

# Comparação de Dispositivos de Interação em Ambientes de Realidade Virtual: Desenvolvimento de um Setup Experimental e Estudos com Utilizadores

Filipe Lino  
DETI  
Univ. de Aveiro  
filipe.d.lino@ua.pt

Paulo Dias    Arnaldo Oliveira    Beatriz Sousa Santos  
DETI/IEETA  
Univ. de Aveiro  
paulo.dias@ua.pt, arnaldo.oliveira@ua.pt, bss@ua.pt

## Resumo

*A Realidade Virtual (RV) tem despertado um interesse crescente nos últimos anos. Contudo a sua evolução tem sido mais lenta que o esperado, provavelmente devido ao custo dos equipamentos, mas também às capacidades dos dispositivos de interacção que ainda estão em muitos aspectos aquém do esperado. Existem já vários dispositivos de interacção para ambientes de RV, sendo um dos mais recentes o comando da Wii, o Wiimote, que tem permitido de alguma forma vulgarizar uma interacção mais natural. Contudo a utilização deste tipo de ambientes e dispositivos para tarefas como a manipulação e selecção de objectos numa aplicação ainda tem muitas dificuldades para ultrapassar. O ganho que esses dispositivos podem trazer relativamente a dispositivos mais tradicionais como o rato ainda não está bem quantificado. O trabalho apresentado neste artigo tem como objectivo estudar a interacção num ambiente de RV comparando vários dispositivos de entrada, mais concretamente, o Wiimote, o rato e o GamePad. Para tal foi adaptada uma aplicação já existente cujo objectivo é a manipulação e selecção de polígonos num modelo. Foram ainda realizadas duas experiências com utilizadores para validar os tipos de interacção escolhidos assim como comparar o desempenho dos utilizadores com os diferentes dispositivos. Uma das conclusões é que para este tipo de interacção, os utilizadores tem um desempenho muito próximo usando o Wiimote e o rato, sendo o gamepad nitidamente pior. Por outro lado, a evolução do desempenho com o Wiimote entre as duas experiências apresentadas também mostra a importância que tem a configuração do dispositivo e o tipo de interacção definido no desempenho final do utilizador.*

## Palavras-Chave

*Realidade Virtual, Wiimote, Dispositivos de Interação, VTK.*

## 1. Introdução

Recentemente a Realidade Virtual (RV) tem tido especial atenção por parte da indústria automóvel, imobiliária, médica, entretenimento, treino e simulação permitindo o aparecimento de inúmeros dispositivos de entrada cada vez mais ergonómicos [Kulik 06] e de novas aplicações cada vez mais complexas e exigentes a nível computacional. No entanto, a Realidade Virtual fica muito aquém das expectativas criadas, existindo ainda poucas aplicações comerciais e limitações nos dispositivos de interacção. Aspectos como o tamanho e o peso não permitem ao utilizador abstrair-se do ambiente o que impossibilita uma interacção totalmente imersiva [Dix 04].

Muitos projectos e trabalhos estão a ser realizados no sentido de diminuir essas limitações quer ao nível dos dispositivos, procurando torná-los mais fáceis de usar e mais eficientes, quer ao nível da aplicação explorando o modo de navegação e interacção, promovendo assim a satisfação dos utilizadores.

Ao longo dos anos os videojogos têm ajudado a evolução não só ao nível computacional mas também ao nível da interacção, desenvolvendo dispositivos de entrada cada vez mais ergonómicos. Entre eles está o *Wii Remote* também conhecido por *Wiimote*, o recente comando da Nintendo que representa uma evolução não só ao nível dos jogos bem como ao nível da RV [LaViola 08].

Este artigo descreve duas experiências realizadas para comparar o desempenho dos utilizadores com vários dispositivos de interacção (rato, *Wiimote* e *gamepad*) na realização de tarefas de manipulação e selecção de polígonos em modelos utilizando uma aplicação já existente adaptada para este fim. Na secção 3 descreve-se a adaptação desta aplicação, bem como outro *software* desenvolvido para permitir a utilização dos dispositivos de interacção usados. Nas secções 4 e 5 apresentam-se as experiências e principais resultados e na secção 6 encontra-se uma análise global e algumas propostas para trabalho futuro.

## 2. Trabalho relacionado

Johnny Lee tem elaborado várias aplicações para a utilização do *Wii mote* [Lee 08], tais como: quadros interactivos, *tracking* de dedos e objectos, *tracking* da cabeça e aplicações em realidade aumentada. Estas aplicações apenas utilizam a câmara de infravermelhos do *Wii mote* fixa numa posição, movimentando a posição dos leds.

O *Wii mote* é utilizado também em aplicações médicas, mais propriamente na reabilitação de doentes que sofreram de problemas cardíacos [Galego 07], [Leder 08].

Existem também estudos que comparam o *Wii mote* a outros dispositivos. Cheng Guo e Ehud Sharlin compararam o *Wii mote* e o teclado como forma de interacção entre um utilizador e um robô. Os utilizadores acharam que as técnicas de interacção do *Wii mote* eram mais fáceis de aprender e de lembrar preferindo assim o *Wii mote* ao teclado.

Morihiko Tamai chegou à mesma conclusão quando realizou um estudo cujo objectivo era comparar o rato e o *Wii mote* num ambiente 3D tele-imersivo [Tamai 08]. O utilizador navegava em torno de uma dançarina tentando assim ver aspectos da posição com maior detalhe.

## 3. Desenvolvimento

O objectivo deste trabalho é comparar o desempenho do utilizador com três dispositivos, o *Wii mote*, o rato e o *Gamepad* e em duas visualizações, fora do modelo e dentro do modelo. Para isso desenvolveu-se um *software* capaz de interagir com estes dispositivos e visualizações. Além disto são registadas num ficheiro as seguintes interacções realizadas pelo utilizador: erros do utilizador, número de movimentos, tempo para finalizar a tarefa.

### 3.1. Aplicação base

O *software* realizado neste trabalho utilizou como base o trabalho realizado pelo aluno Ricardo Seco [Seco 07] que desenvolveu uma aplicação em VTK (Visualization ToolKit) [Schroeder 03] para calcular o tempo de reverberação de salas permitindo a correcção acústica através da alteração dos materiais constituintes da sala a ser corrigida. A parte do cálculo da reverberação das salas foi omitida, pois o objectivo é utilizar esta ferramenta para testar a interacção numa aplicação real: a selecção de materiais da sala, assim em vez de navegação tem-se manipulação que é uma das operações mais importantes em aplicações CAD.

Na aplicação Correção Acústica de Salas pede-se ao utilizador para seleccionar os polígonos dum modelo, ver figura 1. Assim em vez de se utilizar o rato para apontar para os polígonos, usou-se o *Wii mote*. Como esta aplicação base utiliza o *Visualization ToolKit* como *software* de visualização gráfica, o *software* desenvolvido no âmbito deste trabalho também é baseada nesta biblioteca gráfica.

### 3.2. Estrutura do *software* e *hardware*

Na figura 2, apresenta-se o computador e o *software* desenvolvido. Através das interfaces este *software* é capaz de obter informação sobre o estado dos vários dispositivos.

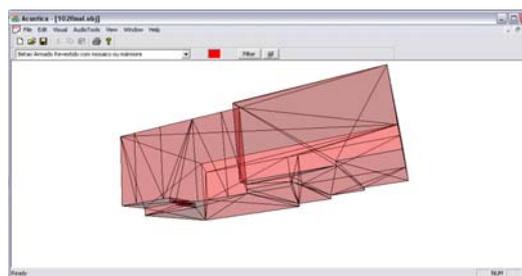


Figura 1. Manipulação de um modelo na aplicação base.

No caso do *Wii mote* e do *gamepad* serão projectadas as imagens para uma tela enquanto que no rato a interacção é feita no próprio monitor do computador.



Figura 2. Estrutura.

Nas secções seguintes será apresentado o *software* desenvolvido, bem como as interfaces para os três dispositivos (*Wii mote*, *gamepad* e o rato).

### 3.3. *Software* desenvolvido

Desenvolveu-se no Microsoft Visual Studio .NET 2005, com a biblioteca VTK, utilizando o C++ como linguagem de programação um *software* capaz de interagir com três dispositivos, o *Wii mote*, o rato e o *gamepad* e tendo dois modos de visualização, dentro do modelo e fora do modelo, ver figura 3. Sendo que a visualização fora do modelo é a mais utilizada no *software* de manipulação de imagens tridimensionais enquanto que a visualização dentro do modelo podia tirar partido da utilização do *Head Mounted Display* (HMD) e de outros dispositivos mais imersivos e tornar esta interacção mais natural, pois no mundo real estamos dentro do modelo e olhamos em volta.

O *software* tem os seguintes módulos:

- *Inicialização I/O*

Verifica-se a presença do *Wii mote* imprimindo o seu estado no ecrã, o que permite informar o utilizador. Procede-se à abertura de dois ficheiros:

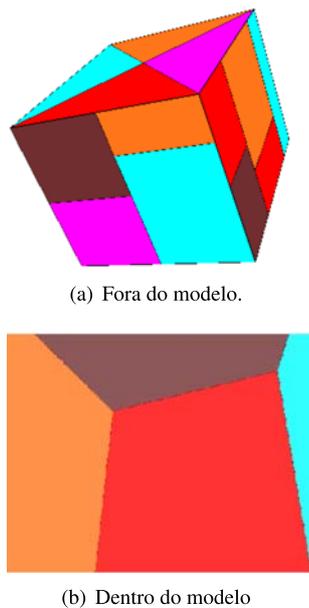


Figura 3. Modos de visualização.

1. Possui a localização do modelo de treino e da experiência propriamente dita.
2. Contêm os nomes dos materiais e para cada um tem: um escalar de 0 a 255 para a cor e mais seis escalares necessários para calcular a acústica para diferentes frequências.

• *Configuração do utilizador*

Introduz-se o nome do utilizador, passando depois à impressão de uma lista dos modelos existentes para posterior selecção de apenas um. Só são apresentados no ecrã as visualizações possíveis, isto é, se o *Wii mote* não estiver ligado apenas aparecerá a visualização do rato.

É criado o ficheiro de *logging* com o nome do utilizador, onde são registadas as interações realizadas por este. Por fim, o modelo seleccionado é importado.

• *Pipeline*

Cria-se uma paleta no *viewport*, ver figura 4, que é colocada no lado esquerdo do ecrã permitindo o uso de apenas uma tecla tanto para seleccionar a célula como para seleccionar o material. Na parte inferior do ecrã aparece o material que está seleccionado.

Para dar ao utilizador um *feedback* visual da posição para onde está a apontar foi criado um actor, que é apenas uma circunferência mapeada no *Viewport*. Todos estes actores são mapeados em 2D excepto o modelo que é mapeado em 3D.

Por fim, as células do modelo importado são coloridas de acordo com o material, ou seja, são percorridas as células enquanto se percorre a lista de materiais. Configura-se o tamanho, a cor e as posições dos actores no mundo, adicionando estes ao *renderer*.

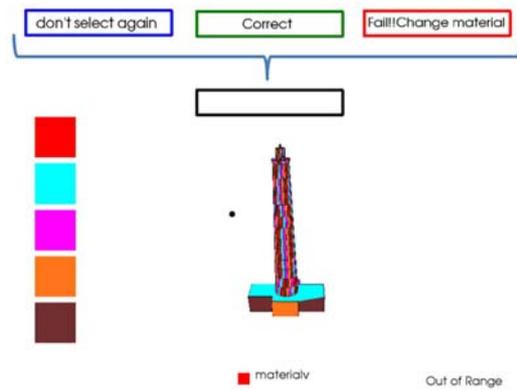


Figura 4. Aspecto final do *software*, com as três respostas possíveis à selecção.

• *Interação com o dispositivo*

O utilizador pode rodar o material ou começar a selecção. Ao pressionar a tecla de rotação retira-se a posição do apontador no *viewport* e faz-se a rotação pretendida, por exemplo, se o apontador do dispositivo estiver à direita do modelo a rotação é feita para a direita, e quanto mais longe do modelo estiver mais rápida é essa rotação.

Ao pressionar a tecla de selecção é detectada a posição onde ocorre o evento, dada no *viewport*, pode ocorrer um dos seguintes casos:

- Clique na paleta: selecciona-se o material.
- Clique no modelo: utiliza-se a função `Pick` da classe `vtkPicker`, que conjuntamente com a posição no *viewport* descobre se existe alguma intersecção com o modelo 3D, dando o *feedback* adequado, ver figura 4. Se a interacção se realiza numa célula do modelo:
  - \* Se a cor célula for diferente da cor do material seleccionado é dado um *feedback* visual ao utilizador para este mudar de material.
  - \* Se a célula e o material tiverem o mesmo valor, isto é a mesma cor, esta célula é pintada de verde, dando o *feedback* de que a escolha está correcta.
  - \* Se a célula for verde, isto significa que já foi previamente seleccionada, dá o *feedback* de célula já seleccionada.

Se as células já foram todas seleccionadas o utilizador recebe uma mensagem de que a tarefa terminou.

• *Finalização*

Fecha o ficheiro de *logging*, finaliza o *renderer* e sai.

### 3.4. Interface com o *Wii*ote

O *Wii*ote trabalha com *Bluetooth* proporcionando assim uma liberdade de movimentos superior a um dispositivo ligado por cabo, possui uma câmara monocromática de infravermelhos da *PixArt Imaging* capaz de detectar até quatro leds. A câmara tem uma resolução de 1024x768 pixels tendo uma taxa de actualização de 100Hz e 45º de horizontal *field of view* [Lee 08].

A interface com o *wii*ote utiliza a biblioteca *WiiYourSelf!* [wiiyourself 09]. Esta última é escrita em C++ permitindo a sua integração com o VTK. A tecla “A” do *Wii*ote é utilizada para fazer a selecção do material e da célula e a tecla “B” para rodar o modelo, ver figura 5.



Figura 5. *Wii*ote.

### 3.5. Interface com o *gamepad*

O *GlovePie* [Kenner 09] permite elaborar facilmente um *script*, para vários dispositivos. Com este *software* implementou-se o seguinte mapeamento: a selecção do material e da célula é efectuada no botão “X” do *gamepad*, a posição do rato é feita no *joystick* da esquerda e a rotação do modelo é no *joystick* da direita, ver figura 6.



Figura 6. Mapeamento do *gamepad*.

### 3.6. Interface com o Rato

A interface com o rato faz-se através do interactor do VTK, utilizando o botão direito do rato para rodar o modelo e o botão esquerdo para fazer a selecção.

## 4. Experiência Rato-*Wii*ote

Esta experiência foi realizada com o objectivo de comparar o desempenho do utilizador dentro e fora do modelo com o rato e com o *Wii*ote. Sendo o rato um dispositivo ao qual o utilizador está normalmente mais habituado, pode ser interessante comparar este com o *Wii*ote. Um dos objectivos era também descobrir se o utilizador se sente mais confortável dentro do modelo ou então se prefere estar fora do modelo e rodar em torno dele.

São gravados num ficheiro ao longo da experiência os erros cometidos pelo utilizador, o número de vezes que mudou de material, o tempo que demorou a concluir a selecção e o número de movimentações. Sendo que uma movimentação corresponde ao utilizador pressionar na tecla de rodar até a largar.

Esta experiência foi dividida por fases:

- 1ª fase - *Treino*  
O utilizador inicia a sua experiência com um treino em cada dispositivo.
- 2ª fase - *Experiência*  
O utilizador tem de seleccionar todas as células de um cubo trocando depois de visualização.
- 3ª fase - *Questionário*  
No final o utilizador preenche um questionário com o seu perfil, e com perguntas iguais para as quatro interacções. O objectivo é perceber a satisfação quanto a alguns aspectos importantes e perceber as dificuldades nomeadamente, tonturas, enjoos, desorientação e dificuldade em seleccionar.

A experiência podia começar com um utilizador no rato e outro no *Wii*ote. A ordem das interacções dos utilizadores foi elaborada de modo a que eles iniciassem sempre interacções diferentes.

Como os utilizadores usam bastante o rato num monitor, esta visualização também foi feita num monitor, enquanto que o *Wii*ote sendo um dispositivo desconhecido para os utilizadores e utilizado como apontador na consola *Wii* optou-se por projectar numa tela.

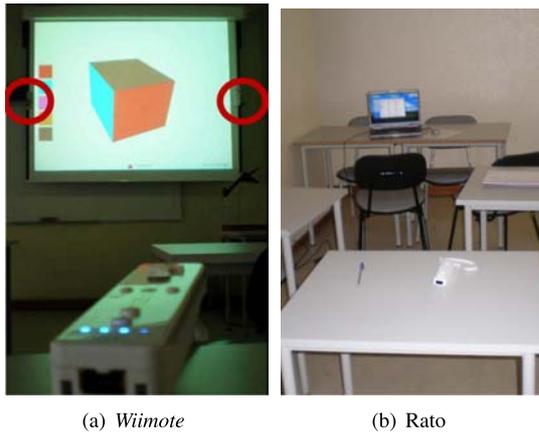
Os utilizadores encontravam-se de costas um para o outro, para interferirem o menos possível. Como se pode ver, na figura 7(a), foi colocado um led em cada lado da tela para poder-se calcular o ponto médio entre eles e assim saber a posição para a qual o utilizador aponta.

### 4.1. Resultados

São apresentados nas figuras 8(a), 8(b), 9 e 10 os *box-plots* da mediana dos resultados obtidos do ficheiro de *logging*, dos 20 utilizadores que executarem esta experiência.

#### 4.1.1. Erros cometidos

Existem dois tipos de erros cometidos pelo utilizador: a selecção com o material errado ou a selecção de uma célula já seleccionada. Analisando os *box-plots* das figuras 8(a)



**Figura 7. Experiência Rato-Wiimote**

e 8(b), verifica-se que na utilização do rato a diferença de erros dentro e fora do modelo é pequena mas no *Wiimote* observa-se que o utilizador comete mais erros quando se encontra dentro do modelo do que quando está fora, o que permite afirmar que existem diferenças quando o utilizador esta dentro ou fora do modelo.

Ao comparar os erros entre o *Wiimote* e o rato, chega-se à conclusão que o utilizador quase não comete erros neste último, ao contrário do que acontece no *Wiimote*.

**4.1.2. Movimentações feitas**

Observando a figura 9 conclui-se que o utilizador necessita de se movimentar mais vezes quando se encontra dentro do modelo. No *Wiimote* o utilizador movimenta-se mais vezes do que no rato.

**4.1.3. Tempo**

Começando por comparar o desempenho do utilizador dentro e fora do modelo pode-se dizer, através da figura 10, que o tempo necessário para concluir a selecção foi menor fora do modelo.

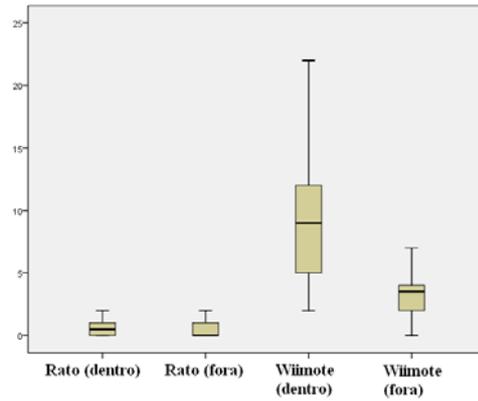
Relativamente à comparação dos dispositivos pode-se concluir que o desempenho com o *Wiimote* é pior. O melhor resultado deste, foi fora do modelo e levou, aproximadamente, o dobro do tempo que a tarefa realizada com o rato nas mesmas condições.

**4.1.4. Questionários**

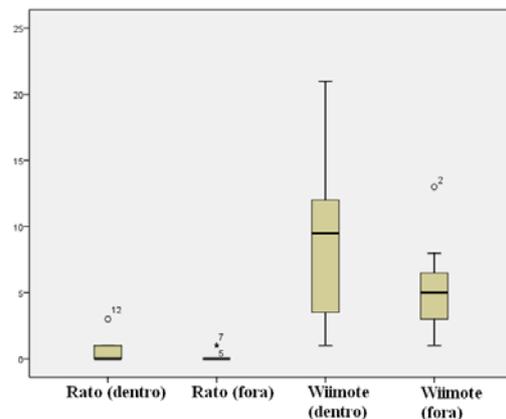
Os utilizadores manifestam ter mais dificuldade a rodar o modelo e a seleccionar as células no *Wiimote* que no rato. Por isso, preferiram mais a interacção do rato do que no *Wiimote*. Em termos de visualização os utilizadores preferiam estar fora do modelo, já que dentro do modelo tinham mais dificuldades em rodá-lo uma vez que se sentiam desorientados.

**4.1.5. Comentários dos utilizadores**

A dificuldade que os utilizadores tiveram em seleccionar os materiais e a célula deveu-se em parte à configuração utilizada. A utilização de dois leds para determinar a

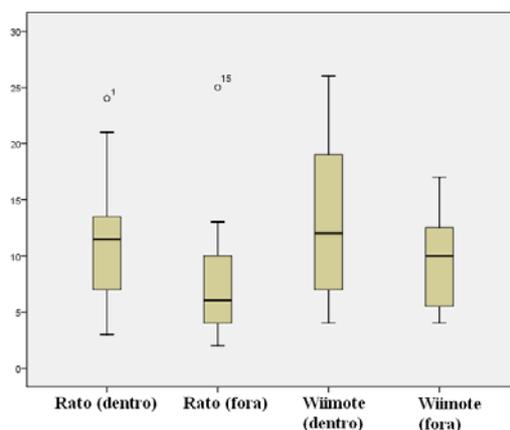


(a) Seleccionou uma célula já seleccionada.



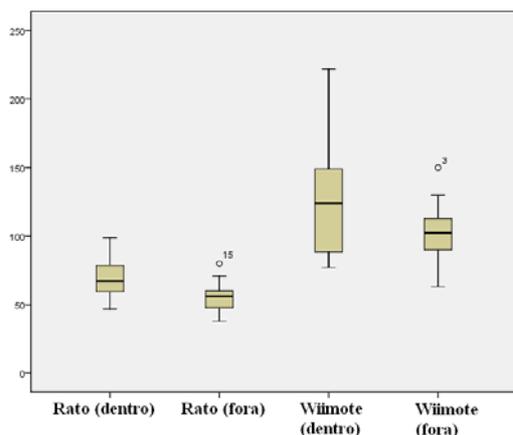
(b) Escolheu o material errado.

**Figura 8. box-plots dos erros do utilizador**



**Figura 9. box-plot do número de movimentos do utilizador.**

localização apontada diminuiu a área de acção do *Wiimote*, aumentando assim a sensibilidade. Por isso, os utilizadores tiveram dificuldades em seleccionar o material. Esta pode ser uma das razões pela qual o utilizador errou mais vezes



**Figura 10.** Tempo dos utilizadores para finalizar a tarefa.

dentro do modelo, já que ao tentar seleccionar o material, na paleta, seleccionavam uma célula.

Também referiram que o facto de não estarem familiarizados com a posição dentro do modelo, tornou a visualização mais confusa. Por estas razões na experiência seguinte optou-se por só se realizar a visualização fora do modelo.

### 5. Experiência Rato-gamepad-Wiimote

Procedeu-se a algumas alterações no *setup* do *Wiimote* relativamente à última experiência. Em vez de dois leds um em cada ponta da tela, agora tem-se apenas um led na parte inferior da tela, ver figura 11(a). Assim permite diminuir a sensibilidade no *Wiimote*, problema inicialmente apontado pelos utilizadores.

A segunda experiência foi realizada com o objectivo de comparar o desempenho do utilizador entre três plataformas diferentes, o rato, o *gamepad* e o *Wiimote*, fora do modelo já que na experiência anterior o utilizador demonstrou-se mais rápido nesta interacção. Adicionou-se uma interacção com o *gamepad*, dispositivo com o qual os utilizadores de jogos já estão bastante familiarizados. Isto permitiu comparar os três dispositivos, sendo que um é utilizado regularmente pelo utilizador, o rato, outro com o qual apenas os utilizadores de consolas e de jogos estão familiarizados, o *gamepad*, e por fim um dispositivo que usaram poucas vezes ou mesmo nenhuma, o *Wiimote*.

Esta experiência, tal como a primeira, ver secção 4, foi dividida por fases.

As interacções no *Wiimote* e no *gamepad* foram projectadas, para que estas experiências fossem o mais parecidas possível, como se pode ver nas figuras 11(a) e 11(b), enquanto que a interacção do rato foi feita no monitor, ver figura 11(c), pois é no monitor que o utilizador está mais familiarizado a usar o rato.

#### 5.1. Resultados

Os *box-plots* da mediana dos resultados obtidos do ficheiro de *logging*, dos 35 utilizadores que executarem esta ex-



**Figura 11.** Experiência Rato-gamepad-Wiimote

periência, são apresentados nas figuras 12(b), 12(a), 13 e 14.

	Material errado	celula já seleccionada	Movimentos
Gamepad	1	1	-
Rato	0	0	5
Wiimote	0	0	5

#### 5.1.1. Erros cometidos

Como já foi dito existem dois tipos de erros. Estes erros encontram-se nos *box-plots* das figuras 12(b) e 12(a), nos quais se pode verificar a quase ausência de erros no rato e no *wiimote*, enquanto que no *gamepad* o número de erros é maior.

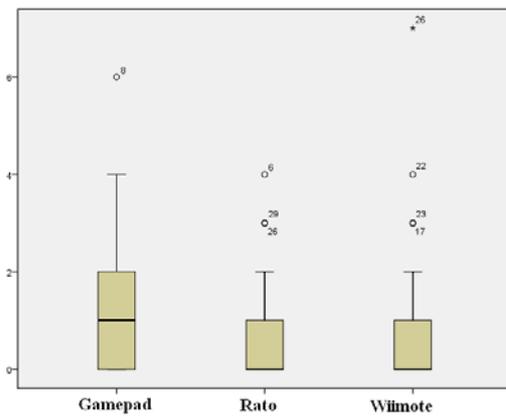
#### 5.1.2. Movimentações feitas

Na figura 13 observa-se que o número de vezes que o utilizador se movimenta é maior com o rato do que com o *wiimote*.

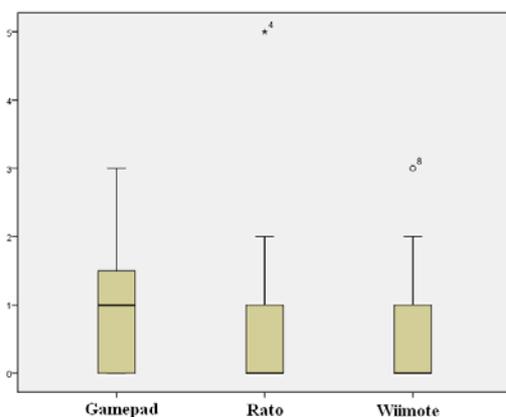
Foi observado durante a experiência que os utilizadores no *Wiimote* carregavam no botão para rodar, paravam a rotação e seleccionavam, enquanto que no rato alguns utilizadores para começarem a seleccionar carregavam mais vezes no botão de rodar. Esta acção influenciou estes valores.

#### 5.1.3. Tempo

O tempo para realizar a tarefa, representado na figura 14, demonstram que o utilizador foi muito mais lento no *gamepad* do que nos outros dispositivos. Apesar dos resultados entre o *wiimote* e o rato serem parecidos, o rato



(a) selecionou uma célula já selecionada.



(b) Escolheu o material errado.

Figura 12. *box-plots* dos erros do utilizador

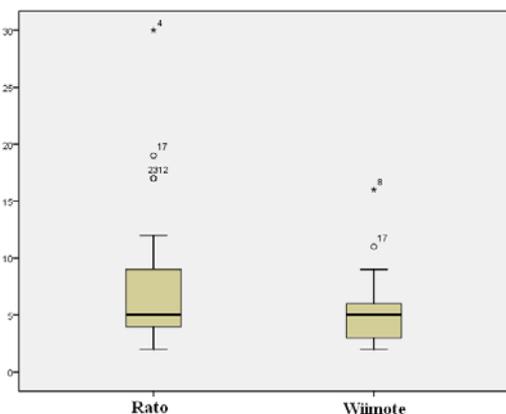


Figura 13. *box-plot* do número de movimentos do utilizador.

esteve ligeiramente melhor. Dos 35 utilizadores 7, ou seja 20%, foram mais rápidos no *wiimote*.

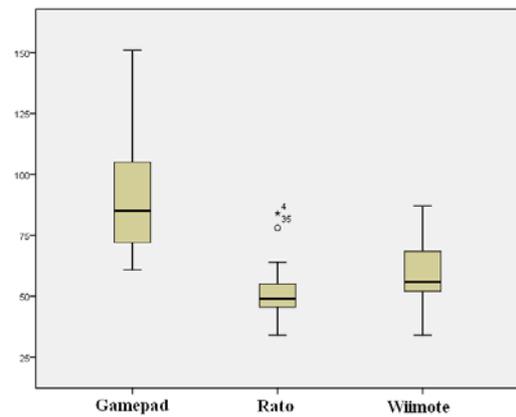


Figura 14. Tempo dos utilizadores para finalizar a tarefa.

### 5.1.4. Questionários

Os resultados dos questionários são apresentados na figura 15.

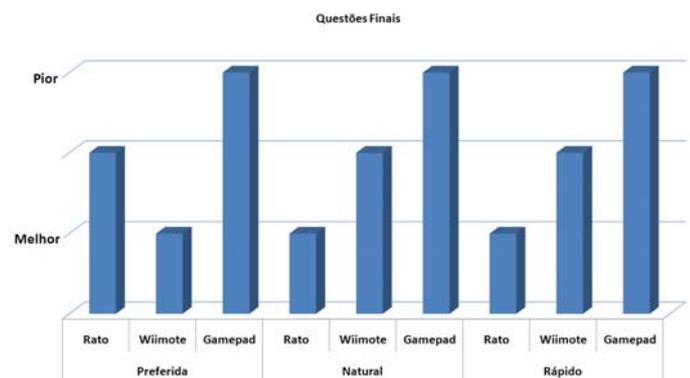


Figura 15. Perguntas finais do questionário.

Os resultados dos questionários mostram que o rato e o *Wiimote* têm respostas idênticas. A preferência dos utilizadores vai para o *Wiimote* ficando o rato em segundo e o *gamepad* em terceiro, ao contrário do que acontece na experiência anterior em que os utilizadores preferiam o rato.

Os utilizadores continuam a achar o rato mais natural do que o *Wiimote* e do que o *gamepad*. Dos 7 utilizadores que foram mais rápidos no *Wiimote*, apenas dois tiveram essa noção, talvez devido à diferença entre este e o rato não ser significativa.

### 5.1.5. Comentários dos utilizadores

Os utilizadores gostaram mais de utilizar o *Wiimote* nesta experiência do que na primeira, pois a sensibilidade estava melhor, aumentando, assim a precisão e baixando o número de erros.

## 6. Conclusões

### 6.1. Análise Global

Analisando os resultados da experiência Rato-*Wiimote* chega-se a conclusão que os utilizadores tiveram um desempenho melhor no rato do que no *Wiimote*, isto devido à escolha da posição dos leds, a distância elevada entre eles aumentou a sensibilidade no *Wiimote*, o que fez com que o mais pequeno tremer de mão fosse bastante perceptível. Assim o utilizador manifestou dificuldades na selecção correcta da célula. O facto da projecção se encontrar perto da janela também teve influência, visto que o *Wiimote* detectava leds inexistentes perto da janela, o que interferia com o cálculo da posição média dos leds.

Na experiência Rato-*gamepad-Wiimote* alterou-se o *setup*. Assim em vez de dois leds afastados, apenas se utilizou um na parte inferior da projecção. Apesar de os utilizadores não apontarem directamente para o sítio onde está o apontador, estes não se sentiram confusos. A estratégia que adoptaram foi idêntica ao que se faz diariamente com o rato, ou seja, em vez de se seguir o rato segue-se o ponteiro do rato. No *Wiimote* em vez de apontarem directamente, guiavam-se pelo apontador mostrado na projecção.

O facto de utilizar apenas um led bem como o facto de a projecção ser realizada longe da janela permitiu diminuir a sensibilidade do *Wiimote* e por consequência o número de erros e o tempo para finalizar a tarefa. Nesta experiência o pior dispositivo foi mesmo o *gamepad* enquanto que o rato e o *Wiimote* ficaram muito próximos, relativamente ao tempo para finalizar a tarefa. Pode-se dizer que o *Wiimote* ou dispositivos semelhantes tem grandes potencialidades para substituir o rato numa interacção 3D.

### 6.2. Trabalho Futuro

Pensar no *Wiimote* como o único produto da *Wii* capaz de ser integrado em realidade virtual é errado. Hoje a consola *Wii* tem dispositivos muito interessantes dependendo do tipo de interacção desejada. Entre eles a *Balance Board*, um dispositivo capaz de detectar o centro de massa. Numa interacção de navegação este produto tem um grande potencial, bastando o utilizador inclinar-se para a frente para poder mover-se no mundo virtual.

A interacção dentro do modelo pode ficar a ganhar com a integração do HMD com o sensor de *tracking*. O mais natural é a pessoa estar dentro do modelo, mas o utilizador tem mais experiência em visualizar e mover modelos 3D fora deste. Por estas razões os resultados obtidos podem ser muito interessantes.

A outra solução pensada passaria pela utilização do acelerómetro para a detecção da orientação do comando. No entanto foi facilmente comprovada a impossibilidade desta utilização uma vez que o acelerómetro não consegue detectar movimentos paralelos ao solo. Assim foi necessário construir um novo sensor capaz de detectar orientação, optando-se por desenvolver um giroscópio. A ideia é colocar três giroscópios perpendiculares entre eles para assim obter as três orientações. Esta foi uma

solução acertada, já que mais tarde se verificou que a *Nintendo* tinha lançado um dispositivo para o comando *Wiimote*, designado de *MotionPlus*, que tem integrado um giroscópio de dois eixos.

## 7. Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar o seu agradecimento a David Duarte e a todos os participantes pela sua colaboração nas experiências deste trabalho.

## Referências

- [Dix 04] A. Dix, J. Finlay, G. Abowd, e R. Beale. *Human-Computer Interaction*. Pearson Education Limited, Edinburg Gate, England, 2004.
- [Galego 07] B. Galego e L. Simone. Leveraging online virtual worlds for upper extremity rehabilitation. *Bioengineering Conference, 2007. NEBC '07. IEEE 33rd Annual Northeast*, páginas 267–268, March 2007.
- [Kenner 09] Carl Kenner. Glovepie, consultado em 10 de junho de 2009. <http://carl.kenner.googlepages.com/>, 2009.
- [Kulik 06] A. Kulik, B. Frohlich, e R. Blach. two-4-six - a handheld device for 3d-presentations. *3D User Interfaces, 2006. 3DUI 2006. IEEE Symposium on*, páginas 167–170, March 2006.
- [LaViola 08] J.J. LaViola. Bringing vr and spatial 3d interaction to the masses through video games. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, 28(5):10–15, Sept.-Oct. 2008.
- [Leder 08] R.S. Leder, G. Azcarate, R. Savage, S. Savage, L.E. Sucar, D. Reinkensmeyer, C. Toxtli, E. Roth, e A. Molina. Nintendo wii remote for computer simulated arm and wrist therapy in stroke survivors with upper extremity hemiparesis. *Virtual Rehabilitation, 2008*, páginas 74–74, Aug. 2008.
- [Lee 08] J.C. Lee. Hacking the nintendo wii remote. *Pervasive Computing, IEEE*, 7(3):39–45, July-Sept. 2008.
- [Schroeder 03] Will Schroeder, Ken Martin, e Bill Lorensen. *The Visualization Toolkit, Third Edition*. Kitware Inc., 2003.
- [Seco 07] Ricardo Seco. Correção acústica de salas. Relatório técnico, Universidade de Aveiro - Departamento de Electrónica Telecomunicações e Informática, 2007.

- [Tamai 08] M. Tamai, Wanmin Wu, R. Sheppard, M. Kamali, e K. Nahrstedt. Wiview: A view control interface for 3d tele-immersive environments. *Multimedia and Expo, 2008 IEEE International Conference on*, páginas 1593–1594, 23 2008-  
April 26 2008.
- [wiiyourself 09] wiiyourself. wiiyourself! native c++ wiimote library, consultado em 10 de junho de 2009. <http://wiiyourself.gl.tter.org/>, 2009.