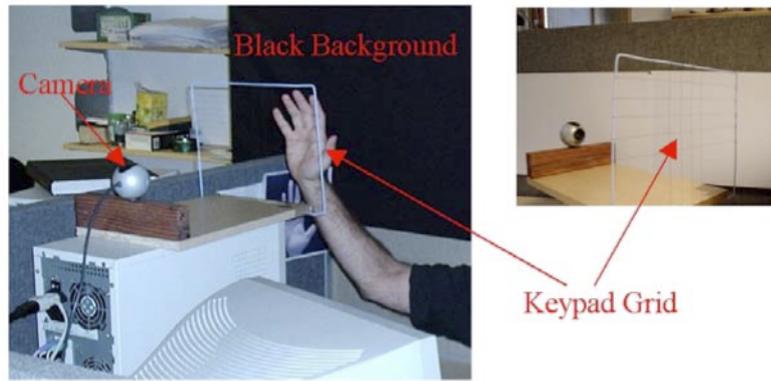


Figura 2.5: Virtual Touch Screen for Mixed Reality [Tosas e Li 2004].

Este trabalho introduziu a ideia de tela de toque virtual, que é um dos aspectos fundamentais dessa dissertação. Mesmo não o tendo implementado integralmente, o cenário de uso completo que ele propõe foi decisivo na idealização e na fundamentação do nosso trabalho.

### 2.2.2. Teclado 3D de realidade aumentada

Em Lee e Woo (2003) é proposto um teclado vestível 3D para realidade aumentada, chamado de ARKB (*3D Augmented Reality Keyboard*), que permite a um usuário digitar textos ou controlar objetos sem a utilização de interfaces convencionais, como teclado e mouse. O ARKB utiliza-se de informações de profundidade obtidas a partir de uma câmera estereoscópica acoplada a um HMD, possuindo três módulos: (i) rastreamento 3D das mãos, (ii) interação natural com os dedos e (iii) feedback audiovisual.

O rastreamento é baseado em técnicas de visão computacional e funciona através do reconhecimento de marcadores fiduciais capturados pela câmera estereoscópica. Essa câmera fica acoplada a um HMD e calcula a posição 3D e a orientação desses marcadores utilizando o ARToolKit [ARToolKit 2011]. O sistema então projeta a imagem do teclado virtual em frente ao usuário, ao mesmo tempo em que o ARKB detecta as pontas dos dedos e faz seu rastreamento no espaço através de marcadores coloridos presentes em cada um dos dedos (Figura 2.6).

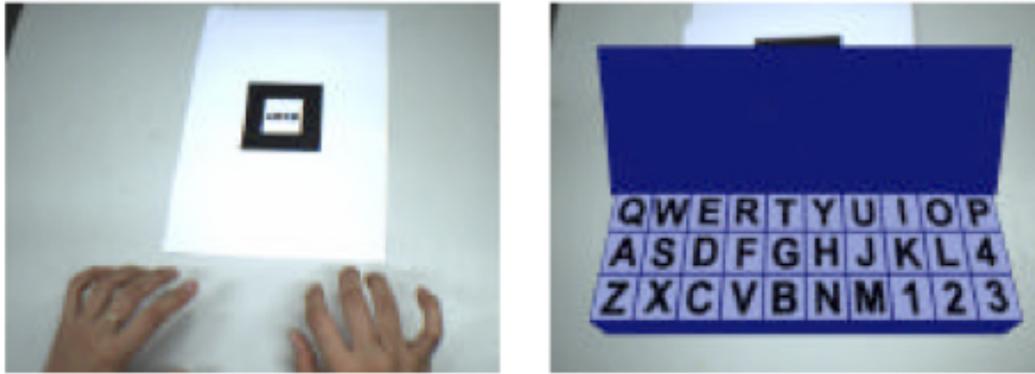


Figura 2.6: ARKB: 3D Augmented Reality Keyboard [Lee e Woo 2003].

A interação ocorre através da detecção de colisões entre as pontas dos dedos e as teclas virtuais utilizando-se informações de posicionamento 3D obtidas pelo módulo de rastreamento. Quando um dado número de pontos da nuvem de pontos gerada pela detecção das mãos colide com o volume de uma tecla virtual, assume-se que a digitação ocorreu. A mão do usuário é diferenciada do resto da imagem através da cor da pele e o feedback audiovisual ocorre sempre que uma colisão é detectada e tem como finalidade aumentar o realismo na experiência dos usuários.

A principal limitação dessa proposta é a baixa precisão no reconhecimento da digitação por conta de atrasos na geração e no processamento das imagens em tempo real. Além disso, esse formato do teclado virtual é próprio para utilização em superfícies planas como mesas, mas não é adequada a ambientes imersivos em RV onde os usuários estão na maior parte do tempo em pé. Por outro lado, o conceito de um teclado “móvel” e que pode ser ativado pelo usuário quando necessário serviu de inspiração para essa dissertação. O usuário de uma aplicação imersiva não precisa ter um teclado presente constantemente no seu ambiente de trabalho, mas precisa tê-lo à disposição no momento em que for utilizá-lo.

### 2.2.3. **Widgets 3D**

Em relação à construção de menus e *widgets* 3D, em Dachzelt e Hubner (2007) é feita uma pesquisa detalhada acerca de diversas propostas de menus 3D, classificando-os de acordo com critérios como intenção de uso, aparência, localização, interação e usabilidade, dentre outros. Essa classificação assume

três contextos distintos de aplicação: ambientes virtuais imersivos e semi-imersivos, aplicações de realidade aumentada e realidade virtual para desktops. O resultado deste trabalho é uma taxonomia para menus 3D e sua aplicação a uma extensa variedade de menus 3D pesquisada na literatura.

Chen e Bowman (2009) propõem a adoção do projeto de técnicas de interação específicas por domínio de aplicação (*Domain-specific design*, ou DSD). Os autores comentam que existem duas abordagens mais comuns no projeto de técnicas de interação 3D para ambientes virtuais imersivos. Em muitos casos as técnicas de interação são projetadas para tarefas de uso genérico como a navegação, seleção, manipulação e controle do sistema, sem considerar seu domínio de uso. Por outro lado, outros tipos de técnicas de interação 3D são projetadas para aplicações específicas, o que gera bons resultados de usabilidade e utilidade para esta única aplicação, sendo sua reutilização bastante limitada. O principal objetivo do DSD é propor um meio termo entre essas duas abordagens, melhorando assim as atuais práticas e permitindo que as técnicas de interação 3D sejam projetadas de forma a resolver situações do mundo real, sem abrir mão do seu potencial de reutilização em um domínio em particular. Um framework de projeto em três camadas provê a fundamentação teórica do DSD, e os autores mostram como esse framework pode ser utilizado para ilustrar os múltiplos caminhos no projeto de técnicas de interação específicas para um domínio. O artigo apresenta um estudo de caso com uma aplicação real de realidade virtual para análise estrutural chamada Virtual-SAP, de forma a demonstrar como essa técnica pode ser aplicada. Os resultados experimentais indicam que o uso da abordagem DSD aumentou a utilidade dessa aplicação sem sacrificar sua usabilidade.

A partir desses trabalhos é possível perceber que a questão de formatos e padrões para menus e *widgets* 3D ainda demanda um aprofundamento nas pesquisas e uma maior discussão sobre padronização, semelhante ao que já existe em aplicações desktop 2D. Poucos trabalhos estudam *widgets* 3D desacoplados de um domínio específico de aplicação, o que talvez seja indicativo de que essa separação num contexto de aplicações de RV imersivas não faz muito sentido, ratificando iniciativas como o DSD proposto por Chen e Bowman (2009).

### **2.3. Considerações**

Considerando-se que pesquisas sobre formas de interação para ambientes imersivos de RV ainda são muito concentradas na seleção, manipulação, navegação e *wayfinding* e que a literatura apresenta poucos trabalhos voltados para controle de aplicações, entrada simbólica e navegação em menus 3D, pretende-se neste trabalho buscar inspiração em técnicas já consagradas em outros tipos de ambientes para o ambiente da Cave. Propõe-se assim a construção de uma luva com feedback tátil para interação com uma tela de toque virtual mapeada dentro de um ambiente imersivo de RV. No Capítulo 3 discutiremos em detalhes cada um dos componentes dessa solução.