



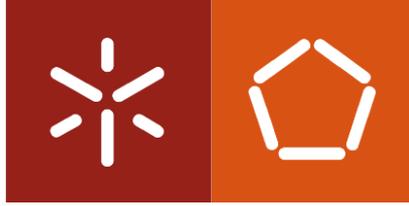
Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Tiago Filipe de Azevedo Abade

**Modelação de Ambientes Ubíquos na
Plataforma APEX**

Novembro de 2014



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Tiago Filipe de Azevedo Abade

Modelação de Ambientes Ubíquos na Plataforma APEX

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia Informática

Trabalho efectuado sob a orientação de
Professor José Creissac Campos
Professor José Luís Silva

Novembro de 2014

Resumo

O teste e o desenvolvimento de ambientes ubíquos podem tornar-se uma tarefa bastante dispendiosa. A necessidade de adquirir ou de construir espaços físicos, assim como de todos os dispositivos que o compõem, como sensores e similares, levanta questões de cariz económico a ter em consideração. Em complemento, convém ter em consideração que nem todos os obstáculos são meramente monetários. Se ponderarmos uma fase mais avançada de um projeto de computação ubíqua, onde poderá ser necessária a recolha e análise de informação de equipamento presente em espaços delicados ou críticos, como o caso de hospitais ou aeroportos, verificamos que quer a nível político, quer a nível de segurança pública, estamos deveras limitados. Deste modo, o desenvolvimento de protótipos de ambientes ubíquos utilizando mundos virtuais surge como uma potencial solução. Neste âmbito, este trabalho descreve a modelação de dois ambientes virtuais, uma Biblioteca com informação de lugares disponíveis e um Lar Residencial inteligente com componentes de prevenção e segurança implementados. A ferramenta utilizada neste trabalho, que permite esse desenvolvimento, é a APEX [14], esta plataforma permite modelar um ambiente à imagem do espaço físico pretendido, com o acréscimo de o comportamento dos objetos poder ser modelado. Assim torna-se possível replicar e explorar variados tipos de instalações tecnológicas de forma segura, bem como permitir a recolha generalizada da informação produzida pelos equipamentos.

Os protótipos desenvolvidos neste trabalho permitiram avaliar uma solução para uma biblioteca universitária e recolher a opinião dos residentes de um lar, possibilitando desta forma, refinar os requisitos dos sistemas.

Abstract

The development and test of ubiquitous environments may become quite expensive. The necessity of acquiring or building physical spaces, and the technologies needed for these environments, like sensors and similar equipment, are economical aspects that need to be considered. In addition, it is also important to understand that not all obstacles are entirely financial. In a latter phase of an ubiquitous project, when it might be necessary to collect and analyse information from equipments in critical spaces, like hospitals or airports, some limitations can emerge. The development of prototypes of ubiquitous environments using virtual worlds can be a potential solution to this problem. Thus, this work describes the modelling of two virtual environments, a University Library with seats availability information, and a “Smart” Care Home, with prevention and security features. The tool used to accomplish this development is the APEX framework [14]. Modelling an environment of this nature, based on the physical one, using virtual data or real data from real sensors, gave us the opportunity to explore the implications and effects of the design and technological decisions.

The developed prototypes allowed to evaluate a solution for a library and gather information on several others solutions for the residents of a Care Home.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Contexto	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Estrutura do Documento	3
2	Plataforma APEX	5
2.1	Introdução	5
2.2	Servidores Aplicacionais 3D	6
2.2.1	OpenSimulator	7
2.3	Viewers	8
2.4	CPN Tools	9
2.5	Plataforma APEX	10
2.6	Conclusões	11
3	Atualizações introduzidas na Plataforma APEX	13
3.1	Especificação das Atualizações	13
3.2	Interligação direta entre a <i>DLL</i> e o OpenSimulator	14
3.3	Comunicação entre a CPN tools e o mundo virtual	15
3.4	<i>Bluetooth</i> e <i>Wi-fi</i>	15
3.4.1	Comunicações <i>default</i> entre dispositivos externos e a APEX	17
3.5	Interface Gráfica	19
3.6	Correr/executar a APEX	21
3.7	Conclusões	22

4	Protótipos Desenvolvidos	23
4.1	A Biblioteca	23
4.1.1	O Protótipo da Biblioteca	25
4.1.2	Componente de Modelação via CPN	26
4.1.3	Componente de Modelação via Script	28
4.1.4	Estudo 1 com Utilizadores	30
4.1.5	Estudo 2 com Utilizadores usando uma CAVE	37
4.1.6	Conclusões	44
4.2	Lar Residencial - 'Casa do Professor'	44
4.2.1	O protótipo do Lar Residencial	47
4.2.2	Componente de Modelação via Script	48
4.2.3	Estudo - <i>Focus Group</i>	53
4.3	Conclusão	59
5	Conclusões e Trabalho Futuro	60
5.1	Resumo	60
5.2	Conclusões do trabalho efetuado	61
5.3	Trabalho Futuro	62
A	Questionário	65
B	Experiência CAVE - Resultados do questionário	68

Acrónimos

3D	Three-Dimensional
APEX	Agile Prototyping for user EXperience
API	Application Programming Interface
BSD	Berkeley Software Distribution
CPN	Colored Petri Nets
DII	Dynamic-link Library
ETSI TS	European Telecommunications Standards Institute - Technical Specification
GUI	Graphic User Interface
IP	Internet Protocol
RFCOMM	Radio Frequency Communication
SDP	Service Discovery Protocol
SPP	Serial Port Profile
UI	User Interface
UM	Universidade do Minho
UUID	Universally Unique IDentidier

Lista de Figuras

2.1	Arquitetura da plataforma APEX	11
3.1	Emparelhamento <i>Bluetooth</i>	16
3.2	Exemplo de luz de aviso do sensor de queda	18
3.3	Interface Gráfica da APEX	20
3.4	Consola APEX/OpenSim	21
3.5	Mensagem se o CPN não estiver corretamete inicializado	22
4.1	Biblioteca Geral da Universidade do Minho	24
4.2	Secções de mesas/cadeiras	24
4.3	Comparação física/virtual da biblioteca	25
4.4	Sensor de Tecto	26
4.5	Sensor de Pressão	26
4.6	Painel Alfanumérico	26
4.7	Painel LED	26
4.8	Modelo CPN Sensor de Lugar/Porta	27
4.9	Script OpenSim de um dos sensores de pressão	29
4.10	Experiência da simulação virtual da Biblioteca UM	31
4.11	Gráfico third-person detalhado (10 pessoas)	34
4.12	Nível de Satisfação	35
4.13	Preferência apenas pelo painel LED	42
4.14	Preferência de ambos os painéis	42
4.15	Casa do Professor	45
4.16	Real vs Protótipo	46
4.17	Protótipo da 'Casa do Professor'	47
4.18	Botões de Emergência - WC	49

4.19	Botões de Emergência - Cama	49
4.20	Sensor de Queda - Luz de quarto	50
4.21	Aplicação Android Geral	50
4.22	Notificação da Aplicação Android de uma queda	50
4.23	Luzes de presença até ao WC	51

Lista de Tabelas

4.1	Questionário DI - Votações dos utilizadores	36
B.1	Questionário CAVE - Votações dos utilizadores	69

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contexto

A Computação Ubíqua pode ser descrita como uma inexistência de percepção por parte do Homem em relação à Máquina aquando da interação entre os dois. Por outras palavras, os sistemas de computação ubíquos são capazes de integrar e alinhar as suas características com as ações naturais do ser humano, com o objetivo de se manterem ocultos à percepção deste, mas mantendo sempre a interatividade, por vezes involuntária, entre os dois (ver [10]). Sendo uma área em grande ascensão, a presença destes sistemas começará a ser inevitável no nosso quotidiano, assim como a dependência criada por eles. É neste contexto de evolução que este trabalho pretende explorar a melhor forma de prototipar ambientes ubíquos, simulando o seu comportamento real. No trabalho é analisada e documentada a concepção de dois protótipos desta natureza bem como os métodos utilizados neles. Mais concretamente, pretende-se desenvolver protótipos que repliquem adequadamente a biblioteca da Universidade do Minho e o espaço físico de um Lar Residencial de 3ª Idade existentes na cidade de Braga, com o objetivo de introduzir possíveis melhorias às experiências nos espaços em questão. Para o primeiro caso é simulada uma tecnologia sobre a disponibilidade dos lugares que permite dar informação aos utilizadores da biblioteca sobre os lugares disponíveis no seu interior, através de painéis eletrónicos modelados para tal. No segundo caso,

são implementadas funcionalidades de segurança e prevenção, abrangendo funcionários e utentes, utilizando não apenas informação presente no mundo virtual, mas também fazendo uso de dados provenientes de sensores reais, como giroscópios e acelerómetros, para complementar comportamentos no mundo virtual.

Para o desenvolvimento de tais ambientes, este trabalho utiliza uma ferramenta de prototipagem, a plataforma APEX (Agile Prototyping for user EXperience) [14]. A ferramenta é responsável pela comunicação dos dados desde o mundo virtual até ao mundo real, e vice-versa, pela modelação e comportamento dos objetos dinâmicos e não-dinâmicos presentes no mundo virtual, bem como pela interação destes com o utilizador, e deste último com o mundo virtual em que está inserido.

1.2 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho consiste em validar a plataforma APEX enquanto ferramenta de prototipagem de ambientes ubíquos. Para tal, foram desenvolvidos dois protótipos com a particularidade de serem espaços inteligentes. Estes espaços estão equipados com sensores e ecrãs interativos que pretendem facilitar e fornecer informações aos seus utilizadores sobre o ambiente, mas também tentam desempenhar funções a nível de prevenção e segurança. Para aprofundar o impacto que estes protótipos têm junto dos utilizadores finais, foi feita uma avaliação para averiguar se a experiência resultante das simulações é, de facto, uma mais-valia e que contributos traz numa pré-avaliação de um projeto real desta natureza.

Os protótipos são simulados tendo por base um servidor aplicacional 3D, o OpenSimulator¹, uma ferramenta *opensource* de simulação virtual usada pela plataforma APEX. Em complemento a esta ferramenta *opensource*, e de modo a conseguir a experiência pretendida de concepção e exploração dos objetos que compõem tanto o espaço como o seu recheio, é usado um *viewer*², uma aplicação que permite visualizar e interagir com o mundo virtual. Poste-

¹<http://opensimulator.org/> (acedido pela última vez em 28/10/2014)

²<http://opensimulator.org/wiki/Connecting> (acedido pela última vez em 28/10/2014)

riormente, para fins de modelação e de implementação dos comportamentos dos objetos, são utilizados dois métodos, uma ferramenta presente na APEX baseada em Coloured Petri Net [12], a CPN tools³, e *scripts* em LSL (Linden Scripting Language), a linguagem própria do OpenSimulator⁴. A plataforma, assim como todos os seus componentes, são explicados na secção 2.1 em maior detalhe, assim como as melhorias introduzidas na plataforma APEX.

O protótipo do lar virtual de 3^a idade, e do ambiente da Biblioteca, foram projetados com o intuito de obter resultados que tornem possível a avaliação do impacto causado pela introdução de tecnologias no quotidiano dos utilizadores desses mesmos espaços. No lar residencial é esperado que o protótipo construído possa fornecer serviços de informação e alerta, a partir das leituras obtidas de sensores e dispositivos físicos que poderão estar presentes no lar, de modo a se poder simular, auxiliar, alertar ou aperfeiçoar possíveis rotinas de *check-up* realizadas quer pelo pessoal de apoio presente na casa sénior, quer pelos próprios utentes. Para avaliar o interesse e nível de aceitação dos serviços planeados foi efectuado um *focus group* com os utentes e colaboradores da casa.

Na simulação da biblioteca são utilizados questionários, a par da simulação, para os utilizadores deste protótipo fornecerem o seu *input* sobre painéis públicos lá presentes (localização, design, funcionalidade, etc.) que têm o intuito de lhes fornecer informação sobre a disponibilidade e a localização dos lugares da Biblioteca.

1.3 Estrutura do Documento

Este capítulo contextualizou e apresentou os objetivos do trabalho: o desenvolvimento de dois protótipos baseados num ambiente ubíquo virtual através da plataforma APEX e dos seus componentes. Todas as tecnologias e métodos utilizados pela APEX são apresentados no Capítulo 2. O Capítulo 3 foca-se na descrição das novas funcionalidades e atualizações que

³<http://cpntools.org/> (acedido pela última vez em 28/10/2014)

⁴http://opensimulator.org/wiki/Scripting_Documentation (acedido pela última vez em 28/10/2014)

a plataforma APEX sofreu durante o desenvolvimento deste trabalho. O Capítulo 4 é dedicado exclusivamente aos 2 protótipos construídos à imagem dos cenários reais existentes, com estudos realizados que proporcionam avaliar e aferir conclusões não só acerca da plataforma APEX, como também das próprias soluções propostas nos 2 mundos ubíquos virtuais desenvolvidos. O Capítulo 5 descreve o trabalho que seria pertinente desenvolver num futuro próximo, bem como as conclusões retiradas de todo o trabalho realizado.

Capítulo 2

Plataforma APEX

2.1 Introdução

A concepção de um ambiente ubíquo no mundo real é uma tarefa complexa que pode levantar problemas a vários níveis, como na área do *design*, a nível monetário ou até de espaço físico onde será projetado [10]. A título de exemplo, numa tomada de decisões a nível de *design*, os profissionais da área têm de suportar as soluções por eles tomadas. As soluções têm que estar devidamente documentadas para provar que estas têm todas as condições para serem viáveis. Este tipo de decisões, assim que tomadas, dificilmente são reversíveis, ou quando o são, acarretam um custo elevado. Desta forma, encontrar um método que permita que um sistema seja explorado e analisado *à priori* ou paralelamente ao seu desenvolvimento, poderá de facto ser crucial para o sucesso do mesmo. É nesta perspetiva que as funcionalidades da APEX são apelativas.

Em complemento, os protótipos virtuais podem, de facto, providenciar aos *designers* uma excelente forma de verificar as variadas soluções existentes com investimentos reduzidos. Por outro lado, existem controvérsias no que diz respeito à qualidade dos resultados das soluções provenientes destes protótipos, e se a veracidade da suposta informação obtida dos sistemas reais está de facto presente. Se se considerar um espaço físico onde uma enorme quantidade de sensores, dispositivos e utilizadores podem coexistir, o uso

de um protótipo virtual sem funções interativas ou comportamentais, pode não ser satisfatório. Algumas características do sistema baseadas apenas na aparência do objeto e não no seu comportamento, podem comprometer o decorrer natural das ações que o utilizador comum tomaria em cenários reais. Nesta perspectiva, na plataforma APEX, o comportamento destes sistemas no ambiente virtual é definido usando modelos CPN [12] e scripts LSL. Estas características tornam a abordagem de prototipagem de ambientes ubíquos, à imagem de um cenário real, muito mais verosímil do ponto de visto de produto final.

2.2 Servidores Aplicacionais 3D

Os servidores aplicativos 3D são usados para construir e configurar ambientes virtuais permitindo que utilizadores se interliguem, ao mesmo tempo que exploram o espaço em causa, providenciando comunicação em tempo real, e desta forma permitindo a troca de impressões entre os utilizadores. A natureza de um sistema deste tipo é baseada em 3 componentes básicos: Avatars, Regiões e Rede Centralizada (*Centralized Grid*). O primeiro componente, o Avatar, é o objeto virtual que simboliza o utilizador de modo a este poder tomar ações no ambiente virtual, tal como uma pessoa as tomaria no mundo real. Como resultado disso, este objeto pode ser considerado o elo de ligação entre a vontade do utilizador e as ações que ele deseja executar no mundo virtual. A Região é o espaço virtual que rodeia o Avatar, ou seja, o mundo propriamente dito, o ambiente que o utilizador consegue ver e explorar. Este pode conter água, terrenos e objetos personalizáveis pelos utilizadores. A Rede Centralizada ou (*Centralized Grid*) contém informação sobre regiões e a localização do Avatar, bem como informação sobre os respetivos pontos geográficos no mundo virtual. É ainda capaz de manter toda a informação sobre itens específicos que necessitam de estar acessíveis em qualquer circunstância, como os pertences do utilizador. Pode ser visto como um mapa-mundo, contendo os itens dos utilizadores, uma vez que estes são comuns a todas as regiões presentes no mundo.

Contudo, os servidores aplicativos 3D podem por vezes ficar aquém em

alguns aspetos, principalmente se dele for esperado um suporte à construção de um mundo repleto de objetos e detalhes. Servidores como estes, apesar de permitirem a criação de objetos mais básicos, irão sempre possuir uma deficiência na produção de objetos mais específicos e personalizáveis. Contudo para compensar este lado menos apelativo, estes servidores maioritariamente cooperam com ferramentas de terceiros de modo a enriquecerem as suas características e se tornarem mais fortes no que diz respeito à construção e representação específica de ambientes, como as imensas formas de objetos existentes no mundo real em que vivemos. As ferramentas que permitem aceder e visualizar o mundo virtual são chamadas de *viewers*, explicadas em detalhe na secção 2.3. Estas muitas vezes oferecem a possibilidade de carregar para o mundo virtual objetos já concebidos por entidades externas. Um caso concreto desse tipo de situação, é o exemplo da Google 3D warehouse¹ que permite a leitura e carregamento dos seus objetos para o ambiente que o utilizador está a vivenciar. Caso exista a necessidade de criar objetos específicos de raiz, existe também software específico de concepção, como o caso de plataformas como o 3Dmax² ou o Blender³. Para informações comparativas de servidores aplicativos 3D em detalhe ver [14].

2.2.1 OpenSimulator

As ferramentas disponíveis de criação de plataformas *opensource* para ambientes virtuais 3D são difíceis de encontrar, muito devido ao facto de o desenvolvimento passar por soluções quer a nível do cliente quer a nível de servidor, ou seja, algo como a criação de um motor gráfico e de um *viewer* para visualizar objetos no mundo virtual. A criação de uma plataforma de cliente/servidor é demasiado extensa e complexa, e dessa forma, difícil de conseguir. Teria que ser capaz de um processamento gráfico elevado para que seja possível a "renderização" do mundo virtual, assim como a criação de uma componente no sector das GUI (Graphic User Interface) suficiente-

¹<http://sketchup.google.com/3dwarehouse/> (acedido pela última vez em 28/10/2014)

²<http://www.autodesk.pt/products/autodesk-3ds-max/overview> (acedido pela última vez em 28/10/2014)

³<http://www.blender.org/> (acedido pela última vez em 28/10/2014)

mente estável, de modo a servir os requisitos mínimos das ações básicas que um utilizador comum deseja para a sua experiência virtual.

Tendo este pormenor em conta, a plataforma do OpenSimulator especializa-se apenas na área do servidor, oferecendo desta forma um motor de geração de ambientes virtuais 3D capaz de suportar características como grelhas centralizadas e motores matemáticos de física em tempo real. O OpenSimulator torna-se assim, uma ferramenta multi-plataforma (Windows e Linux) e multi-user 3D bastante poderosa, que pode ser usada para produzir ambientes virtuais através de diversos clientes em diversos protocolos.

A plataforma OpenSimulator permite ainda aos utilizadores, personalizações específicas, cooperando e suportando tecnologias diversas, quer a nível da modelação de objetos (Blender3D, Google WareHouse, *viewers*), quer a nível da programação dos comportamentos no mundo virtual, quer através da configuração mais baixo nível através de *dlls* em C#, ou ainda através da construção de *scripts* LSL usando a API (Application Programming Interface) própria⁴.

O OpenSimulator é uma plataforma desenhada para ser extensível e está disponível em código *opensource* sobre a licença BSD. Possui também uma API⁵ que fornece bibliotecas que poderão ser utilizadas para interagir com o servidor.

2.3 Viewers

Este tipo de software é maioritariamente desenvolvido por programadores e empresas independentes, e pode ser dedicado a um ou mais tipos de servidores aplicativos 3D. O *viewer* é uma ferramenta que se interliga com este tipo de servidores introduzindo novas funcionalidades à experiência virtual do utilizador, ou seja, permite a visualização do mundo criado, bem como a exploração e a possibilidade de construção de variados objetos nesse am-

⁴http://opensimulator.org/wiki/Scripting_Documentation (acedido pela última vez em 28/10/2014)

⁵http://opensimulator.org/wiki/Getting_Started_with_Region_Modules (acedido pela última vez em 28/10/2014)

biente. Possuem portanto duas funcionalidades relevantes, são usados como ferramentas de *design* e como método de navegação e interação com o ambiente virtual simulado.

Dependendo do *viewer* utilizado, poderão existir características e funcionalidades adicionais, incluindo serviços exclusivos. Uma funcionalidade comum destas aplicações é a possibilidade do *upload* de objetos provenientes de fontes externas, conforme já referido. Os *viewers* que disponibilizam essa opção estão referenciados como oferecendo a funcionalidade “Mesh”, nome de um dos primeiros *viewers* especializados nessa característica, o “Mesh Project Viewe”. Para uma comparação mais detalhada sobre *viewers* compatíveis com servidores aplicativos 3D, consultar [4] e o site oficial⁶ que apresentam comparações detalhadas das características mais relevantes deste tipo de software.

2.4 CPN Tools

Uma das abordagens utilizadas para a modelação dos comportamentos dos objetos dos dois protótipos deste trabalho é baseada na linguagem Coloured Petri Nets (ver referência [12] para mais informações) através da ferramenta CPN tools. A modelação pode ser descrita como um conjunto de módulos, contendo uma rede de Petri (uma rede de lugares, arcos e transições, que interagem mutuamente). A linguagem para modelação é associada a uma linguagem funcional de programação, usada para definir os tipos de dados de cada objeto dinâmico para desta forma definir comportamento adicional não especificado na rede de Petri em questão. A CPN tools é utilizada para representar sistemas concorrentes, como é o caso dos sistemas ubíquos, disponibilizando ferramentas que possibilitam a verificação das suas propriedades.

Os modelos CPN são uma das tecnologia usadas pela plataforma APEX, permitindo especificar formalmente o comportamento dos ambientes prototipados. Estes modelos são escaláveis e abrangentes, quer isto dizer que, é possível ao programador reutilizar os modelos de um modo acessível, de forma

⁶<http://opensimulator.org/wiki/Connecting> (acedido pela última vez em 28/10/2014)

a desenvolver outros novos tendo como base os anteriormente concebidos, mesmo que estes últimos retratem cenários distintos (ver mais informações e exemplos de *petri nets* em [14], secção 2.2.2).

2.5 Plataforma APEX

Prototipar e simular ambientes de computação ubíqua pode reduzir seriamente o custo de desenvolvimento de projetos de média/grande escala. Este ponto é fundamental, pois através deste tipo de simulação, é possível realizar uma avaliação prévia a vários níveis, com o complemento de se poder fazer a apreciação do protótipo, antes, durante ou após o seu desenvolvimento. Uma vantagem relevante no auxílio aquando da implementação de sistemas ubíquos reais. Um problema na implementação de ambientes ubíquos reais é o facto de, como resultado da avaliação do sistema desenvolvido, poderem ser necessárias correções que requeiram reconfigurações materiais. Algo dispendioso em locais físicos equipados com um número elevado de sensores, objetos dinâmicos e não-dinâmicos. Assim, a plataforma APEX foi concebida de modo a permitir o desenvolvimento de protótipos virtuais em 3D, que auxiliado pelos modelos CPN e *scripts* LSL, torne possível modelar o comportamento de todos os objetos dinâmicos, as vezes que forem necessárias. A plataforma APEX inclui também uma biblioteca de sensores virtuais predefinidos, como sensores de luz e de presença, alguns objetos dinâmicos, como portões, ecrãs, janelas e luzes, assim como os modelos CPN respetivos (ver [14]), simplificando o processo do desenvolvimento dos protótipos.

A plataforma APEX é composta por quatro componentes principais:

1. Componente comportamental: usada para a construção dos modelos CPN onde é especificado o comportamento dos objetos dinâmicos utilizados pelo ambiente virtual;
2. Componente virtual: responsável pela simulação e construção de componentes base do ambiente 3D;
3. Componente física: Usufri de dispositivos externos via *Bluetooth* como

sensores ou equipamentos com características idênticas, como telemóveis e afins, de modo a aumentar a imersividade no mundo 3D;

4. Componente de Comunicação/execução: composta por uma Dynamic-Link Library (.dll) desenvolvida em C#, com o objetivo de fazer de elo de ligação e tornar possível todas as comunicações entre os três componentes anteriormente descritos. Aqui é também possível definir comportamentos e configurações gerais que se pretenda para a plataforma.

Para uma visão mais global da plataforma mencionada, a Figura 2.1 ilustra como os módulos e as comunicações são efetuadas através do elo central, o componente de comunicação/execução, e como através deste todos os outros componentes podem interagir com o mundo virtual desenvolvido.

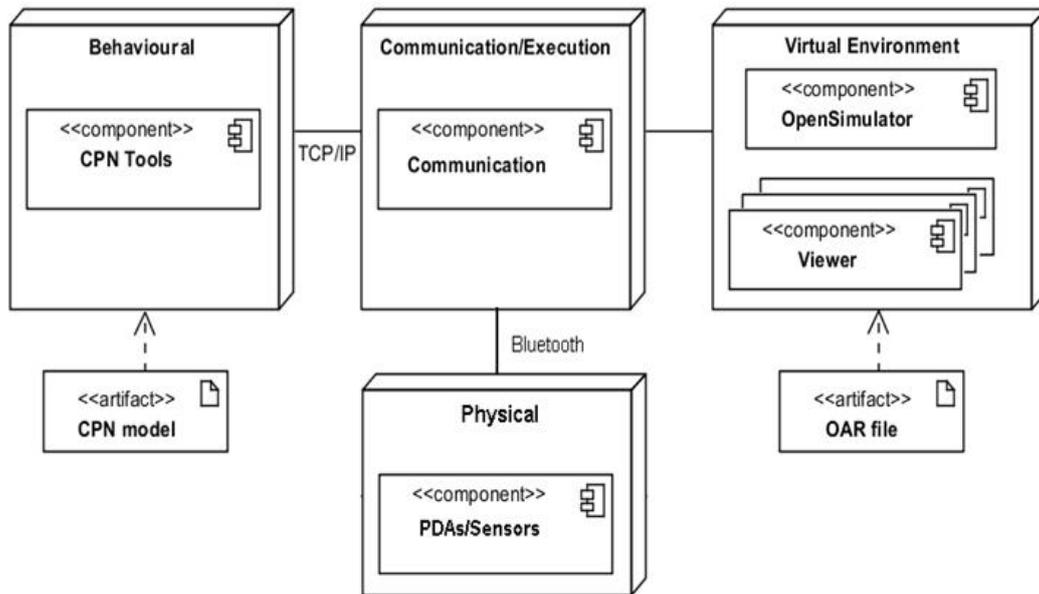


Figura 2.1: Arquitetura da plataforma APEX

2.6 Conclusões

Este capítulo abordou as diferentes tecnologias que serão utilizadas no desenvolvimento dos protótipos propostos. Desde o Servidor Aplicacional, ao

OpenSimulator e aos *viewers* disponíveis, passando também pela ferramenta de modelação baseada em Coloured Petri Nets. Por fim, foi descrita a plataforma APEX, que combina as tecnologias apresentadas no suporte à prototipagem de ambientes ubíquos.

A plataforma APEX é um aglomerado de módulos. Apesar de utilizar um motor gráfico idêntico a outros conhecidos, como o *Second Life*, tem a particularidade de utilizar outros componentes de forma a enriquecer a simulação final apresentada, como é o caso de sensores externos ou comportamentos definidos via *Petri Nets*. É esta característica que faz da plataforma APEX uma ferramenta pioneira na área da prototipagem de ambientes de computação ubíqua.

Capítulo 3

Atualizações introduzidas na Plataforma APEX

Como todo o software, o OpenSimulator e outros componentes que fazem parte da plataforma APEX têm vindo a ser sujeitos a atualizações. Isto refletiu-se principalmente no *core* da *DLL* que faz a comunicação da APEX com o OpenSimulator (componente de Comunicação/execução), fazendo com que esse componente ficasse progressivamente desatualizado em relação às capacidades dos restantes. Desta forma, a *DLL* desenvolvida previamente em C# foi reestruturada por forma a ficar de novo totalmente operacional e eficaz. Foram também adicionados novos métodos de ligação ao módulo Físico que possuía já uma comunicação a dispositivos externos via *Bluetooth*, passando agora a ficar com possibilidade de comunicação *Wi-fi*. Todos estes novos *add-ons* serão especificados ao longo do Capítulo.

3.1 Especificação das Atualizações

Conforme já introduzido na secção 2.5, o módulo em C# é responsável pela comunicação entre todos os constituintes da plataforma APEX. Este módulo necessitou de uma atualização geral de modo a que fosse compatível com as mais recentes versões dos outros componentes. Neste sentido, a *DLL* foi projetada para ser compatível com a versão 0.7.5 do OpenSimulator,

também com possível compatibilidade com a maior parte das funcionalidades da última versão 0.7.6. Para tal, a *DLL* do componente de Comunicação/execução teve que ser reescrita por forma a ficar compatível com a versão mais recente do mecanismo de *region Modules*¹.

Em relação à ferramenta CPN tools, a *DLL* manteve praticamente a sua API. Contudo, não é garantido o seu correto funcionamento com versões acima da 3.4.0. Em relação à atualização em causa, houve uma ligeira modificação no que diz respeito a um dos métodos presentes na *DLL* de Comunicação/execução que faz a ligação entre o mundo virtual e a CPN tools quando sinais comportamentais provenientes das redes Petri são enviados para o OpenSimulator.

Em complemento aos pontos referidos que sofreram alterações, foram também desenvolvidos novos componentes para comunicações *Bluetooth* e *Wi-fi* na plataforma, de forma a possibilitar comunicações com dispositivos externos, bem como foi desenvolvida de raiz uma interface gráfica capaz de facilitar o acesso a todas as funcionalidades que a plataforma APEX tem para oferecer.

3.2 Interligação direta entre a *DLL* e o OpenSimulator

Além da reestruturação da *DLL* do componente de Comunicação/execução, foi também adicionado a esta, uma outra componente na comunicação entre o OpenSimulator e a *DLL*, passando assim a ser possível uma comunicação direta entre os *scripts* LSL do mundo virtual e a o componente de Comunicação/execução, cenário impossível de se realizar utilizando as bibliotecas e APIs base disponibilizadas pela plataforma do OpenSimulator. Esta melhoria não é de todo definitiva ou complexa, mas é sem dúvida uma grande ajuda para casos em que seja necessário partilhar informação personalizada e direta entre as duas componentes sem se estar limitado às opções disponibilizadas pelas APIs do OpenSimulator. Para mais informação sobre este

¹<http://opensimulator.org/wiki/IRegionModule> (visitado em 06/02/2015)

módulo e a sua implementação consultar site do autor [3].

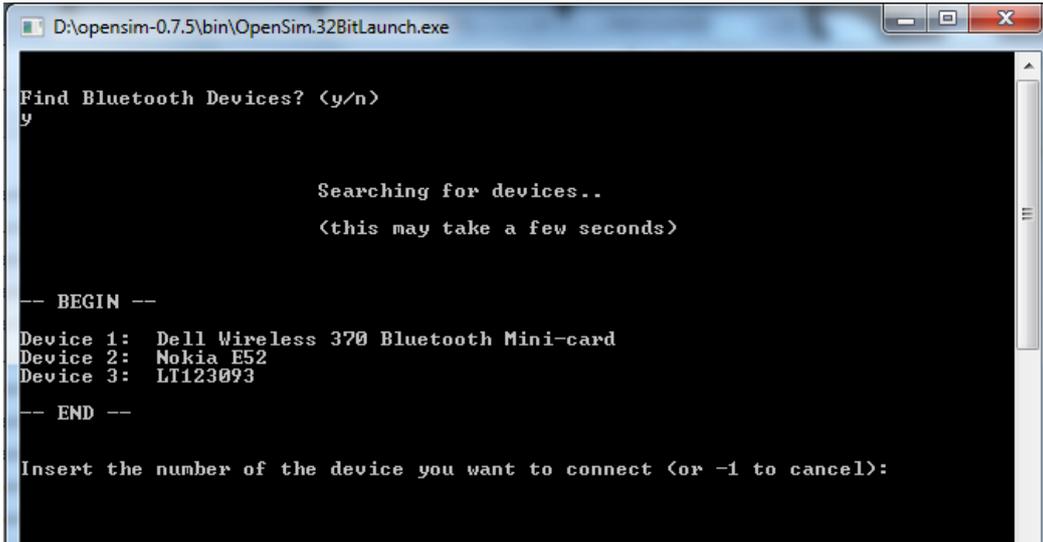
3.3 Comunicação entre a CPN tools e o mundo virtual

A ligação entre a modelação comportamental dos objetos representada nas redes de Petri através da ferramenta CPN tools mantém-se exatamente fiel à original, à exceção de um dos métodos que recebe a informação das redes de Petri, a interpreta e a trata, e posteriormente a envia para o mundo virtual para o objeto em questão, como o exemplo do envio de estados *openGate* e *closeGate* (ver páginas 86 e 87 do capítulo 4 de [14]). É neste último ponto que foi feita a alteração. Conforme estava projetado em [14], quando das redes de Petri era enviado um dos sinais de estado *openGate* ou *closeGate*, a *DLL* recebia, interpretava e tratava a informação, fazendo correr no script do objeto do mundo virtual o método com o nome “*touch_end*”. O atualização implementada manteve toda esta estrutura intacta com a exceção de que agora o sinal proveniente das redes de Petri *openGate* passa a executar no *script* do objeto em questão o método “*touch_start*” e o estado *closeGate* passa a executar o método “*touch_end*”. Uma pequena alteração mas que agora permite fazer executar funções diferentes para estados diferentes uma vez que acionam métodos distintos.

3.4 *Bluetooth* e *Wi-fi*

A componente Física foi outra área que sofreu atualizações, em particular a comunicação da APEX com dispositivos *Bluetooth*. Assim, passou a ser possível a interligação com dispositivos *Bluetooth* sem ser necessário uma configuração de IPs manual, como anteriormente estava definido. Para a deteção dos dispositivos e de todos os serviços que os dispositivos oferecem (UUIDs - Universally Unique Identifier), é usado o protocolo SDP (Service Discovery Protocol). Em relação à comunicação de dados propriamente dita, esta utiliza o perfil SPP (Serial Port Profile) que é baseado na especificação

ETSI TS 07.10 e no protocolo RFCOMM, ver [11] para mais informação. Desta forma é possível detetar e interligar dispositivos *Bluetooth* com a APEX de modo mais acessível e fiável, e assim recolher dados reais provenientes de dispositivos externos, com o intuito de enriquecer o mundo virtual.

A screenshot of a terminal window titled "D:\opensim-0.7.5\bin\OpenSim.32BitLaunch.exe". The terminal displays the following text:

```
Find Bluetooth Devices? (y/n)
y

Searching for devices..
<this may take a few seconds>

-- BEGIN --
Device 1: Dell Wireless 370 Bluetooth Mini-card
Device 2: Nokia E52
Device 3: LI123093
-- END --

Insert the number of the device you want to connect (or -1 to cancel):
```

Figura 3.1: Emparelhamento *Bluetooth*

A ligação de dispositivos via *Wi-fi* foi também implementada. Da mesma forma que para as ligações *Bluetooth*, esta foi desenhada de forma a evitar recorrer à configuração de IPs manualmente, enviando então em sinal *broadcast* na rede local todas as informações necessárias. A forma como está desenhada via *broadcast* evita qualquer configuração ou qualquer tipo de definição de ligação via a plataforma APEX, uma vez que basta colocar o dispositivo externo *Wi-fi* a ouvir o ip *broadcast* da rede local do servidor. Quer no caso do *Bluetooth*, quer no do *Wi-fi*, ambos os dispositivos externos ligados pelo módulo físico à plataforma APEX, têm de ter em execução uma aplicação de resposta à comunicação com a APEX. No caso deste trabalho em concreto, foi utilizado um smartphone Android onde foi desenvolvida uma aplicação capaz de responder à plataforma APEX. Em relação à componente *Wi-fi*, esta aplicação foi desenhada de modo a “escutar” no ip *broadcast* da rede local e na porta (7373) respectiva. No caso da comunicação *Bluetooth*, o dispositivo tem que estar visível de forma a plataforma APEX poder encontrá-lo.

Quando o OpenSimulator é executado via UI da APEX é apresentado na consola OpenSim uma opção sobre se o utilizador deseja emparelhar dispositivos externos *Bluetooth*. Assim que a confirmação seja dada, na consola passarão a ser listado todos os dispositivos detetados no raio do servidor. Depois de selecionado o dispositivo, através de um número da lista que identifica cada dispositivo pelo nome, a APEX devolve uma mensagem de sucesso ou insucesso do ligação, que se positivo, deixa um canal aberto disponível entre o dispositivo *Bluetooth* e o servidor (ver figura 3.1).

3.4.1 Comunicações *default* entre dispositivos externos e a APEX

A APEX permite que sensores/dispositivos externos se liguem através de *Bluetooth* e *Wi-fi* por forma a enriquecer os ambientes. Para que estes sensores/dispositivos consigam desencadear ações/*triggers* dentro da APEX, estes terão que enviar determinadas *Strings* predefinidas para a plataforma, que já se encontra à espera das mesmas. Assim que a APEX deteta estas *strings* executa uma determinada função no mundo virtual. Sendo uma ferramenta em desenvolvimento, qualquer outra ação ou informação que se pretenda enviar para a APEX de forma a que esta possa desencadear ações, terá que ser programada manualmente na *DLL* da componente de Comunicação/execução.

No entanto existem algumas funcionalidades já disponíveis ao alcance de uma *String*, que serão detalhadamente descritas em seguida, com o intuito de serem usadas por utilizadores, sejam eles utilizadores regulares ou *developers*, sem necessidade de terem acesso ou ter que modificar qualquer código.

Casos implementados

1. **Exemplo de Sensor de Queda (acelerómetro):** Ao ser recebida uma string pela plataforma APEX (via bluetooth) com o valor "accltroID1" é ativado um *trigger*. Esse *trigger*, identifica todos os objetos presentes no mundo virtual que possuam no seu campo de propriedades "name" o valor "0#luz", e executa na *script* destes mesmos objetos, o método *touch_end*. No caso da *String* recebida ter o valor "tudoVer-

deOK” o método executado será o *touch_start*. A execução é feita da mesma forma da anterior (ver figura 3.2). Este caso visa suportar a situação em que um acelerómetro é utilizado para detectar uma queda.

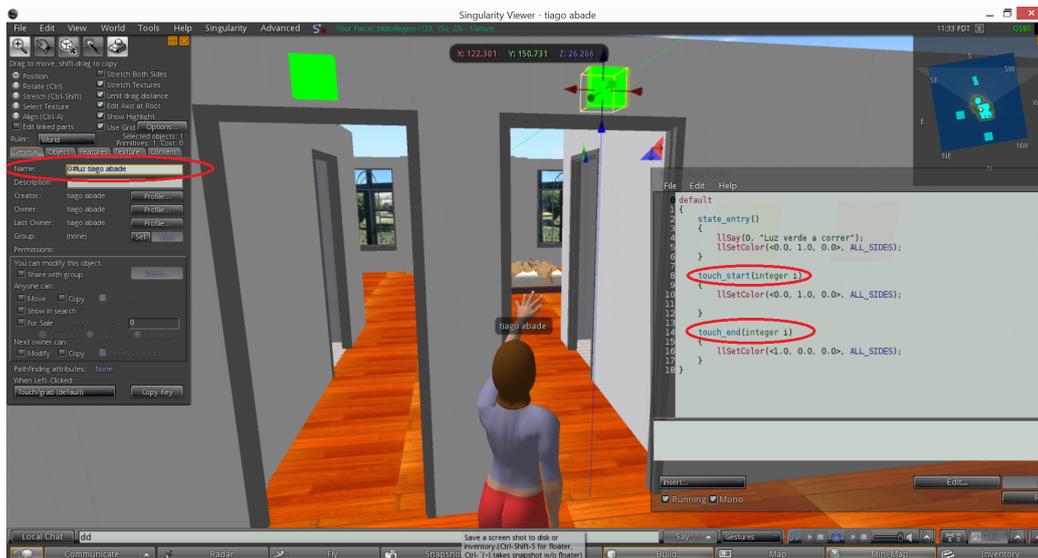


Figura 3.2: Exemplo de luz de aviso do sensor de queda

Este tipo de funcionalidade, ao contrário de outras presentes no projeto, está implementada sem o uso do *add-on* descrito na secção 3.2. A comunicação descrita está feita para operar via *Bluetooth*.

2. **Exemplo de Botões de Emergência:** Esta *feature* está programada com o uso do novo *add-on* descrito e desta forma não é necessário qualquer ação adicional para que a APEX reconheça o objeto (ver exemplo dessas ações e também instruções no Guia de Utilização em [14]). Desta forma, só é necessário escrever na propriedade *name* do objeto o valor “0#botaoAmarelo” ou “0#botaoVermelho” e assim que o comando *modSendCommand()* for ativado na script (ver [3]), a *DLL* deteta o sinal proveniente de um destes IDs e envia em *broadcast* na rede local *Wi-fi* para a porta 7373 a *String* programada na script do OpenSimulator, podendo esta ser trabalhada para o fim que se achar mais pertinente do lado do dispositivo externo. A comunicação descrita foi desenvolvida para operar via *Wi-fi*.

3. **Movimentar o *Avatar* (acelerómetro):** A APEX está preparada para receber determinados IDs que acionam *triggers* que desencadeiam movimentos do *Avatar* no mundo virtual. Para o conseguir movimentar para a esquerda e para a direita (com movimento frontal ao mesmo tempo), os IDs a enviar são as *Strings* com o valor “1” e “4” respetivamente. Para recuar o *Avatar* o ID a enviar é o “3”. O ID “0” faz *reset* à movimentação do *avatar* colocando o “Avatar” parado em modo de espera. Esta *feature* e o seu envio de IDs funciona via *Bluetooth*.
4. **Operação *default* via *Bluetooth*:** Qualquer *String* com qualquer outro valor que não os referidos em 1, 2 ou 3, entra no modo que não é reconhecido pela APEX, e é impressa na consola do OpenSim, podendo esta também ser aproveitada para variados fins.

3.5 Interface Gráfica

Em complemento à reestruturação e aos *add-ons* desenvolvidos para a APEX, foi também desenvolvida uma UI que possibilitasse aos utilizadores usufruir das funcionalidades da APEX de uma forma mais *User Friendly*. Assim foi desenvolvido em C# uma aplicação que oferece diversas opções, entre as quais um modo de comunicação com a consola do OpenSimulator a nível local ou a nível remoto. As funcionalidades disponíveis através da UI são as seguintes:

Funções apenas localhost:

1. Inicialização automática da consola OpenSimulator (ver figura 3.3 (1))
2. Inicialização automática de um *viewer* - Cool VL (se estiver corretamente instalado na máquina) (ver figura 3.3 (2))
3. Leitura de ambientes OARs para o ambiente virtual. Qualquer OAR que se encontre na pasta /bin do OpenSimulator, é automaticamente dado como sugestão na *comboBox*, caso negativo, a opção *browse* de ficheiros também se encontra disponível (ver figura 3.3 (3))

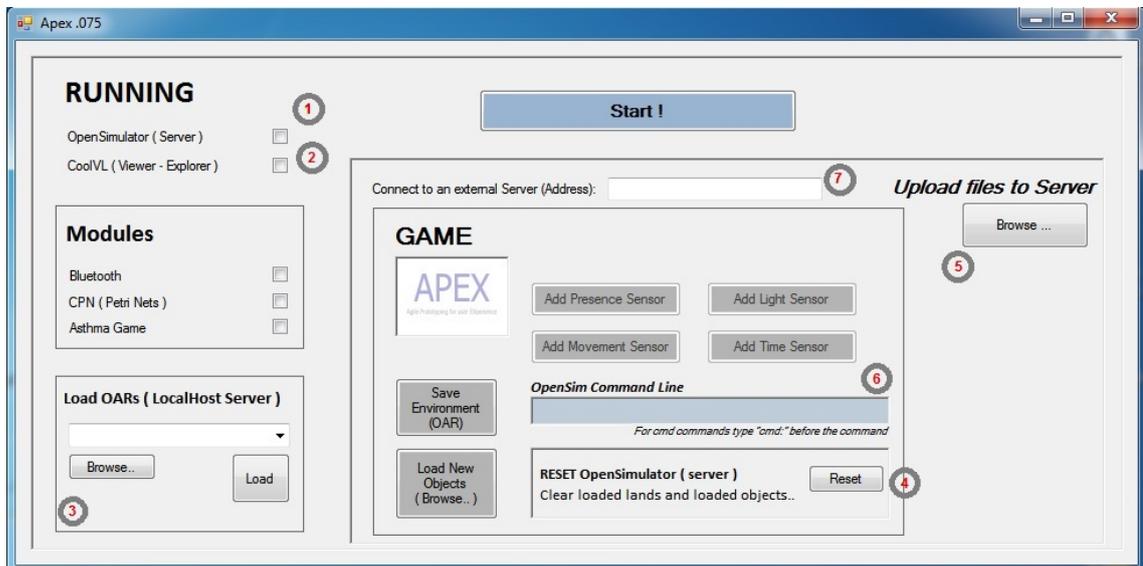


Figura 3.3: Interface Gráfica da APEX

4. *Reset* do ambiente virtual, esta opção elimina todo o mundo virtual presente, assim como todas as informações de utilizadores respetivos ao ambiente (ver figura 3.3 (4))

Funções localhost e remotas:

1. Upload de ficheiros para o servidor. Definição do IP na caixa de texto (ver figura 3.3 (5))
2. Qualquer comando OpenSim desejado, introduzindo a sua sintaxe respetiva na caixa de texto (ver figura 3.3 (6)). Para ver comandos disponíveis e respetivas sintaxes, escrever “help” na caixa de texto. Definição do IP do servidor na caixa de texto (ver figura 3.3 (7))
3. Qualquer comando MS-DOS (cmd) através da caixa de texto (ver figura 3.3 (6)), para tal é necessário colocar o prefixo “cmd:” seguido do comando MS-DOS desejado. O resultado desta operação é retornado em texto para uma nova janela na máquina de onde foi feito o pedido. Definição do IP na caixa de texto (ver figura 3.3 (7))

3.6 Correr/executar a APEX

Neste momento a APEX está aglomerada numa pasta. A chamada da APEX deve ser feita usando o ponto de acesso principal (Apex075.exe) que abre a *User Interface* já referida através da opção 1. Aqui é necessário seleccionar a *checkbox* OpenSimulator e clicar em “Start” (ver figura 3.3) para que a APEX seja corrida automaticamente na sua totalidade. No entanto, a APEX pode também ser inicializada correndo diretamente o ficheiro executável do OpenSimulator (OpenSimulator32.exe), desde que os executáveis estejam na devida pasta referida já preparada para o efeito. Desde que a integridade do conteúdo desta pasta seja mantida, a APEX deverá funcionar corretamente.

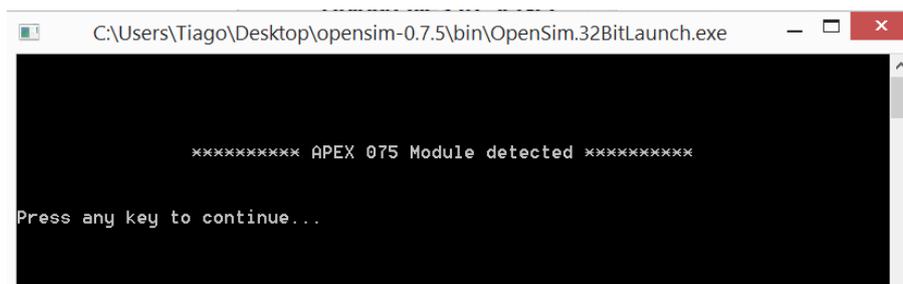


Figura 3.4: Consola APEX/OpenSim

Após a chamada do OpenSimulator, a consola deste aparecerá onde se poderá ver diversos *logs* a correr até que esta irá mostrar uma notificação de que os módulos APEX foram detetados e lidos corretamente. Ao utilizador apenas cabe a tarefa de confirmar tal informação pressionando qualquer tecla do teclado (ver figura 3.4).

Após o passo referido a consola irá continuar a ler os restantes módulos. O seguinte será o módulo *Bluetooth* e é perguntado ao utilizador se deseja ligar dispositivos *Bluetooth*. O utilizador apenas tem que dar o input de “y” para resposta positiva e “n” para passar este passo à frente. No caso de o CPN tools não estar inicializado e por conseguinte a ligação não estar operacional, será também mostrada uma notificação (figura 3.5) de que o módulo CPN não foi corretamente lido. O utilizador deve então pressionar qualquer tecla para continuar com o funcionamento da APEX e do OpenSimulator.

```
** WARNING **
APEX Module error <CPN tools>
If you want to use APEX module with CPN tools you have to run the CPN tools ap
lication properly <Running in localhost along with OpenSim Server>, otherwise CP
N Tools will be ignored.
See details ? <y/n> _
```

Figura 3.5: Mensagem se o CPN não estiver corretamete inicializado

3.7 Conclusões

Este capítulo abordou os diversos pontos sobre o funcionamento e atualizações da plataforma APEX. Desde uma atualização mais detalhada, como a reestruturação do “core” da *DLL* do módulo de Comunicação/execução, até uma interface gráfica construída de raiz de forma a facilitar a utilização da plataforma, foram várias as áreas que sofreram atualizações relevantes. Uma das implementações importantes a salientar foi a introdução de um novo *add-on* que permite a abertura de um canal de ligação direto via envio de *strings* entre o OpenSimulator e a *DLL* do módulo Comunicação/execução, resultando na possibilidade da troca de informação direta entre a programação da *DLL* e a programação *script* do OpenSimulator. Foi também descrita a atualização do módulo Físico em relação à ligação *Bluetooth* e a introdução do complemento *Wi-fi* que passa agora também a estar disponível. De referir também as comunicações *default* programadas prontas a receber a *string* e que irão acionar a respetiva função, algumas disponíveis sobre a tecnologia do *add-on* referida em cima, e paralelamente, em complemento, passam também a estar disponíveis via *wi-fi* e *bluetooth*. Seria também aqui interessante, como trabalho futuro, enriquecer e contribuir para que estas ligações *default* abrangessem mais pontos que não apenas os definidos para os protótipos deste trabalho, bem como evoluir a interface gráfica de modo a que esta fique com mais opções disponíveis, como a adição de novas contas de utilizadores ao mundo ou então o de integrar estas opções *default* já programadas, num modo automático via esta interface ao invés de se ter que as configurar manualmente na *DLL* do módulo de Comunicação/execução.

Capítulo 4

Protótipos Desenvolvidos

De forma a avaliar toda a plataforma que se tem vindo a descrever, em especial a sua viabilidade, foram desenvolvidos e modelados dois protótipos virtuais. O primeiro, é uma representação de uma biblioteca universitária inteligente, neste caso a do polo de Gualtar, Braga, pertencente à Universidade do Minho. O segundo, é uma representação virtual de parte do lar residencial da “Casa do Professor”, uma associação sem fins lucrativos. O edifício que aloja a “Casa do Professor” é multifuncional, sendo utilizado como sede e local de realização de atividades promovidas pela associação e alojando ainda um lar residencial para pessoas de terceira idade. Foi neste último que foi focado o protótipo, tendo sido construída de raiz uma simulação virtual do espaço físico de um dos pisos. Em relação ao protótipo da Biblioteca, este foi reaproveitado de um modelo previamente construído, tendo-se inserido novos comportamentos aos objetos presentes no ambiente. Por outras palavras foi feita a modelação comportamental dos seus componentes.

4.1 A Biblioteca

O ambiente de estudo para o primeiro protótipo é uma biblioteca sediada no campus da Gualtar, Braga. O edifício em causa é constituído por 3 pisos, rés-do-chão incluído, onde se encontra a receção principal. Os dois pisos restantes são idênticos, compostos por uma pequena receção à entrada com

duas portas laterais à esquerda e à direita, que proporcionam o acesso à sala de leitura/estudo. Este último compartimento é constituído por seis secções de mesas/cadeiras, conforme representado na figura 4.2. O espaço físico da Biblioteca geral da Universidade do Minho (figura exterior 4.1 e interior 4.3), apesar de já estar equipado com sistemas de login e requisição de material, não possui ao seu dispor nenhum sistema de representação ou contagem de lugares, uma vez que está ao dispor de todos os alunos da Universidade do Minho, seria uma característica interessante para completar o leque de serviços já oferecidos pela biblioteca. É neste ponto que se baseia o protótipo construído, de forma a se tentar avaliar, *à priori*, se uma implementação de um sistema deste tipo é de todo viável ou não.



Figura 4.1: Biblioteca Geral da Universidade do Minho

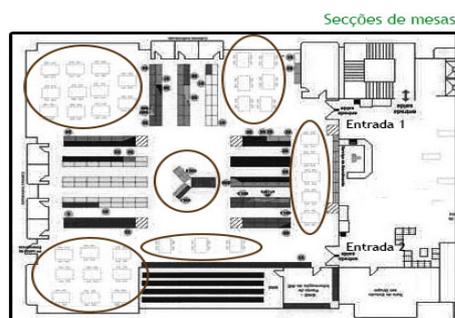


Figura 4.2: Secções de mesas/cadeiras

Como dito acima, um primeiro protótipo da Biblioteca tinha já sido desenvolvido, embora não incluísse as funcionalidades pretendidas. Todo o espaço físico foi modelado utilizando a plataforma APEX. Neste protótipo praticamente todos os objetos, dinâmicos e não-dinâmicos, foram construídos utilizando o *viewer*. Exceção para as cadeiras, caso em que foram reutilizados objetos desenhados com ferramentas externas, como os encontradas por exemplo no Google 3D Warehouse¹, de forma a tornar a simulação mais imersiva e próxima da realidade. Todo o comportamento dos objetos presentes no mundo virtual foi desenvolvido usando exclusivamente ferramentas incluídas na APEX, nomeadamente o CPN tools, os scripts LSL do OpenSimulator e

¹<http://sketchup.google.com/3dwarehouse/>

os métodos desenvolvidos na *DLL* do módulo de Comunicação/execução.



Figura 4.3: Comparação física/virtual da biblioteca

4.1.1 O Protótipo da Biblioteca

O protótipo da biblioteca baseado no espaço físico descrito na secção anterior foi então reestruturado e melhorado, introduzindo-se novos objetos e comportamentos nesse mundo virtual. De entre as várias características programadas para o ambiente estão dois sensores de ocupação de lugar, assim como ecrãs públicos com a informação respetiva da disponibilidade de lugares. Os dois sensores em questão diferem na sua programação, mas ambos possuem o mesmo propósito, o de verificação de presença de um indivíduo nos lugares que a biblioteca disponibiliza.

Um dos sensores em questão, presente no tecto, simula um sensor físico de presença (ver figura 4.4), capaz de identificar a presença de um sujeito no seu raio de “deteção”, enquanto que o outro simula um sensor de pressão presente nas cadeiras (ver figura 4.5) de modo a detetar a ocupação dos lugares através das ações de “sentar”/“levantar” dos utilizadores da biblioteca.

Sempre que uma das cadeiras disponíveis é ocupada ou desocupada, são enviados sinais para todos os painéis informativos (ecrãs públicos), de modo a estes se atualizarem com esta nova alteração. Independentemente do *trigger* que for ativado, seja de um sensor de um tipo ou de outro, esta ação é sempre executada.

Em complemento a estes sensores foram desenvolvidos dois tipos de painéis informativos que informam ativamente sobre o estado dos lugares da biblioteca. Um dos painéis é alfanumérico e o outro ilustrativo, ou seja, um



Figura 4.4: Sensor de Tecto



Figura 4.5: Sensor de Pressão



Figura 4.6: Painel Alfanumérico



Figura 4.7: Painel LED

expressa textualmente a informação, enquanto que o outro fá-lo ilustrativamente através de luzes LED vermelhas ou verdes conforme os lugares estiverem ocupados ou disponíveis respetivamente (ver figuras 4.6 e 4.7). Ambos os painéis recebem informação via sensores para alterarem o seu estado. Depois de receberem a informação para atualização dos painéis, o estado da informação destes é atualizada tendo em conta as instruções de código escritas em script OpenSimulator. Em relação à modelação do comportamento dos sensores para mudanças de estado, o comportamento do sensor de tecto está definido num modelo CPN (ver secção 4.1.2) enquanto que o sensor de pressão está definido em script OpenSim (ver secção 4.1.3).

4.1.2 Componente de Modelação via CPN

No protótipo Biblioteca, o componente modelado via CPN tools é o sensor de tecto (ver figura 4.4). O modelo CPN em causa foi reaproveitado de um já existente (ver [14]) com função de controle de uma porta (gate). A

razão para tal escolha, é o facto de o comportamento do sensor de tecto ser constituído por dois estados (sujeito detetado, logo o contador dos painéis é incrementado; sujeito não detetado, logo o contador é decrementado) exatamente a par do estado de uma porta (detetei sujeito, abrir; não detetei sujeito, fechar).

Detalhadamente o sensor está programado para quando houver um sujeito dentro do seu “raio de visão” (valor definido pelo utilizador utilizando a APEX) executar a ação definida em “open gate”, e no caso de o mesmo sujeito sair desse raio, executar “close gate”. Tanto a primeira como a segunda ação enviam IDs únicos para a *DLL*, e esta comunica com os scripts LSL, que por sua vez, executam o comportamento definido para esse objeto na circunstância do ID recebido, conforma já referido na secção 3.3. Obviamente que qualquer um dos métodos que esteja definido para correr no script, pode ser personalizável.

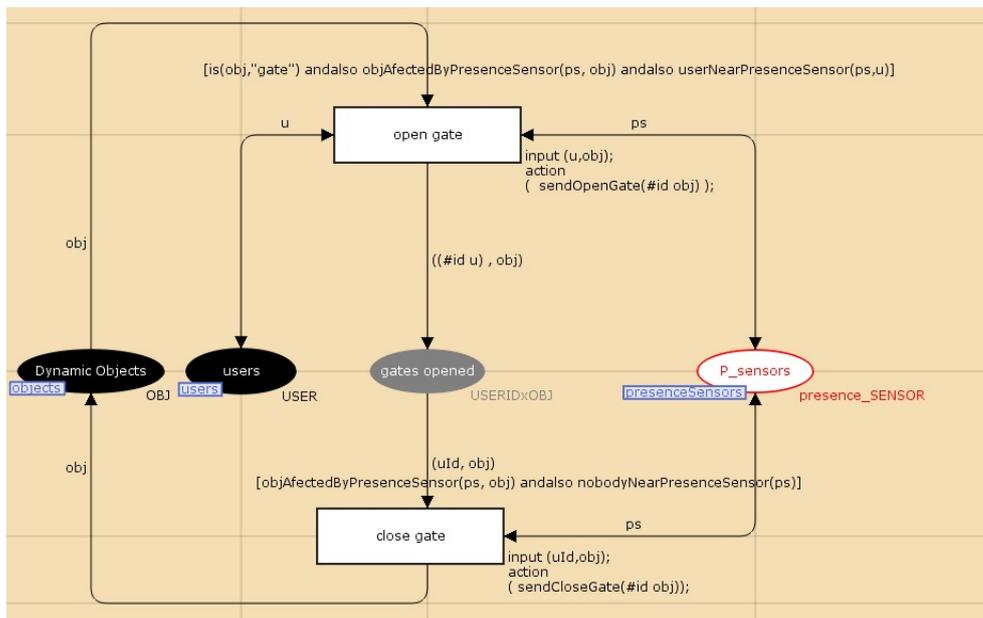


Figura 4.8: Modelo CPN Sensor de Lugar/Porta

O comportamento descrito percorre o seguinte caminho: componente comportamental (CPN tools), comunica com a *DLL* (Comunicação/Execução) e que por sua vez termina comunicando com o OpenSimulator (componente

Virtual), ver secção 2.5. O modelo CPN é ilustrado na figura 4.8. Da esquerda para a direita na figura, o “Dynamics Objects” guarda todos os IDs (nomes atribuídos aos objetos dentro OpenSimulator) dos objetos do mundo detetados pela APEX aquando da sua inicialização. O “Users” detém o nome de todos os utilizadores ligados ao OpenSimulator, e desta forma é possível identificar a interligação entre o utilizador e o objeto em causa. Existem dois estados possíveis neste modelo CPN, aberto e fechado, apresentados ao centro da figura. À direita o “P_sensors” guarda todos os objetos identificados como um sensor de presença pela APEX. Definindo então um objeto como sensor de presença no mundo virtual e atribuindo o nome (id) de “gate” ao painel do mundo virtual, passamos a fazer com que a entrada e saída do raio de ação do objeto sensor de presença, ative o script do objeto identificado como “gate” através do envio das funções *sendCloseGate()* e *sendOpenGate()* que comunicam via a DLL. Esta por sua vez faz ativar a função respetiva dentro do *script* do objeto identificado como o “gate”, neste caso o painel de lugar.

Quer o “Dynamic Objects”, o “Users” ou o “P_sensor” estão interligados a outros modelos mais complexos que tem como função a recolha da informação já referida. Para mais detalhe sobre como são definidos sensores de presença, objetos dinâmicos do mundo e outras configurações da APEX ver [14].

4.1.3 Componente de Modelação via Script

O componente desenvolvido, programado via scripts LSL, tendo em conta a sua API², é um objeto que simula um sensor de presença presente na cadeira. O sensor aqui descrito poderá ter variados fins, mas foi desenvolvido para a funcionalidade de deteção de lugares (ocupados/livres) numa biblioteca. Existe a possibilidade deste sistema ser contornado com uma simples troca de disposição de cadeiras, invalidando a informação da localização das cadeiras disponibilizada pelos painéis LED (ver figura 4.7). Mas o objetivo aqui é mesmo o de explorar as variadas hipóteses que existem em torno da tarefa de implementação de um sistema de controlo de lugares num local típico como é

²http://opensimulator.org/wiki/Scripting_Documentation

a biblioteca da Universidade do Minho. A ideia passa por utilizar protótipos para observar e explorar cenários distintos, podendo assim optar pelo que lhes for mais conveniente. Quer o sensor com comportamento desenvolvido via ferramenta CPN Tools (secção 4.1.2), quer o sensor definido via scripts LSL servem o mesmo propósito, e a plataforma APEX ajuda na observação dos seus comportamentos, bem como providencia uma observação mais generalizada do modo como os utilizadores reagem à sua presença no ambiente, fornecendo informações e apontando problemas que em outras circunstâncias poderiam não ser possíveis de reparar com investimentos reduzidos.

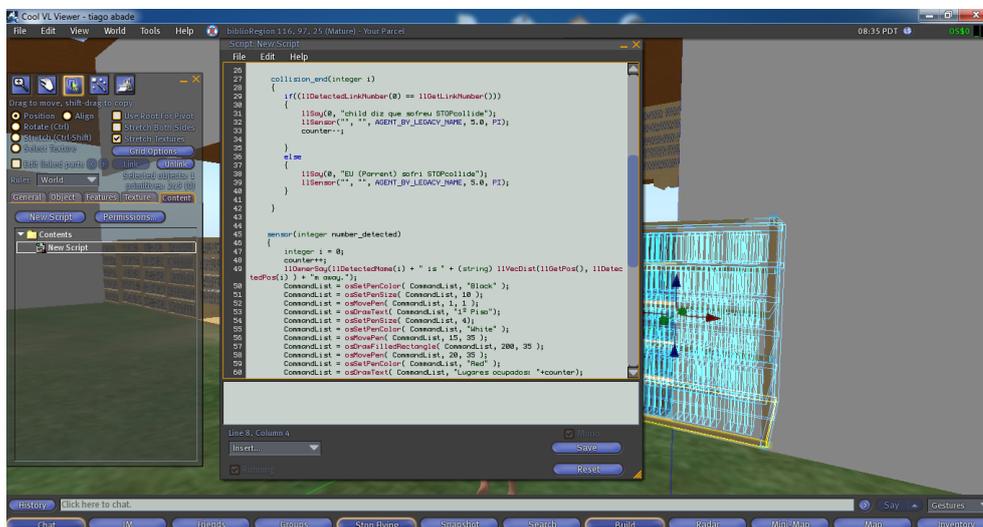


Figura 4.9: Script OpenSim de um dos sensores de pressão

Em relação ao sensor propriamente dito, foi programado um sensor via script usando as APIs do OpenSim, que aciona um *trigger* sempre que um utilizador utilize a ação “sentar/sit down” num dos objetos identificados como “cadeira”. Assim que tal é feito, é executada a ação programada nos métodos dos vários scripts LSL presentes nos sensores, nas cadeiras e nos painéis, objetos esses que estão internamente ligados (exemplo de script usado para um dos sensores, figura 4.9). Toda a API utilizada pode ser consultada no site da plataforma OpenSimulator.

4.1.4 Estudo 1 com Utilizadores

Sem uma adequada validação, nem sempre as opções tomadas na fase de concepção se irão traduzir nas decisões mais acertadas e eficazes. Tendo em vista avaliar, o *design*, comportamentos e a disposição dos painéis, foram realizados testes (ver [1] e [2]) com alunos voluntários que usufruem assiduamente dos serviços da Biblioteca Geral da Universidade do Minho. O objetivo é recolher e avaliar todos os passos dados pelos alunos no protótipo e, com o complemento de um questionário (ver Anexo A), preenchido por cada aluno no final da experiência, tentar identificar as suas preferências. Foram, adicionalmente, registados e tomados em consideração os comportamentos e escolhas efetuadas durante a simulação. Por exemplo, a consulta exclusiva de apenas um dos painéis durante a simulação, é um elemento importante para perceber quais devem ser os pontos a considerar para uma possível implementação física.

Através das opiniões registadas no questionário, e tendo como base as interações que os alunos vivenciaram com os diversos componentes presentes no ambiente, pretendem-se retirar conclusões acerca da aceitação do protótipo. A utilização desta plataforma possibilita a deteção preliminar de potenciais problemas, prestando um auxílio importante na sua futura implementação física. Estas características pretendem reduzir custos, sejam eles monetários ou temporais.

Estudo

Conforme referido na secção anterior, o estudo realizado, na sua essência, tem como função avaliar as preferências dos alunos bem como avaliar qual a localização e o número de painéis de modo a maximizar a utilidade do sistema numa possível implementação física. O estudo foi estruturado tendo como base a interação com o protótipo (ver Figura 4.10) e o preenchimento de um questionário.

No estudo participaram 12 alunos, sendo a média de idades aproximadamente igual a 23 anos. Cerca de 83.3% dos sujeitos (10 pessoas) estava familiarizado com jogos “third-person”. Note-se que, além da avaliação di-

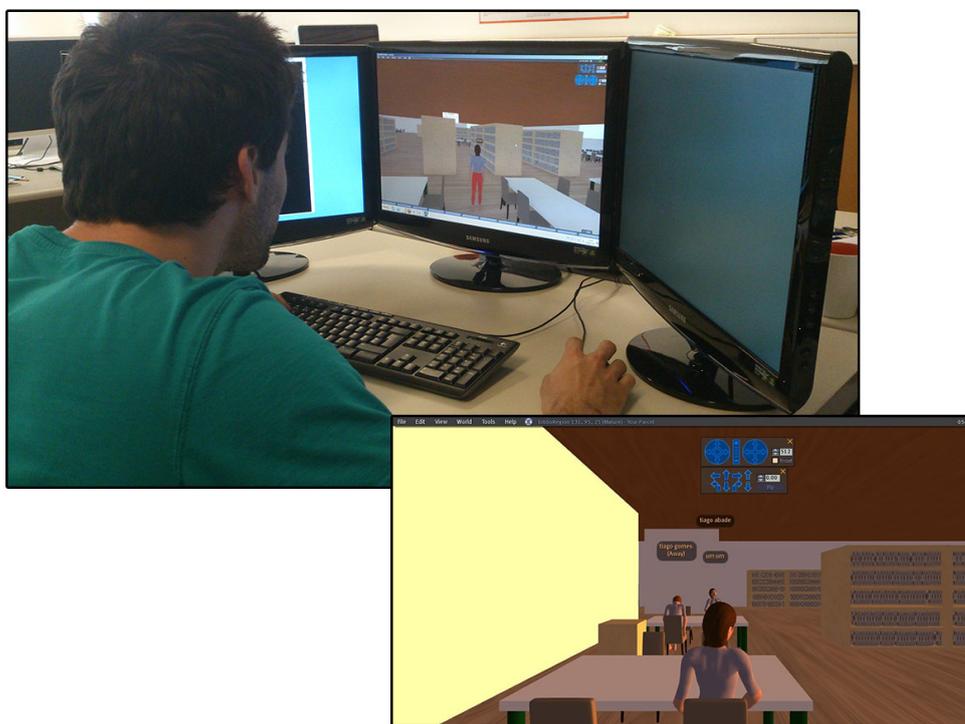


Figura 4.10: Experiência da simulação virtual da Biblioteca UM

reta baseada na opinião dos alunos, foram recolhidas e registadas ao longo da simulação informações através da observação dos seus movimentos e dos caminhos por eles escolhidos durante toda a simulação. De facto, as opiniões que os utilizadores manifestam nos inquéritos/entrevista nem sempre são consistentes com interações realizadas por estes quando interagem com o ambiente. É nesse sentido que é importante recolher esses dados adicionais por forma a efetuar uma avaliação mais rigorosa.

Os alunos foram sujeitos a uma breve introdução sobre o que iam encontrar na simulação. Foi-lhes indicada a tarefa a realizar, entrar na biblioteca e deslocarem-se até a um lugar disponível como habitualmente fazem na biblioteca real, só que agora essa tarefa seria realizada com o auxílio de painéis informativos. Devido a algumas limitações materiais os alunos utilizaram a simulação individualmente ou aos pares mas sempre em máquinas individuais. De notar que foram introduzidos utilizadores virtuais (*bots*) previamente sentados de forma a preencher alguns dos lugares disponíveis ao público de

forma a tornar a experiencia mais próxima da realidade.

Não foram introduzidas limitações de tempo para os alunos realizarem a tarefa dando liberdade para que estes pudessem explorar o ambiente tranquilamente.

Questionário

Ao longo das suas 36 questões, o questionário elaborado (ver Anexo A) abordou pontos não apenas diretamente ligados aos painéis eletrónicos, mas também com outros aspetos que pudessem interferir na formulação de opiniões sobre estes. Em particular, e de um modo geral, pretendia-se perceber se as opiniões formuladas pelos utilizadores eram fundamentadas num ambiente com boas características de imersividade. Assim, o questionário está dividido em diferentes secções que abordam pontos distintos mas interligados. Esses pontos são:

1. caracterização dos sujeitos de teste, incluindo a experiência prévia em jogos que utilizam comandos e funções idênticas aos de exploração que são fornecidos pela plataforma APEX
2. avaliação do protótipo enquanto ferramenta de avaliação, aqui inclui-se o grau de imersividade proporcionado pelo protótipo, a sua utilidade e a satisfação dos sujeitos com o mesmo
3. avaliação da solução prototipada – aqui incluem-se questões sobre a localização, estética e comportamento dos painéis

Resultados

Proveniente deste questionário, obtiveram-se impressões para possíveis reformulações de várias componentes em trabalho futuro. O questionário em si foi elaborado de forma a que os utilizadores desta experiência pudessem fornecer toda a informação necessária dentro do questionário. O facto deste possuir no seu conteúdo campos como “Pontos fortes/fracos” ou “observações gerais” permitiu recolher mais *feedback* por parte dos utilizadores. Exemplo disso

são dados recolhidos como, a referência de um dos utilizadores não ter dado preferência a nenhum dos painéis apresentados, mas sim o de achar pertinente agrupar os dois tipos de painéis em apenas um. Um dos outros pontos a ter em consideração, era perceber se as opiniões fornecidas pelos utilizadores são influenciadas pela familiaridade destes com ambientes deste género, estilo *third-person*, mas de facto, não foi identificada nenhuma evidência que sustentasse essa relação.

Avaliações

Toda a informação recolhida dos questionários foi processada e dividida em secções para facilitar a observação dos resultados e a obtenção de conclusões. Numa escala de *Likert* de 5 pontos, onde 5 simboliza a total concordância, dos cerca de 83.3% dos utilizadores familiarizados com jogos “*third-person*”, 90% destes atribuiu uma nota maior ou igual a 4 no que diz respeito à naturalidade e facilidade em reconhecer o ambiente apresentado (ver figura 4.11). Foi obtida uma moda de 5 quer no reconhecimento que o protótipo permite na identificação de alternativas às soluções apresentadas, quer no reconhecimento das vantagens de recriar este tipo de ambientes como pré-requisito da sua construção física.

Em relação aos 16,7% não familiarizados com jogos “*third-person*”, estes perfizeram uma moda bimodal de 3 e 4 na naturalidade e interação com o ambiente, e de 4 e 5 no reconhecimento de vantagens em utilizar esta abordagem como pré-requisito. Apesar de uma cotação mais baixa por parte destes utilizadores menos experientes a nível da naturalidade de interação com o ambiente virtual, é de sublinhar que ambos reconhecem que este tipo de estratégia, não só auxilia decisões do projeto durante o seu desenvolvimento, como também proporciona que as decisões tomadas vão de encontro ao que é o desejado pelo consumidor final.

A secção de satisfação apresenta resultados relativamente altos, como o caso dos pontos sobre recomendação da abordagem para validação de outros ambientes e sobre a utilização deste método para explorar problemas em outras áreas, apresentando-se modas de 5 em ambos os casos, conforme

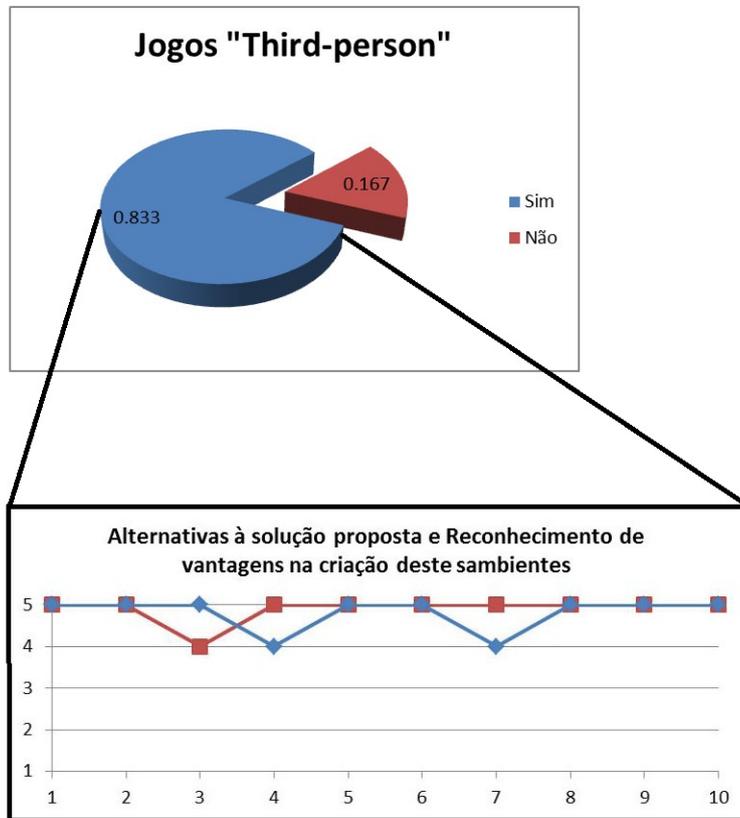


Figura 4.11: Gráfico third-person detalhado (10 pessoas)

indica o gráfico de frequência na figura 4.12. Estes valores demonstram uma satisfação e uma percepção da abordagem apresentada aos 12 inquiridos.

A secção de painéis de lugar, no ponto onde é afirmada a vantagem de uma implementação real destes painéis na biblioteca, todos os inquiridos, à exceção de um, “concordaram totalmente” com a ideia apresentada, conferindo-lhe nota 5 em 91,6% dos casos.

Quando questionados sobre a possibilidade de ser utilizado apenas o painel de LEDs, 75% dos utilizadores atribuíram a essa possibilidade uma nota menor ou igual a 3, dando pois preferência à colocação de ambos os painéis. Contudo a realidade observada durante a simulação, foi a verificação de um

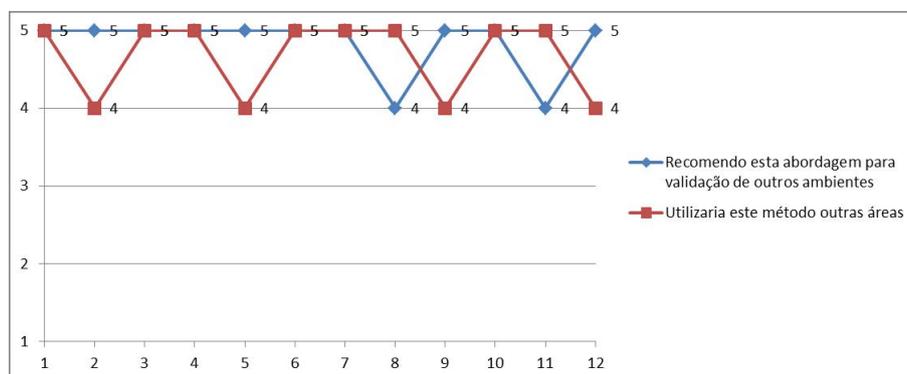


Figura 4.12: Nível de Satisfação

movimento bastante mais significativo em volta do painel de LEDs do que nos numérico. Na verdade, durante a simulação, em que ambos os painéis estavam à disposição dos utilizadores, a tendência de praticamente todos foi a de ignorar o painel alfanumérico, dando a ideia que a consulta dos mapa LEDs era suficiente para tomarem a sua decisão.

A secção sobre a localização, foi outro factor abordado no questionário, e obteve uma moda de 3 quanto à correta localização dos painéis. Nas observações, e apesar de variadas opiniões, a mais saliente foi a de colocar painéis alfanuméricos também nas recepções de cada um dos pisos. Segundo a preferência demonstrada pelos utilizadores, a localização dos painéis alfanuméricos deveria ser prioritária na entrada de cada piso com um painel de cada tipo, ao invés da eventual solução apresentada dos painéis no centro da sala. Eventualmente colocá-los também na receção de cada um dos pisos, mas colocar claramente um painel do tipo LED no centro da sala de leitura em vez do alfanumérico, de modo a que os alunos presentes na sala possam ter noção imediata da localização de cada lugar disponível na eventual saída ou chegada de um aluno na divisão em que se encontram.

Quando abordados sobre a necessidade de um sistema de autenticação no local que permitisse reservar um lugar específico, 83,3% respondeu com nota igual ou inferior a 3, indicando uma potencial rejeição dessa funcionalidade.

Para melhor percepção das respostas dadas dos utilizadores nesta simulação numa forma global, a tabela 4.1 ajuda a detalhar os resultados

Perguntas/ n° votos medido em escala Likert	1	2	3	4	5
A manipulação dos conteúdos disponíveis é fácil			2	9	1
Reconhecer o cenário real apresentado foi imediato			1	9	2
Naturalidade e facilidade em reconhecer o ambiente apresentado		4	7	1	
Identificação de alternativas às soluções apresentadas			1	3	8
Vantagens em recriar este tipo de ambiente como pré-requisito da sua construção física				2	10
Vantagem de uma implementação real dos painéis na biblioteca				1	11
Correta localização dos painéis		3	5	4	
Preferência apenas pelo painel LED		5	4		3
Implementação do sistema de Login	1	6	3	2	
Recomendação da abordagem para validação de outros ambientes				2	10
Utilização deste método para explorar problemas em outras áreas				4	8

Tabela 4.1: Questionário DI - Votações dos utilizadores

obtidos.

Conclusões

Esta experiência descreve a aplicação da plataforma APEX a uma biblioteca, tendo sido explorada a possibilidade de introdução de tecnologia que permita aos seus utilizadores uma mais fácil identificação dos lugares disponíveis. No caso em concreto a solução proposta passa pela introdução de sensores e de ecrãs públicos no espaço de uma biblioteca.

Através do estudo efectuado com alunos utilizadores da própria biblioteca da Universidade do Minho, onde se baseou a simulação do ambiente inteligente da biblioteca, foi possível verificar a viabilidade da plataforma APEX e avaliar a utilização destes ambientes virtuais como protótipos de sistemas de computação ubíqua, bem como obter informações sobre as soluções nele propostas.

4.1.5 Estudo 2 com Utilizadores usando uma CAVE

Depois de um primeiro estudo feito com utilizadores da biblioteca da Universidade do Minho com resultados elucidativos, colocou-se a possibilidade de aprofundar a imersividade do teste. A razão deve-se muito aos *feedbacks* obtidos do primeiro estudo, pois criaram alguma especulação sobre se os resultados registados poderiam sofrer influências mais positivas ou negativas dependente do cenário ser, ou não, mais imersivo para o utilizador. De forma a tentar responder a este ponto, foi utilizado um espaço CAVE com projeção do mundo virtual 3D com controlo através um comando *WiiMote* da Nintendo, para assim recriar um ambiente com uma imersividade superior (ver disposição dos materiais da CAVE em [4]).

Ambiente e material usado na CAVE

Este 2º estudo foi efetuado num ambiente próprio para experiências e simulações com um nível de imersividade conhecido por ser de grande dimensão, para saber mais sobre este espaço ver referência [4].

No estudo em causa, e para contribuir para uma imersividade ainda mais completa, foram utilizados óculos 3D e de forma a controlar o avatar de uma maneira menos “mecânica”, foi introduzido um sistema de *joystick* sem fios que recorre a um acelerómetro ou a setas convencionais para mover o Avatar no mundo virtual simulado.

Numa primeira abordagem estava estipulado usar a tecnologia 3D *Active Shutter*, mas por razões técnicas do hardware da CAVE, na altura da experiência, não foi possível usar essa tecnologia, tendo-se então recorrido à tecnologia *Anaglyph* 3D que recorre a uma dupla de cores, de forma a dar profundidade à figura. Embora menos evoluída do que a tecnologia *Active Shutter*, permite, da mesma forma, ao utilizador usufruir de uma experiência a 3 dimensões. Para que tal fosse possível foi necessário encontrar um *viewer* que proporcionasse essa tecnologia. O *viewer* escolhido foi o *Dale's SL viewer*³, (ver [4] para mais detalhe sobre o *viewer* e tecnologias 3D).

³<http://sl.daleglass.net/>

Mover o Avatar - *WiiMote* e *Glove Pie*

Conforme referido na secção anterior, foi usado um *joystick* sem fios para providenciar ao utilizador uma experiência toda ela imersiva. O *joystick* usado foi o *WiiMote* da Nintendo. Para se poder personalizar as *features* que este tem para oferecer, é usada a aplicação *GlovePie* ⁴. Esta aplicação possibilita personalizar de que forma serão executadas as ações que o *joystick* tem para oferecer. Por exemplo, é possível ao programador configurar o botão 'A' da *WiiMote* para que quando este seja pressionado, seja executada uma ação no PC, como por exemplo, premir a tecla 'Enter' do teclado, fazendo com que desta forma sempre que se carregue no botão 'A' da *WiiMote*, a ação da tecla 'Enter' do teclado do PC seja executada. Para o conseguir, é necessário seguir alguns passos, nomeadamente:

1. **Emparelhamento *Bluetooth*:** é necessário que a *WiiMote* seja emparelhada com um sistema Operativo, no caso em concreto foi usado um Windows 7.
2. **Script *GlovePie*:** é necessário desenvolver um script⁵ de forma a atribuir aos botões da *WiiMote* funções reais no PC e por conseguinte à plataforma APEX. Recorrendo à API disponibilizada⁶ pela *GlovePie* é possível personalizar as *features* a executar ao gosto do programador .
3. **Executar o script:** Para executar o *script* desenvolvido é necessário fazer *paste* do mesmo na aplicação *GlovePie* e fazer *RUN*, e a partir deste momento o script está a correr, interligando a *WiiMote* e o PC em questão, e o utilizador deve prosseguir de forma normal à que faria, apenas com o cuidado que a partir deste momento os botões e movimentos da *WiiMote* acionam funções de teclado e/ou rato do PC em uso.

⁴<http://glovepie.org/>

⁵<http://ivy.di.uminho.pt/apex/wiiscript>

⁶http://glovepie.org/w/index.php?title=Main_Page

4. Como resultado da script desenvolvida, o *WiiMote* passa a ter as seguintes funcionalidades:

- (a) Mover rato com sensor luz da wii (infra vermelho) - activar/desactivar função: Botão 1 e 2 da wii
- (b) Mover rato com setas da wii: Botão B(botão de trás) + setas wii
- (c) Setas do teclado: setas convencionais da wii
- (d) Zoom in/zoom out: Botões - e + da wii
- (e) Clique esquerdo do rato: Botão HOME da wii
- (f) Clique direito do rato: Botão A da wii

No que diz respeito à exploração do mundo virtual, para uma melhor experiência do utilizador, quando usado em *third-person* usar a opção (c). Quando usado em *first-person* usar opções (a) ou (b).

Para saber mais informação sobre o *joystick WiiMote* em si, os seus componentes ou a sua interligação ao sistema operativo ver [4], secção 5.2.2.

Estudo

O estudo em causa englobou 9 pessoas da Universidade do Minho. Todos os 9 alunos situavam-se na faixa etária entre os 20 e os 30 anos de idade, e assim como o primeiro estudo efetuado, os representantes foram da Universidade do Minho, mas desta vez do *campus* de Guimarães. Conforme já referido, a experiência foi efetuada num espaço CAVE. Este espaço permite uma maior imersividade ao utilizador uma vez que o coloca num ambiente fechado com visão direta apenas para as telas/ecrãs, espécie visão de cinema. (ver [4] para mais informação sobre a disposição do espaço CAVE).

Tal como na Experiência 1 (secção 4.1.4), foi dado aos utilizadores uma breve introdução sobre o que iam encontrar na simulação. Foi-lhes então indicada a tarefa que teriam de realizar. Entrar na biblioteca e deslocarem-se até ao lugar que achassem pertinente, como habitualmente fazem na biblioteca real, só que agora essa tarefa seria realizada com o auxílio de painéis informativos, da mesma forma que a primeira, sendo a única diferença a

questão da imersividade e do material menos convencional, como o *joystick* sem fios e os óculos 3D.

O estudo foi realizado com a função de avaliar as preferências dos alunos e avaliar qual a localização e cardinalidade dos painéis de modo a maximizar a utilidade do sistema numa possível implementação física.

O preenchimento de um questionário foi também requisitado aos utilizadores no final da experiência. A simulação em si, foi feita individualmente por cada aluno de forma singular e independente, com a presença de apenas mais um utilizador, que proporcionava o cenário de uma pessoa a percorrer os corredores da biblioteca conforme poderia acontecer na realidade. O restante ambiente da biblioteca estava preenchido com *bots*, personagens automáticas que simularam os utilizadores normais de uma biblioteca, por forma a tornar a experiência mais próxima da realidade. Não foram introduzidas limitações de tempo para os alunos realizarem a tarefa dando liberdade para que estes pudessem explorar o ambiente tranquilamente.

A experiência foi então levada a cabo colocando um utilizador de cada vez, num local estratégico em frente à tela de projeção na CAVE (ver organização e arquitetura do material da CAVE em [4]), cap. 4), onde o utilizador se encontrava com os óculos 3D colocados e o comando *WiiMote* na mão. Uma vez que se notou uma falta de afinação por parte do acelerómetro da *WiiMote* em relação ao movimento do avatar, a ação para colocar o avatar em movimento foi efetuado recorrendo às setas convencionais da *WiiMote*, e as ações de sentar/levantar ou interagir com objetos, aos botões da mesma.

Questionário

O questionário fornecido aos utilizadores no final da simulação foi precisamente o mesmo feito na Experiência 1 (secção 4.1.4), efetuada no Departamento de Informática da Universidade do Minho (ver questionário no apêndice A), por forma a então ser possível comparar os resultados obtidos e aferir se existe uma diferença substancial de opinião quando colocamos os utilizadores num ambiente mais imersivo.

Resultados e Avaliações

Em termos de resultados, a familiaridade em jogos *third-person* registou aproximadamente 50% para cada lado, 5 alunos (55.5%) familiarizados e 4 alunos (44.4%) sem familiarização. Note-se que quer na Experiência 1 quer na Experiência 2 (embora mais expressivo na 2) foram registados valores muito semelhantes entre os alunos familiarizados e não familiarizados com jogos *third-person*, não se tendo achado relevante dar destaque a cada um dos resultados individualmente. Assim, os resultados recolhidos apresentam-se com essa particularidade. O ponto da naturalidade e facilidade de reconhecer o ambiente apresentado, numa escala de *Likert* de 5 pontos, onde 5 simboliza a total concordância, 77.7% dos inquiridos atribuiu valor 4 e 22.2% valor 3, resultado mais baixo comparativamente à Experiência 1, que registou 90% de inquiridos com nota igual ou superior a 4, possivelmente devido aos alunos desta experiência (Experiência 2) serem alunos residentes do campus de Guimarães e não de Braga, e por conseguinte passarem menos vezes na biblioteca geral da Universidade do Minho, que está sediada no campus de Gualtar, em Braga. Contudo o ponto mencionado é meramente subjetivo. Ainda assim todos eles atribuíram nota de concordância quanto ao seu reconhecimento perfazendo uma moda de valor 4 na Experiência 2. Em relação ao reconhecimento de achar relevante recriar estes ambiente e os seus componentes como pré-requisito à sua construção física, todos os inquiridos colocaram as suas notas com valores de 4 e 5, situando a moda no valor 5 com seis registos (66.6% dos votos) muito à semelhança da Experiência 1, esta com moda bimodal de 4 e 5.

Na secção de satisfação, sobre a recomendação da abordagem para validar e explorar outros ambientes foram registados valores de 4 e 5 em todos os utilizadores à exceção de um que atribuiu nota 3, colocando a moda no valor 4 com cinco votos, apesar dos restantes três votos de valor 5.

Quanto aos painéis, no reconhecimento da vantagem de ter uma implementação real dos painéis apresentados na biblioteca da UM, todos os 9 alunos atribuíram nota igual ou superior a 4, registando-se cinco votos de valor 4 e quatro de valor 5. Embora isto perfaça uma moda de valor 4, note-

se que a diferença para a Experiência 1, com moda 5, é relativamente baixa. Quanto ao ponto da preferência apenas do painel LED a disposição dos valores foi um pouco dispersa, conforme ilustra o gráfico 4.13, registando-se valores desde o nível 1 ao nível 5.

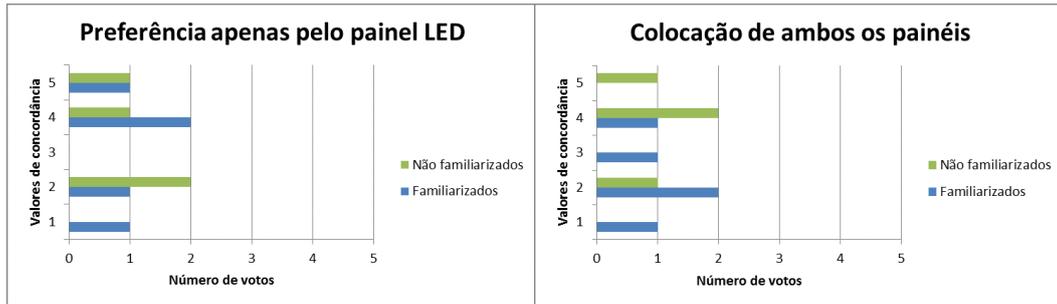


Figura 4.13: Preferência apenas pelo painel LED

Figura 4.14: Preferência de ambos os painéis

A pergunta em que se dava preferência de ambos os painéis também registou a mesma disparidade de dados, conforme ilustra a figura 4.14. Pensa-se que tais resultados podem advir da falta de compreensão do questionário, fazendo com que os inquiridos se possam ter sentido um pouco confusos. Apesar de no *briefing* ter sido feito o esclarecimento do mesmo, onde foi referido que, se tanto a pergunta de preferência do painel de LED ou a de ambos os painéis fosse negativa, se iria presumir que o alfanumérico seria o eleito. É possível que os utilizadores tenham dado uma interpretação diferente, ou mesmo não terem compreendido de todo a informação fornecida. Comparando com os resultados da Experiência 1 em que se obtiveram notas inferiores ou iguais a 3 relativamente à preferência de apenas o painel LED, foi aferido que a preferência seria por ambos os painéis, devido aos valores e ao *feedback* registado através das observações e da interação com os utilizadores, mas de facto já na Experiência 1 se notou alguma dúvida quanto à atribuição das notas nestas questões. A Experiência 2 veio realçar esse facto. Ainda assim, as informações conseguidas através da observação dos utilizadores, quer na simulação, quer no *input* dado pelos mesmos na área de observações do questionário, permitem afirmar que houve uma maior frequência temporal em volta dos painéis de LEDs do que em volta do alfa-

numérico, e que de facto este painel seria o mais apropriado. Foi referido que o painel alfanumérico era incompleto pois apesar de permitir saber quantos lugares se encontram disponíveis, não permite saber onde eles se encontram. Apesar de os dados da Experiência 1 indicarem uma preferência da colocação de ambos os painéis, também já tinha sido referido que com a restante informação o painel LED revelou-se ser o mais apetecível, muito em linha com o que foi também registado na Experiência 2.

No que diz respeito à localização dos painéis, quanto à correta localização destes, foi registado uma moda de 3, exatamente como a da Experiência 1, e mais uma vez a secção das observações teve um ponto fundamental nesta pergunta também, onde se registaram observações em linha com a outra Experiência, como o de colocar os painéis no centro da sala ou como no caso concreto da Experiência 2 colocar um painel de LED fora do edifício à entrada da biblioteca.

No caso da secção do sistema de Login, a Experiência 1 registou notas menores ou iguais a 3, concluindo-se que existia uma indiferença dos utilizadores para este ponto. No caso da experiência 2 houve uma afluência de valores desde a nota 1 à nota 4, dando ideia que as opiniões se dividem no caso da implementação de um sistema de login, uns com total indiferença e outros com bastante interesse. Depois de apurados os *feedbacks* obtidos na área das observações e na interação com os utilizadores, apurou-se que os alunos que responderam afirmativamente ao sistema online de login, queriam era na verdade algo semelhante a uma página web que permitisse fazer *tracking* sobre a disponibilidades dos lugares da biblioteca da Universidade do Minho sem terem que se deslocar ao local para obter tal informação, ponto esse que acabou por ser foco na discussão na sala depois da simulação terminada, e onde praticamente todos, incluindo os que tinham registado valores de 1 (total discordância), concordaram com o ponto de vista dos outros colegas, justificando desta forma os valores por eles atribuídos.

Para uma melhor perspetiva das votações que os utilizadores atribuíram aos vários pontos da simulação, a tabela B.1 em anexo, ilustra as opiniões recolhidas numa escala *Likert* de 1 a 5, onde 1 significa discordar completamente e 5 concordar totalmente.

4.1.6 Conclusões

As duas experiências levadas a cabo, contribuíram para um *input* de informação bastante significativo. Apesar de os questionários só por si não identificarem totalmente as preferências e opiniões dos utilizadores inquiridos em casos concretos, a informação recolhida através das observações efetuadas e comentários, escritas ou pessoais, permitiram chegar a conclusões sobre os pontos abordados. Relativamente à comparação direta, sobre se a imersividade afeta diretamente as opiniões dos utilizadores quanto às soluções propostas, não foram registados quaisquer dados relevantes que sustentassem esse facto, concluindo-se que não há um impacto relevante num cenário de maior imersividade, pelo menos quando relacionado com os pontos abordados, como localizações e o *design* de painéis. Em complemento, pode-se concluir que todos os utilizadores se encontram de acordo nas suas opiniões quanto à viabilidade da plataforma APEX enquanto ferramenta de validação de ambientes ubíquos, pois todos eles referiram e concordaram com a melhoria que esta ferramenta acrescenta em tomadas de decisões sobre a arquitetura, localização e *design* de espaços como os que estiveram em teste, assim como o seu recheio. Sejam elas decisões tomadas antes ou ao longo do desenvolvimento de um projeto, a plataforma APEX acrescenta um auxílio relevante quer a nível monetário, quer a nível da satisfação total do cliente.

4.2 Lar Residencial - 'Casa do Professor'

O segundo protótipo elaborado é baseado num local que opera como lar residencial (ver figura 4.15). O foco de estudo deste segundo protótipo foi colocado na secção do lar, uma vez que aqui se tentou procurar mais a área de segurança e bem-estar, contrariamente ao primeiro protótipo focado mais num ambiente de estudo/leitura para fins de organização da informação disponível, como é o caso de uma biblioteca. Assim este estudo tenta abordar estratégias para facilitar quer o dia-a-dia tanto dos residentes, quer para o *staff* da Casa do Professor, e usa as componentes presentes na APEX, para tentar demonstrar como tais tecnologias se comportariam na situação real.



Figura 4.15: Casa do Professor

O Lar sediado na “Casa do Professor”, tem uma capacidade na ordem dos 15 quartos, alguns deles duplos. Para o estudo foi necessário a autorização do diretor do Lar, e foram marcadas várias reuniões de forma a explicar o que era pretendido, e que interesse é que o Lar poderia ter, em representar num protótipo de computação ubíqua que fosse ao encontro do que seria necessário e/ou pertinente para o local.

Num primeiro ponto foi dada a oportunidade de se explorar o espaço em questão, tirar fotos ao local, bem como perceber que tipo de tecnologias é que já existiam a operar. A residência está coberta com rede wireless, disponível para todo o pessoal presente no interior, incluindo utentes. Em relação ao *staff*, este também possui um sistema interno em rede para armazenamento, registo e troca de informações exclusivo do pessoal. Os quartos estão equipados com um botão de emergência, que na teoria, deve ser acionado quando o utente do quarto necessita de assistência. Segundo foi apurado esse aviso de emergência era recebido na recepção, sendo depois encaminhado para a pessoa responsável para atender o pedido.

Num segundo ponto, foi discutido o que poderia ser introduzido e replicado no mundo virtual de forma a se conseguir um produto capaz de simular e representar as tecnologias pretendidas, para que se conseguisse perceber de que forma é que as mudanças e/ou introduções a fazer afetariam o quotidiano da casa, bem como as regras e normas de seguranças que o Lar cumpre.

No que diz respeito à arquitetura da casa, esta está organizada em 3 pisos, incluindo o rés-do-chão onde se encontra a recepção, o *buffet*, que serve de bar e restaurante, e a zona de convívio. O piso 1 e piso 2 alojam os quartos/dormitórios. Os acessos entre os pisos podem ser feitos via escadas de serviço ou através de dois elevadores.



Figura 4.16: Real vs Protótipo

Depois de obtidos os primeiros desenvolvimentos do protótipo, foi marcada uma segunda reunião com o diretor do Lar, onde foi discutido se o trabalho em desenvolvimento estava a ir de encontro aos interesses do Lar. Achou-se pertinente marcar reuniões de acompanhamento ao longo do desenvolvimento do protótipo, pois era de interesse das duas partes fazer uma representação o mais fiel possível, bem como, demonstrar de que forma é que a plataforma APEX é capaz de ser moldável ao ponto de permitir modificações e introduções de objetos na sua virtualização, sem impacto e custos de importância (ver amostra de uma visualização dos quartos da “Casa do Professor” na figura 4.16).

Um dos exemplos da informação retirada, foi o facto de a escala entre a casa e a visão do *Avatar* não parecer ser natural, dando a sensação que o interior do Lar, como os corredores e quartos, parecerem mais altos e amplos

do que seriam na realidade. Esse e outros pontos que foram levantados foram corrigidos e foram mostrados de novo ao diretor do Lar numa reunião seguinte.

4.2.1 O protótipo do Lar Residencial

Depois de toda a informação recolhida, o protótipo do Lar Residencial começou a ser desenvolvido. Foi então requisitado que fosse replicado o 2º piso do lar residencial, sendo providenciada a planta do mesmo. O objetivo foi fazer a representação à imagem e escala real, introduzindo tecnologias que facilitassem o funcionamento, guarda e segurança do Lar. O resultado final do esqueleto do Lar (ver figura 4.17), nomeadamente o 2º piso, foi desenvolvido não recorrendo apenas a um *viewer* mas também a objetos externos como auxílio para a construção dos objetos no mundo, como no 1º protótipo. Nesta abordagem foi introduzida uma nova aplicação que permitiu um desenvolvimento mais rápido e eficaz do “esqueleto” da casa, por outras palavras, o desenho das paredes, quartos, WCs, do chão e do tecto.

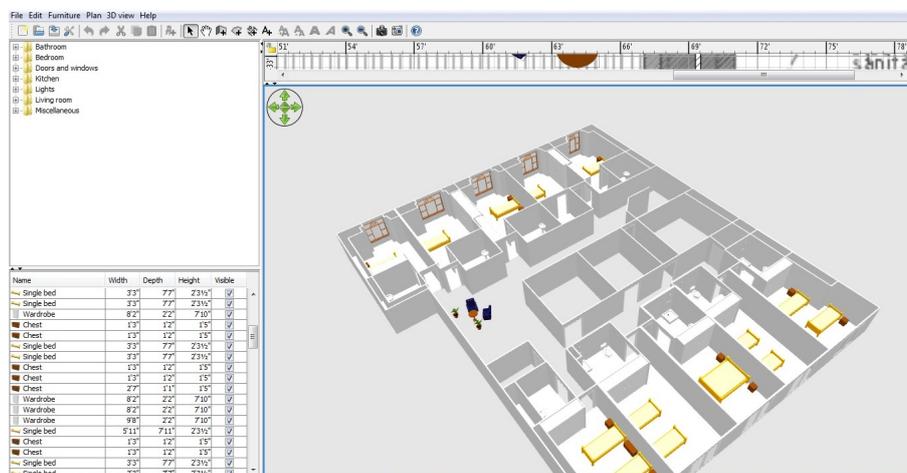


Figura 4.17: Protótipo da 'Casa do Professor'

A aplicação referida é o *Sweet Home 3D*⁷. Esta ferramenta permite colocar uma imagem como *background* permitindo o desenho de paredes externas

⁷<http://www.sweethome3d.com/>

e internas, como divisões de quartos, WCs, corredores e similares, sobre a planta da casa, dando uma perspetiva geral ao utilizador sobre o que está a ser feito. Depois de construídos, a aplicação *Sweet Home 3D* permite exportar o conteúdo para extensão “.obj”. No entanto a maioria dos *viewers* disponibilizados apenas permite leitura de objetos para o mundo virtual em extensão “.dae” (*mesh*) tendo que se converter o formato. Para tal o utilizador pode converter da forma que achar mais adequada, no caso em concreto, foi usado o *blender*⁸ para efetuar tal operação.

Em relação aos restantes objetos (não-dinâmicos), como utensílios de WC, alguns sofás e janelas, estes foram importados da *3D Data warehouse* da Google⁹.

4.2.2 Componente de Modelação via Script

As tecnologias implementadas neste protótipo foram modeladas com objetos de componente *script* via API do OpenSimulator¹⁰. Foi também utilizado como meio de comunicação do mundo virtual para a DLL, o método referida na secção 3.2 para a tecnologia dos botões de emergência, bem como implementados métodos genéricos diretamente na *dll*, componente de Comunicação/execução da APEX, conforme também já referido na secção 3.4.1, para auxiliar e facilitar a utilização destes métodos posteriormente por outros utilizadores que possam vir a usar a APEX.

Em relação às funcionalidades implementadas, de referir que estas foram discutidas com o *staff* do Lar, sempre com acompanhamento da evolução das mesmas principalmente com o diretor do Lar.

De forma a providenciar uma contínua monitorização sobre os utentes da casa, foi desenvolvida uma aplicação Android capaz de agrupar a informação de todas as tecnologias a implementar. A ideia é a de fornecer ao *staff* uma forma de conseguir aceder às informações disponíveis em tempo real, ao mesmo tempo que tenta introduzir uma componente de organização no trabalho do dia-a-dia do pessoal do Lar.

⁸<http://www.blender.org/>

⁹<https://3dwarehouse.sketchup.com/index.html>

¹⁰http://opensimulator.org/wiki/Scripting_Documentation

As tecnologias desenvolvidas para este protótipo foram as seguintes (para mais detalhe dos pontos seguintes ver secção 3.4.1):

1. **Botões de Emergência:** 2 tipos de botões, amarelo e vermelho. O objetivo é o de separar as chamadas não-urgentes das urgentes dos utentes. Informação do acionamento da chamada que o utente efetuou, é verificada via Android app através de tecnologia *Wi-fi* em rede local. Qualquer *smartphone* com essa aplicação ligado à rede local wireless recebe a notificação da chamada do utente. Na simulação, foram mostradas várias localizações para os botões de forma a recolher o *input* dos utentes (ver figuras 4.18 e 4.19).



Figura 4.18: Botões de Emergência - WC



Figura 4.19: Botões de Emergência - Cama

2. **Sensor de queda com monitorização:** utilização de um sensor externo, no caso em concreto um *smartphone* de forma a poder utilizar o acelerómetro disponível no equipamento para detetar movimentos bruscos. No caso, foi afinado para deteções de queda, simulando assim um sensor de queda real, que está ligado ao mundo virtual. Através da mesma aplicação, é recebida a informação da queda do utente, como o nome do utente (associado previamente ao dispositivo) e a localização da mesma através de um mapa do Lar presente na aplicação (ver figuras 4.21 e 4.22). Assim que a “queda” acontece, no mundo virtual a luz presente na porta do quarto do utente muda de verde para vermelho (ver figura 4.20).

Numa primeira abordagem, seriam apenas identificadas quedas dentro dos quartos, mas depois de uma breve conversa com o diretor do lar,

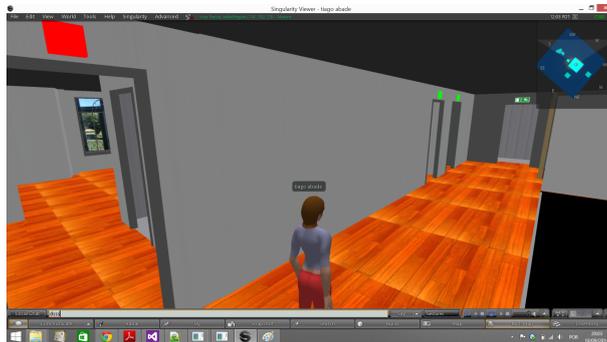


Figura 4.20: Sensor de Queda - Luz de quarto

estendeu-se essa opção para todo o espaço pertencente ao Lar. Apesar de uma solução deste género poder funcionar de forma mais fiável via *Wi-fi*, foi utilizado na experiência o *Bluetooth*, de forma a se poder verificar também a viabilidade desta tecnologia neste tipo de cenários.

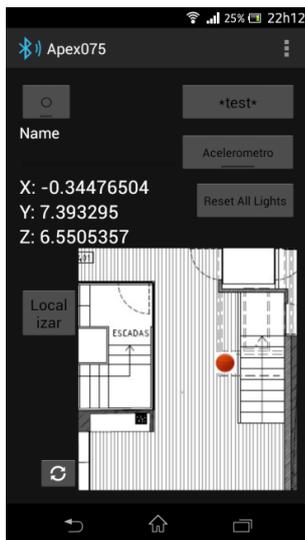


Figura 4.21: Aplicação Android Geral



Figura 4.22: Notificação da Aplicação Android de uma queda

3. **Luzes de Guia/Presença da Cama para o WC:** Esta última tecnologia é apenas ilustrativa. Foram colocadas várias luzes de presença desde a cama do utente até ao WC (interno ao quarto) (ver figura 4.23). Na simulação foi demonstrado às pessoas onde e como ficaria essa im-

plementação, se tal fosse efetuado na realidade dentro dos quartos.

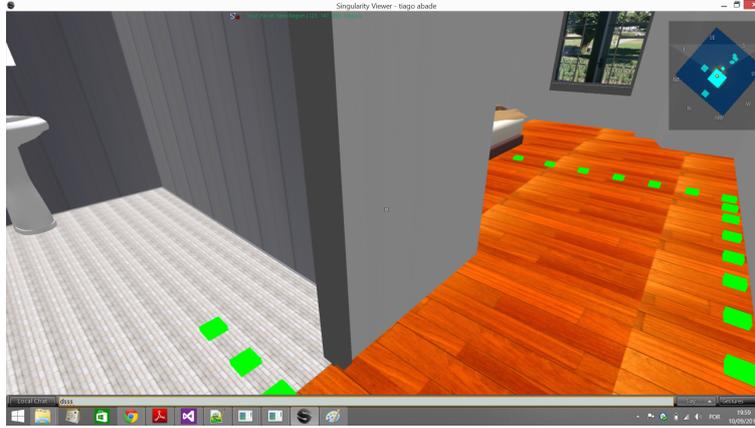


Figura 4.23: Luzes de presença até ao WC

Componente Interativa Android

A aplicação Android concebida (ver figuras 4.21 e 4.22), foi desenvolvida para o protótipo “Casa do Professor”. No entanto possui características genéricas a qualquer tipo de ambiente que seja produzido. As *features* comuns que a aplicação Android oferece são:

1. **Login de utilizador:** Permite à APEX saber qual o nome do utilizador que está a utilizar a aplicação Android. Utiliza-o para “mapear” o nome introduzido no *login*, por exemplo “john doe” com o nome de um *Avatar*, fazendo com que as ações provenientes do *smartphone* sejam apenas dirigidas ao avatar identificado como “john doe”.
2. **Movimentação do Avatar via acelerómetro:** esta *feature* está programada nativamente na aplicação e limita-se a enviar IDs (referidos na secção 3.4.1) para a APEX tendo em conta os valores do acelerómetro. A interpretação dos valores é feita na aplicação Android, que obviamente podem ser afinados pelo programador. Em relação à APEX, esta apenas recebe os IDs e limita-se a acionar o movimento do *Avatar* no mundo.

3. **Sensor de Queda via acelerómetro:** esta funcionalidade está programada nativamente na aplicação Android, ou seja, a afinação dos valores do acelerómetro e a sua interpretação é feita no dispositivo. Depois de os valores serem interpretados, se este sofrer de um movimento brusco, este está programado para enviar IDs (*Strings*) que a APEX já está preparada para receber. Quando recebe estes IDs (através da *dll* da componente de Comunicação/execução), a APEX faz executar no OpenSimulator, scripts no mundo virtual (ver 3.4.1). Depois de tal ação acontecer, os scripts devolvem para a APEX valores, que são novamente passados para a aplicação Android. Neste caso os valores passados são as coordenadas onde o *Avatar* se encontra no mundo virtual, havendo depois uma conversão dessas coordenadas na aplicação Android para que na planta da “Casa do Professor” seja identificado com um “ponto laranja” o local da queda do Avatar (ver figura 4.21).
4. **Enviar *String* de teste de ligação:** Assim que o dispositivo esteja ligado/emparelhado como servidor, é possível usar o botão “*teste*” ilustrado na figura 4.21, para enviar uma *String* de teste que aparecerá na consola do OpenSimulator, e assim verificar se a ligação está bem efetuada.

As *features* específicas desenvolvidas para o protótipo da “Casa do Professor” que a aplicação android oferece são:

1. **Localização de queda na planta do Lar:** Na aplicação Android é localizado na imagem da planta do Lar residencial o exato local da queda de um utente, via coordenadas recebidas do *Avatar* no Mundo virtual. Em função da localização do avatar dentro da casa, a aplicação irá colocar a sinalização da queda (ver figura 4.21) no local equivalente ao da planta real. Todos os *smartphones* com esta aplicação instalada dentro de uma rede wireless local (ver secção 3.4 para mais detalhe) ficam notificados do sucedido, alertando desta forma todo o *staff* envolvido que está ligado com um dispositivo Android com esta app. No caso se querer usar outras plantas ou outros locais, as coordenadas tem que ser convertidas e programadas novamente.

2. **Reset da luz de emergência:** Cola as luzes de aviso de queda nas portas dos quartos dos utentes que estão identificadas a vermelho (devido à queda) de novo a verde (ver figura 4.20).

4.2.3 Estudo - *Focus Group*

Para este protótipo o público alvo era distinto, comparativamente às duas experiências anteriores relatadas neste trabalho (secções 4.1.4 e 4.1.5). No caso em concreto, estamos a falar de um público de faixa etária localizada na 3ª idade sem experiência de computadores pessoais ou mesmo Internet. Assim, e de forma a também se explorar a adaptabilidade da APEX num ambiente também distinto, achou-se que a forma mais correta de avaliar este protótipo junto dos utentes do Lar e do seu *staff* era fazer um *Focus Group* [13]. Esta abordagem permite uma interação pessoal com todos os intervenientes, através da troca de informações e impressões. Durante todo o processo, são incentivados debates sobre o que está a ser apresentado, de forma a obter as informações necessárias.

Estudo

O *Focus Group* em si foi realizado na sala de convívio do lar. O espaço em questão estava disposto da seguinte forma: uma televisão colocada na parede da sala, que ligava a uma máquina com servidor APEX a correr. Nessa TV foi projetado o mundo virtual, e em volta deste colocaram-se cadeiras numa espécie de anfiteatro.

Presentes no *Focus Group* estavam cerca de 10 a 12 utentes do Lar, juntamente com o diretor do Lar e uma psicóloga. O trabalho seguiu uma determinada ordem. Previamente à apresentação foi concedida uma breve introdução onde inclusive participaram o diretor do Lar e a psicóloga presentes no local, de forma a deixar os utentes a par do que se ia suceder.

Após o *briefing* foi apresentado o ambiente simulado do 2º piso da Casa onde se encontram os quartos. Assim que isso foi feito, de imediato houve manifestações por parte de um utente que identificou como sendo o seu quarto aquele em que o *Avatar* estava a entrar. Depois de tal acontecer foi pergun-

tado aos restantes utentes se reconheciam os seus quartos, onde se obtiveram respostas positivas, mas foi referido que faltavam objetos dentro do quarto, como cadeiras, mesinhas de cabeceira, objetos pessoais, etc. Foi explicado que apenas se estava a representar a arquitetura básica dos quartos, não tendo sido considerados os objetos pessoais dos utentes. Foi importante mostrar aos utentes de que não foram sujeitos a uma invasão da privacidade, como a apreciação dos seus objetos pessoais, tendo a psicóloga intervindo para demonstrar esse ponto de vista.

Depois do reconhecimento do Lar, e explicado que apenas foram representados os quartos de uma forma abstrata, passou-se ao passo seguinte, o de mostrar as tecnologias disponíveis, de forma a se conseguir perceber se estas iam ao encontro do interesse tanto dos utentes como do diretor do Lar.

Apresentação e Resultados

A **primeira tecnologia** a ser apresentada foram as luzes guia/presença que tem como função auxiliar o utente durante a noite a deslocar-se da cama até ao WC (interno ao quarto), e vice-versa. Para tal foi mostrado como e de que forma é que as luzes se situariam no quarto (ver figura 4.23). Foi então perguntado o que achavam da ideia. Proveniente do diretor do Lar verificou-se o interesse por tal proposta, que tentou fazer ver o seu ponto de vista às pessoas presentes. Apesar do acordo imediato de alguns utentes com o diretor do Lar, alguns utentes fizeram notar que as “Luzes de Guia/Presença” eram dispensáveis pois eles seriam totalmente capazes de conseguir deslocar-se até ao WC sem problema algum ligando apenas a luz do quarto no interruptor. Depois de alguma discussão, e incentivada a participação individual de todos os utentes presentes, acabou por se obter opiniões divididas quanto a uma possível implementação desta tecnologia, obtendo-se respostas positivas, negativas e neutras. Do lado do diretor do Lar e da Psicóloga obtiveram-se respostas positivas. Contudo a ideia proposta foi transmitida com sucesso.

A **segunda tecnologia** apresentada foi a dos “Botões de Emergência” no quarto. Após a explicação da tecnologia a apresentar, o diretor do Lar fez questão de relembrar que os utentes já tinham à sua disposição um botão

de chamada de emergência junto à cama. Foi então perguntado aos utentes o que achavam dessa tecnologia. Desta vez todos concordaram que esta tecnologia é útil em diversas situações para chamar o *staff*/colaboradores, durante a noite principalmente. Foi então referido por parte do *staff* do Lar que o único problema era o de conseguir distinguir os pedidos urgentes dos não-urgentes, fazendo com que os colaboradores tivessem constantemente a atender pedidos sem ter a noção de prioridades, deixando algumas vezes os de maior importância com um tempo de espera algo elevado. Esta ideia já tinha sido discutida com o diretor do Lar durante as reuniões, enquanto o protótipo estava a ser desenvolvido, e foi referido especificamente esse problema. Foi sugerido então tentar distinguir os pedidos de urgente para não-urgente. Então, foi mostrado às pessoas o cenário como o ilustrado na figura 4.19, onde se mostra a ideia de se ter 2 tipos de botões, um vermelho e um amarelo. O amarelo seria para chamadas normais (não-urgentes) para qualquer situação do dia-a-dia em que fosse necessária a presença de um colaborador do Lar, e uma vermelha para pedidos apenas urgentes, onde apenas seria acionado em situações de emergência em que o utente necessitasse de intervenção imediata por parte do *staff*. Os botões demonstrados foram colocados junto da cama, conforme o local da campanha que os utentes já possuíam nos quartos. Houve um momento de silêncio até a psicóloga intervir a explicar de novo o que estava a ser proposto, pois da parte dos utentes, não foi obtido nenhum *feedback* imediato. Depois de perguntas individuais aos utentes foi relatado por eles o facto de eles não terem a certeza em qual dos botões carregar, achando que o sistema de campanha que possuíam no momento, era melhor e mais prático. Depois de explicada mais uma vez o funcionamento da tecnologia, era evidente que o facto de terem 2 botões ao invés de 1 junto da cama para chamar assistência era demasiado confuso. Aproveitou-se essa discussão e tentou-se mostrar outro ponto de vista, uma vez que poderia estar a ser interpretado por parte dos utentes um cenário em que teriam que lidar com a campanha que já possuíam juntamente com estes 2 novos botões. Foi então sugerido colocar os botões na zona da casa de banho. Os utentes concordaram que de facto, ter uma campanha igual à que tinham junto da cama dentro do WC era boa ideia. Atendendo a este facto, foram deslocados

os botões de junto da cama para o WC e foi mostrado o resultado (ver figura 4.18). De imediato foi perguntado novamente se era possível ter apenas 1 botão para a chamada em vez de os 2 botões de emergência. Apesar de, tanto a psicóloga como o diretor do Lar acharem pertinente a colocação dos 2 botões para chamamento do pessoal, era evidente que da parte dos utentes isso iria gerar alguma confusão, concluindo-se que o resultado mais provável era o de não haver identificação do botão a carregar, e por conseguinte não haver novamente distinção entre os pedidos mais e menos urgentes, passando a existir novamente uma falha na eficiente distribuição do pessoal para os diferentes níveis de prioridades. Achou-se pertinente então terminar por aí a discussão do ponto apresentado, passando-se ao seguinte. Contudo, mais uma vez, a ideia da solução proposta foi transmitida com sucesso.

A **terceira tecnologia** foi então introduzida, o sensor de queda. Neste ponto foi explicado como se iria operar o tal sistema de queda. Foi dito que era necessário que cada utente tivesse consigo um transmissor pessoal e intransmissível, mas no caso do trabalho em causa foi usado um *smartphone* como transmissor. Foi pedida a opinião dos utentes sobre esta funcionalidade. Uns referiram que não viam inconvenientes mas outros não acharam uma ideia muito interessante o facto de terem que andar com um dispositivo consigo. Nesse momento um dos utentes fez questão de relatar uma situação, que em determinada altura teve dificuldades em sair da cama e acabou por cair, não conseguindo chegar à campainha de emergência e que por isso achava pertinente ter essa tecnologia consigo, mesmo que para isso tivesse que andar com um dispositivo 24h por dia. Nessa altura a psicóloga alertou para o facto de numa situação como a descrita, o dispositivo poder não estar presente com o utente, sugerindo então a possibilidade de o dispositivo ser algo diferente. Foi então sugerido que o transmissor poderia ser algo como uma pulseira. Apesar de essa ideia ter conseguido mais aceitação por parte dos utentes, não foi possível confirmar se esse seria o cenário ideal. Apesar disso, a nota ficou registada com a possibilidade de se poder a vir explorar essa via também num futuro próximo. Ainda assim, foi exemplificada da mesma forma, a tecnologia com o *smartphone* e o ambiente simulado pela

APEX. Foi então explicado que o *Avatar* seria o exemplo de uma pessoa a andar pela casa, como qualquer um dos utentes faria normalmente no dia-a-dia, e na eventualidade de existir uma queda, o dispositivo presente na pessoa (smartphone no caso da demonstração) iria deteta-la de imediato, e o *staff* da casa iria receber uma notificação nos seus telemóveis com a informação do indivíduo em causa e o local da queda. De seguida foi mostrado como o sensor de queda funcionaria, executando um movimento brusco com o *smartphone*. De seguida todos os telemóveis com esta aplicação ligados na mesma rede local (ver secção 3.4) para mais informação) recebiam uma notificação da queda do utente (ver figura 4.22). No caso da apresentação apenas estava ligado 1 *smartphone*, o que foi levado para a demonstração, que de imediato recebeu a tal notificação. Após se clicar nessa notificação o utilizador é redirecionado para o ecrã principal da aplicação (figura 4.21) onde, agora, apareceria um mapa, com a sinalização da localização da queda do utente na imagem da planta da casa. No caso de uma implementação real, ao invés das coordenadas serem provenientes do *Avatar* no mundo virtual, poderiam ser provenientes de, por exemplo, uma triangulação dos router/AP wireless que já cobrem o Lar com rede *Wi-fi*, sendo a conversão de coordenadas para o mapa na aplicação Android feita exatamente da mesma forma.

Nessa discussão, ainda sobre a mesma tecnologia, no que toca à localização de onde foi a queda, foi sugerido por um utente, que pretendia que essa monitorização fosse feita também fora da casa, pois como fez questão de explicar, já lhe tinha acontecido, perder-se quando se deslocava às compras, tendo que ligar para o irem buscar. Apesar de essa não ser a ideia original, o diretor do lar também se mostrou algo curioso em relação a esse ponto, fazendo com que a discussão continuasse. Foi sugerida a utilização do Google Maps para representação externa do utente fora de casa, mas através de um outro dispositivo, um GPS. Embora que pudesse ser incorporado com o sensor de queda em apenas um só. O objetivo de exemplificar a forma de funcionamento da tecnologia, de forma a que os utentes e o *staff* da Casa pudessem perceber como esta funcionaria numa implementação real, e isso foi conseguido com sucesso com o desenrolar da discussão baseado na simulação.

Conclusões

O estudo feito através do *Focus Group* proporcionou uma abordagem diferente às experiências descritas na secção 4.1 sobre a viabilidade da plataforma APEX enquanto ferramenta de avaliação e validação de ambientes ubíquos, contribuindo para o *input* de informação sobre a APEX numa área ligeiramente diferente. A experiência em si, ajudou também a perceber a capacidade da plataforma APEX em representar ambientes junto de utilizadores menos conhecedores de tecnologias. Foram discutidas várias soluções possíveis para melhor o dia-a-dia dos utentes e do *staff* de um Lar Residencial. A vantagem que a APEX fornece, em usar dispositivos externos para recolha de dados, é uma mais-valia para a tentativa de compreensão sobre que impacto que algumas tecnologias poderão ter em ambientes mais sensíveis, normalmente com altas restrições para experiências com novas soluções. Desta experiência retiraram-se conclusões sobre a APEX e as tecnologias ubíquas que esta simula, mas também se conseguiu proporcionar ao *staff* do Lar uma ideia sobre a opinião dos seus utentes em relação a introduções de tecnologia no Lar, e o impacto que estas tecnologias teriam no seu quotidiano, quer a nível estrutural quer a nível de invasão de privacidade. É essa uma das ideias base da APEX. No fim da apresentação, houve uma pequena conversa com o diretor do Lar sobre a possível implementação de algumas das tecnologias apresentadas, nomeadamente a do sensor de queda e localização dos utentes da Casa, e interesse numa reunião futura para se debater esses e outros pontos. Esta abordagem por parte de um potencial “cliente” valida a capacidade que a plataforma APEX tem no auxílio na tomada de decisões sobre a implementação ou modificação de ambientes e/ou tecnologias ubíquas antes, mas também durante e após a sua construção, compreendendo sempre um reduzido custo monetário, apenas com custo de horas de trabalho para construção dos ambientes virtuais, onde a construção do mundo é avaliada em 32h a 48h dependendo do nível de detalhe que se queira dar, e a modelação dos comportamentos e tecnologias possíveis avaliado em 32h a 56h de trabalho dependendo também de factores como sensores externos.

4.3 Conclusão

A noção de experiência é difícil de capturar como um requisito que pode ser demonstrado num sistema. A plataforma APEX tem como principal objetivo suportar a concepção e avaliação de ambientes ubíquos. Esta plataforma permite não só a exploração de um ambiente de forma livre, como também possibilita modificações diretas nos objetos presentes no mundo, sejam elas a nível comportamental ou a nível de *design* e localização, fornecendo ao utilizador um *feedback* não apenas da solução final, mas das várias soluções possíveis; as planeadas e as que possam surgir durante a exploração do mesmo.

O capítulo descreveu a aplicação da plataforma APEX a dois ambientes, uma biblioteca inteligente, identificando a disponibilidade de lugares, e a um lar residencial, com monitorização e prevenção da segurança dos utentes. Os estudos efetuados, foram realizados por forma a validar os ambientes reproduzidos.

Foram realizados dois tipos de abordagens em relação à validação dos cenários ubíquos que os protótipos representaram, um baseado em testes com utilizadores e outro em *Focus Groups*. Estes permitiram obter informação sobre o comportamento da plataforma e a reação que os utilizadores externos têm em relação à experiência que a APEX lhes proporciona. Dos dois estudos, obtiveram-se *feedbacks* importantes que ajudam na percepção da APEX enquanto ferramenta de validação de ambientes ubíquos, apesar de limitações que a ferramenta ainda possui. No entanto, e sendo uma ferramenta em desenvolvimento, com o *input* de todas as experiências efetuadas usando a APEX (ver [1], [2], [6], [5], [8], [7], [14] e [9]), o objetivo será o de evoluir a plataforma para um modo ainda mais abrangente e escalável, mas acima de tudo de mais simples utilização. O principal ponto seria o de evoluir a interface gráfica já existente, e introduzir um novo módulo de definições que permitissem desencadear funções, além das já existentes via envio de *strings*.

Capítulo 5

Conclusões e Trabalho Futuro

Este trabalho foi feito no âmbito do projeto APEX¹. Esta plataforma foi inicialmente desenvolvida por um aluno de doutoramento da Universidade do Minho, conforme pode ser visto no seu trabalho em [14].

O trabalho desenvolvido ao longo deste documento está mais dirigido para a avaliação desta plataforma enquanto ferramenta de validação de ambientes ubíquos, tendo sido para isso desenvolvidos dois protótipos e tendo-se recorrido a experiências com utilizadores externos de forma a poder validá-los. Os resultados recolhidos contribuem para o projeto APEX, providenciando informação sobre o comportamento da aplicação em circunstâncias variadas.

Apesar de terem sido introduzidas algumas atualizações, o “core” do projeto mantém-se original e fiel ao comportamento original.

5.1 Resumo

O trabalho efetuado desdobra-se numa primeira parte, composta pelo primeiro capítulo, onde se fez uma introdução sobre o “estado da arte” em que se enquadra o projeto, bem como sobre os objetivos que este trabalho pretendeu atingir, e um segundo capítulo que contextualizou a plataforma APEX, descrevendo as suas componentes e funcionalidades, fazendo uma apresentação geral da plataforma.

¹<http://ivy.di.uminho.pt/apex/>

Numa segunda parte é descrito o trabalho realizado. O capítulo 3 relatou especificamente as atualizações que a APEX sofreu com o objetivo de dar suporte às versões mais recentes dos componentes de software que esta utiliza, mas também focou a introdução de novas funcionalidade. Estas novas atualizações visaram introduzir novas dinâmicas na plataforma, a nível do *core* (*DLL* da componente de Comunicação/execução), a nível da sua intercomunicação entre os vários módulos que possui, ou até a nível de comunicações para dispositivos externos (*Wi-fi* e *Bluetooth*). Todos estes pontos tornaram a plataforma APEX mais poderosa e flexível, bem como mais simples de utilizar, nomeadamente através da interface gráfica desenvolvida.

No capítulo 4 foram apresentados os protótipos. Foram desenvolvidos 2 ambientes virtuais onde foram introduzidas simulações de tecnologias ubíquas. Para cada um destes protótipos foram efetuados estudos com utilizadores com o intuito de os validar e compreender melhor o comportamento da APEX.

5.2 Conclusões do trabalho efetuado

O trabalho realizado teve como principal objetivo contribuir para a validação da plataforma APEX. Através dos dois projetos desenvolvidos e vários estudos realizados, foram aferidas as potencialidades da ferramenta. Assim, mais relevante que os resultados das avaliações que foram efectuadas aos dois protótipos, é o facto de estes terem permitido, com um custo reduzido, realizar essas avaliações.

Os dois projetos levados a cabo validam a APEX enquanto plataforma de prototipagem de ambientes de computação ubíqua. O facto de os protótipos permitirem ao “cliente” conhecer melhor a solução final antes de esta ser implementada, abre uma infinidade de “portas” para a exploração desta plataforma no auxílio à tomada de decisões, sejam elas tomadas antes, durante ou após o desenvolvimento dos projetos. O desenvolvimento dos dois protótipos permitiu demonstrar que a plataforma APEX proporciona não só uma visualização do ambiente mas também do comportamento dos objetos presentes no ambiente, permitindo alterá-los e modelá-los as vezes necessárias com custos extremamente reduzidos. Assim, a solução proposta poderá ser progressiva-

mente adaptada aos objectivos do “cliente”.

5.3 Trabalho Futuro

A plataforma APEX encontra-se ainda num estado de protótipo, contudo os estudos desenvolvidos evidenciam as potencialidades que a ferramenta possui. Como trabalho futuro, será importante explorar a integração dos protótipos com tecnologia não só virtual mas também recorrendo a dados reais externos. Da mesma forma que foram utilizados dispositivos reais (acelerómetro) para recolha de dados externos para um dos protótipos desenvolvidos, seria importante estudar um cenário mais rico nesses sensores e integrar resultados provenientes destes no mundo virtual.

Explorar a integração no sentido inverso, ou seja, alimentando dispositivos reais com valores provenientes de sensores virtuais no protótipo, permitirá criar protótipos de *mixed reality*, combinando componentes reais e virtuais, e será um passo no sentido de protótipos evolucionários. Ou seja, protótipos que gradualmente vão sendo substituídos pelo sistema real.

Especificamente sobre os ambientes virtuais, será relevante aumentar o grau de imersividades dos mesmos. Tal poderá ser conseguido, por exemplo, através da introdução de som nos protótipos. Ainda sobre este ponto, a utilização de realidade aumentada permitiria novas formas de interação com os protótipos. Mais ricas e imersivas que a interação com o mundo virtual num computador e de utilização mais simples e mais flexível que a proporcionada por uma CAVE. Esta possibilidade teria sido particularmente útil no caso do lar residencial, pois teria permitido aos residentes explorarem o protótipo mais diretamente e na própria casa.

Por último, o enriquecimento da biblioteca de objetos disponíveis para a modelação com CPN seria também um aspecto que facilitaria a criação dos protótipos.

Bibliografia

- [1] Tiago Abade, Tiago Gomes, José L. Silva, and José C. Campos. Avaliação de ambientes ubíquos na plataforma APEX. In Luís Magalhães and Beatriz Santos, editors, *Atas da Conferência Interação 2013*, pages 177–178. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2013.
- [2] Tiago Abade, Tiago Gomes, José L. Silva, and José C. Campos. Design and evaluation of a smart library using the APEX framework. In N. Streitz and P. Markopoulos, editors, *Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions*, volume 8530 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 307–318. Springer, 2014.
- [3] Justin Clark-Casey. Passing data between a script and a region module. Justincc’s OpenSimulator Site Blog, July 16 2010. <http://justincc.org/blog/2010/07/16>.
- [4] Rui Manuel Ferreira de Carvalho Azevedo Moreira. *Integrating a 3D application server with a CAVE*. Tese de mestrado, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2011.
- [5] Tiago Gomes, Tiago Abade, José C. Campos, Michael D. Harrison, and José L. Silva. Rapid development of first person serious games using the apex platform: The asthma game. In *ACM SAC 2014 proceedings - Volume I: Artificial Intelligence & Agents, Distributed Systems, and Information Systems*, pages 169–174. ACM, 2014.
- [6] Tiago Gomes, Tiago Abade, José C. Campos, Michael D. Harrison, and José L. Silva. A virtual environment based serious game to support

- health education. *EAI Endorsed Transactions on Ambient Systems*, 14(3):e5, March 2014.
- [7] Tiago Gomes, Tiago Abade, Michael D. Harrison, José L. Silva, and José C. Campos. Developing serious games with the APEX framework. In *Proceedings of the Workshop on “Ubiquitous games and gamification for promoting behavior change and wellbeing”*, pages 37–40, 2013.
- [8] Tiago Gomes, Tiago Abade, José L. Silva, and José C. Campos. Desenvolvimento de jogos educativos na plataforma apex: O jogo da asma. In Luís Magalhães and Beatriz Santos, editors, *Atas da Conferência Interação 2013*, pages 90–97. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2013.
- [9] Tiago Emanuel Oliveira Gomes. *3D Virtual Environments’ Generation*. Tese de mestrado, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2013.
- [10] Adam Greenfield. *Everyware: The Dawning Age of Ubiquitous Computing*. New Riders, 2006.
- [11] Bluetooth Special Interest Group. Specification of the Bluetooth system. Supplement to Bluetooth core specification, Part A, 2001.
- [12] Kurt Jensen. Coloured Petri Nets. In *Petri Nets: Central Models and Their Properties*, volume 254 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 248–299. Springer, 1987.
- [13] Richard A. Powell and Helen M. Single. Focus Groups. *International Journal for Quality in Health Care*, 8:499–504, 1996.
- [14] José Luís Silva. *Rapid Prototyping of Ubiquitous Computing Environments*. PhD thesis, Universidades do Minho, Aveiro e Porto, 2012.

Apêndice A

Questionário

Informações Pessoais						
1	Idade					
2	Género	M / F				
3	Habilitações Académicas					
4	Familiarização com o SecondLife / OpenSimulator	Sim / Não				
5	Familiarização com jogos com vista Third-Person	Sim / Não				
		Discordo totalmente		Concordo Totalmente		
		1	2	3	4	5
Experiência de ambiente						
6	A manipulação dos controlos disponíveis no ambiente é fácil					
7	Reconhecer o cenário real representado foi imediato					
8	As interações com o ambiente são naturais					
9	Os aspectos visuais do ambiente são envolventes					
10	Existiu uma abstração dos acontecimentos reais à sua volta enquanto jogava					
11	As experiências do mundo virtual são consistentes com a realidade					
12	Houve uma necessidade de explorar todo o mundo virtual em volta					
13	A utilização do ambiente pode ser feita sem instruções iniciais					
14	A curva de aprendizagem do ambiente foi curta					
15	Utilizadores ocasionais ou regulares conseguiram utilizar facilmente a plataforma					
Utilidade						
16	A abordagem auxilia na identificação de alternativas à solução proposta					
17	Auxílio no reconhecimento de alterações de design dos componentes apresentados					
18	Auxílio no reconhecimento de alterações nos comportamentos dos objectos					
19	Facilidade em identificar novas alternativas às apresentadas					
20	Maior facilidade na decisão da não-construção de alguns cenários					
21	A experiência auxilia na decisão entre soluções distintas para o mesmo problema					
22	Reconheço vantagens em criar estes ambientes antes da sua construção física					
23	É possível efectuar a validação da solução apresentada					
24	O ambiente não retrata fielmente o mundo real					

Painéis de Lugares Disponíveis						
25	Reconheço vantagens na introdução de painéis de lugar na Biblioteca da UM					
26	A localização dos painéis é acertada					
27	Ambos os painéis são indispensáveis					
28	Apenas utilizaria o painel ilustrativo (mapa de Leds verdes e vermelhos)					
29	Tanto os painéis na entrada como os de piso são necessários					
30	O número de painéis disponíveis é suficiente					
31	Senti a necessidade de um sistema de Login que me permitisse reservar o lugar					
Satisfação						
32	Recomendaria este tipo de abordagem para validações de outros ambientes					
33	O comportamento do mundo funcionou de forma esperada					
34	A experiência foi apelativa e intuitiva de se fazer					
35	Utilizaria este método para explorar problemas em outras áreas					
Observações e Opinião						
36	Pontos fortes / Pontos fracos / Observações gerais					

Apêndice B

Experiência CAVE - Resultados do questionário

Perguntas/ nº votos medido em escala Likert	1	2	3	4	5
A manipulação dos conteúdos disponíveis é fácil		1	4	3	1
Reconhecer o cenário real apresentado foi imediato			2	7	
Naturalidade e facilidade em reconhecer o ambiente apresentado		2	4	3	
Os aspectos visuais do ambiente são envolventes		1	3	4	
Existiu uma abstração dos acontecimentos reais à sua volta enquanto jogava		1	1	7	
As experiências do mundo virtual são consistentes com o mundo real		1	5	3	
Houve necessidade de explorar todo o mundo virtual		3	3	3	
A utilização do ambiente pode ser feita sem instruções iniciais	1	4	1	3	
A curva de aprendizagem foi curta			1	6	2
Utilizadores ocasionais ou regulares conseguiriam utilizar			2	4	3
Identificação de alternativas às soluções apresentadas	1		2	5	1
Auxílio no reconhecimento de alterações passíveis de serem feitas nos componentes de design	1		4	3	1
Auxílio no reconhecimento de alterações passíveis de serem feitas nos comportamentos dos objetos	1		6	1	1
Facilidade em identificar alternativas às apresentadas		1	2	4	2
Maior facilidade em decidir a não construção da solução proposta			5	2	2
A experiência auxilia na decisão entre soluções distintas	1	1	2	3	2
Vantagens em recriar este tipo de ambiente como pré-requisito da sua construção física				3	6
É possível efetuar a validação da solução		1	3	3	2
O ambiente não retrata fielmente o mundo real	1	4	4		
Vantagem de uma implementação real dos painéis na biblioteca				5	4
Correta localização dos painéis	1	1	4	2	1
Ambos os painéis são necessários	1	3	1	3	1
Preferência apenas pelo painel LED	1	3		3	2
Painéis da entrada e de piso são necessários	1	3	1	3	1
O número de painéis é suficiente		1	2	4	2
Implementação do sistema de Login	2	1	2	3	1
Recomendação da abordagem para validação de outros ambientes			1	5	3
O mundo comportou-se da forma esperada		2	2	4	1
A experiência foi apelativa e intuitiva			1	7	1
Utilização deste método para explorar problemas em outras áreas				4	5

Tabela B.1: Questionário CAVE - Votações dos utilizadores