



João Miguel da Rocha Parracho **Manipulação de objetos e navegação em ambientes virtuais com o *Kinect***

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletrónica e de Telecomunicações, realizada sob a orientação científica da Doutora Maria Beatriz Alves de Sousa Santos, Professora Associada com Agregação e do Doutor Paulo Miguel de Jesus Dias, Professor Auxiliar do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro

O júri

presidente

Professor Doutor Joaquim João Estrela Ribeiro Silvestre Madeira
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

arguente principal

Professor Doutor Rui Pedro Amaral Rodrigues
Professor Auxiliar no Departamento de Engenharia Informática da Faculdade
de Engenharia da Universidade do Porto

Professora Doutora Maria Beatriz Alves de Sousa Santos
Professora Associada com Agregação da Universidade de Aveiro

palavras-chave

Interação com displays públicos, interação por gestos, *Kinect*, navegação em mundos virtuais, Unity

resumo

Com o avanço da tecnologia, a utilização de ecrãs públicos de grande dimensão tem vindo a aumentar. Contudo, muitos desses ecrãs não tiram partido do seu verdadeiro potencial, pois não permitem interação, sendo apenas usados para transmitir informação num sentido. No entanto, atualmente é possível ultrapassar essa limitação, pois existem vários dispositivos que nos permitem interagir com estes utilizando apenas os movimentos do próprio corpo.

Esta dissertação vem continuar o trabalho iniciado há três anos no projeto *DETI-Interact*, um sistema que permite aos utilizadores aceder a um conjunto de informações relacionadas com o Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática e instalado na entrada do Departamento, tendo sido desenvolvidas novas aplicações que permitem a manipulação de objetos 3D e navegação em mundos virtuais.

O principal objetivo deste trabalho, foi o estudo e comparação de várias formas de interação com modelos 3D e de navegação em mundos virtuais em ecrãs públicos através de gestos, usando o *Kinect* e eliminando os tradicionais ratos e teclados que parecem bastante desadequados para as tarefas que se realizam neste tipo de sistemas.

keywords

Interaction with public displays, gesture interaction, *Kinect*, navigation in 3D worlds, *Unity*

abstract

With the advancement of new technologies the number of large public displays has grown. However, many of these devices do not use their true potential, as they lack a way to interact with them, and show only pre-selected information. Yet, currently it is possible to overcome this limitation, since there are several devices allowing interaction with these displays using only the movements of our bodies.

This dissertation continues *DETI-Interact*, a system allowing users to access information about the Department of Electronics, Telecommunications and Informatics, expanding it with a new set of applications that allows the manipulation of 3D models and navigation in virtual worlds.

The main objective of this work was to study several ways of interacting with the 3D models and navigating in virtual worlds using large public displays through gestures, using the *Kinect*

Furthermore, it is intended to evaluate the interaction with 3D content through gestures, eliminating the need of mice and keyboards which seem so inadequate for these tasks.

Tabela de conteúdos

Tabela de conteúdos.....	i
Índice de figuras	iii
1. Introdução.....	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Estrutura da dissertação	3
2. DETI-Interact	5
3. Captura de movimento.....	9
3.1. Wii mote.....	9
3.2. Microsoft Kinect	10
3.3. Playstation Move	11
3.4. Leap Motion	13
4. Trabalhos relacionados	15
4.1. FUSION4D.....	15
4.2. Modelos 3D no GTAVCS – Arthron	17
4.3. Kinoogle	19
5. Ferramentas de desenvolvimento	21
5.1. XNA.....	21
5.2. Unity.....	22
5.3. Microsoft Visual Studio	23
5.4. Seleção de plataforma de desenvolvimento	24
5.4.1. Desenvolvimento em XNA.....	25
5.4.2. Desenvolvimento em Unity.....	26
6. Manipulação e navegação em 3D	29
6.1. Métodos propostos – Manipulação em 3D.....	29
6.1.1. Direct Gesture Oriente Mode	30
6.1.2. Constant Rotation Mode	31
6.1.3. Button Mode	32
6.1.4. Mixed Mode	32
6.2. Métodos propostos – Navegação em 3D.....	33

6.2.1.	<i>Bike Mode</i>	34
6.2.1.	<i>Free Hand Mode</i>	35
6.3.	<i>Implementação – Manipulação em 3D</i>	35
6.3.1.	<i>Direct Gesture Oriented Mode e Constant Rotation Mode</i>	37
6.3.1.	<i>Button Mode</i>	39
6.3.1.	<i>Mixed Mode</i>	40
6.4.	<i>Implementação – Navegação em 3D</i>	41
6.4.1.	<i>Bike Mode</i>	43
6.4.1.	<i>Free Hand Mode</i>	44
7.	Testes de utilizadores e resultados	45
7.1.	<i>Testes de utilizadores</i>	45
7.1.1.	Avaliação de métodos de manipulação de objetos.....	45
7.1.2.	Avaliação de métodos de navegação em mundos virtuais	53
7.2.	<i>Resultados</i>	57
7.2.1.	Resultados dos testes de manipulação	57
7.2.2.	Resultados dos testes de navegação.....	60
8.	Conclusões e trabalho futuro	65
9.	Referências	69
	Anexo 1 – Lista de tarefas do utilizador para a manipulação	73
	Anexo 2 – Questionário ao utilizador para a manipulação V1	76
	Anexo 3 – Questionário ao utilizador para a manipulação V2	79
	Anexo 4 – Guião do observador para a manipulação	82
	Anexo 5 – Questionário ao utilizador para a navegação	83
	Anexo 6 – Guião do observador para a navegação	86
	Anexo 7 – Resultados do labirinto para o “<i>Bike Mode</i>”	87
	Anexo 8 – Resultados do labirinto para o “<i>Freehand Mode</i>”	89

Índice de figuras

Figura 1 - Interação com o <i>DETI-Interact V1</i> [1]	2
Figura 2 - <i>DETI-Interact V1</i> [1]	6
Figura 3 - <i>DETI-Interact V2</i> [4]	7
Figura 4 - Chamada de atenção no <i>DETI-Interact</i> [4].....	7
Figura 5 - Eixos de aceleração do <i>Wii</i> [7]	10
Figura 6 - <i>Sensor bar</i> da <i>Wii</i> [8]	10
Figura 7 - <i>Kinect</i> da <i>Microsoft</i> [10]	11
Figura 8 - <i>Playstation Eye</i> [14]	12
Figura 9 - <i>Wand</i> do <i>Playstation Move</i> [15]	12
Figura 10 - <i>Leap</i> [17]	13
Figura 11 - Utilização do <i>Leap</i> numa simulação do jogo <i>Jenga</i> [18]	13
Figura 12 - Interface do <i>FUSION4D</i> [19].....	15
Figura 13 - Exemplo de utilização do envelhecimento no <i>FUSION4D</i> [19]	16
Figura 14 - Exemplo de utilização do <i>zoom</i> no <i>FUSION4D</i> [19].....	16
Figura 15 - Seleção de modelos no <i>GTAVCS</i> [21]	17
Figura 16 - Aplicação do <i>GTAVCS</i> em funcionamento [21].....	18
Figura 17 - Controlos utilizados pelo <i>Kinoogle</i> no <i>Google Earth</i> para as 4 ações principais (<i>pan</i> , <i>zoom</i> , <i>rotação</i> e <i>inclinação</i>) [23]	19
Figura 18 - Controlos utilizados pelo <i>Kinoogle</i> no <i>Google Street View</i> (<i>avançar</i> e <i>rodar câmara</i>)[23]	20
Figura 19 - Área de trabalho do <i>Unity</i>	23
Figura 20 - Exemplo criado no <i>XNA</i> com o modelo utilizado para teste	25
Figura 21 - Ambiente de criação do <i>Unity</i> (que permite posicionar o modelo e controlar a posição da câmara e da fonte de luz interactivamente de forma visual)	26
Figura 22 - Modelo de ativação de <i>zoom</i>	30
Figura 23 - Modelo de controlo de <i>zoom</i>	30
Figura 24 - Modelo da saída de um modo de interação	30
Figura 25 - Modelo de ativação da <i>rotação</i>	31
Figura 26 - Modelo da ação de movimento.....	34
Figura 27 - Mensagem de deteção do corpo	36
Figura 28 - Imagem obtida pela câmara RGB mostrada no ecrã	36
Figura 29 - Início de <i>zoom</i> nos métodos: “ <i>Direct Object Oriented</i> ” e “ <i>Constant Rotation</i> ” (I).....	37
Figura 30 - Início de <i>zoom</i> nos métodos: “ <i>Direct Object Oriented</i> ” e “ <i>Constant Rotation</i> ” (II).....	37
Figura 31 - Início de <i>rotação</i> nos métodos : “ <i>Direct Object Oriented</i> ” e “ <i>Constant Rotation</i> ” (I).....	37
Figura 32 - Início de <i>rotação</i> nos métodos: “ <i>Direct Object Oriented</i> ” e “ <i>Constant Rotation</i> ”(II).....	37

Figura 33 - Sistema de coordenadas para os dados do esqueleto [41]	38
Figura 34 - Interface do “ <i>Button Mode</i> ”	40
Figura 35 - Interface do “ <i>Mixed Mode</i> ”	41
Figura 36 - Início de navegação no “ <i>Bike Mode</i> ”	42
Figura 37 - Início de navegação no “ <i>Free Hand Mode</i> ”	42
Figura 38 - Barra de carregamento	43
Figura 39 - Modelo de caixas (I).....	49
Figura 40 - Modelo de caixas (II).....	49
Figura 41 - Modelo do IEETA I.....	50
Figura 42 - Modelo do IEETA II.....	50
Figura 43 - Modelo do IEETA III.....	51
Figura 44 - Modelo da sala de aula.....	51
Figura 45 - Imagem aérea do labirinto usado	55
Figura 46 - Exemplo de um cubo a capturar	55
Figura 47 - Resultados sobre a utilização prévia de dispositivos de interação	57
Figura 48 - Mediana do grau de satisfação quanto às diversas características	58
Figura 49 - Mediana da dificuldade das tarefas	59
Figura 50 - Resultados sobre a utilização prévia de dispositivos de interação	60
Figura 51 - <i>Boxplot</i> para o número de colisões	62
Figura 52 - <i>Boxplot</i> para o número de cubos capturados	62
Figura 53 - <i>Boxplot</i> para a distância percorrida	62
Figura 54 - <i>Boxplot</i> para a velocidade média atingida	62
Figura 55 - Mediana do grau de satisfação quanto às diversas características	63

1. Introdução

Com o desenvolvimento da tecnologia e a baixa dos preços é possível ver uma maior quantidade de ecrãs públicos em estações de comboios, restaurantes, museus, hospitais, etc. Este avanço permitiu ao cidadão comum ter acesso a novos e mais eficientes métodos de distribuição de informação. Contudo, muitos destes sistemas são subaproveitados porque não permitem qualquer tipo de interação com o utilizador que se limita apenas a consumir a informação disponibilizada sem poder interrogar o sistema.

O projeto *DETI-Interact*, iniciado em 2010 no Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática (DETI) da Universidade de Aveiro começou por explorar a possibilidade de interagir com *displays* públicos usando um dispositivo móvel, surgindo assim a primeira versão do *DETI-Interact* [1].

A Figura 1 mostra um aspeto geral da utilização da primeira versão do *DETI-Interact*.



Figura 1 - Interação com o *DETI-Interact V1* [1]

A continuação deste trabalho, no ano letivo 2011/2012 foi realizada no âmbito de uma bolsa de iniciação à investigação e teve como principal objetivo a adaptação da versão existente para permitir a comunicação com o utilizador sem a necessidade de possuir um objeto específico consigo (um telemóvel) [1]. Para atingir esse objetivo foi utilizado um dispositivo de captura de movimento, o *Kinect* [3].

O presente trabalho insere-se neste projeto, com o objetivo de disponibilizar conteúdos 3D no ecrã público e utilizar gestos naturais para navegação e manipulação desses conteúdos.

1.1. Objetivos

O trabalho desenvolvido ao longo desta dissertação, centrou-se na criação de uma aplicação que permita uma manipulação de objetos 3D e uma navegação em mundos virtuais, através de gestos utilizando um dispositivo de captura de movimentos. Para isso foram propostas e desenvolvidas várias técnicas de interação, fazendo posteriormente um estudo de quais as mais indicadas para serem implementadas no âmbito do *DETI-Interact*.

1.2. Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em oito capítulos, começando por este capítulo introdutório.

No segundo capítulo é feita uma breve introdução ao *DETI-Interact*, projeto no qual se insere esta dissertação de mestrado.

Nos dois capítulos seguintes, terceiro e quarto, é apresentada uma pesquisa bibliográfica. No terceiro são apresentados vários dispositivos de captura de movimento, enquanto no quarto, se dá a conhecer trabalhos semelhantes ou realizados no mesmo âmbito.

No capítulo cinco, são expostas todas as ferramentas utilizadas ao longo deste trabalho, justificando a sua escolha.

No capítulo seis são enumeradas as técnicas de interação propostas para manipulação e navegação. Inclui ainda a explicação do funcionamento das aplicações criadas, bem como problemas e soluções encontrados durante o trabalho.

O sétimo capítulo apresenta o processo de avaliação das técnicas desenvolvidas com um conjunto de utilizadores. Explicam-se os testes realizados, descreve-se a sua realização e apresentam-se os resultados obtidos.

Para terminar, no último capítulo é feita uma análise ao trabalho desenvolvido e objetivos alcançados, referindo ainda algumas possibilidades de trabalho futuro.

2. *DETI-Interact*

A primeira versão funcional do *DETI-Interact*, desenvolvida no ano letivo 2010/2011 foi baseada na *dashboard* original da consola XBOX 360, incluindo um conjunto de abas laterais. Para interagir com o *DETI-Interact* o utilizador necessitava de um telemóvel com o sistema *Android* com capacidades de toque e Bluetooth. Além disso, era também necessário descarregar uma aplicação específica para interagir com o sistema. Após uma correta sincronização entre o sistema e o telemóvel, era permitido ao utilizador navegar entre as cinco abas de informação: ajuda, docentes, horários, *Google Earth* e Visualizador 3D. A aba inicial de ajuda continha informação essencial para a utilização da aplicação, enquanto as abas de “docentes” e “horários”, como os nomes indicam, disponibilizam informações relativas aos docentes e horários disponíveis no DETI. As duas últimas abas “*Google Earth*” e “Visualizador 3D” permitiam ao utilizador navegar num modelo tridimensional do globo terrestre através da aplicação *Google Earth* e manipular um objeto tridimensional, respetivamente.

A Figura 2 mostra a página dos docentes desta primeira versão, onde é possível também observar as várias abas laterais.

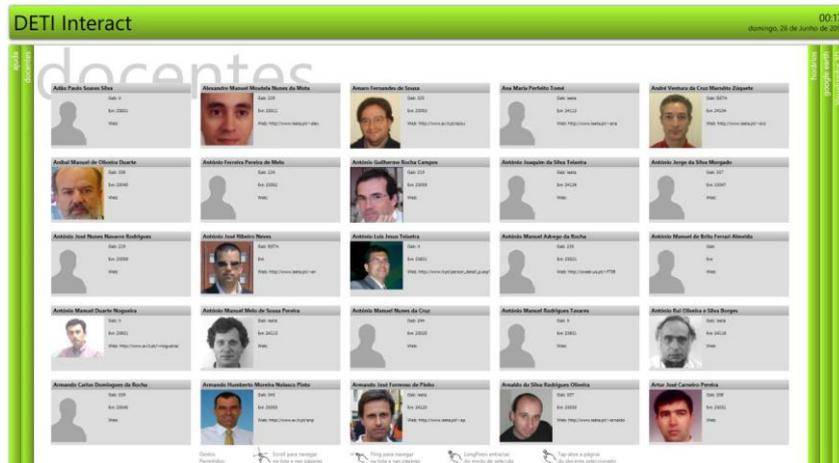


Figura 2 - *DETI-Interact V1* [1]

Como anteriormente referido, a integração do *Kinect* no *DETI-Interact* veio substituir por completo a necessidade de um dispositivo móvel, tendo sido utilizados os seguintes gestos para o controlo da aplicação [1]:

- “*Swipe*” – Um movimento rápido da mão de um lado para o outro, como um virar de página; este gesto pode ser feito nos quatro sentidos (da direita para a esquerda, da esquerda para a direita, de cima para baixo e de baixo para cima).
- “*Push/Pull*” – Um gesto rápido em que se move a mão para a frente ou para trás respetivamente, na direção do *Kinect*.
- “*Timed Stay*” – Caso a mão permaneça próxima de uma das abas laterais do programa durante um período de tempo pré-determinado, acionará uma mudança de página

Apesar do *dashboard* ser bastante útil quando se tem um conjunto de menus específicos, torna-se uma limitação para o aumento do número de aplicações, o que levou à alteração do modelo conceptual da interface de utilizador do *DETI-Interact*.

Assim no seguimento do trabalho, decidiu-se fazer uma atualização do *design* original, tornando-o mais coerente com aplicações atuais e permitindo uma organização matricial com o objetivo de poder aumentar o número de aplicações disponíveis. Os gestos utilizados foram também atualizados para que se tornassem mais fáceis de realizar, sendo simultaneamente mais difíceis de serem produzidos

involuntariamente [4]. Esse trabalho foi desenvolvido no âmbito de uma bolsa de iniciação à investigação no ano letivo 2012/2013, em paralelo com o trabalho aqui descrito.

Assim, a versão v2 tem um *design* mais próximo do utilizado atualmente em dispositivos móveis com *Android* ou *iOS*, como é ilustrado na Figura 3. Mantendo um cursor de seleção controlado pela mão direita, o utilizador pode selecionar a aplicação desejada com o gesto “*Timed Stay*”, isto é, mantendo o cursor sobre a aplicação durante um tempo pré-determinado, substituindo assim o gesto “*Push*” que era usado originalmente.



Figura 3 - *DETI-Interact V2* [4]

Na versão atual [4] foi também incluído um módulo inicial de chamada de atenção do utilizador, que serve simultaneamente de tutorial, onde se mostra ao utilizador a posição mais apropriada para controlar a aplicação, e como o fazer com a mão direita. Isto é feito mostrando um ambiente virtual com uma elipse vermelha no centro. Assim que um utilizador é detetado surge um avatar que segue o seu movimento, ao entrar na elipse esta muda de cor e surge uma mão virtual que segue todos os movimentos da mão direita do utilizador, e um alvo que serve de início da aplicação, como se pode ver na Figura 4.

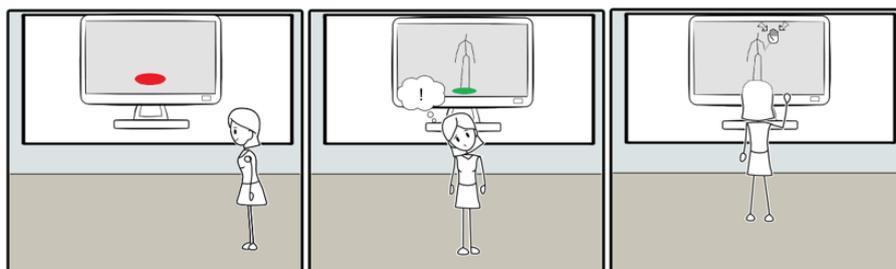


Figura 4 - Chamada de atenção no *DETI-Interact* [4]

3. Captura de movimento

A captura de movimento é definida como o processo que permite a gravação do movimento de objetos, ou pessoas [5]. A captura de movimentos é bastante usada para a realização de vídeos de animação e jogos de computador, contudo, existem no mercado cada vez mais dispositivos que permitem fazer uma captura de movimentos com baixo custo, com o auxílio de dispositivos como o *Kinect*, o *Playstation Move*, o *Wii remote* ou o *Leap motion*. Descrevem-se a seguir as principais características destes dispositivos que foram estudados no sentido de validar uma escolha e identificar as suas limitações.

3.1. *Wiimote*

O *Wii remote* é um dispositivo controlador de consola que permite detetar a aceleração ao longo de três eixos diferentes (Figura 5) e, com o auxílio de uma barra de *LEDs* infravermelhos (mostrado na Figura 6), saber em que direção o dispositivo está a apontar (detetando a luz emitida pela barra através de uma câmara no comando) [6]. Visto que se trata de um controlador de uma consola, à semelhança de todos os outros, inclui também uma série de botões para operações mais básicas de seleção.

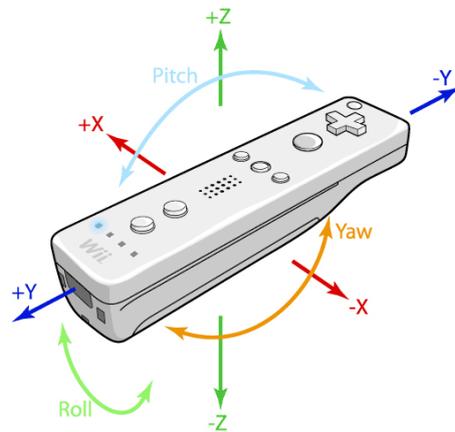


Figura 5 - Eixos de aceleração do Wiimote [7]



Figura 6 - Sensor bar da Wii [8]

3.2. Microsoft Kinect

O *Kinect* (Figura 7) é um dos acessórios da consola *XBOX 360* da *Microsoft*; possui um conjunto de sensores que permitem detetar o movimento dos corpos de vários utilizadores, e as respetivas vozes. Este dispositivo inclui uma câmara RGB, um sensor de profundidade composto por um projetor laser de infravermelho e um sensor de *pixel* ativo, ou sensor CMOS, um microfone *multiarray*, um acelerómetro e um sistema de inclinação motorizado [6].

Visto que o *Kinect* possui uma câmara RGB é possível usá-lo para reconhecimento facial, bem como captura de imagens durante um jogo ou aplicação.

Utilizando os quatro microfones presentes no *Kinect* é possível fazer uma localização de fontes acústicas, isto é, estimar a posição de uma fonte de som, a redução de ruído ambiente e ainda reconhecimento de comandos de voz.

A combinação do projetor laser de infravermelhos com um sensor de *pixel* ativo, torna possível projetar um padrão de pontos infravermelhos que serão capturados pela matriz de *pixels* incluída no sensor CMOS [6]. A distância do sensor aos pontos é calculada usando uma triangulação *stereo*, fornecendo assim uma estimativa da profundidade da imagem capturada.

O *Kinect* permite que o sistema detete até seis pessoas em simultâneo, mas só permite o seguimento de dois utilizadores ativos. Para cada corpo ativo é possível detetar a posição de até 20 articulações do esqueleto humano [8].



Figura 7 - *Kinect* da Microsoft [10]

3.3. *Playstation Move*

O *Playstation Move* é um sistema desenvolvido pela *Sony* posterior ao *Wii Remote*, e ao *Kinect* [11][12][13]; é composto por dois elementos diferentes, o *Playstation Eye* (Figura 8) e o comando em si (Figura 9).

O *Playstation Eye* é uma câmara digital, com uma taxa de aquisição de 60 Hz e uma resolução de 640x480 *pixels*: a câmara pode funcionar, em alternativa, a 120 Hz com metade da resolução. A câmara possui uma lente ajustável de dois níveis de *zoom*, indicados por dois círculos coloridos como se pode ver na Figura 8. O círculo vermelho corresponde a um campo de visão de 56° para aplicações em que a ação esteja mais próxima da câmara, e o círculo azul destina-se a aplicações em que a ação esteja mais longe, correspondendo a um campo de visão de 75°.

O *Playstation Eye* possui também um microfone *multiarray* que permite a detecção e localização de vozes provenientes de diferentes direções, o cancelamento de ecos e a redução de ruído de fundo [14].



Figura 8 - *Playstation Eye* [14]

Já o comando, usualmente chamado “*wand*” ou varinha (Figura 9), tem no seu topo uma esfera luminosa de 44 mm de diâmetro, composto por vários díodos emissores de luz, que em conjunto com o *Playstation Eye*, atua como um marcador ativo [6]. É composto ainda por vários botões digitais, à semelhança do *Wii Remote*, e sensores adicionais como um giroscópio e um acelerômetro de três eixos.



Figura 9 - *Wand do Playstation Move* [15]

3.4. Leap Motion

O *Leap* (Figura 10) é um dispositivo que permite ao utilizador interagir com uma aplicação desktop usando as mãos. O dispositivo utiliza duas câmaras infravermelhas monocromáticas e três *LEDs* infravermelhos. À semelhança do *Kinect*, os *LEDs* do *Leap* geram um padrão 3D de pontos infravermelhos que são depois capturados pelas duas câmaras a 200 *frames* por segundo [16]. A grande diferença entre o *Leap* e o *Kinect* é a utilização de uma câmara para capturar os pontos infravermelhos em vez dos sensores de profundidade usados no *Kinect*, permitindo ao *Leap* ter uma maior precisão que o *Kinect*, cerca de um centésimo de milímetro. Contudo o campo de visão detetado pelo *Leap* é mais limitado, este observa uma área hemisférica de 1 metro. Assim, enquanto o *Kinect* é suposto ser usado numa sala e capturar corpos inteiros, o *Leap* foi desenvolvido com o objetivo de ser usado próximo de um computador, para capturar apenas as mãos.



Figura 10 - *Leap* [17]

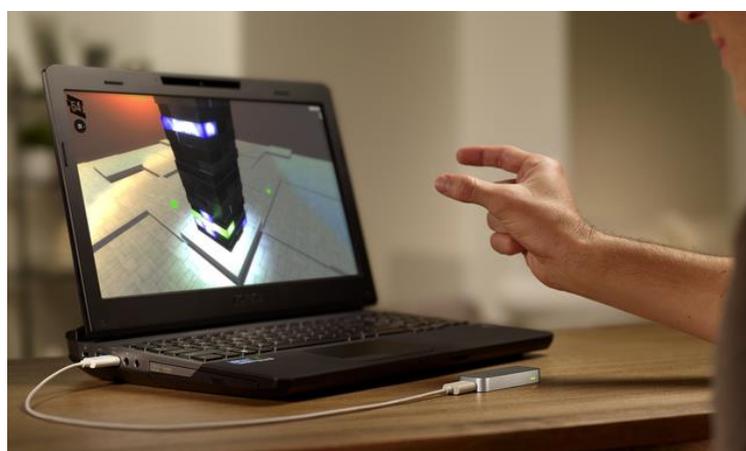


Figura 11 - Utilização do *Leap* numa simulação do jogo *Jenga* [18]

4. Trabalhos relacionados

Neste capítulo são apresentados vários trabalhos e aplicações onde o *Kinect* já é utilizado para interação e que apresentam algumas semelhanças com o trabalho proposto nesta dissertação.

4.1. FUSION4D

O *FUSION4D* surgiu para complementar o projeto VIDA, que apresenta um conjunto de modelos 3D de partes do corpo humano (Figura 12) [19].

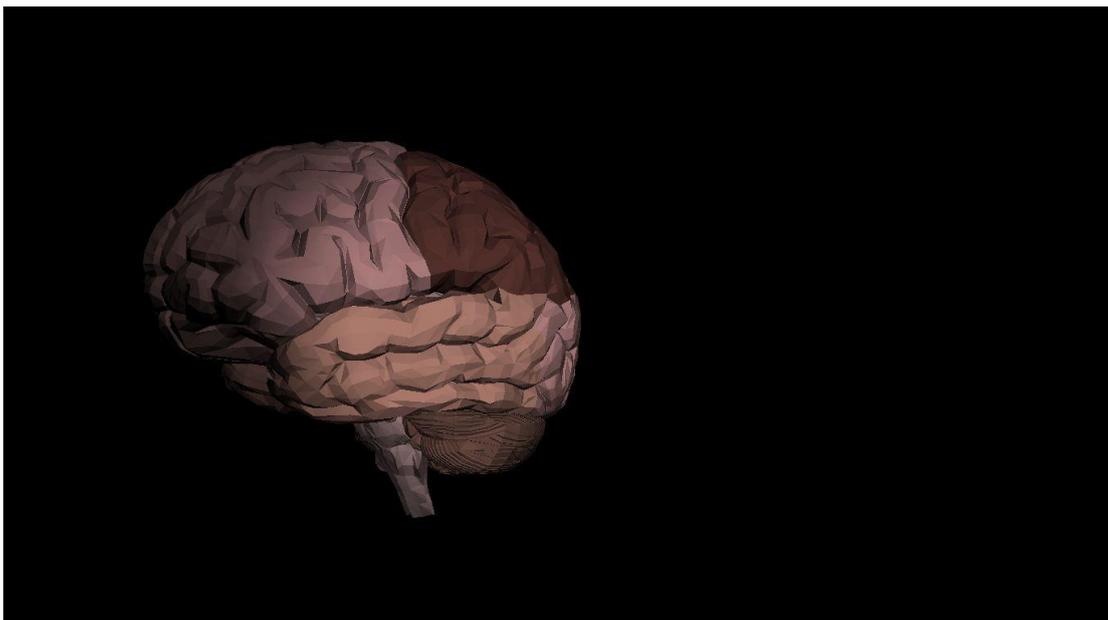


Figura 12 - Interface do *FUSION4D* [19]

O *FUSION4D* faz uso de um *Kinect* para permitir interação com objetos 3D através de gestos e voz. O reconhecimento de voz é usado para que o utilizador possa selecionar um modelo ou ativar algumas ações pré-definidas, como a identificação do objeto através de uma etiqueta ou a “vista explodida”, em que o utilizador tem acesso a partes mais detalhadas de um determinado objeto. Através da captura de movimentos é possível rodar, mover e envelhecer os objetos (Figura 13) [19].

Além de permitir interação por gestos, o *FUSION4D* também tira partido da utilização de estereoscopia adicionando uma sensação de tridimensionalidade na visualização dos objetos (Figura 14).



Figura 13 - Exemplo de utilização do envelhecimento no *FUSION4D*[19]

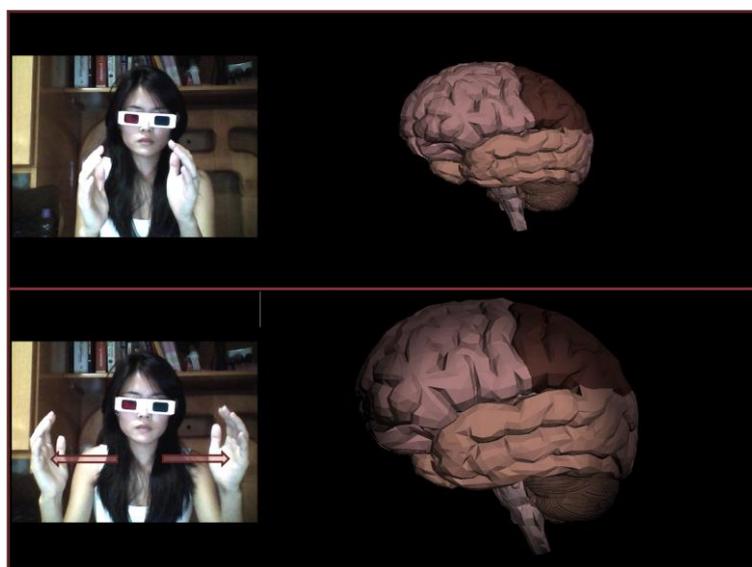


Figura 14 - Exemplo de utilização do *zoom* no *FUSION4D* [19]

4.2. Modelos 3D no GTAVCS – *Arthron*

À semelhança do *FUSION4D*, este trabalho surgiu com o objetivo de enriquecer a experiência proporcionada ao utilizador num projeto existente, o *Arthron*, uma ferramenta que fornece ao utilizador uma interface simples para capturar e distribuir diversos fluxos de mídia dando suporte a cenários de vídeo-colaboração [20] [21]. Este inclui várias experiências partilhadas pelos diversos utilizadores em áreas diferentes, como Arte e Tecnologia, Saúde e Telemedicina. A manipulação de objetos 3D através de gestos utilizando o *Kinect* permitiu enriquecer a experiência do utilizador.

Analogamente ao trabalho anterior, também apresenta um conjunto de modelos baseados na representação gráfica de vários órgãos humanos, como se pode ver na Figura 15.



Figura 15 - Seleção de modelos no GTAVCS [21]

Após a seleção do modelo são apresentados ao utilizador junto com o modelo, um conjunto de botões circulares que determinam quatro ações diferentes (rotação, *zoom*, pausa de manipulação e novo modelo), feedback da imagem de profundidade capturada pelo *Kinect* e um menu explicativo do funcionamento da aplicação.

A aplicação deteta as duas mãos do utilizador, uma de cada vez, e na ordem que o utilizador desejar. Estas serão representadas através de dois cursores, um branco e um preto, como se pode ver na Figura 16. A primeira mão registada será responsável pela manipulação do objeto, enquanto a segunda servirá para escolher uma das quatro ações disponíveis. É de notar que a seleção dos modelos é feita através do rato do computador, utilizando-se apenas o *Kinect* para a manipulação do modelo escolhido.

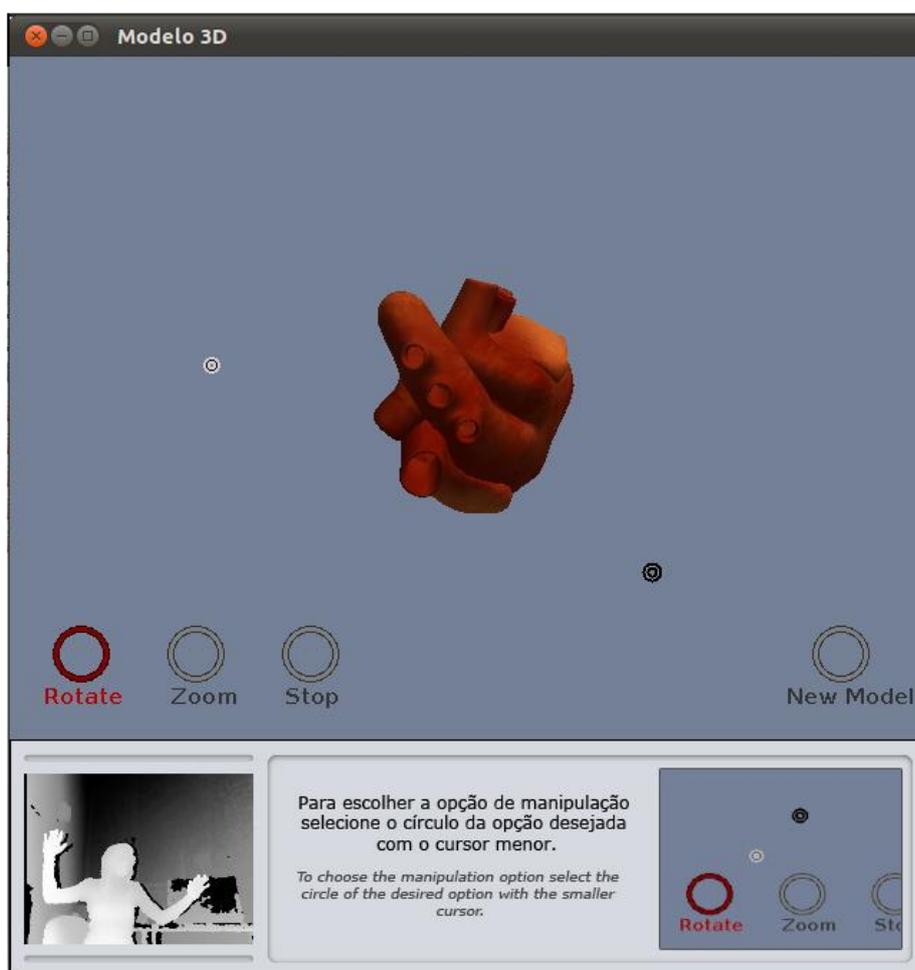


Figura 16 - Aplicação do GTAVCS em funcionamento [21]

4.3. *Kinoogle*

Kinoogle vem da junção das palavras *Kinect* e *Google*, e é o título de um projeto que faz uso do *Kinect* para permitir a navegação no *Google Earth* [22][23], uma aplicação que utiliza imagens de satélite para fazer uma representação 3D do planeta Terra [24]. O *Google Earth* tem ainda a opção de visualizar ruas através de imagens panorâmicas na versão *Google Street View*, fazendo-nos sentir como se estivéssemos efetivamente em várias cidades do mundo.

O controlo do *Google Earth* é feito através de quatro ações específicas: *pan*, *zoom*, rotação e inclinação (Figura 17):

- *Pan* – ativado quando o utilizador mantém a mão esquerda levantada. A mão direita controla o movimento do globo (Figura 17a)
- *Zoom* – é necessário afastar ou aproximar as mãos uma da outra (Figura 17b)
- Rotação – é detetada quando as mãos se afastam em sentidos opostos no eixo dos *y*'s (Figura 17c)
- Inclinação - é detetada quando as mãos se afastam em sentidos opostos no eixo dos *z*'s (Figura 17d)

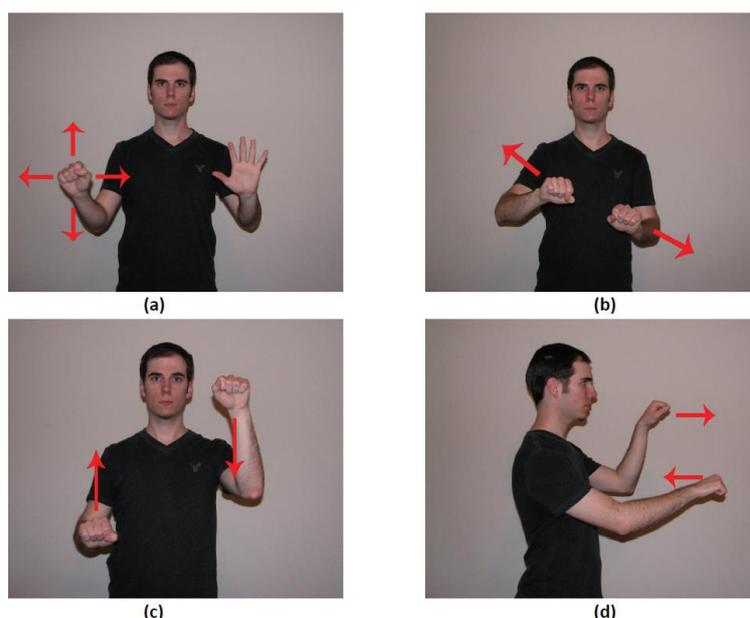


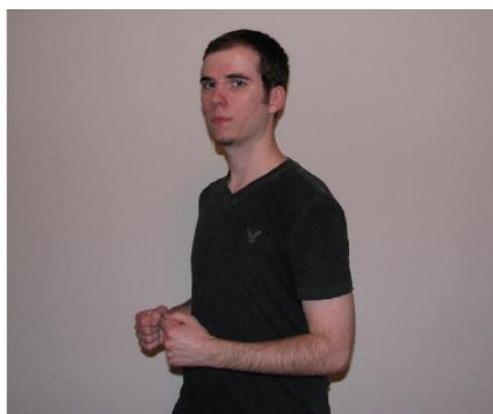
Figura 17 - Controlos utilizados pelo *Kinoogle* no *Google Earth* para as 4 ações principais (*pan*, *zoom*, rotação e inclinação) [23]

O controlo do *Google Street View* é feito com duas ações apenas (Figura 18):

- Avançar – balançar os braços como se estivesse a correr (Figura 18a)
- Rodar câmara – é necessário rodar os ombros, sem mexer o resto do corpo (Figura 18b)



(a)



(b)

Figura 18 - Controlos utilizados pelo *Kinoogle* no *Google Street View* (avançar e rodar câmara)[23]

5. Ferramentas de desenvolvimento

Foi necessário escolher um ambiente de desenvolvimento adequado para visualização 3D tanto para manipulação como para navegação. Para isso procurou-se algo que nos permitisse trabalhar com vários formatos de modelos 3D, por exemplo .fbx ou .obj, e que permitisse ainda a utilização de vários dispositivos de entrada, para além do comum teclado e rato.

As duas principais plataformas consideradas foram o *XNA Game Studio* da *Microsoft* [25], pois a utilização desta plataforma já tinha sido iniciada durante a criação do *DETI-Interact* [1], e o *Unity*, da *Unity Technologies* [26], uma ferramenta que se tem vindo a tornar bastante popular e que, através de *packages* adicionais permite a utilização do *Kinect*.

5.1. XNA

O *XNA Game Studio* é uma plataforma criada para o desenvolvimento de jogos para *Windows*, *Xbox 360* e *Windows Phone 7*. Funciona como uma extensão do *Microsoft Visual Studio*, é baseado no design do *.NET Framework* e entre as diversas ferramentas existentes permite adicionar conteúdos de áudio e gráficos [25].

O *XNA Game Studio* necessita de um computador com o sistema operativo *Windows*, com uma placa gráfica que suporte o *DirectX 9.0c* e *Shader Model 1.1*, embora a versão 2.0 seja a recomendada, para além dos requisitos mínimos para o *Microsoft Visual Studio*. O XNA usa a linguagem C-Sharp.

Contudo o XNA não tem tido grande sucesso com a consola atual, XBOX 360, e o suporte a nível de fóruns veio a diminuir drasticamente. Estes fatores indiciavam, no início deste trabalho, uma possível descontinuação do produto [27]. Esta ocorreu no início de 2013: O *framework* XNA foi oficialmente descontinuado pela *Microsoft*, não havendo planos futuros para novas versões do *XNA Game Studio* [28]. Por estas razões optou-se por não continuar o desenvolvimento sobre o XNA.

5.2. *Unity*

O *Unity* foi anunciado pela primeira vez em 2005, na *Apple Worldwide Developers Conference (WWDC)*. É uma plataforma para desenvolver jogos, compatível com as consolas da geração atual, sendo previsto o suporte da nova geração (*XBOX One* e *Playstation 4*) no próximo ano [29][30]. Permite também desenvolver aplicações para dispositivos móveis como o *Android* e o *iOS*, *plugins* de *web* e aplicações para diversos sistemas operativos como *Linux*, *OS X* e *Windows*.

A utilização do *Direct3D* e do *OpenGL* permitem criar cenários com sombras dinâmicas, reflexões, texturas, deteções de colisões e proporciona realismo ao ambiente e às imagens; por outro lado, o ambiente gráfico de desenvolvimento é bastante usável permitindo aceder facilmente a todos os recursos como *assets*, *scenes* e *scripts* (Figura 19).

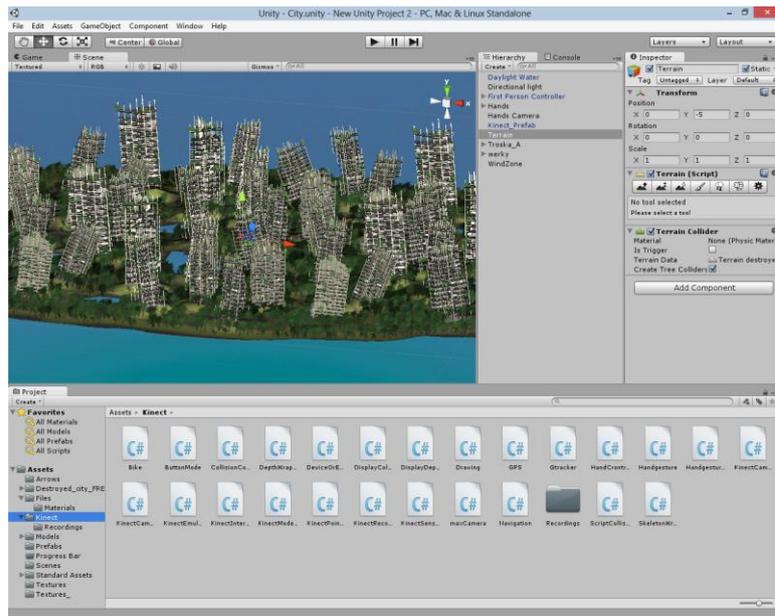


Figura 19 - Área de trabalho do *Unity*

A utilização do *Unity* tem vindo a crescer desde 2005 existindo atualmente uma comunidade de utilizadores bastante grande, capaz de ajudar a encontrar soluções para os problemas. Em Novembro de 2010 foi lançada a *Asset Store*, onde é possível comprar componentes como modelos, mapas, texturas, entre outros [31]. É possível encontrar uma versão comercial e uma versão livre do *Unity*.

Tendo em conta estas características, o *Unity* parece ser uma plataforma promissora, pelo que foi escolhida para o trabalho apresentado nesta dissertação.

Para a comunicação do *Unity* com o SDK do *Kinect* foi utilizado um *Unity package*, disponibilizado pela comunidade: Microsoft Kinect - Microsoft SDK [32] [33]. Este fornece um conjunto de *scripts* que faz a comunicação entre o *Kinect SDK* e o *Unity*, disponibilizando assim uma coleção de funções semelhantes às disponibilizadas pelo SDK.

5.3. *Microsoft Visual Studio*

Para iniciar o trabalho foi necessário escolher um ambiente de desenvolvimento de *software* que suportasse *C-sharp*, e visto que o *XNA* só pode ser utilizado usando o *Microsoft Visual Studio*, optou-se pelo *IDE* da *Microsoft*.

O *Microsoft Visual Studio* é um excelente programa para desenvolver código, pois suporta diversas linguagens como C, C++, *C-Sharp* ou *Python* e oferece um suporte de código ótimo assegurando a qualidade deste.

Apesar do *Unity* fornecer uma plataforma de desenvolvimento, o *MonoDevelop*, permite a escolha de outra plataforma, assim, visto que já havia uma familiaridade com o *Microsoft Visual Studio*, optou-se pela utilização deste.

5.4. Seleção de plataforma de desenvolvimento

Antes de se dar início ao trabalho foi necessário escolher uma das duas plataformas de desenvolvimento mencionadas anteriormente: *XNA Game Studio* ou *Unity*. Apesar de haver uma grande inclinação para a utilização de uma nova plataforma de desenvolvimento, o *Unity*, deixando assim o *XNA* para trás, foi desenvolvida em ambas as plataformas uma aplicação de teste simples que permitia a rotação de um modelo pré-selecionado através do teclado, permitindo assim uma escolha mais ponderada da plataforma a usar.

Outro aspeto importante e que foi tido em conta são os formatos suportados, e que são descritos na Tabela 1.

Formato	Proprietário	XNA [34]	Unity [35]
.FBX	<i>Autodesk</i>	✓	✓
.OBJ	<i>Wavefront [36]</i>	x	✓
.X	<i>Microsoft</i>	✓	x
.blend	<i>Microsoft [37]</i>	x	✓
.max	<i>Autodesk [39]</i>	x	✓

Tabela 1 - Formatos de modelos suportados pelas plataformas em questão

Antes de iniciar qualquer trabalho foi necessário escolher um formato de representação dos modelos a utilizar, e visto que as duas plataformas a considerar suportam um formato em comum, optou-se então pelo .FBX.

5.4.1. Desenvolvimento em XNA

No XNA os modelos são carregados através do *XNA Framework Content Pipeline*, incluído na opção *Solution Explorer* do *Microsoft Visual Studio*, e podem ser carregados no método *LoadContent* através da função *Content.Load<Model>("Models//Nome do modelo")*. O método *LoadContent()* é chamado no início da aplicação, carregando assim o modelo logo no início.

Após ter sido carregado o modelo, é necessário desenhá-lo no ecrã, tratar da textura e *shading*, bem como da posição e rotação do modelo, do mundo e da câmara. Estas operações podem ser feitas no método *Draw()*.

Para completar a aplicação é necessário ler as teclas pressionadas pelo utilizador de modo a rodar o modelo, isto é feito através do método *UpdateInput()*, que nos permite ler de qualquer dispositivo de entrada como o rato, teclado, ou mesmo *Kinect*. Para este primeiro teste foram seleccionadas as teclas 'W', 'A' para a rotação em torno do eixo dos y's, 'S', 'D' para a rotação no eixo dos z's (teclas usualmente atribuídas em vídeo jogos) e '+', '-' para controlar o nível de *zoom*, já que estes símbolos são geralmente atribuídos a ações semelhantes.

Foi ainda escrito o método de atualização *Update()* que irá atualizar qualquer alteração feita no mundo criado. Neste caso a função tem como papel atualizar as transformações do modelo e chamar a rotina *UpdateInput()* de modo a verificar constantemente se alguma das teclas desejadas foi pressionada.

Como o modelo usado para testes foi escolhida uma réplica de uma nave [40], mostrada na Figura 20.



Figura 20 - Exemplo criado no XNA com o modelo utilizado para teste

5.4.2. Desenvolvimento em *Unity*

Uma das grandes diferenças entre o *Unity* e o *XNA* é a interface de utilizador oferecida pela plataforma a quem desenvolve; enquanto o *XNA* tem uma interface à base de código, o *Unity* tem uma interface gráfica onde é possível ver o mundo em que se irá trabalhar, escolher os modelos desejados e posicioná-los com o auxílio do rato, bem como seleccionar a posição da câmara, a iluminação da cena (*scene* - local de trabalho do *Unity*, onde se adicionam todos os componentes da aplicação em questão), etc. A Figura 21 mostra um exemplo de utilização desta interface.

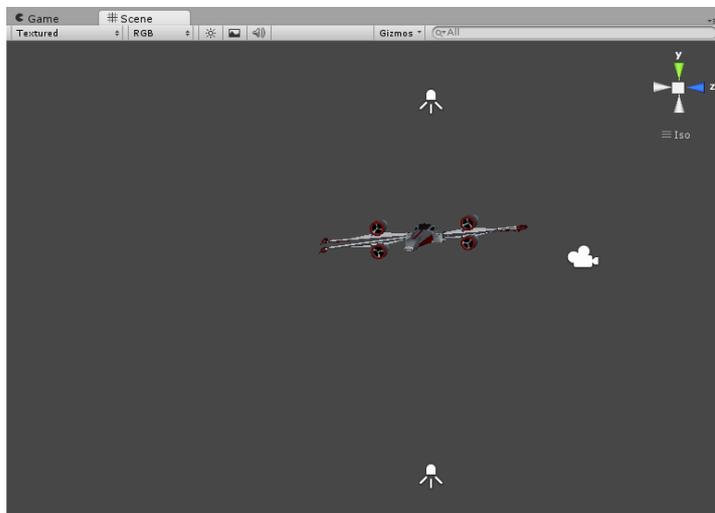


Figura 21 - Ambiente de criação do *Unity* (que permite posicionar o modelo e controlar a posição da câmara e da fonte de luz interactivamente de forma visual)

A programação no *Unity* é feita à base de *scripts* que são incluídos nos modelos, ou outros objetos utilizados na aplicação. Ao contrário do *XNA*, o *script* do *Unity* tem apenas duas funções, *Start()* e *Update()*, sendo que a primeira corre apenas uma vez na vida de cada script, enquanto a segunda função é chamada a cada *frame*; é aqui que será localizada a maior parte do código de cada aplicação.

À semelhança do que foi feito no desenvolvimento em *XNA*, foi criado um *script* que permite a rotação de um modelo apenas em torno dos eixos dos z's e dos y's, bem como a utilização de *zoom*.

Após o teste nas duas plataformas chegou-se à conclusão que, para além das vantagens anteriormente apresentadas, a plataforma *Unity* poderia tornar mais

simples a implementação dos métodos de interação propostos com base em gestos e utilizando o *Kinect*.

Iniciou-se o desenvolvimento dos métodos de manipulação e navegação propostos efetuando a parte gráfica, ou seja, adicionado o modelo de teste, a iluminação, a posição da câmara e *Prefab* disponibilizado pelo *wrapper* que irá fazer a comunicação com o *Kinect*.

Um *Prefab* é um recurso utilizado no *Unity* que funciona como um *GameObject* reutilizável, neste caso é um objeto criado que inclui vários scripts fornecidos pelo *wrapper*.

- *SkeletonWrapper* - captura a informação do esqueleto;
- *Kinect Sensor* - encarregue de recolher a informação do *Kinect* e onde é possível ajustar os valores de *smoothing*, *correction*, *prediction*, *JitterRadius* e *MaxDeviationRadius*;
- outros menos importantes para o trabalho em questão.

Assim sendo, para existir comunicação entre o *Kinect* e o *Unity* será sempre necessário invocar o *Prefab*.

Após a criação de um modelo de teste em ambas as plataformas, foi criada uma perceção do que cada uma nos traz. Enquanto o XNA, apesar da fácil implementação no *DETI-Interact* atual, necessita uma vasta programação para configurar todos os componentes da cena, como iluminação e posicionamento dos modelos, algo que no *Unity*, é feito de uma maneira mais eficiente e rápida. Durante todo o desenvolvimento, foi também mais acessível encontrar ajuda para o *Unity* que para o XNA. A nível da programação das ações desejadas, foi algo igualmente simples de se realizar nas duas plataformas. Por estas razões e pela futura queda prevista do XNA o trabalho foi continuado com a nova plataforma, o *Unity*.

6. Manipulação e navegação em 3D

6.1. Métodos propostos – Manipulação em 3D

A palavra manipulação é utilizada para definir o ato de manusear objetos físicos através das mãos. No âmbito desta dissertação iremos focar-nos na manipulação de modelos 3D, desde os mais pequenos, como uma simples caixa, até a modelos mais complexos como edifícios.

Visto que a manipulação de objetos 3D consiste na imitação de gestos utilizados no mundo real, podemos identificar as principais três tarefas para o sucesso de uma manipulação: seleção ou por outras palavras, a escolha do modelo; posicionamento do modelo, que no trabalho em questão será feito apenas em relação à câmara, funcionando como uma opção de *zoom* e rotação que trata da orientação do objeto [38].

Neste capítulo são descritas as interfaces desenvolvidas que implementam as duas principais tarefas para a manipulação, a rotação e o posicionamento ou *zoom*. A seleção não será aqui abordada, pois será feita através da aplicação já existente do *DETI-Interact*, e que infelizmente não houve tempo para incluir.

Foram definidos quatro métodos de manipulação que seguidamente serão descritos. Os métodos desenvolvidos foram escolhidos por razões diferentes. Os dois primeiros métodos tentam simular uma manipulação próxima do mundo real, tentando copiar os gestos utilizados ao pegar num objeto. O terceiro foi desenvolvido para tentar simular a utilização de um rato (ou um cursor) sem o uso deste, algo mais prático num *display* público. Para finalizar, o último método foi

desenvolvido para tentar unir o melhor dos dois mundos, e surgiu durante o desenvolvimento dos métodos anteriores.

6.1.1. *Direct Gesture Oriente Mode*

Existem duas operações básicas para a manipulação de um objeto 3D, rotação e *zoom*. Neste método baseado em gestos, o utilizador, para ativar o *zoom*, precisa de juntar as suas mãos (Figura 22). À medida que as afasta ou aproxima uma da outra (Figura 23), a vista sob o objeto vai ser afastada ou aproximada. Para terminar o *zoom* o utilizador terá de baixar as mãos abaixo da cintura, como ilustrado na Figura 24.



Figura 22 - Modelo de ativação de *zoom*

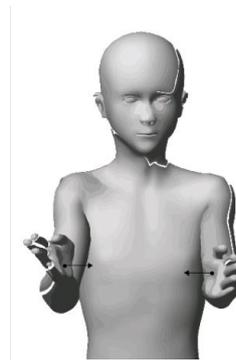


Figura 23 - Modelo de controlo de *zoom*



Figura 24 - Modelo da saída de um modo de interação

A ativação da rotação é semelhante à do *zoom*, contudo, o utilizador terá que manter as mãos ao mesmo nível, mas afastadas uma da outra (Figura 25). Assim ao mover as mãos, como se agarrasse um objeto, o utilizador poderá rodar o modelo. Por exemplo, ao mover a mão direita para a frente e a mão esquerda para trás, fará o objeto rodar no sentido contrário dos ponteiros do relógio. A conclusão da ação é feita da mesma maneira que para o *zoom*, baixando as mãos ao nível da cintura, como ilustrado na Figura 24.



Figura 25 - Modelo de ativação da rotação

6.1.2. Constant Rotation Mode

À semelhança do método anterior, é possível iniciar a rotação colocando as duas mãos ao mesmo nível, manipulando assim o objeto. A diferença introduzida neste modo é que em vez de se controlar livremente o modelo, ao posicionar as mãos num estado de rotação, o modelo continuará em constante movimento até as mãos voltarem à posição original. Tanto o fim da ação como a ativação do *zoom* serão detetados como no método anteriormente descrito.

6.1.3. *Button Mode*

O método de interação “*Button mode*” foi escolhido por se tratar de uma abordagem bastante próxima daquela que é usada atualmente em outras plataformas existentes, como computadores, telemóveis, consolas, etc. A correspondente interface de utilizador é composta por vários botões distribuídos pelo ecrã. Neste método o utilizador terá ao seu dispor um total de dez botões, dois para a rotação em torno de cada eixo (num total de 6 botões), dois para controlo de *zoom*, um botão para voltar à posição inicial, e um para terminar a tarefa.

Dependendo do tipo de botão que o utilizador deseja utilizar poderá ter uma ação instantânea, para os casos de *zoom* e rotação, ou ter uma ação semelhante ao “*Timed Stay*” utilizada na versão atual do *DETI-Interact*, para os botões “Posição Inicial” e “Terminar”. Neste caso o botão será apenas acionado caso o utilizador mantenha o cursor sobre o botão durante um tempo específico. Esta escolha tem como objetivo evitar seleções indesejadas dado que esses dois botões “Posição Inicial” e “Terminar” implicam operações com consequências mais graves.

6.1.4. *Mixed Mode*

O último método de interação proposto combina os vários métodos propostos, pois permite uma interação mais próxima da manipulação de objetos no mundo físico mas mantém uma interface próxima do atual *DETI-Interact*. Nesta interação, a interface apresenta apenas quatro botões, dois utilizados no “*Button Mode*”, os botões de “Terminar” e “Posição inicial” e apenas mais dois para as ações de *zoom* e rotação.

Ao selecionar o botão de *zoom* aparece uma barra deslizante na parte inferior do ecrã. O utilizador tem o controlo desta barra movimentando a mão na horizontal, quanto mais à direita, maior será o *zoom*. Para terminar esta ação basta levantar a mão esquerda, voltando a aparecer o cursor controlado pela posição da mão direita.

Quando o utilizador seleciona o botão de rotação aparece uma mensagem indicando ao utilizador que deve colocar as mãos lado a lado, como se estivesse a

agarrar um objeto virtual. A partir desse momento, o utilizador pode rodar o modelo em torno dos eixos (roll e yaw) como se estivesse efetivamente a segurar o objeto (Figura 25).

A rotação inclui ainda dois níveis de funcionamento. Ao ultrapassar um ângulo máximo pré-definido, o objeto entrará em constante movimento, no sentido desejado; caso contrário, o objeto irá mover-se apenas até ao ângulo associado à posição das mãos do utilizador.

Para terminar a ação o utilizador deverá baixar as duas mãos ao nível da cintura voltando ao modo de cursor.

6.2. Métodos propostos – Navegação em 3D

A capacidade de mover uma câmara ou um avatar para uma posição desejada é definida como navegação em mundos 3D. Através da navegação é possível simular o movimento no mundo real, isto é, o ato de andar. No mundo real, quando definimos um determinado trajeto, é feita uma escolha do meio de transporte para o atingir o mais rapidamente e confortavelmente possível podendo optar-se por várias alternativas: a pé, bicicleta, carro ou avião por exemplo. O mesmo acontece em mundos virtuais, contudo existe a possibilidade de se poder controlar a velocidade de movimento da câmara ou avatar, eliminando a necessidade de veículos de velocidades superiores como no mundo real. Apesar de isto ser possível, a utilização de veículos mais rápidos que o avatar, ou a câmara, está bastante presente em mundos virtuais, o que transmite uma experiência mais realista na simulação de um mundo virtual.

A navegação em mundos 3D pode ser dividida em três tarefas: exploração, (onde o utilizador não tem um objetivo concreto, apenas navega num mundo de modo a explorar de livre vontade), procura (o utilizador tem um objetivo a atingir, como a procura de um objeto ou a chegada a uma meta) e finalmente manobras (uma tarefa que implica pequenos movimentos mas precisos)[38].

O trabalho desenvolvido nesta dissertação foi criado com o objetivo de criar uma aplicação sendo a principal tarefa a exploração. O cenário é criar uma

aplicação para explorar reconstruções virtuais de alguns edifícios da Universidade de Aveiro, já existentes ou que venham a ser criados no futuro.

Apresentam-se a seguir os métodos de interação desenvolvidos para navegação em mundos 3D com base em gestos naturais. Estes métodos foram escolhidos por utilizarem gestos simples que não impliquem uma concentração muito elevada na realização das várias ações.

6.2.1. *Bike Mode*

Este método de navegação usa uma metáfora semelhante ao controlo de uma bicicleta, isto é, o utilizador inicia a ação juntando as mãos, com os punhos fechados como se estivesse a agarrar o guiador de uma bicicleta. Assim, ao simular a condução de uma bicicleta, colocando a mão direita um pouco para a frente e a mão esquerda para trás, o utilizador poderá ver o efeito da câmara a virar para a esquerda. Trocando a ordem das mãos, mão esquerda à frente e mão direita atrás, rodará a câmara para a direita.

O utilizador terá que manter sempre as duas mãos no mesmo plano horizontal e para avançar “a bicicleta” bastará mover as mãos um pouco para a frente ou para trás, como está ilustrado na Figura 26. Quanto mais próximo ou afastado do *Kinect* é colocado o guiador virtual, maior será a velocidade do movimento no sentido escolhido. Para permitir uma maior gama de velocidades, o utilizador poderá ainda dar um passo à frente ou atrás, para conseguir aproximar ou afastar mais os braços na direção do *Kinect*.

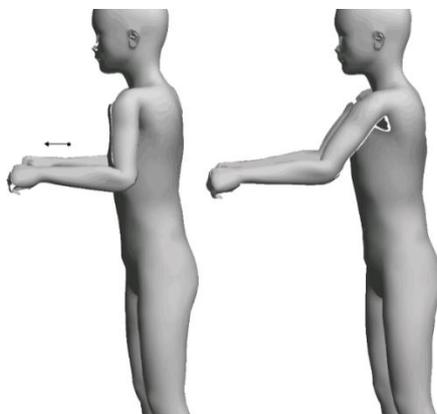


Figura 26 - Modelo da ação de movimento

6.2.1. Free Hand Mode

Visto o utilizador do *DETI-Interact* já estar habituado a controlar o cursor com a mão direita, pensou-se em utilizar este conhecimento e mapear o controlo da câmara com movimentos da mão direita em alternativa ao *Bike mode*.

Para impedir movimentos involuntários no controlo da câmara, é necessário outro movimento para controlar a translação desta. Escolheu-se um movimento simples: um passo à frente para avançar ou um passo para trás para recuar. Quanto maior o passo dado, maior a velocidade do movimento.

Comparando os dois métodos anteriormente descritos é possível identificar como desvantagem do “*Free Hand Mode*” a necessidade de um maior espaço de utilização, pois é necessário ter espaço suficiente para dar um passo nas duas direções, contudo, ao contrário do “*Bike Mode*”, apresenta a vantagem de uma maior ambientação, pois trata-se de um método de interação semelhante ao já usado na aplicação *DETI-Interact* (mão direita controla o movimento 2D).

Como foi mencionado na secção anterior, foram desenvolvidas várias formas de interação, tanto para a manipulação, em que o objetivo principal é controlar modelos 3D de objetos, como para a navegação, que implica o controlo de uma câmara num mundo virtual. Descrevem-se de seguida os principais aspetos tidos em conta no desenvolvimento dessas interações.

6.3. Implementação – Manipulação em 3D

Visto que a manipulação de um modelo 3D envolve um ambiente que use maioritariamente o controlo do modelo através das mãos, a aplicação deteta o corpo do utilizador mantendo o foco apenas na parte superior do tronco. Para isso, declaram-se, com a ajuda do *wrapper*, em todos os scripts, variáveis que irão armazenar as partes do corpo pretendidas: as duas mãos, o centro do corpo (coluna) e centro da anca.

Qualquer *script* desenvolvido começa com a deteção do esqueleto, para isso, é verificado o *array* presente no *SkelletonWrapper: trackedPlayers[]*. Este

array, contem o número de esqueletos detetados (no máximo seis, limitado pelo *SDK* do *Kinect*). Para facilitar a utilização da aplicação surge uma janela no ecrã informando que o esqueleto foi detetado, como ilustrado na Figura 27.

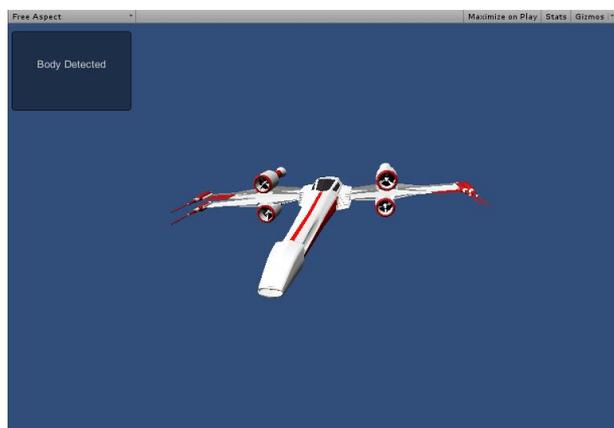


Figura 27 - Mensagem de deteção do corpo

Durante o desenvolvimento do trabalho mostrou-se vantajoso mostrar no ecrã uma imagem obtida pela câmara RGB do *Kinect*, para ajudar o posicionamento do utilizador relativamente ao dispositivo (Figura 28). Para tal foi necessário criar um objeto que permitisse a adição de uma textura, o que se conseguiu utilizando um *script* incluído no *wrapper* que permite usar a imagem obtida pela câmara RGB em vez de uma textura (*DisplayColor*).



Figura 28 - Imagem obtida pela câmara RGB mostrada no ecrã

6.3.1. *Direct Gesture Oriented Mode* e *Constant Rotation Mode*

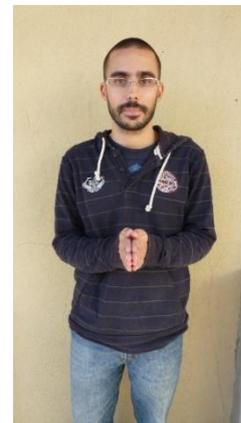
Como referido anteriormente o primeiro método desenvolvido não apresenta qualquer botão no ecrã, apenas funciona com gestos feitos pelo utilizador, e para isto foram desenvolvidos dois métodos de início da ação:

- Juntar as mãos (Figura 29 e Figura 30)
- Manter as mãos à mesma altura (sem juntar) (Figura 31 e Figura 32)



**Figura 29 - Início de *zoom* nos métodos:
“*Direct Object Oriented*” e “*Constant Rotation*”**

(I)



**Figura 30 - Início de *zoom* nos métodos:
“*Direct Object Oriented*” e “*Constant Rotation*”**

(II)



**Figura 31 - Início de rotação nos métodos :
“*Direct Object Oriented*” e “*Constant Rotation*”**

(I)



**Figura 32 - Início de rotação nos métodos:
“*Direct Object Oriented*” e “*Constant Rotation*”(II)**

Já que a função *Update()* é chamada a cada *frame* da aplicação, é esta que será responsável pela maior parte do processamento das aplicações desenvolvidas. Nela vamos ter uma leitura e a respetiva salvaguarda das várias posições das partes do corpo desejadas, como as mãos e a cintura.

A função *Update()* foi dividida em três partes: controlo de entrada ou saída num modo de interação com o modelo, *zoom* e rotação.

Controlando a posição das duas mãos é possível saber quando estas se encontram relativamente próximas uma da outra; assim, a entrada no modo de *zoom* é acionada quando ambas se encontram no mesmo plano dos z's e dos y's e com uma diferença muito pequena no plano dos x's, pois as mãos vão tocar-se. Estes planos são vistos como mostra a Figura 33.

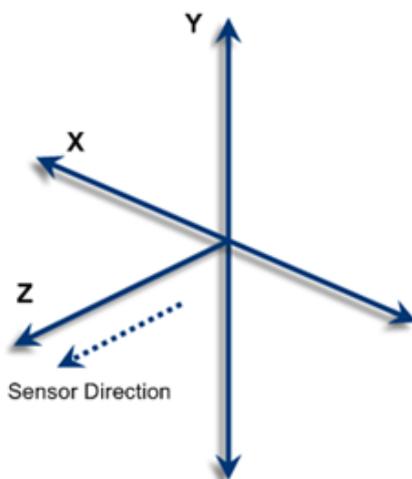


Figura 33 - Sistema de coordenadas para os dados do esqueleto [41]

Da mesma maneira é possível controlar a entrada na rotação, analisando a distância entre as duas mãos no eixo dos x's. Para controlar a saída de ambos os modos, é necessário fazer uma comparação da posição das duas mãos com a posição da anca, caso estas ultrapassem a anca, a rotação ou *zoom* terminam.

Após a entrada no *zoom* é possível ver o modelo o mais afastado possível da câmara, e à medida que o utilizador afasta as mãos vai sendo feita uma aproximação progressiva da câmara, isto é feito registando em todos os *frames* a distância entre as duas mãos.

Ao entrar no modo de rotação o utilizador irá controlar o modelo em torno de dois eixos, z's e x's. A diferença entre “*Direct Gesture Oriented*” e “*Constant*

Rotation” consiste na ação tomada ao detetar a nova posição das mãos. Caso a nova posição seja diferente da original, no “*Constant Rotation*” o objeto continuará em rotação até à posição das mãos voltar ao ponto de origem, lado a lado. Já no “*Direct Gesture Oriented*” a posição do modelo será atualizada a cada *frame* consoante a posição atual das mãos. É sempre necessário haver um movimento de ambas as mãos, caso se pretenda que o objeto rode em torno do eixo z’s é necessário avançar uma das mãos em direção ao sensor, recuando a mão oposta, mantendo-as no mesmo plano horizontal. Para a rodar em torno do eixo dos y’s, é necessário elevar uma das mãos, baixando a outra ao longo de um eixo perpendicular ao chão.

6.3.1. *Button Mode*

O *Button Mode* foi criado a pensar no *DETI-Interact* atual utilizando apenas botões visuais e um cursor controlado com a mão direita.

Todos os botões criados nesta aplicação são escritos na rotina *OnGUI()*, uma rotina chamada para o *rendering* e tratamento de eventos da GUI (*Graphical User Interface*), o que implica que esta possa ser chamada mais que uma vez no mesmo *frame*. Aqui podemos criar botões, caixas de texto, *sliders*, carregar imagens entre outros.

Visto não estar limitado pelo movimento das mãos, este modo permite rodar o objeto em todas as direções. A interação baseia-se num conjunto de nove botões visuais, dois para ambos os sentidos de rotação em torno de cada eixo, dois para *zoom* e um extra para se voltar à posição inicial (Figura 34). Foi utilizada a função *GUI.DrawTexture()* que permite selecionar a posição no ecrã e a imagem a carregar (como as setas usadas para indicar o sentido de rotação ilustradas na Figura 34). Para o botão de posição inicial foi criada uma caixa de texto através da função *GUI.Box()* que à semelhança da função anterior permite selecionar a posição da caixa, e o texto nela incluído. Para este botão funcionar corretamente são salvaguardadas na função *Start()* as coordenadas iniciais para a posição do modelo.

Na função *Update()* é feita uma conversão da posição da mão no mundo real para a posição do ecrã [42]. Ao guardar as coordenadas desta posição, é possível a elas recorrer na rotina *OnGUI()* e fazer a representação gráfica do cursor usando uma imagem semelhante ao cursor do *DETI-Interact* (Figura 34).



Figura 34 - Interface do “Button Mode”

6.3.1. Mixed Mode

Durante testes preliminares com os métodos descritos, não nos sentimos suficientemente confortáveis com a manipulação direta do modelo, isto porque o modo como eram ativadas as ações não eram muito estáveis. Os gestos utilizados na ativação eram demasiado próximos um do outro, e como consequência nem sempre eram fáceis de ativar. O mesmo acontecia ao terminar as tarefas, onde o gesto de fim de rotação muitas vezes alterava a posição desejada. Assim, foi criado um método, que reunisse as vantagens dos anteriores e não possuísse nenhuma das desvantagens encontradas.

A implementação deste método inclui apenas três botões: “Rotação”, “Zoom” e “Posição Inicial”, com um controlo de cursor semelhante ao método anterior (Figura 35). Além de usar os botões, o “*Direct Gesture Oriented*” e o “*Constant Rotation*” são integrados, existindo duas formas de funcionamento para a rotação de acordo com a posição das mãos: uma que funciona como o “*Direct Gesture*

Oriented” e uma segunda em que o objeto entra numa rotação constante quando as mãos ultrapassam uma dada posição, tal como no “*Constant rotation Mode*”.

Assim sendo, os dois métodos de interação mais promissores e escolhidos para testes com utilizadores foram o “*Button Mode*” e o “*Mixed Mode*”.

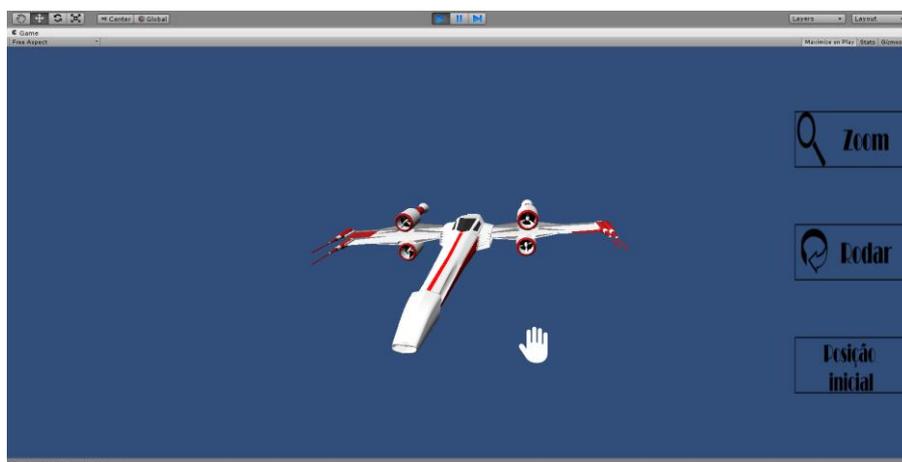


Figura 35 - Interface do “*Mixed Mode*”

6.4. Implementação – Navegação em 3D

Como referido anteriormente, foram propostos dois métodos de navegação, tendo a sua implementação sido iniciada com a criação de um mundo virtual onde o utilizador deverá navegar. Nas ferramentas do *Unity* existem vários *GameObjects* pré-definidos, como por exemplo as câmaras e fontes de luz já utilizadas, bem como cubos, cilindros, terrenos e árvores. Assim sendo, foi usado um cenário com um terreno simples, uma câmara e uma fonte de luz.

Para um correto movimento da câmara num mapa, é necessário que esta obedeça às leis da física, para isso o *Unity* fornece vários componentes que permitem a simulação de leis físicas como a gravidade e ação de forças, como as envolvidas no empurrar de um objeto ou mesmo colisões entre objetos diferentes.

O *Rigidbody* é um componente que quando adicionado a um *GameObject* lhe fornece a capacidade de receber forças, de modo a que se mova de uma maneira mais realista. Permite ainda que os objetos sejam influenciados pela

gravidade, atuam consoante forças diferentes e que possam ser programadas ou interajam com outros objetos [43].

Assim sendo todos os *GameObjects* inseridos no mundo criado para teste dos métodos de navegação propostos, como o terreno, incluem um *Rigidbody*.

No caso da câmara, não foi possível adicionar um *Rigidbody* pois esta não iria ter forma de entrar em contato com outros objetos, limitação encontrada no *Unity*. Para resolver este problema, foi adicionada uma esfera (suficientemente pequena para não ocultar a visão da câmara) e associada à câmara. Assim, todas as forças aplicadas à esfera serão interpretadas como forças realizadas sobre a câmara.

À semelhança do que acontece nos métodos de manipulação também nestes métodos aparece uma caixa de texto quando o corpo de um utilizador é detetado. Ao mesmo tempo é iniciada uma nova caixa de texto com a informação de início de ação. No caso do “*Bike Mode*” indica-se ao utilizador que posicione as mãos lado a lado como se agarrasse um guiador de uma bicicleta (Figura 36);no caso do “*Free Hand Mode*” indica-se ao utilizador que levante a mão direita como mostra a Figura 37.



Figura 36 - Início de navegação no “*Bike Mode*”



Figura 37 - Início de navegação no “*Free Hand Mode*”

Uma das grandes vantagens do *Unity* é a existência de uma grande comunidade *online* e a existência de uma loja com vários modelos e *scripts* à nossa disposição. Nessa loja obteve-se uma barra de progresso que é apresentada após o início da ação. Durante o período de carregamento desta barra (Figura 38), sensivelmente três segundos, são guardadas as posições iniciais da coluna e das duas mãos do utilizador de modo a determinar a sua posição inicial.

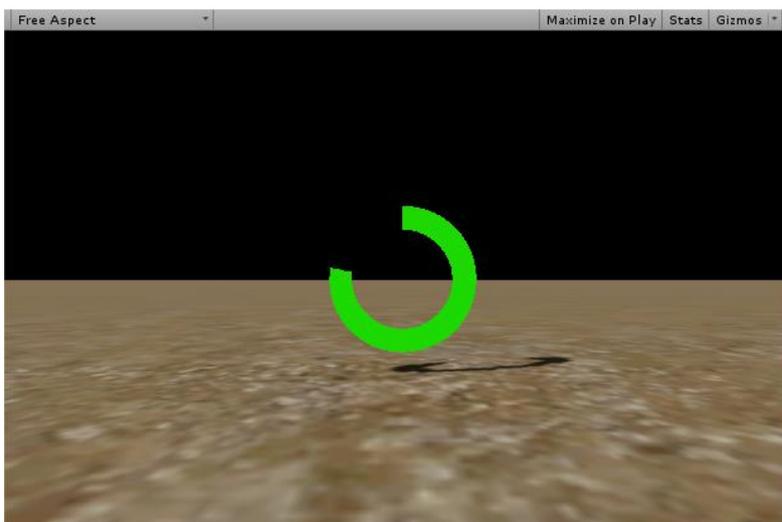


Figura 38 - Barra de carregamento

6.4.1. Bike Mode

Após o carregamento da barra de progresso, o utilizador tem finalmente acesso ao controlo da câmara de primeira pessoa. Este controlo é feito através de duas ações diferentes:

- Andar para a frente/trás
- Rodar o campo de visão no plano dos z's

Para mover a câmara para frente ou para trás, faz-se uma constante verificação da posição das mãos, que necessitam de permanecer paralelas uma à outra. Isto é feito chamando a função *inPosition()*, uma função criada para verificar em todos os *frames* se as mãos se encontram nos planos desejados e à distância

necessária uma da outra. Caso esta condição se verifique, e as mãos se encontrem mais próximas ou mais afastadas da sua posição inicial, faz-se o movimento da câmara para a frente ou para trás, respetivamente.

A rotação é feita continuando a analogia da bicicleta, em que para se virar para a direita é necessário fazer um movimento de rotação que traz a mão direita para trás e a mão esquerda para a frente e vice-versa para virar no sentido oposto.

6.4.1. Free Hand Mode

O segundo método de navegação é mais simples e encontra-se mais próximo dos métodos utilizados anteriormente neste trabalho, e no *DETI-Interact* atual.

O controlo da câmara é feito novamente pela mão direita. Ao iniciar a aplicação é feita a salvaguarda da posição original da mão funcionando como o centro da câmara; qualquer movimento feito para fora da posição original tem como resultado um movimento da câmara, e quanto mais afastada da posição original mais rápido será o movimento desta.

O movimento para frente/trás da câmara é feito usando o movimento do corpo. Tal como para a rotação da câmara, é feita a salvaguarda da posição original deste ao iniciar a aplicação, e qualquer alteração da posição/postura do corpo relativamente à posição inicial resultará na translação da câmara nas respetivas posições. Quanto maior a distância a posição inicial, mais rápido será o movimento.

7. Testes de utilizadores e resultados

Este capítulo descreve os testes com utilizadores realizados para avaliar e comparar a usabilidade dos métodos de interação propostos para manipulação de objetos 3D e para navegação. Descrevem-se também os resultados obtidos.

7.1. Testes de utilizadores

De seguida serão descritas os vários testes com utilizadores realizados, começando pela avaliação de cada método, onde serão analisadas todas as variáveis tidas em consideração, continuando com o *design* experimental e uma descrição dos participantes que contribuíram para esta avaliação, terminando com o protocolo experimental.

7.1.1. Avaliação de métodos de manipulação de objetos

O objetivo deste teste é avaliar a usabilidade dos métodos de manipulação “*Mixed Mode*” e “*Button Mode*”. Os restantes métodos “*Direct Gesture Oriented Mode*” e “*Constant Rotation Mode*” foram descartados, por se ter concluído através de testes preliminares que apresentavam desvantagens em relação aos escolhidos.

Utilizou-se o método da experiência controlada [44], sendo necessário identificar as variáveis a serem estudadas, variáveis de entrada, de saída e

secundárias. A variável de entrada usada foi o método de interação, com duas opções possíveis o “*Mixed mode*” e o “*Button mode*”.

O método “*Button mode*” foi escolhido por ser muito semelhante ao usado atualmente em várias plataformas, como computadores, telemóveis, consolas etc. A interface de botões é simples, composta por vários botões distribuídos no ecrã (como descrito anteriormente e ilustrado na Figura 34), que podem ser acionados por um cursor controlado apenas pelo movimento da mão direita. Para selecionar o botão é necessário deixar o cursor em cima durante um segundo.

O segundo método de interação, “*Mixed Mode*” (anteriormente descrito e ilustrado na Figura 35) foi escolhido pois combina a interação anterior com um método mais próximo dos movimentos do mundo real, isto é, movimentos usados para manipular objetos físicos.

A experiência teve como objetivo verificar a seguinte hipótese:

- Os dois métodos de interação são igualmente usáveis para a manipulação de um objeto no âmbito do *DETI-Interact*.

Foi desenvolvida uma aplicação que permite aos participantes realizar um conjunto de tarefas que implicam a manipulação de objetos 3D com recurso aos dois métodos. Em ambos os métodos a interação é iniciada através de um botão central que surge e pode ser selecionado, a partir do momento em que o esqueleto do utilizador é detetado. Nessa altura surge também, no canto superior esquerdo do ecrã, o botão que permite a finalização da interação. Estes botões serão controlados através de um “*Timed Stay*”, ou seja, o utilizador terá que mover o cursor para cima deles e esperar um tempo pré-determinado. Quando o utilizador seleciona o botão de início, a aplicação começa a registar os tempos de execução das tarefas realizadas pelo utilizador.

Para testar os dois métodos foram escolhidos três modelos com complexidades diferentes: um conjunto de caixas, um departamento da Universidade de Aveiro e uma sala de aula.

7.1.1.1. *Variáveis de teste*

Depois de identificar a hipótese a testar, é necessário identificar as variáveis de teste (independentes ou de entrada e dependentes ou de saída e secundárias).

A variável independente, ou de entrada, a controlar é o método de interação, com dois níveis: os dois modos desenvolvidos. No entanto, há também outras variáveis que podem influenciar os resultados, ou seja as variáveis secundárias. Neste caso foram identificadas as seguintes variáveis secundárias:

- Contacto prévio com o *DETI-Interact* ou outras plataformas que usem o *Kinect*
- Contacto com superfícies *Touch* ou o comando de uma *Wii*
- Altura do utilizador
- Lateralidade do utilizador (destro ou esquerdino)
- Tipo de roupa utilizada (este facto revelou-se importante em testes realizados durante o trabalho desenvolvido anteriormente, pois pode influenciar a captura de gestos pela parte do *Kinect*)

A variável dependente, ou de saída, é a usabilidade do método de interação, sendo medida com base em medidas de desempenho e satisfação dos participantes, como a realização correta/incorrecta das tarefas propostas, o tempo de realização das diversas tarefas, e as respostas dadas a perguntas de um questionário pós-tarefa. Este questionário inclui também perguntas que pretendem recolher informação sobre o perfil do utilizador relacionada com as variáveis secundárias.

Todos os participantes foram observados durante a realização das tarefas.

7.1.1.2. *Design experimental*

O *design* experimental utilizado foi entre-grupos [44], isto é, cada participante apenas utilizou uma das condições experimentais (método de interação). Este tipo de *design* embora tenha a desvantagem de necessitar de mais participantes, foi escolhido uma vez que impede a existência dos efeitos de aprendizagem que surgiriam se os participantes utilizassem os dois métodos de interação.

7.1.1.3. *Participantes*

Os participantes foram oito alunos voluntários que realizaram o teste durante as aulas da disciplina de Interação Humano-Computador lecionada no Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro. A utilização de alunos do departamento é especialmente adequada neste contexto dado que os mesmos são os potenciais utilizadores do *DETI-Interact*.

7.1.1.4. *Protocolo experimental*

Numa primeira fase, os participantes tiveram a possibilidade de se ambientar com o método de interação. Para isso, foi dada uma explicação breve do funcionamento do método a utilizar pelo participante, a que se seguiu um período de 3 minutos, em que este pôde interagir livremente, sem qualquer restrição. Em seguida foi distribuído aos utilizadores um pequeno documento (Anexo 1 – Lista de tarefas do utilizador para a manipulação) com as várias tarefas a serem completadas e perguntas a serem respondidas no âmbito de três conjuntos de tarefas (testes 1, 2 e 3). Cada tarefa tinha um tempo de interação máximo; no entanto, o utilizador podia terminar a interação mais cedo, sendo registado o tempo total necessário para completar a ação.

Finalmente era pedido a cada participante para fornecer *feedback* sobre o método de interação respondendo a um questionário (Anexo 2 – Questionário ao utilizador para a manipulação V1).

As tarefas a realizar pelos utilizadores foram escolhidas por serem simples de entender, implicarem a manipulação do modelo, tanto a nível do *zoom* como da rotação, e não ocuparem muito tempo.

O primeiro teste realizado utilizou um modelo de um conjunto de caixas de fruta, enquanto os testes 2 e 3 utilizam modelos criados pelos alunos da disciplina Interação Humano-Computador, IHC, usando a ferramenta *Sketchup* [45].

Teste 1

Neste primeiro conjunto de tarefas os utilizadores foram confrontados com um conjunto de caixas, tal como se pode ver nas Figura 39 e Figura 40:

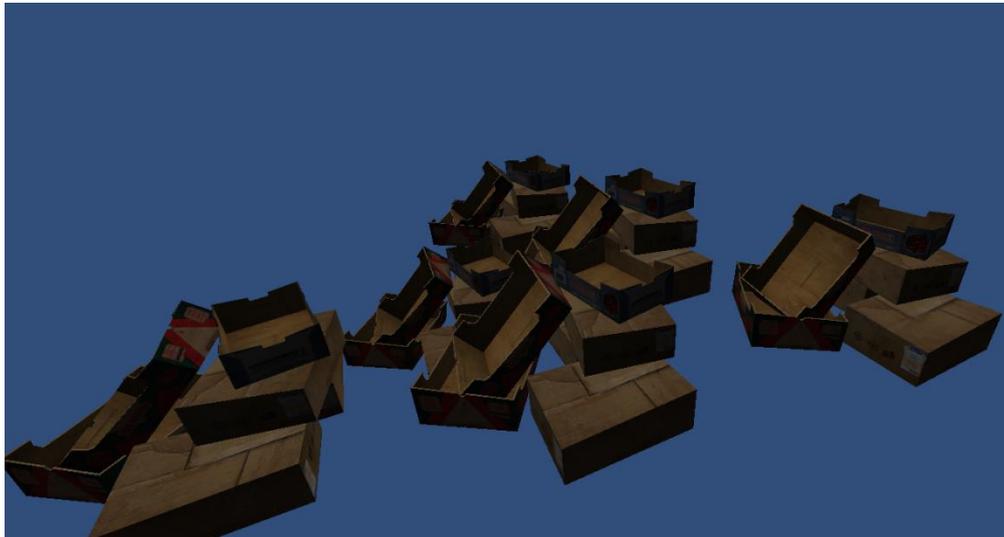


Figura 39 - Modelo de caixas (I)



Figura 40 - Modelo de caixas (II)

As questões relativamente a este modelo foram:

- Quantas caixas estão presentes no modelo?
- Dois dos tipos de caixas são especificamente de transporte de fruta. Consegue identificar o tipo de fruta? Se sim, diga quais as frutas e qual a cor predominante de cada caixa.

Teste 2

À semelhança do teste anterior, os participantes tiveram previamente acesso às tarefas a realizar e perguntas a responder. Cada pergunta foi respondida individualmente, cada tarefa teve um tempo máximo de interação; que, contudo, podia não ser usado na totalidade.

Neste teste os participantes tiveram acesso a um modelo do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, IEETA (Figura 41 e Figura 42) em que é possível ver o edifício, assim como uma pessoa, um carro e um conjunto de números distribuídos na fachada do edifício.



Figura 41 - Modelo do IEETA I



Figura 42 - Modelo do IEETA II

As questões relativamente a este modelo foram as seguintes:

- Identifique os dois modelos presentes juntamente com o edifício
- Qual o número de janelas presentes no lado do relvado
- Encontre três números escritos sobre a fachada e diga quais são.

A Figura 43 mostra um exemplo dos números distribuídos na fachada do edifício que deviam ser encontrados pelos participantes.



Figura 43 - Modelo do IEETA III

Teste 3

Neste último teste os utilizadores tiveram de manipular o modelo de uma das salas de aula do DETI (Figura 44).



Figura 44 - Modelo da sala de aula

As tarefas deste último teste foram semelhantes às do teste anterior:

- Conte o número de computadores presentes na sala
- Em alguns monitores encontram-se números aleatórios consegue identificar todos? Diga quais

Ao contrário do modelo anterior, o utilizador não foi informado sobre a quantidade total de números escondidos, o que implicava uma procura mais cuidadosa.

7.1.1.5. *Questionário final*

Após todos os testes estarem terminados o utilizador teve que responder a um questionário final, no sentido de obter informação sobre as variáveis secundárias, bem como quanto a satisfação e opinião. Para estas perguntas foi usada uma escala do tipo *Likert*, com cinco níveis, em que 1 correspondia a “Discordo totalmente” e 5 a “Concordo totalmente. As perguntas utilizadas foram as seguintes:

- Idade
- Sexo
- Altura
- Lateralidade (esquerdino, destro ou ambidestro?)
- Como sabe, já se encontra na entrada do DETI uma versão do *DETI-Interact*, já teve contacto com este? Se sim o que achou?
- Com que outro tipo de dispositivos de interação “não convencionais” já utilizou (por exemplo: *Kinect*, *Wii*, *Playstation Move*, *Android*, *Iphone*, etc)?
- Foi fácil adaptar-se ao método de interação que usou?
- Detetou algumas características irritantes? Quais?
- Deixe-nos a sua opinião sobre o método de interação usado
- Pode-nos deixar algumas sugestões de outros gestos a usar para manipulação dos modelos?
- Pode-nos deixar algumas sugestões de melhoria?

7.1.2. Avaliação de métodos de navegação em mundos virtuais

O objetivo deste teste foi avaliar a usabilidade dos métodos de navegação “*Bike Mode*” e “*Free Hand Mode*”.

À semelhança dos testes anteriores usou-se uma experiência controlada [44], onde os métodos de navegação “*Bike Mode*” e “*Free Hand Mode*” foram os dois níveis presentes no método de interação, ou seja a variável de entrada.

A experiência teve como objetivo verificar a mesma hipótese nula dos testes descritos anteriormente:

- Os dois métodos de interação são igualmente usáveis para a navegação em mundos virtuais no âmbito do *DETI-Interact?*

Tal como foi feito para os métodos de manipulação, foi desenvolvida uma aplicação que implementa o protocolo da experiência. A navegação era iniciada quando o utilizador colocava as mãos na posição de descanso, isto é, no caso do “*Bike Mode*” a navegação era iniciada com a colocação das mãos lado a lado (Figura 36), esta primeira posição era guardada pelo programa, e sempre que o utilizador voltasse a ela, a câmara estaria em total repouso. Já no “*Free Hand Mode*” a posição inicial foi o levantamento da mão direita (Figura 37).

Após a ação de início ser detetada era ativada uma barra de carregamento e o teste era iniciado tendo uma duração máxima de cinco minutos.

7.1.2.1. Variáveis de teste

Identificando a hipótese a testar, foi necessário identificar novamente as variáveis de teste.

A variável de entrada seria então o método de interação escolhido “*Bike Mode*” ou “*Free Hand Mode*”. Contudo foi necessário controlar novamente as outras variáveis que poderiam influenciar os resultados:

- Contacto prévio com o *DETI-Interact* ou outras plataformas que usem o *Kinect*
- Experiência de utilização de superfícies *Touch* ou o comando de uma *Wii*
- Altura do utilizador
- Lateralidade do utilizador (destro ou esquerdino)
- Tipo de roupa utilizada

A variável de saída considerada foi a usabilidade do método de interação, que mais uma vez foi medida com base nos desempenhos e satisfação dos participantes, o número de colisões detetadas, o número de cubos obtidos, a velocidade média, a distância percorrida e respostas dadas a perguntas de um questionário pós-tarefa.

7.1.2.2. *Protocolo experimental*

Cada participante teve acesso a ambos os modos de navegação, ou seja, foi utilizado um *design* experimental “no grupo” [44]. Este método apresentava uma vantagem de necessitar de menos utilizadores que o “entre grupos”, contudo poderia apresentar fenómenos de aprendizagem. Assim de modo a evitar que os resultados sejam influenciados pela aprendizagem, os testes foram feitos intercalando o método de navegação inicial. Para avaliar os desempenhos dos utilizadores foram registadas algumas variáveis pelo sistema:

- Tempo despendido
- Número de colisões
- Distância percorrida
- Velocidade média
- Número de objetos apanhados

7.1.2.3. Participantes

Os participantes foram 16 alunos e um docente do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro. A experiência foi realizada no *hall* de entrada do DETI, onde foi solicitado aos diversos alunos e professores a sua participação nesta experiência.

7.1.2.4. Protocolo experimental

Tal como foi feito para os testes de manipulação, os participantes tiveram uma primeira fase onde puderam ambientar-se com os métodos de navegação. Para isso, foi dada uma explicação breve do funcionamento dos métodos de navegação, e foi dado um período de dois minutos para cada método, em que o participante pôde navegar livremente num ambiente virtual. De seguida foi pedido ao utilizador que navegasse no modelo de teste, um labirinto (Figura 45), e apanhasse o maior número possível de cubos (Figura 46) no tempo fornecido: cinco minutos. No final de cada experiência, foi solicitado ao participante que respondesse a um questionário, semelhante ao anterior e descrito na secção 7.1.1.4.

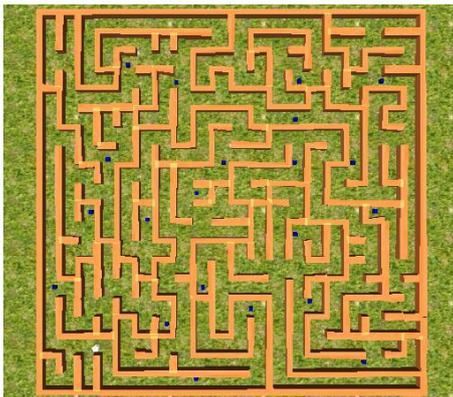


Figura 45 - Imagem aérea do labirinto usado

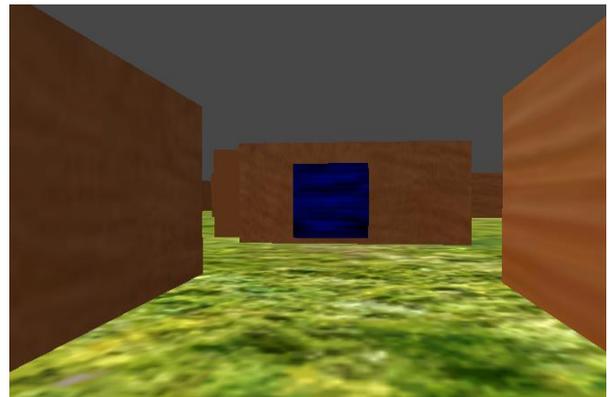


Figura 46 - Exemplo de um cubo a capturar

7.1.2.5. Questionário final

Após a realização de todos os testes foi pedido ao utilizador para responder a um conjunto de perguntas, semelhantes às presentes no questionário de manipulação. Para estas perguntas foi usada novamente uma escala do tipo *Likert*, com cinco níveis, em que 1 correspondia a “Discordo totalmente” e 5 a “Concordo totalmente”. É aqui que iremos controlar as variáveis secundárias pré-estabelecidas, a satisfação e opinião do participante:

- Idade
- Sexo
- Altura
- Lateralidade (esquerdino, destro ou ambidestro?)
- Como sabe, já se encontra na entrada do DETI uma versão do *DETI-Interact*, já teve contacto com este? Se sim o que achou?
- Que outro tipo de dispositivos de interação “não convencionais” já utilizou (por exemplo: *Kinect*, *Wii*, *Playstation Move*, *Android*, *Iphone*, etc)?
- Detetou algumas características irritantes? Quais?
- Diga-nos qual o método de navegação que mais gostou e porquê
- Pode-nos deixar algumas sugestões de outros gestos a usar para uma navegação num mundo virtual
- Pode-nos deixar algumas sugestões de melhoria?

7.2. Resultados

7.2.1. Resultados dos testes de manipulação

Devido a um problema imprevisto com o modelo utilizado no segundo teste, os alunos não puderam realizar as tarefas propostas, pelo que se apresentam apenas os resultados obtidos nos primeiro e último testes descritos (teste 1 e teste 3).

No total, oito alunos do Departamento realizaram a experiência, quatro para cada um dos tipos de interação, com idades compreendidas entre os 20 e 26 anos, sendo apenas um dos participantes do sexo feminino

Os resultados relativos à experiência com dispositivos de interação semelhantes são apresentados na Figura 47. É possível ver que a maioria dos participantes já tinha algum contato com dispositivos táteis, e que muitos ainda não tinham utilizado a versão atual do *DETI-Interact*. Apesar disso, podemos ver que cerca de metade dos utilizadores já tinham algum tipo de experiência com dispositivos de deteção de movimento.

É de notar que alguns dos alunos que tiveram contato com a versão atual do *DETI-Interact*, apesar de acharem a aplicação interessante, alertaram para a latência do programa e a falta de imunidade a pessoas que não se encontrem envolvidas na ação.

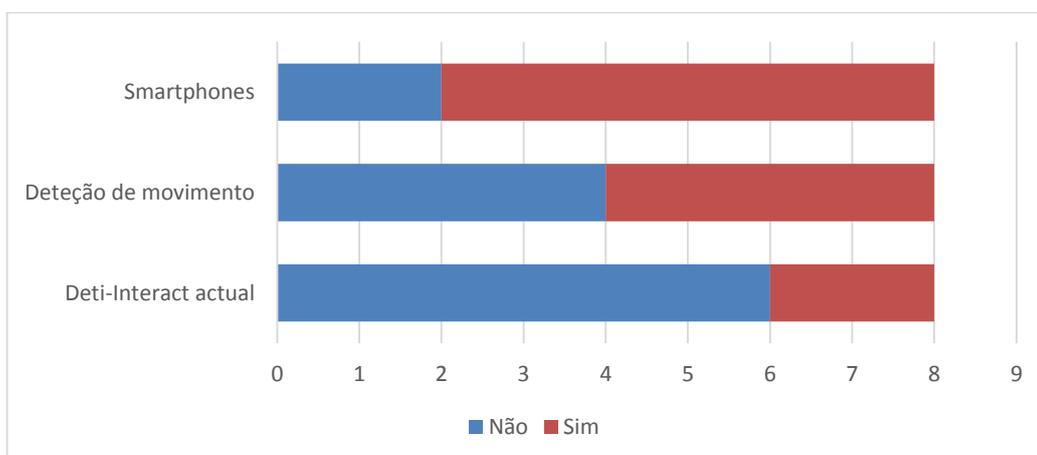


Figura 47 - Resultados sobre a utilização prévia de dispositivos de interação

Os utilizadores foram ainda questionados sobre a dificuldade dos movimentos realizados durante as tarefas, ou seja, se as velocidades de rotação, zoom, ponteiro seriam as mais indicadas, ou se necessitavam de melhoramento. A Figura 48 apresenta a mediana do grau de satisfação das diversas características. Quanto ao nível das velocidades de rotação e zoom é possível verificar que a satisfação é praticamente idêntica. A grande diferença está na seleção do botão desejado, no “Mixed Mode” existe uma satisfação maior, provavelmente de apenas existirem três botões tornando a sua seleção mais fácil. É visível que no “Mixed Mode” a obtenção da posição desejada se tornou mais exigente, e logo, o grau de satisfação tende a ser menor, contudo, e segundo as informações prestadas pelos utilizadores, a questão poderá ser resolvida havendo um pouco de treino da aplicação.

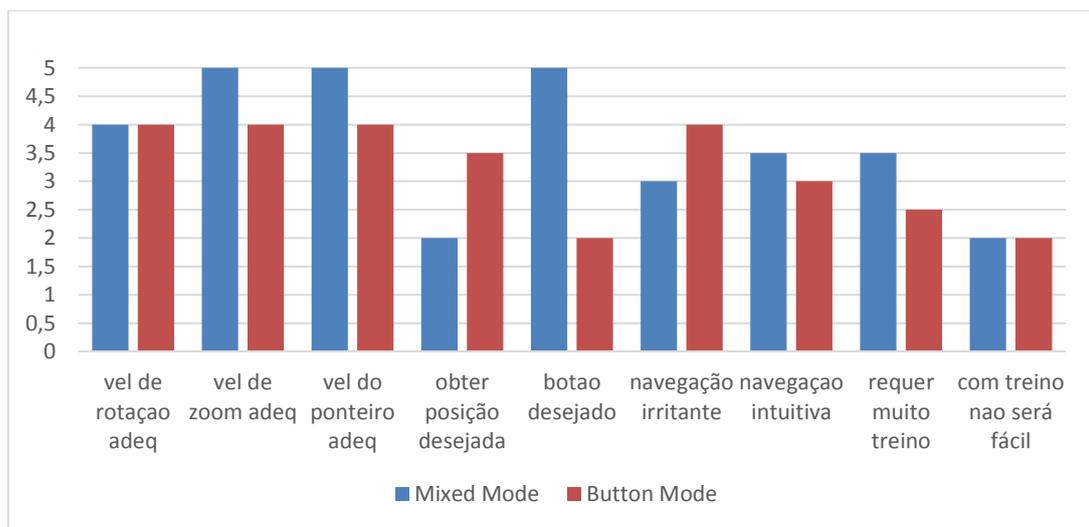


Figura 48 - Mediana do grau de satisfação quanto às diversas características

Em geral, para o modo “Mixed Mode” a dificuldade em cumprir as tarefas sentida pelos utilizadores foi maior, como é possível ver através do gráfico apresentado na Figura 49. Contudo, a execução das tarefas foi feita com o mesmo número de erros em ambos os casos.

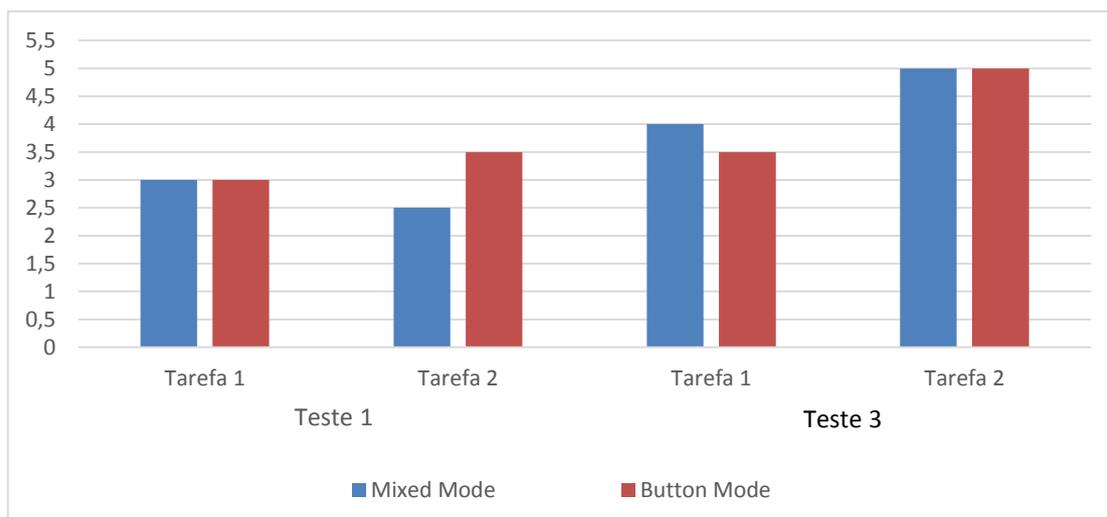


Figura 49 - Mediana da dificuldade das tarefas

Note-se que apesar de os resultados terem sido bastante próximos para os dois modos de interação, os participantes pareceram mais divertidos e entusiasmados com o “*Mixed Mode*”. Visto que esta afirmação não é mais que uma simples observação, procedemos a uma nova experiência controlada com o propósito de confirmar se de facto a preferência pelo “*Mixed Mode*” se comprovava. Para isso foi escolhido um novo grupo de utilizadores, entre os 15 e 18 anos, que tiveram ao seu dispor apenas os dois últimos modelos, um utilizando o “*Mixed Mode*” e o outro o “*Button Mode*”. As tarefas foram mantidas, alterando apenas os questionários (Anexo 3 – Questionário ao utilizador para a manipulação V2) de modo a obtermos então a informação desejada. A ordem de utilização dos diferentes métodos foi intercalada de modo a diminuir os efeitos de aprendizagem.

Os resultados deste novo teste mostraram que houve uma preferência pelo “*Mixed Mode*” (apenas um dos 6 alunos preferiu o “*Button Mode*”), sugerindo assim que os utilizadores ficam mais satisfeitos com um método que envolva uma interação mais próxima do modelo real, em vez de uma talvez mais simples mas também mais tradicional.

7.2.2. Resultados dos testes de navegação

Dezassete participantes realizaram a experiência descrita anteriormente. Todos os utilizadores navegaram no labirinto usando os dois métodos e responderam ao questionário entregue para avaliar os métodos de navegação desenvolvidos. A experiência foi realizada no *hall* de entrada do DETI, onde é possível ver a versão atual do *DETI-Interact* em funcionamento, pedindo aos vários alunos que passavam durante o dia para colaborarem com a experiência. Assim dezasseis dos dezassete utilizadores tinham entre as idades de 19 e 26. O último utilizador tratou-se de um docente, com a idade de 38 anos. Dos dezassete utilizadores apenas um se declarou como ambidestro, todos os restantes declararam ser destros, não sendo assim possível estudar a dificuldade dos métodos utilizados, principalmente para o “*Free Hand Mode*”, quando se trata de um utilizador esquerdino. O grupo foi composto por três utilizadores do sexo feminino e catorze do sexo masculino.

Os resultados relativos à experiência com dispositivos de interação semelhantes são apresentados na Figura 50. É possível ver que a grande maioria dos utilizadores já possui experiência com dispositivos de toque e deteção de movimento como o Kinect. Note-se também que já existe uma grande percentagem de utilizadores que experimentaram interagir com o sistema atual do *DETI-Interact*, um resultado bastante positivo pois mostra os frutos de um trabalho que tem vindo a ser desenvolvido há três anos.

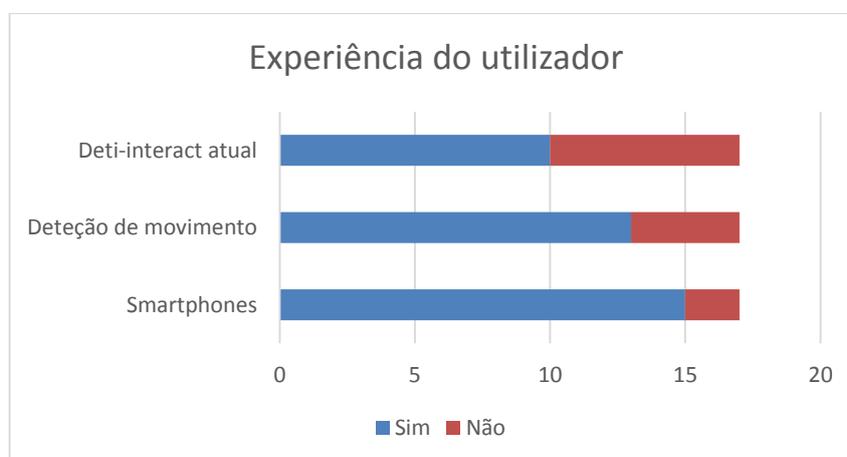


Figura 50 - Resultados sobre a utilização prévia de dispositivos de interação

Como referido, de modo a analisar o desempenho dos utilizadores foram registadas medidas durante a navegação, como o número de colisões do utilizador com o labirinto, o número de cubos capturados, a distância total percorrida e finalmente a velocidade média. A Tabela 2 mostra não só a média aritmética como a mediana dos resultados obtidos, de modo a eliminar a influência de valores extremos. As figuras 52 a 55 mostram os *boxplots* das várias medidas que permitem uma comparação da distribuição dos valores e medianas correspondentes à utilização de cada um dos modos testados.

	Média		Mediana	
	Bike Mode	Freehand Mode	Bike Mode	Freehand Mode
Velocidade	1,13	1,49	1,15	1,48
Distância	337,64	447,32	344,62	443,94
Colisões			55	64
Cubos obtidos			4	5

Tabela 2 - Média e mediana dos resultados obtidos

Analisando os resultados obtidos, é possível observar que o desempenho dos utilizadores parece ter sido melhor para o “*Free Hand Mode*”, apesar da diferença de resultados não ser muito grande; no entanto, será necessário realizar testes estatísticos para verificar se a diferença é significativa. A Tabela 2 mostra que os resultados foram ligeiramente melhores no “*Free Hand Mode*”, apesar do número de colisões ser maior. Através da observação da experiência é possível justificar isto, pois no “*Free Hand Mode*” os utilizadores davam o passo à frente e realizavam o movimento da câmara em constante movimento, enquanto no “*Bike Mode*” os utilizadores paravam a maioria das vezes para realizar a rotação da câmara, originando assim um menor número de colisões. O constante movimento no “*Free Hand Mode*” justifica também os valores superiores para a distância percorrida e a velocidade média atingida.

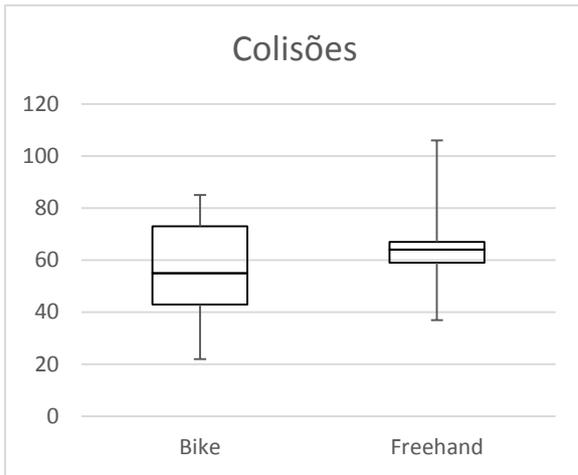


Figura 51 - Boxplot para o número de colisões

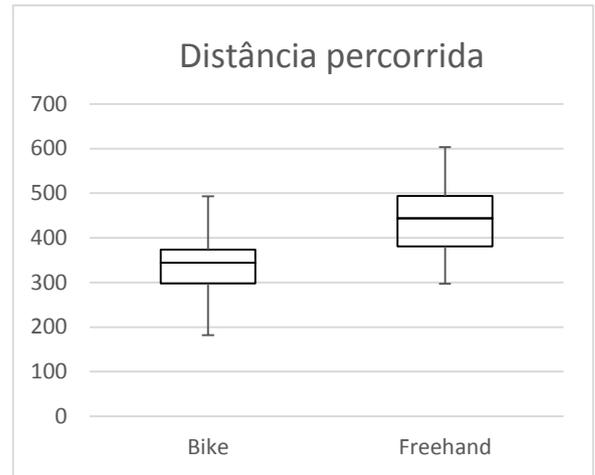


Figura 53 - Boxplot para a distância percorrida

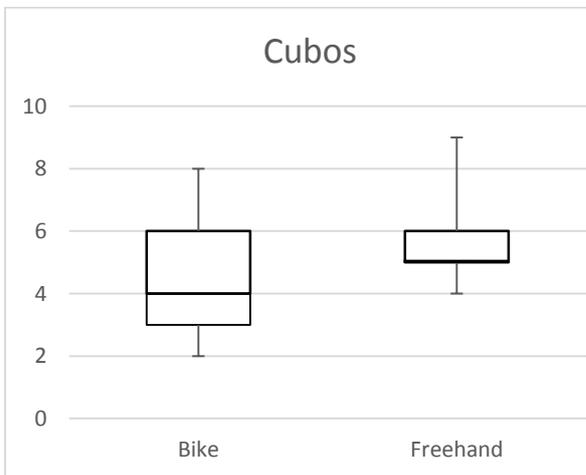


Figura 52 - Boxplot para o número de cubos capturados

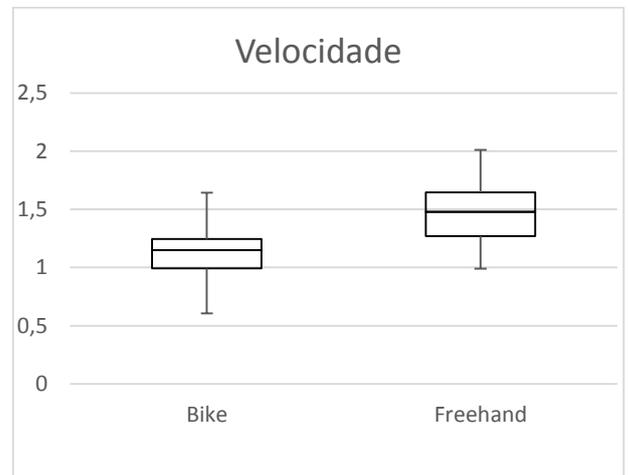


Figura 54 - Boxplot para a velocidade média atingida

Ao terminar a experiência os utilizadores responderam a um questionário (Anexo 5 – Questionário ao utilizador para a navegação) quanto ao grau de satisfação das diversas características. É possível ver na Figura 55 a mediana dos resultados obtidos.

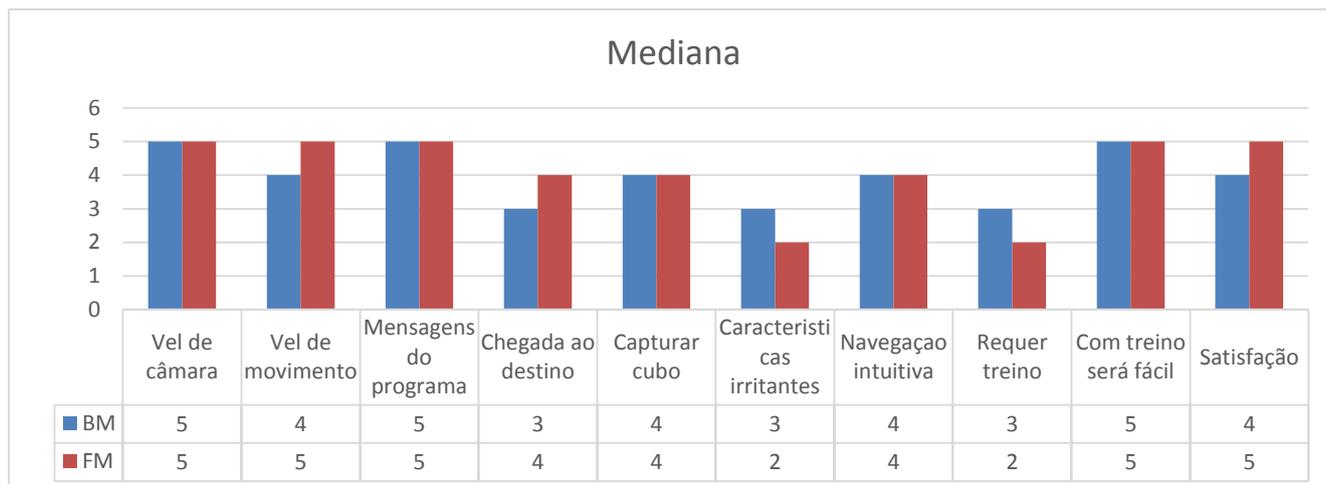


Figura 55 - Mediana do grau de satisfação quanto às diversas características

Analisando o gráfico é possível ver que a maioria dos utilizadores achou que o “*Bike Mode*” requer um treino maior, mas que com esse treino será fácil de utilizar. Acharam também que este método possuía mais características irritantes, e pode-se justificar pela área de ação definida para os gestos detetados. Foi possível observar a maioria dos utilizadores a realizarem ações muito bruscas, que resultava na imobilização da câmara.

Os utilizadores preferiram o método “*Free Hand Mode*” pois acharam este mais intuitivo e mais próximo do tipo de sistemas já existentes, o que é mostrado no grau de satisfação maior quanto a este método. Contudo uma grande parte de utilizadores revelou em comentários que o “*Bike Mode*” com um pouco mais de treino pode tornar-se mais eficiente que o “*Free Hand Mode*”.

Apesar da existência de 20 cubos a maioria dos utilizadores capturou quatro ou cinco cubos. Isto deve-se à elevada complexidade do labirinto. É possível ver nas figuras apresentadas nos Anexo 7 e 8, que a maioria dos utilizadores não conseguiu formar um mapa mental do labirinto, ficando assim perdido na mesma secção do labirinto.

8. Conclusões e trabalho futuro

O objetivo principal deste trabalho foi estudar métodos de navegação e manipulação de modelos 3D através de gestos utilizando o *Kinect* com vista a integração num sistema instalado num local de passagem que fornece informação aos utilizadores de um departamento universitário (*DETI-Interact*). Para isso foi necessário seleccionar os métodos de interação mais adequados à potencial utilização do sistema, implementar aplicações para permitir demonstrar e testar a sua usabilidade com utilizadores.

Ultrapassadas as barreiras correspondentes à compreensão do trabalho anteriormente realizado e do problema, bem como do domínio da tecnologia a usar, foi possível propor diversos métodos de interação, construir aplicações suficientemente robustas para passar aos testes com utilizadores, conceber os testes de usabilidade e realizá-los. Com base no trabalho apresentado nesta dissertação, é possível concluir que a manipulação de objetos 3D e a navegação em ambientes virtuais detetando os gestos dos utilizadores através de um *Kinect* é viável. Contudo, há que ter em atenção o nível de dificuldade dos gestos implementados. Através dos testes de utilizadores, reparou-se que, apesar do entusiasmo destes ser maior face a aplicações com gestos naturais, existiu alguma dificuldade na realização de tarefas, que, se não for tida em atenção, pode levar a uma desmotivação do utilizador. Ainda assim, a análise dos resultados obtidos nos testes com utilizadores, sugere que o “*Mixed Mode*” é o método de manipulação mais adequado para implementar no *DETI-Interact*, pelas razões já discutidas

anteriormente: parece ser mais entusiasmante para o utilizador, e quando bem implementado, pode ter uma usabilidade comparável a um método mais tradicional.

Quanto à navegação, a simulação de movimentos reais é mais simples que na manipulação. Isto deve-se ao facto de não serem necessários movimentos tão precisos. Através dos testes de utilizadores, reparou-se num entusiasmo semelhante em ambos os métodos, apesar de no método “Bike Mode” se sentirem mais frustrados para navegar. À semelhança da manipulação, há que ter um cuidado grande em desenvolver uma navegação em que o utilizador não se sinta demasiado frustrado por não conseguir replicar os gestos necessários. A análise dos resultados obtidos neste segundo teste, mostrou-nos que os utilizadores se adaptam mais depressa a um método que separe ações diferentes com gestos diferentes, mas nada que com um pouco de treino não se adapte. Apesar de requerer mais treino, os utilizadores tiveram uma prestação bastante próxima do método que definiram como “mais intuitivo”.

Como em qualquer projeto existem sempre aspetos que podem ser melhorados. Assim, teria sido interessante ter aperfeiçoado as interfaces gráficas, (principalmente na manipulação de objetos 3D) que ficaram demasiado simples e pouco apelativas, no entanto, o desenvolvimento de uma melhor interface gráfica envolveria mais tempo de aprendizagem do *Unity*, tempo que foi utilizado no desenvolvimento dos *scripts*, que fizeram a comunicação com o *Kinect* e por consequência os gestos reconhecidos, parte fulcral deste trabalho. Ficou também por fazer uma integração deste trabalho no conjunto de aplicações já disponibilizadas pelo *DETI-Interact*, bem como uma fácil adição dos modelos à aplicação. Atualmente só ficaram disponíveis os *scripts* desenvolvidos, e como tal é necessário haver uma construção da cena no *Unity*, o que implica o carregamento do modelo, luzes, posição da câmara e *scripts* desenvolvidos. Para facilitar esse trabalho, pode-se simplesmente alterar o modelo usado nas cenas criadas. Contudo, seria preferível um carregamento automático do modelo, semelhante ao que é feito atualmente com os temas do *DETI-Interact* exposto no departamento.

Como trabalho futuro seria interessante desenvolver ou integrar vários conteúdos 3D para utilizar no âmbito do *Deti-Interact*, como por exemplo visitas

virtuais em 3D do campus da Universidade de Aveiro ou visitas desta ao longo do tempo. Isto seria possível utilizando por exemplo o projeto *virtUA* [46].

Possíveis melhoramentos de *software* incluiriam:

- Correção de imprecisões da deteção do esqueleto pelo *Kinect*, isto acontece quando as condições de luz e reflexão não são as ideais;
- Uma opção para esquerdinos, em falta na versão atual.

9. Referências

- [1] Duarte, F. M. M. (2011). Interação com ecrãs públicos através de um dispositivo móvel. Dissertação de Mestrado. Aveiro.
- [2] Cardoso, I., P. Dias, et al. (2012). Interaction with large displays in a public space using the Kinect sensor. Atas do 20º Encontro Português de Computação Gráfica, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Portugal.
- [3] “Kinect for Windows”, from <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>
- [4] Sousa, T., Parracho, J., et al. (2013). Interação com ecrãs de larga dimensão usando o kinect. Atas da 5ª Conferência Nacional sobre Interação - Interação 2013, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
- [5] “What is motion capture”, from <http://www.organicmotion.com/motion-capture>
- [6] LaViola, J. J. and D. F. Keefe (2011). 3D spatial interaction: applications for art, design, and science. ACM SIGGRAPH 2011 Courses, Vancouver, Colúmbia Britânica, Canadá.
- [7] “FutureLab – Realidade virtual + Wiimote”, from <http://www.futurelab.com.br/site/laboratorio-geral/tour-3d/>
- [8] “Nintendo’s Tech Support Forums”, from <http://techforums.nintendo.com/thread/18920>
- [9] “Tracking Users with Kinect Skeletal Tracking”, from <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131025.aspx>
- [10] “Kinect Sensor”, from <http://i.msdn.microsoft.com/dynimg/IC534687.png>
- [11] “Playstation Move Announcement”, from <http://hypebeast.com/2010/3/playstation-move-announcement>
- [12] “Microsoft’s Project Natal: What does it mean for game industry?”, from http://news.cnet.com/8301-10797_3-10253892-235.html
- [13] “Wii”, from <http://en.wikipedia.org/wiki/Wii>
- [14] “Playstation Eye”, from http://pt.wikipedia.org/wiki/PlayStation_Eye

- [15] “Playstation Move Wand Controller”, from <http://www.playstationmove.org.uk/>
- [16] “Leap Motion Teardown”, from <https://learn.sparkfun.com/tutorials/leap-motion-teardown>
- [17] “Leap Motion to Sell Exclusively Through Best Buy”, from <http://www.technologyguide.com/news/leap-motion-to-sell-exclusively-through-best-buy/>
- [18] “Leap Motion and HP to embed gesture controls in PCs”, from <http://www.theverge.com/2013/4/16/4228142/leap-motion-built-into-hp-pcs>
- [19] Matsumura, K. K. and R. Sonnino (2011). FUSION4D - Interface natural e imersiva para manipulação de objetos 3D. Monografia. São Paulo, Brasil.
- [20] “Ferramenta Arthron”, from <http://gtavcs.lavid.ufpb.br/downloads/>
- [21] Castro, R. H. (2012). Desenvolvimento de Aplicações com uso de Interação Natural: Um Estudo de Caso voltado para Vídeo Colaboração em Saúde. Monografia. Paraíba, Brasil.
- [22] Blanchard, B., M. Benton, et al. (2011). Kinoogle - Final Report. Department of Computer Science and Engineering Texas A&M University.
- [23] Kamel Boulos, M., B. Blanchard, et al. (2011). "Web GIS in practice X: a Microsoft Kinect natural user interface for Google Earth navigation." International Journal of Health Geographics **10**(1): 45.
- [24] “Google Earth”, from <http://www.google.com/earth/>
- [25] “Microsoft XNA Game Studio 4.0”, from <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=23714>
- [26] “Unity – Game Engine”, from <http://unity3d.com/>
- [27] “What is the future of XNA in Windows 8 or how will manged games be developed in Windows 8?”, from <http://gamedev.stackexchange.com/questions/22292/what-is-the-future-of-xna-in-windows-8-or-how-will-manged-games-be-developed-in>
- [28] “Microsoft confirms XNA is over”, from <http://www.develop-online.net/news/microsoft-confirms-xna-is-over/0113943>

- [29] “PS4 to get Unity-powered games thanks to new Sony deal”, from <http://www.expertreviews.co.uk/games/1298776/ps4-to-get-unity-powered-games-thanks-to-new-sony-deal>
- [30] “Unity adding Xbox One support in 2014[Update:2014, not this year]”, from <http://www.joystiq.com/2013/09/10/unity-adding-xbox-one-support-later-this-year/>
- [31] “Unity – Press Releases – 2010”, from <http://unity3d.com/company/public-relations/press-releases>
- [32] “Microsoft Kinect – Microsoft SDK”, from http://wiki.etc.cmu.edu/unity3d/index.php/Microsoft_Kinect_-_Microsoft_SDK
- [33] “Unity and the Kinect SDK”, from <http://channel9.msdn.com/coding4fun/kinect/Unity-and-the-Kinect-SDK>
- [34] “ContentManager.Load Generic Method”, from <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb197848.aspx>
- [35] “3D formats”, from <http://docs.unity3d.com/Documentation/Manual/3D-formats.html>
- [36] “Wavefront .obj file”, from http://en.wikipedia.org/wiki/Wavefront_.obj_file
- [37] “Blender (software)”, from [http://en.wikipedia.org/wiki/blend_\(file_format\)#File_format](http://en.wikipedia.org/wiki/blend_(file_format)#File_format)
- [38] Bowman, D. A., E. Kruijff, et al. (2004). 3D User Interfaces: Theory and Practice, Addison Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- [39] “Autodesk 3ds Max”, from http://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_3ds_Max
- [40] “Starwars xwing”, from <http://3dexport.com/3dmodel-starwars-xwing-22444.htm>
- [41] “Coordinate Spaces”, from <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh973078.aspx>
- [42] Hearn, D. D. and M. P. Baker (2003). Computer Graphics with OpenGL, Prentice Hall Professional Technical Reference.
- [43] “Rigidbody”, from <http://docs.unity3d.com/Documentation/Components/class-Rigidbody.html>
- [44] Dix, A., J. E. Finlay, et al. (2003). Human-Computer Interaction (3rd Edition), Prentice-Hall, Inc.
- [45] “SketchUp - The easiest way to draw in 3D”, from <http://www.sketchup.com/>

[46] “VirtUA | Unity 3D App”, from <http://www.behance.net/gallery/VirtUA-Unity-3D-App/5149131>

Anexo 1 – Lista de tarefas do utilizador para a manipulação

Teste com utilizadores *Manipulação de Objectos 3D usando o Kinect: Lista de Tarefas*

Utilizador Nº: _____

Este documento apresenta uma **lista de tarefas** a serem executadas durante uma sessão de avaliação na presença de um observador.

Estará a ser um contribuidor directo para a qualidade do DETI-Interact e das suas futuras implementações ao participar na realização destas tarefas.

O teste destina-se a avaliar o sistema usado e não o utilizador. Pode formular as questões que achar necessárias ao observador e desistir se assim o pretender.

Esta avaliação será feita através de três testes diferentes com um conjunto de tarefas associadas. Para cada tarefa terá acesso a um período máximo de três minutos de interacção com o modelo.

Depois de terminar cada tarefa, deverá assinalar o grau de dificuldade da sua execução, onde **1** representa o extremo **Difícil** enquanto **5** representa o extremo **Fácil**, e responder à pergunta.

Obrigado pela colaboração!

Teste 1:

Neste primeiro teste irá deparar-se com um conjunto de caixas.
Responda às seguintes perguntas e classifique o grau de dificuldade da tarefa.

Tarefa 1	Conte o número total de caixas presentes neste primeiro teste. Número de caixas: _____				
	----- Nada Fácil <table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table> Muito Fácil	1	2	3	4
1	2	3	4	5	

Tarefa 2	Dois dos tipos de caixas são especificamente de transporte de fruta. Consegue identificar o tipo de fruta? Se sim, diga quais as frutas e qual a cor predominante de cada caixa:				
	<hr/> <hr/> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p style="text-align: right;">Nada Fácil <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table> Muito Fácil</p>	1	2	3	4
1	2	3	4	5	

Teste 2:

Neste teste poderá ver um modelo do Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, IEETA.

Responda às seguintes perguntas e classifique o grau de dificuldade da tarefa.

Tarefa 1	Além do IEETA é possível ver outros dois modelos. Consegue identifica-los? Se sim diga quais:				
	<hr/> <hr/> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p style="text-align: right;">Nada Fácil <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table> Muito Fácil</p>	1	2	3	4
1	2	3	4	5	

Tarefa 2	Conte o número total de janelas presentes do lado do relvado do edifício. Número de janelas: _____				
	<hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p style="text-align: right;">Nada Fácil <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table> Muito Fácil</p>	1	2	3	4
1	2	3	4	5	

Tarefa 3	Espalhados ao longo do modelo encontram-se três números escondidos. Tente encontra-los e identifica-los Números escondidos: _____				
	<hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p style="text-align: right;">Nada Fácil <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table> Muito Fácil</p>	1	2	3	4
1	2	3	4	5	

Teste 3:

Neste último teste poderá ver um modelo de uma das salas de aula do DETI
Responda às seguintes perguntas e classifique o grau de dificuldade da tarefa.

Tarefa 1	Espalhados ao longo da sala encontram-se vários números escondidos. Tente encontra-los e identifica-los Números escondidos: _____ _____ ----- Nada Fácil <table border="1" data-bbox="1018 600 1251 640"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table> Muito Fácil	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		

Tarefa 2	Conte o número total de computadores presentes na sala. Número de computadores: _____ ----- Nada Fácil <table border="1" data-bbox="1018 842 1251 882"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr></table> Muito Fácil	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5		

Fim das tarefas

Anexo 2 – Questionário ao utilizador para a manipulação V1

Manipulação de Objectos 3D usando o Kinect: Questionário ao Utilizador

Instruções: Agradecemos a sua colaboração na realização deste estudo, que tem por objectivo avaliar a *Interface de Utilizador* de manipulação de objectos 3D usando o Kinect para o DETI-Interact e, conseqüentemente, tentar melhorá-lo seguindo os critérios de *Usabilidade*.

A sua colaboração constitui um factor importante para o êxito desta avaliação, por isso solicitamos-lhe o preenchimento deste questionário, cujos dados serão usados com total anonimato apenas para fins científicos.

1. Dados pessoais

NI de utilizador: _____

(assinale com uma cruz as opções correctas)

Género: Feminino Masculino

Idade: _____ **Altura:** _____

Lateralidade: Esquerdino Destro Ambidestro

Tem experiência com dispositivos que possuem ecrã sensível ao toque, acelerómetro ou bússola digital (por exemplo *smartphones*)?

Sim Não

Tem experiência com dispositivos como Kinect, o controlo da consola Wii ou o Playstation Move?

Sim Não

Já experimentou a versão actual do DETI-Interact que se encontra presente na entrada do DETI?

Sim Não

Caso tenha respondido sim na questão anterior, deixe-nos uma opinião sobre a versão actual

4. Gostou da manipulação usada? Se pudesse sugerir outros métodos de manipulação, quais seriam?

FIM

Muito obrigada pela sua colaboração

Anexo 3 – Questionário ao utilizador para a manipulação V2

Manipulação de Objectos 3D usando o Kinect: Questionário ao Utilizador

Instruções: Agradecemos a sua colaboração na realização deste estudo, que tem por objectivo avaliar a *Interface de Utilizador* de manipulação de objectos 3D usando o Kinect para o DETI-Interact e, conseqüentemente, tentar melhorá-lo seguindo os critérios de *Usabilidade*.

A sua colaboração constitui um factor importante para o êxito desta avaliação, por isso solicitamos-lhe o preenchimento deste questionário, cujos dados serão usados com total anonimato apenas para fins científicos.

1. Dados pessoais

NI de utilizador: _____

(assinale com uma cruz as opções correctas)

Género: Feminino Masculino

Idade: _____ **Altura:** _____

Lateralidade: Esquerdino Destro Ambidestro

Tem experiência com dispositivos que possuem ecrã sensível ao toque, acelerómetro ou bússola digital (por exemplo *smartphones*)?

Sim Não

Tem experiência com dispositivos como Kinect, o controlo da consola Wii ou o Playstation Move?

Sim Não

Já experimentou a versão actual do DETI-Interact que se encontra presente na entrada do DETI?

Sim Não

Caso tenha respondido sim na questão anterior, deixe-nos uma opinião sobre a versão actual

4. Por favor deixe um comentário sobre as duas formas de interação, qual gostou mais e porquê, defeitos encontrados e melhoramentos que possa sugerir:

5. Gostou das manipulações usadas? Se pudesse sugerir outros métodos de manipulação, quais seriam?

FIM

Muito obrigada pela sua colaboração

Anexo 4 – Guião do observador para a manipulação

NI de utilizador: _____ Método utilizado: _____ **Guião do Observador**

Teste	Tarefa	Tempo Máximo Tempo observado (mm:ss)	Terminou a tarefa?	Sentiu-se perdido?	Solicitou ajuda	Grau de facilidade observada 1 – Nada Fácil 5 – Muito Fácil				
						1	2	3	4	5
1	1	3m :	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> pouco <input type="checkbox"/> muito <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> qual?	1	2	3	4	5
	2	3m :	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> pouco <input type="checkbox"/> muito <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> qual?	1	2	3	4	5
2	1	3m :	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> pouco <input type="checkbox"/> muito <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> qual?	1	2	3	4	5
	2	3m :	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> pouco <input type="checkbox"/> muito <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> qual?	1	2	3	4	5
	3	3m :	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> pouco <input type="checkbox"/> muito <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> qual?	1	2	3	4	5
3	1	3m :	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> pouco <input type="checkbox"/> muito <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> qual?	1	2	3	4	5
	2	3m :	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> pouco <input type="checkbox"/> muito <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> qual?	1	2	3	4	5

Observações

Anexo 5 – Questionário ao utilizador para a navegação

Navegação em mundos virtuais usando o Kinect: Questionário ao Utilizador

Instruções: Agradecemos a sua colaboração na realização deste estudo, que tem por objectivo avaliar a *Interface de Utilizador* de navegação em mundos virtuais usando o Kinect para o DETI-Interact e, conseqüentemente, tentar melhorá-lo seguindo os critérios de *Usabilidade*.

A sua colaboração constitui um factor importante para o êxito desta avaliação, por isso solicitamos-lhe o preenchimento deste questionário, cujos dados serão usados com total anonimato apenas para fins científicos.

1. Dados pessoais

NI de utilizador: _____

(assinale com uma cruz as opções correctas)

Género: Feminino Masculino

Idade: _____ **Altura:** _____

Lateralidade: Esquerdino Destro Ambidestro

Tem experiência com dispositivos que possuem ecrã sensível ao toque, acelerómetro ou bússola digital (por exemplo *smartphones*)?

Sim Não

Tem experiência com dispositivos como Kinect, o controlo da consola Wii ou o Playstation Move?

Sim Não

Já experimentou a versão actual do DETI-Interact que se encontra presente na entrada do DETI?

Sim Não

Caso tenha respondido sim na questão anterior, deixe-nos uma opinião sobre a versão actual

2. Opinião geral sobre o sistema

Após a utilização do sistema e tendo em conta a sua avaliação final, assinale com uma cruz o círculo que melhor reflecte a sua opinião em relação à utilização do sistema. Caso considere que estas quantificações não são aplicáveis, escolha NA.

2.1. Opinião geral sobre a utilização do *DETI-Interact* (preencha o círculo da opção que melhor corresponde à sua posição)

2.1.1. Bike-Mode:

A velocidade de câmara é adequada.	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				
A velocidade de movimento é adequada.	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				
As mensagens do programa são legíveis.	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				
É fácil chegar ao destino desejado.	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				
É fácil capturar um cubo	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				
A navegação tem algumas características irritantes.	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				
A navegação é intuitiva.	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				
A navegação requer muito treino.	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				
Com treino, a navegação será fácil.	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				

2.1.1. FreeHand-Mode:

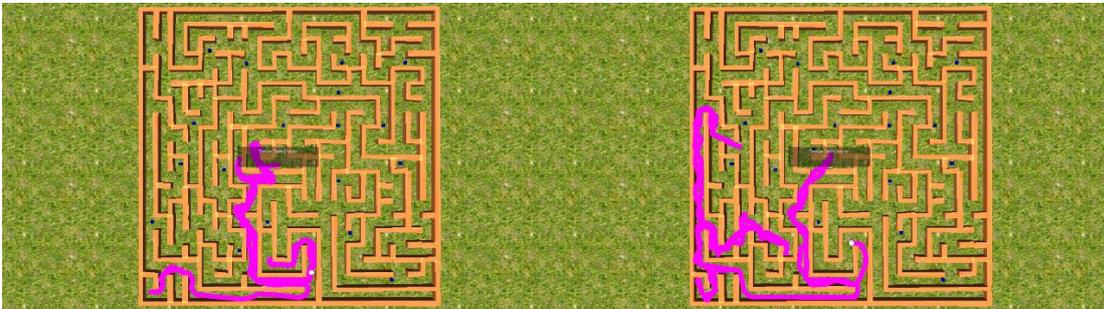
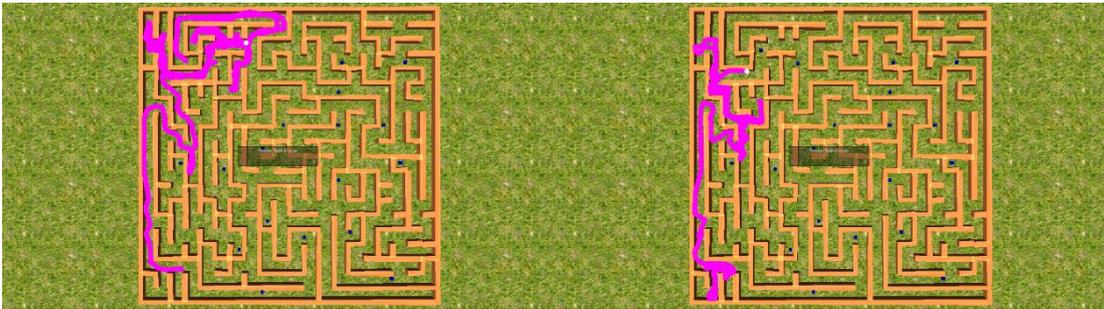
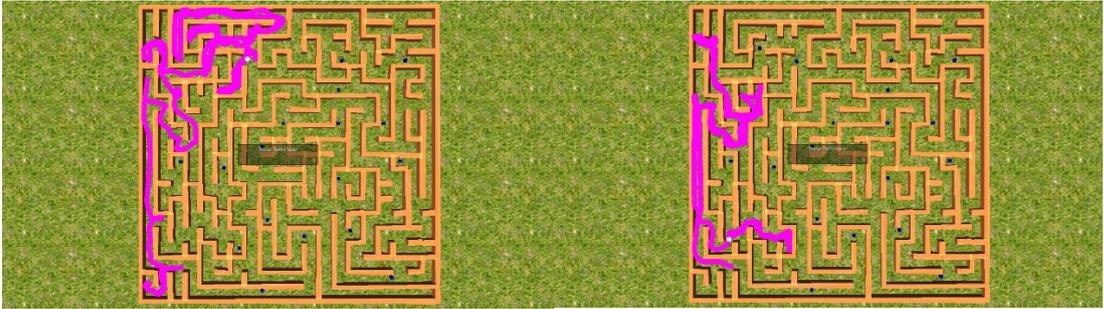
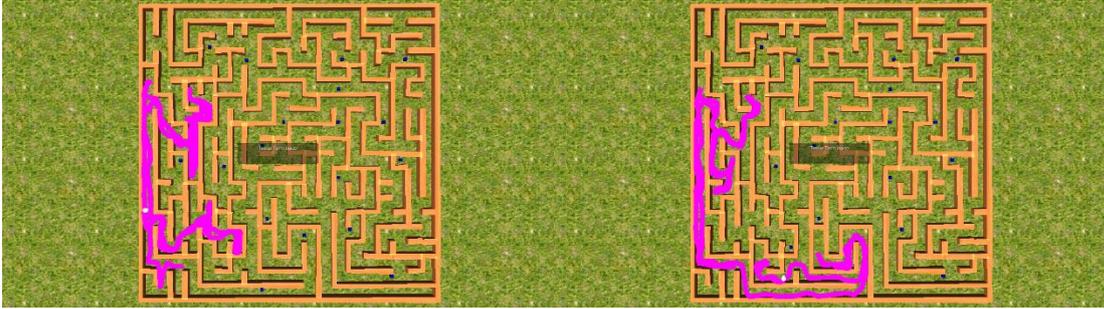
A velocidade de câmara é adequada.	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				
A velocidade de movimento é adequada.	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				
As mensagens do programa são legíveis.	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				
É fácil chegar ao destino desejado.	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				
É fácil capturar um cubo	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				
A navegação tem algumas características irritantes.	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				
A navegação é intuitiva.	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				
A navegação requer muito treino.	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				
Com treino, a navegação será fácil.	Discordo totalmente	<input type="radio"/>	Concordo totalmente	NA				

Anexo 6 – Guião do observador para a navegação

NI de utilizador: _____ **Guião do Observador**

Método	Completo(a) a Tarefa?	Sentiu-se perdido?	Solicitou ajuda	Grau de facilidade observada 1 – Nada Fácil 5 – Muito Fácil					
Bike	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> pouco <input type="checkbox"/> muito <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> qual?	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5					
FreeHand	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> pouco <input type="checkbox"/> muito <input type="checkbox"/>	não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> qual?	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5					

Observações



Anexo 8 – Resultados do labirinto para o “Freehand Mode”

