

## 5 Conclusão

Neste trabalho propusemos a criação da v-Glove, um dispositivo de interação para ambientes imersivos de realidade virtual. A v-Glove é uma luva que permite ao usuário interagir com aplicações de realidade virtual de forma natural através do movimento da mão no espaço e a seleção e manipulação de objetos através da aproximação da mão a uma área de toque virtual mapeada neste mesmo espaço. Como prova de conceito criamos uma aplicação capaz de interagir com o software Environ em tarefas de manipulação e configuração de parâmetros em modelos de plataformas de petróleo 3D visualizados em um ambiente imersivo. Realizamos um estudo de usabilidade da luva com avaliações quantitativas e qualitativas com três grupos de usuários com diferentes perfis de utilização de aplicações 3D.

Identificamos que a luva ainda não possui condições de substituir integralmente um dispositivo como o mouse 3D e que, por ser um produto comercial produzir em escala industrial, o mouse leva uma grande vantagem por questões como acabamento, resistência e ergonomia, enquanto o protótipo da luva desenvolvido apresentar uma certa fragilidade ao ser manuseada. Entretanto observamos um grande potencial de uso caso algumas situações de usabilidade identificadas nas avaliações sejam aprimoradas. O uso da luva como elemento de controle de cursor na tela teve uma resposta bastante positiva na opinião dos usuários quando comparado ao mouse, sendo sua principal deficiência o movimento necessário para a seleção de objetos e *widgets* de interface gráfica. Entendemos que a luva também foi prejudicada em sua comparação com o mouse 3D porque as tarefas de interação suportadas pelo Environ já foram mapeadas para um modelo 2D de forma a facilitar sua utilização com o mouse em ambientes desktop.

Uma parte significativa deste trabalho foi dedicada à adaptação dos componentes de interface gráfica (*widgets*) ao contexto de aplicações imersivas. Assim como no caso de aplicações de toque e multi-toque, os controles das

aplicações necessitam prever seu uso dentro das peculiaridades de um ambiente imersivo. Aplicações projetadas para o padrão WIMP dificilmente poderão ser utilizadas nesse tipo de ambiente sem algum tipo de adaptação.

Em relação aos componentes de interface gráfica estudados, identificamos que o *slider* é o *widget* mais problemático, independente do dispositivo de interação utilizado. Mesmo com o mouse foi possível observar situações de usabilidade neste componente, o que nos leva a concluir que é necessário que se pense em um redesenho deste elemento de interface de forma a melhor adequá-lo ao contexto da imersividade. Sugestões de alguns usuários recomendam que se altere o formato deste componente para que a régua de valores seja vertical e não mais horizontal, como usado atualmente.

No componente *combobox* também identificamos alguns problemas de interação, já que para que o usuário possa selecionar uma opção são necessários pelo menos dois cliques, um para visualizar as opções disponíveis e outro para escolher a opção desejada. Este *widget* necessita também ser redesenhado de forma melhorar seu uso. Dentre as possíveis alternativas de formatos estão as propostas por Gerber e Bechmann (2004) e Dachsel e Ebert (2001). Estes autores propõem respectivamente a adoção de menus de opções nos formatos de anel (*ring menu*) e cilíndrico (*collapsible cylindrical trees*).

Sobre o recurso de feedback tátil observamos que este é de fato essencial para a operação da luva, resultado confirmado nos testes comparativos da luva com e sem este recurso. Alguns aprimoramentos ainda podem ser feitos a esta funcionalidade, como o suporte à variação de intensidade da vibração e a implementação do feedback tátil progressivo. Essas modificações levam em consideração as ponderações de Wright (2011) visando uma melhor adequação às expectativas dos usuários.

## **5.1. Trabalhos futuros**

Existem muitas possibilidades de trabalhos futuros a partir das conclusões que chegamos neste trabalho. Muitos direcionamentos surgiram a partir de observações feitas durante os testes e principalmente a partir das entrevistas com os usuários. Algumas iniciativas são direcionadas a melhorias no princípio

de funcionamento da luva, enquanto outras envolvem a expansão de sua utilização para domínios de tarefas de interação mais complexos. As seções a seguir apresentarão nossas principais ideias nesse sentido.

#### **5.1.1. Teste da v-Glove com tarefas de interação 3D**

As tarefas de interação selecionadas para o estudo de caso deste trabalho foram essencialmente tarefas 2D para interação com objetos presentes em uma cena de visualização 3D, uma vez que o Environ faz um mapeamento das tarefas de interação para um modelo de duas dimensões voltado para sua utilização com o mouse em ambientes desktop. Sugerimos que a v-Glove seja testada num contexto de tarefas de interação 3D como a rotação e movimentação de objetos, tarefas essas onde se espera que o mouse enfrente maiores dificuldades.

#### **5.1.2. Ajuste na escala de cores do feedback visual**

De forma a melhorar a percepção do usuário em relação ao feedback visual do cursor, a escala de cores deve ser modificada, substituindo-se a tonalidade de laranja por uma cor que tenha menor chance de ser confundida com o vermelho dependendo das características da tela ou do projeto utilizado. Modelos de escala de cor como o proposto por MacAdam (1974) devem ser estudados.

#### **5.1.3. Suporte multi-toque e de gestos**

As tarefas de interação realizadas durante o estudo de caso deste trabalho utilizaram o conceito de toque, mas não chegaram a explorar a possibilidade de multi-toque e do suporte a gestos. Sugerimos portanto que a v-Glove seja testada no contexto de uma aplicação que utilize este tipo de interação, com tarefas como a rotação e manipulação de objetos.

#### **5.1.4. Interação com as duas mãos**

De forma a expandir o uso da v-Glove sugerimos a construção de uma segunda luva para ser usada na mão esquerda permitindo assim a interação

com as duas mãos simultaneamente. Neste modelo entendemos que a luva tem um grande potencial para tarefas de interação baseadas em gestos, especialmente para tarefas como a manipulação de objetos 3D na cena.

#### **5.1.5. Alteração no Posicionamento das câmeras**

Configurar o posicionamento das câmeras baseado nos conceitos de geometria epipolar. Isso resolveria o problema da oclusão no eixo Z permitindo a utilização da luva com o suporte ao rastreamento da profundidade de mais de um dedo simultaneamente.

#### **5.1.6. Clicar através do movimento de pinçar entre os dedos**

A partir do que se observou na análise de situações de usabilidade e com base em algumas sugestões de participantes sugerimos que sejam feitos testes com a v-Glove alterando-se a forma de efetuar o clique. Ao invés do conceito de aproximar o dedo da superfície de toque virtual, sugerimos que seja testada a ideia de clicar através do gesto de “pinçar” entre os dedos indicador e o polegar. Para selecionar um arrastar um objeto o usuário deveria efetuar o gesto de juntar as pontas desses dois dedos, liberando o clique ao separá-los novamente.

Tal funcionalidade é característica das luvas do tipo *pinch glove* existentes no mercado [Bowman et al 2001], cuja integração com a proposta da v-Glove poderá ser estudada no futuro.

#### **5.1.7. Plano de toque virtual relativo à localização do usuário**

Também com base na análise de situações de usabilidade e nas sugestões dos usuários sugerimos que se faça uma outra alteração na forma de clicar da v-Glove. Ao invés de identificar o clique pela aproximação da luva a uma área fixa mapeada no espaço virtual da sala onde o usuário se encontra, propõe-se que a identificação do clique seja feita através do mapeamento do movimento da luva a partir da posição atual do usuário. A superfície de toque virtual não teria mais uma localização absoluta, mas sim relativa ao ponto onde o usuário se encontra em um determinado momento dentro da sala.