

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

**Implementação de um Sistema de Formação
para Mecânicos da Força Aérea Portuguesa**

Dissertação de Mestrado em
Engenharia Informática

Paulo André Cardoso Fernandes

Doutor Leonel Caseiro Morgado (orientador)

Doutor Hugo Alexandre Paredes Guedes da Silva (orientador)



Vila Real, 2012

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Implementação de um Sistema de Formação para Mecânicos da Força Aérea Portuguesa

Dissertação de Mestrado em
Engenharia Informática

Paulo André Cardoso Fernandes

Doutor Leonel Caseiro Morgado (orientador)

Doutor Hugo Alexandre Paredes Guedes da Silva (orientador)

Composição do Júri:

Doutor José Benjamim Ribeiro da Fonseca

Doutor António Fernando Vasconcelos Cunha Castro Coelho

Doutor Leonel Caseiro Morgado

Doutor Hugo Alexandre Paredes Guedes da Silva

Vila Real, 2012

Orientação Científica:

Doutor Leonel Morgado
Professor Auxiliar com Agregação
Departamento de Engenharias
Escola de Ciências e Tecnologia - ECT
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Doutor Hugo Paredes
Professor Auxiliar
Departamento de Engenharias
Escola de Ciências e Tecnologia - ECT
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Resumo

A manutenção mecânica dos motores utilizados nas aeronaves F-16 da Força Aérea Portuguesa é realizada como um esforço de equipa envolvendo 3 a 4 técnicos de motores, devidamente qualificados.

A Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) e a Força Aérea Portuguesa (FAP) selaram um protocolo onde haviam acordado uma colaboração entre as duas instituições no âmbito do qual tem vindo a ser desenvolvido um simulador 3D para a formação de mecânicos na manutenção de aeronaves F-16.

Este simulador tem como objetivo permitir o treino de técnicas, num contexto espacial e visual, e de cooperação, antes da fase de treino com motores físicos.

Para a implementação deste simulador optou-se pelo uso dos mundos virtuais 3D de modo a garantir imersividade à simulação e garantir que fosse o mais parecido com o real. São descritos alguns dos mundos virtuais 3D possíveis para a realização deste projeto assim como aquele pelo o qual se optou para a implementação deste projeto.

Ao longo desta dissertação são apresentadas as várias etapas do projeto desde o seu início, em 2010, sendo descritas mais detalhadamente as etapas realizadas durante este último ano.

Para o processo de simulação foi desenhada uma arquitetura onde todo o sistema de decisão e controlo está separado da interface gráfica. Desta forma, é possível trocar de ambiente gráfico com menor esforço.

Foi implementado um protótipo funcional e realizados dois testes de campo efetuados com os utilizadores. São apresentados os testes realizados bem como os seus resultados.

Palavras-chave: formação, mundos virtuais, OpenSimulator, trabalho cooperativo, F-16, aprendizagem virtual

Abstract

Mechanical maintenance of the engines used in the F-16 aircraft of the Portuguese Air Force is carried out as a team effort involving 3 to 4 engine technicians, duly qualified.

The Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) and Força Aérea Portuguesa (FAP) sealed a protocol where they had agreed a collaboration between the two institutions in which has been developed a 3D simulator for training in mechanical maintenance of F-16 aircraft.

This simulator is to allow the training of technical, visual and spatial context, and cooperation before the training phase motors with physical

For the implementation of this simulator was chosen by the use of 3D virtual worlds to ensure immersiveness and ensure that the simulation was the closest thing to the real. We describe some of the possible 3D virtual worlds for the realization of this project.

Throughout this dissertation presents the various stages of the project since its inception in 2010, and described in more detail the steps taken during the past year.

For the simulation process was designed an architecture where the whole system of decision and control is separated from the graphical user interface. Thus, it is possible to change the graphical environment with less effort.

We have implemented a working prototype and conducted two field tests performed with users. Presents the tests and their results.

Keywords: virtual worlds, OpenSimulator, cooperative work, F-16, virtual learning

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus pais. Sem eles o meu percurso académico era impossível. Deram-me a educação e carinho que todas as pessoas deveriam ter e fizeram de mim a pessoa que eu sou hoje. Fizeram enormes sacrifícios para eu conseguir acabar a licenciatura e sempre me incentivaram a seguir mestrado. A eles, devo-lhes tudo.

Os meus agradecimentos vão também para os meus orientadores, Professor Doutor Leonel Morgado e Professor Doutor Hugo Paredes e para os restantes professores que sempre me acompanharam neste projeto desde 2010, Professor Doutor Benjamin Fonseca e Professor Doutor Paulo Martins. As suas orientações, as suas ideias e toda a disponibilidade foram chave para a realização de todo este trabalho.

Aos militares da Força Aérea Portuguesa e em especial aos da BA5, um grande obrigado! Sempre disponíveis para ajudar e sempre com um espírito de camaradagem acima da média.

Agradeço muito ao meu grande amigo e companheiro neste projeto, André Pinheiro. Os teus sábios conselhos e ideias permitiu que juntos enfrentássemos os obstáculos que nos apareceram pela frente. A tua força de vontade, a tua determinação e a forma como lutas para superar todas as adversidades são contagiantes.

Agradeço também aos meus colegas e amigos que estiveram comigo neste projeto, Isabel, Libânia, Cesar e Jorge. Tivemos grandes momentos de trabalho e também grandes momentos de amizade.

Quero agradecer do fundo do coração a uma pessoa muito especial, à minha namorada. A tua disponibilidade nesta minha última etapa, a tua força nos momentos mais difíceis, a tua confiança nas minhas capacidades foram determinantes para eu ter conseguido levar todo este trabalho até ao fim.

Por último, quero agradecer à Andreia Dinis. Foi com o teu apoio que ganhei coragem para ingressar na UTAD e começar o meu percurso académico de novo. Foi a melhor decisão que podia ter tido. Também graças a ti eu cheguei a esta fase na minha vida.

Índice

Índice de figuras	15
Índice de Tabelas.....	15
Acrónimos	16
1 Introdução.....	1
1.1 Objetivos	4
1.2 Metodologia Adotada	4
1.3 Contexto.....	5
2 Análise de requisitos	7
3 Escolha da plataforma tecnológica	12
4 Mundos virtuais	13
4.1.1 Open Cobalt.....	16
4.1.2 Open Wonderland.....	17
4.1.3 Second Life	19
4.1.4 OpenSimulator	22
5 Desenvolvimento do protótipo	25
5.1 Modelo	25
5.2 Desenvolvimento do protótipo inicial.....	27
5.2.1 Análise e Especificação.....	27
5.2.2 Modelação 3D	28
5.2.3 Protocolo de Comunicação entre OpenSimulator e Web Service	30
5.2.4 Protótipo	32
5.3 Desenvolvimento do protótipo final.....	32
5.3.1 Ambiente 3D.....	32
5.3.2 Reformulação do sistema de controlo e decisão	36
6 Testes	39
6.1 Teste de utilização 1.....	40
6.1.1 Análise das entrevistas.....	41
6.2 Teste de utilização 2.....	45
6.2.1 Análise das entrevistas.....	45
6.3 Teste de validação do sistema	47
6.3.1 Possibilidade de uma equipa, em simultâneo, treinar o processo de instalação do motor Pratt & Whitney F100 numa aeronave F-16	47
6.3.2 A simulação terá de cumprir uma sequência lógica de passos para a instalação do motor	47

6.3.3	Possibilidade de colaboração e cooperação no trabalho em equipa em simultâneo.....	48
6.3.4	O utilizador terá de usar algumas ferramentas para a realizar algumas tarefas	48
7	Conclusões, resultados e trabalho futuro	49
7.1	Resultados	49
7.2	Conclusões.....	50
7.3	Reflexões Finais	50
	Bibliografia	52
	Anexos.....	56
	ANEXO 1	57
	ANEXO 2	64
	ANEXO 3	66
	Anexo 4.....	69

Índice de figuras

Figura 1. Ciclos da metodologia Design Science (de Hevner, 2007).	5
Figura 2. Imagem associada a parte de uma tarefa descrita nas TO	11
Figura 3 - Espaço Virtual do Open Cobalt.....	16
Figura 4 - Partilha do ambiente de trabalho Open Wonderland	19
Figura 5 – Projeto VITA no Second Life (UTAD).....	22
Figura 6 - Medicina no Second Life	22
Figura 7 - Actividade do projecto Young Europeans for Democracy	24
Figura 8. - Arquitetura de estados genérica (Fonseca et al., 2011)	26
Figura 9. Diagrama de casos de uso para a tarefa "Elevar Motor"	27
Figura 10. Diagrama de estados para a tarefa "Elevar Motor"	28
Figura 11. Diagrama de atividades para a tarefa "Elevar Motor" ... Erro! Marcador não definido.	
Figura 12. Diagrama de classes para a tarefa "Elevar Motor"	28
Figura 13. Ambiente 3D – Hangar	29
Figura 14. Ambiente 3D – Extintor	29
Figura 15. Ambiente 3D - Escadas de acesso à aeronave	30
Figura 16. Avatares com ferramentas anexadas às mãos	33
Figura 17. Controlos fornecidos pelo software cliente	33
Figura 18. HUD que representa as mãos direita e esquerda	34
Figura 19. Requisição de permissões para usar o teclado	35
Figura 20. HUD em forma de setas	35
Figura 21. Diagrama E-R da base de dados do trabalho base	37
Figura 22. Diagrama E-R da base de dados atual	37
Figura 23. Primeiro teste de utilização na BA5	40
Figura 24 - Segundo teste de utilização na BA5	47

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Mundos Virtuais 3D vs. <i>Games Engines</i> 3D	12
Tabela 2. Protocolo de comunicação Webservice – OpenSim	30
Tabela 3. Protocolo de comunicação OpenSim – Webservice (Objecto Criado)	31
Tabela 4. Protocolo de comunicação OpenSim – Webservice	31
Tabela 5. Protocolo de comunicação OpenSim – OpenSim	31
Tabela 6 - Novas tarefas surgidas após o 1.º teste	38

Acrónimos

BA5	Base Aérea n.º 5
CFMTFA	Centro de Formação Militar e Técnica da Força Aérea
FAP	Força Aérea Portuguesa
HUD	Head Up Display
LSL	Linden Scripting Language
SLOGP	Second Life Grid Open Grid Protocol
TO	Technical Orders
UTAD	Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

1 Introdução

A manutenção mecânica de aeronaves F-16¹ é um processo extremamente complexo, rigoroso, delicado e exaustivo, que requer uma formação (acompanhada de treino) com precisão e rigor. Este processo inclui várias tarefas colaborativas, exigindo uma equipa de pelo menos 3 mecânicos. Especificamente, há tarefas que, embora individuais, requerem a validação por outra pessoa, com a preparação adequada; e outras que são impossíveis de concretizar em segurança e com rigor sem a colaboração de mais do que um elemento.

Para que a formação destes mecânicos possa também ser realizada em equipa, de forma colaborativa, é necessário encontrar disponibilidades comuns de horário e alguma homogeneidade de preparação prévia por parte dos mecânicos. Estes constrangimentos limitam as oportunidades para treino em equipa.

Outro constrangimento é que a formação em manutenção mecânica de aeronaves F-16 passa necessariamente pelo treino das tarefas sobre uma aeronave física. Esta necessidade de uma aeronave física para a realização do treino é um constrangimento adicional da formação, além de ser uma fase com maior risco de ocorrência de danos ao material e mesmo de ocorrência de lesões aos participantes. Dado que o número de aeronaves F-16 em Portugal é limitado e a sua disponibilidade é essencial para a execução das missões da FAP², é importante minimizar estes riscos e ter formas de realizar o treino com menor constrangimento face à disponibilidade das aeronaves.

Neste contexto, a disponibilidade de uma ferramenta que permita uma formação mais frequente em equipa, por combate a estes constrangimentos é uma mais-valia para os esquadrões de manutenção da FAP (Fonseca et al., 2011). Neste sentido, a evolução das tecnologias proporcionou o aparecimento de diversas possibilidades técnicas para criação de sistemas multiutilizador 3D, que permitem criar um ambiente imersivo virtual semelhante ao ambiente real, para simular processos, inclusivamente em equipa.

Das plataformas existentes para desenvolvimento de sistemas multiutilizador 3D, destacam-se os mundos virtuais 3D e os *game engines*. As tecnologias de mundos

¹ <http://www.emfa.pt/www/aeronave-18-lockheed-martin-f-16-am>

² <http://www.emfa.pt/www/index.php>

virtuais, mais conhecidas por produtos comerciais de entretenimento com milhões de utilizadores (World of Warcraft³, Second Life⁴, FarmVille⁵, entre outros), permitem o desenvolvimento de sistemas abstraindo a complexidade da gestão de comunicações, sincronização de estado em rede e outros aspetos similares. O uso destas tecnologias na área da formação tem vindo a ganhar relevo nos últimos anos, inclusivamente na produção de videojogos designados por *serious games*. Mesmo a simulação de atividades da vida real em mundos virtuais é considerada um subconjunto dos *serious games* (Krause 2009), sendo o caso aqui em análise (a formação em manutenção mecânica aeronáutica) precisamente uma simulação. Já os *game engines* permitem igualmente o desenvolvimento de simulações multiutilizador, até com maior grau de liberdade quanto às características de desenvolvimento, mas impondo ao programador maior complexidade na gestão dos aspetos de baixo nível acima referidos.

Estas tecnologias permitem interligar utilizadores que se encontrem separados fisicamente, proporcionando a comunicação entre eles ou mesmo a realização de ações de forma colaborativa.

Para colmatar as necessidades sentidas pela FAP, suprarreferidas, estabeleceu-se um protocolo entre esta e a UTAD, no âmbito do qual tem vindo a ser desenvolvido um simulador 3D para a formação de mecânicos na manutenção de aeronaves F-16.

Este processo tem vindo a focar-se no processo de instalação de um motor Pratt & Whitney F100 na fuselagem de uma aeronave F-16. O desenvolvimento do simulador iniciou-se em 2010, no contexto de projetos de licenciatura, tendo sido prosseguido em 2011 no âmbito de projetos de primeiro ano de mestrado, desembocando por fim no trabalho de suporte à presente dissertação. Em todo este processo, que integrei desde o seu início, realizou-se a análise de requisitos do sistema e a implementação de uma primeira versão do simulador.

A presente dissertação apresenta os trabalhos prévios como enquadramento, centrando-se nos aspetos finais, desenvolvidos por mim: correção de erros da análise original do processo de instalação do motor, reformulação do sistema de controlo e

³ <http://eu.battle.net/wow>

⁴ <http://secondlife.com/>

⁵ <http://www.farmville.com>

decisão, realização de testes de utilização junto dos mecânicos da BA5 e reformulação de etapas realizadas anteriormente no ambiente 3D.

Dado o meu envolvimento em todo o processo, torna-se necessário expor todo o contexto na presente dissertação.

Todo este trabalho me trouxe uma enorme motivação. Trabalhar com plataformas 3D era algo que ambicionava, constituindo um enorme desafio, já que antes de me envolver neste projeto, em 2010, não tinha qualquer conhecimento nem preparação nesta área. Foi este ambiente desafiante que me deu ainda mais força para avançar até ao estado atual do trabalho. Outra grande motivação foi o facto de este projeto ser em parceria com a FAP, uma instituição com enormes responsabilidades no país. Trabalhar com a FAP seria e foi algo que fiz com enorme orgulho.

A presente dissertação está estruturada da seguinte forma: no capítulo 2 são apresentados os objetivos do trabalho de suporte a esta dissertação. No capítulo 3 é descrita a metodologia adotada para a elaboração deste trabalho enquadrando as etapas efetuadas com as metodologias da metodologia. A contextualização segue-se no capítulo 4, neste é apresentado como é realizada a formação dos militares da FAP e quais os problemas encontrados. É apresentada também a forma como surgiu a colaboração entre a UTAD e a FAP. A seguir, no capítulo 5, são apresentados os requisitos identificados para a resolução dos problemas encontrados e como foram identificados. Perante estes requisitos foi escolhida uma plataforma tecnológica, que é o foco do capítulo 6, onde se comparam alguns aspetos entre duas alternativas de plataformas existentes. O capítulo 7 está dividido em duas secções, onde inicialmente é dada uma visão geral dos mundos virtuais, do ponto de vista do programador, sendo depois analisados com mais detalhe alguns exemplos de mundos virtuais 3D. No capítulo 8 é apresentado o modelo criado e que serviu de suporte a este trabalho, explicando o seu funcionamento. No capítulo 9 é apresentado o trabalho desenvolvido na produção de um protótipo do simulador, descrevendo erros encontrados numa primeira versão do protótipo (anterior à presente dissertação), correções dos mesmos e novas tarefas. Após a conclusão deste protótipo foram realizados testes de utilização descritos no capítulo 10. Os resultados destes testes encontram-se descritos de seguida no capítulo 11. Destes resultados foi permitido tirar conclusões sobre estes trabalhos

que são apresentadas no capítulo 12. Por fim, no capítulo 13, são apresentadas algumas reflexões finais e caminhos possíveis a seguir.

1.1 Objetivos

Nos trabalhos anteriores, conforme se mencionou na introdução, fez-se uma análise inicial dos requisitos do sistema e, com base nela, procedeu-se à implementação de uma primeira versão do simulador. Esta primeira versão não fora testada em contexto de utilização (apenas apresentada como demonstração), nem permitia simular o conjunto integral de tarefas associadas à introdução do motor na fuselagem da aeronave.

Desta forma, o objetivo principal do trabalho em que se baseia esta dissertação foi contribuir para que o nível de desenvolvimento do simulador permita a sua utilização efetiva pela BA5, dando continuidade ao desenvolvimento do simulador. Neste sentido, era necessário:

- continuar desenvolver um sistema capaz de simular todo o processo da instalação de um motor na fuselagem de um F-16;
- aumentar o conjunto de tarefas simuladas no processo de instalação do motor na fuselagem;
- testar o protótipo em termos funcionais;
- testar o protótipo em contexto de utilização, com utilizadores finais;
- colmatar limitações do funcionamento e corrigir erros identificados.

Face ao conhecimento aprofundado que possuía acerca do estado de desenvolvimento do simulador, em virtude de ter estado ligado às equipas que efetuaram a sua conceção e desenvolvimento desde o primeiro momento, havia igualmente consciência de que, para cumprir as tarefas acima indicadas, seria necessário efetuar a correção de alguns erros da análise original do processo de instalação do motor. Pretendi também reformular o sistema de controlo e decisão, para tornar mais ágil a implementação de correções futuras e com a ambição de poder levá-lo a ser uma base de partida mais flexível para outros problemas de simulação.

1.2 Metodologia Adotada

Ao longo do processo global de desenvolvimento do simulador, incluindo a parte de base à presente dissertação, optou-se pelo uso da metodologia Design Science.

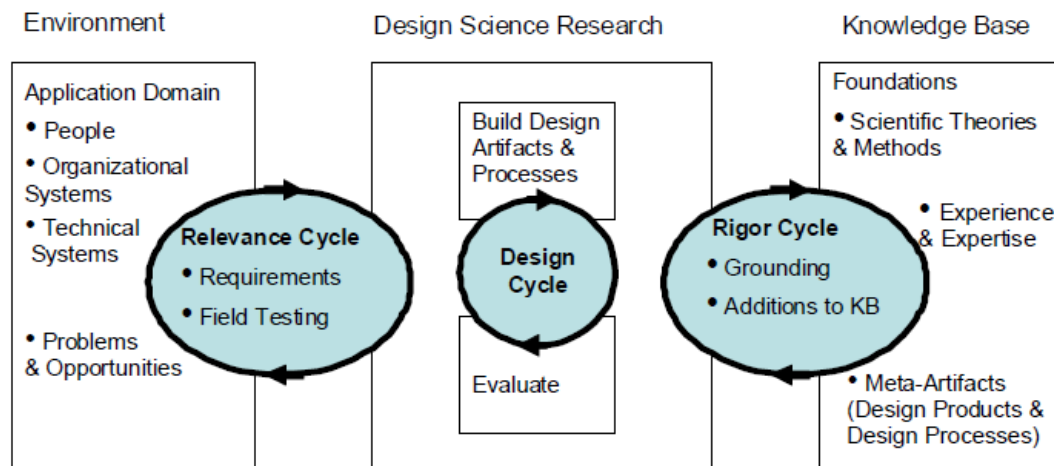


Figura 1. Ciclos da metodologia Design Science (de Hevner, 2007).

Nesta metodologia (Figura 1), segundo Hevner (2007), o foco da investigação incide em três ciclos. No ciclo da relevância é analisado o ambiente contextual do projeto de pesquisa e feita uma ponte para as atividades de *design* (conceção). O ciclo do rigor liga as atividades de concepção à experiência e conhecimento de fundamentos científicos. O ciclo de concepção alterna entre atividades essenciais de construção e avaliação dos artefactos produzidos e dos processos de investigação.

Perante esta metodologia, o ciclo de relevância, que incide sobre o ambiente, é descrito no capítulo 4. Os resultados desse ciclo são fundamentalmente os requisitos, cuja análise é apresentada no capítulo 5. Para o ciclo do rigor foram realizadas várias pesquisas de artigos científicos de várias plataformas possíveis para a realização deste projeto, descritos no capítulo 6 e como se iria estruturar todo o processo, descrito no capítulo 8. Tudo isto permitiu criar uma ponte para a produção dos artefactos e processos descritos no capítulo 9. Estes artefactos foram “sofrendo” constantes avaliações por parte da equipa de desenvolvimento de modo a detetar e corrigir o maior número de possíveis falhas. Com um protótipo já implementado, foram realizados testes de campo de modo a avaliar todo o processo. Aqui entrou-se novamente no ciclo da relevância, onde foram detetados novos problemas e de onde surgiram novos requisitos.

1.3 Contexto

A Força Aérea Portuguesa utiliza aeronaves F-16, sendo a BA5, na Serra do Porto de Urso (Monte Real, Leiria), a base aérea especializada nestas aeronaves. É também a única onde estão situadas e onde é realizada toda a sua manutenção.

As aeronaves F-16 usam motores Pratt & Whitney F100-PW-220E⁶, sendo a recomendação do fabricante terem de ser inspecionados de periodicamente consoante o número de horas de voo. É na BA5 que a generalidade desse trabalho é feita⁷. Antes e depois dos voos há sempre inspeções, mas a manutenção programada de um F-16 é realizada de 300 em 300 horas. Esta manutenção é realizada por mecânicos especializados da FAP dentro de hangares na BA5.

Estes mecânicos passaram por um processo de formação. Esse processo é iniciado logo após a seleção da especialidade pelo militar: numa primeira fase a formação desenvolve-se na base militar da Ota⁸, no CFMTFA⁹ (Centro de Formação Militar e Técnica da Força Aérea); numa segunda fase, nas outras bases aéreas existentes em Portugal onde os mecânicos venham a ser colocados, de acordo com a especialidade de cada uma (Vilela et al., 2012).

Os militares destacados para a secção de operações da linha da frente, de ataque, e para a manutenção dos motores que equipam as aeronaves F-16, os já mencionados Pratt&Whitney F100, têm inicialmente uma formação simples sobre as componentes gerais da aeronave F-16 e só posteriormente iniciam o curso de formação mais intensivo, denominado “Curso de Motor F100-PW-220E Nível O”. Esta formação engloba uma parte teórica, onde são estudados todos processos descritos nos documentos técnicos fornecidos pelo fabricante (designados “Technical Orders” ou TO). Engloba também uma parte prática, que requer o uso físico de materiais, motores e aeronaves. Este uso físico faz com que esses materiais, motores e mesmo aeronaves fiquem indisponíveis para qualquer tipo de missões ou emergências durante todo o tempo da formação, conferindo a estes momentos de formação um custo elevado. Além de tal ocorrer durante bastante tempo (cerca de 6 horas), existem também gastos materiais e envolvimento de formadores especializados, cuja disponibilidade seria de valor acrescentado noutros serviços.

⁶ http://www.pratt-whitney.com/F100_Engine

⁷ Informalmente, os mecânicos da BA5 mencionam fazer “80%” dos trabalhos associados. Note-se, por exemplo, esta notícia recente, veiculada na comunicação social, que refere a capacidade técnica da FAP, na BA5. <http://www.rtp.pt/noticias/index.php?article=614612&tm=8&layout=122&visual=61>

⁸ <http://portugalfotografiaaerea.blogspot.com/2009/08/fotografia-aerea-base-aerea-da-ota.html>

⁹ <http://www.emfa.pt/www/unidade-52-centro-de-formacao-militar-e-tecnica-da-forca-aerea>

A consciência da existência e relevância destes constrangimentos surgiu numa reunião realizada entre membros militares da BA5 responsáveis pela formação e os membros das equipas de investigação da UTAD, onde se procurava auscultar oportunidades de cooperação. Dessa circunstância surgiu a proposta de desenvolver um sistema de simulação 3D capaz de simular as tarefas de manutenção mecânica dos motores dos F-16, que permitisse aos formandos treinar as etapas e procedimentos dessas tarefas, mas também praticar aspetos de coordenação e colaboração no trabalho em equipa. Ao fazê-lo num ambiente simulado, a ambição seria que pudessem praticar várias vezes, a qualquer hora do dia, não necessitando de envolver peças mecânicas nem aeronaves físicas para o fazer, bastando apenas um computador ligado à rede da BA5 e o *software* necessário para realizar o treino.

Para dar suporte a esta colaboração, a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) e a FAP firmaram um protocolo associado à área do *e-learning* e simulações, ao abrigo do qual se desenvolveram as tarefas subseqüentes descritas nesta dissertação. Não existe financiamento associado a este protocolo. As atividades desenrolam-se no contexto de unidades curriculares de projeto, embora seja possível que possam surgir outras formas de colaboração e desenvolvimento das mesmas. É de salientar que sendo essas unidades curriculares fundamentalmente semestrais, a duração previsível para o projeto (média ou longa) será superior à duração de qualquer unidade curricular. Consequentemente, é expectável que ocorra regularmente alteração das pessoas envolvidas no desenvolvimento (ou seja, que os alunos envolvidos variem à medida que se iniciam ou terminam os semestres letivos), aspeto que afeta a análise de requisitos, como se exporá na secção 6.

2 Análise de requisitos

Para identificar concretamente como seria realizada a colaboração entre a UTAD e FAP, mais especificamente neste caso a BA5, foram concretizadas várias reuniões na BA5. Ao longo destas reuniões foram encontradas quatro alternativas. Simular o processo de instalação do motor na fuselagem do F-16, simular o processo de remoção do motor, simular a desmontagem do motor e simular a montagem do motor.

Destas quatro alternativas a escolhida, por preferência da equipa de desenvolvimento, foi a simulação da instalação do motor na fuselagem do F-16.

Para esta simulação, em termos de funcionamento, pretende-se que os formandos se sintam familiarizados com a simulação existente e com o ambiente que vão encontrar. Pretende-se com isto que os formandos consigam rapidamente identificar onde devem atuar e de que forma, para que a coordenação do trabalho em equipa decorra com base no que teriam no local físico (voz e estado do trabalho), não com outras indicações (indicadores de evolução, monitores informáticos, etc.).

Todo este processo deve ser o mais próximo possível da situação real, um ambiente imersivo onde seja possível ao formando ter a noção clara do espaço onde está e de todo o meio envolvente. Isto levou à escolha de tecnologia de mundos virtuais 3D, conforme se detalha no capítulo 6.

A obtenção de dados e informações necessárias para definir os requisitos foi realizada através de: reuniões na BA5; filmagem ao vivo de todo o processo; e fotografias. Esta recolha foi complementada através de esclarecimento regulares, em conversas não estruturadas com todos os intervenientes, ao longo do processo.

Todos estes dados foram posteriormente analisados através da visualização dos vídeos, leitura das TO e visualização das fotografias recolhidas. Desta análise, produziu-se um manual de instalação, clarificando as tarefas dos vários mecânicos e conjugando as instruções das TO (Figura 2) com os atos observados no local.

Da análise destes dados concluiu-se que este sistema iria ser usado por pessoas que ainda se estão a formar na manutenção de motores e na sua maioria com alguma experiencia na ótica de utilizador no contexto informático, pois usam o computador regularmente nas suas tarefas do dia-a-dia.

A manutenção destes motores é sempre realizada nos mesmos espaços, idênticos entre si; e a instalação dos motores num F-16 é realizada obrigatoriamente por três mecânicos, tendo igualmente de existir um responsável pela verificação (por vezes, um dos três mecânicos pode acumular as funções de mecânico e de verificador; outras vezes, o verificador é um quarto elemento da equipa).

A recolha e análise dos elementos acima referidos, complementada pelas conversas informais tidas durante o processo, foram efetuadas por outros colegas de licenciatura e de mestrado, com a minha colaboração, em trabalhos de projeto de

licenciatura e projetos de primeiro ano de mestrado, anteriores ao trabalho de suporte a esta dissertação (Pinto & Teixeira, 2010a, b). Dessa análise extraíram-se os seguintes aspetos específicos a considerar:

- Cada mecânico tem as suas ferramentas;
- Existem procedimentos em que a cooperação, a colaboração e o trabalho em equipa são obrigatórios;
- Os mecânicos comunicam entre si durante todo o processo, usando a linguagem verbal como principal meio de comunicação;
- O processo de instalação exige toda uma sequência de passos, não sendo possível realizar uma determinada tarefa sem que a anterior tenha sido concluída;
- Após uma primeira fase, em que existe apenas uma sequência de tarefas e em que é necessária a presença e a colaboração de todos os membros da equipa, a sequência original divide-se em três sequências de tarefas paralelas e independentes entre si;
- Os mecânicos não têm qualquer limitação de movimentos podendo caminhar livremente por todo o hangar;
- Cada mecânico tem um determinado conjunto de tarefas que só cabe a si executar, não podendo executar qualquer outra tarefa que pertença a outro elemento da equipa, a não ser que tal lhe seja solicitado por esse elemento.
- As TO podem sofrer alterações de acordo com ordens do fabricante e as suas indicações nem sempre são seguidas na íntegra.

Perante os dados da análise, extraíram-se os seguintes conjuntos de requisitos:

Requisitos não funcionais:

- Limitações a nível de rede, para formação a BA5 não possui boas ligações de rede ao exterior, apenas alguns computadores possuem internet e todos os conteúdos são filtrados;
- Cada mecânico tem um conjunto de ações que apenas ele pode realizar;¹⁰
- Todo o processo tem etapas onde algumas não poderão ser executadas sem que a etapa anterior esteja concluída.¹¹

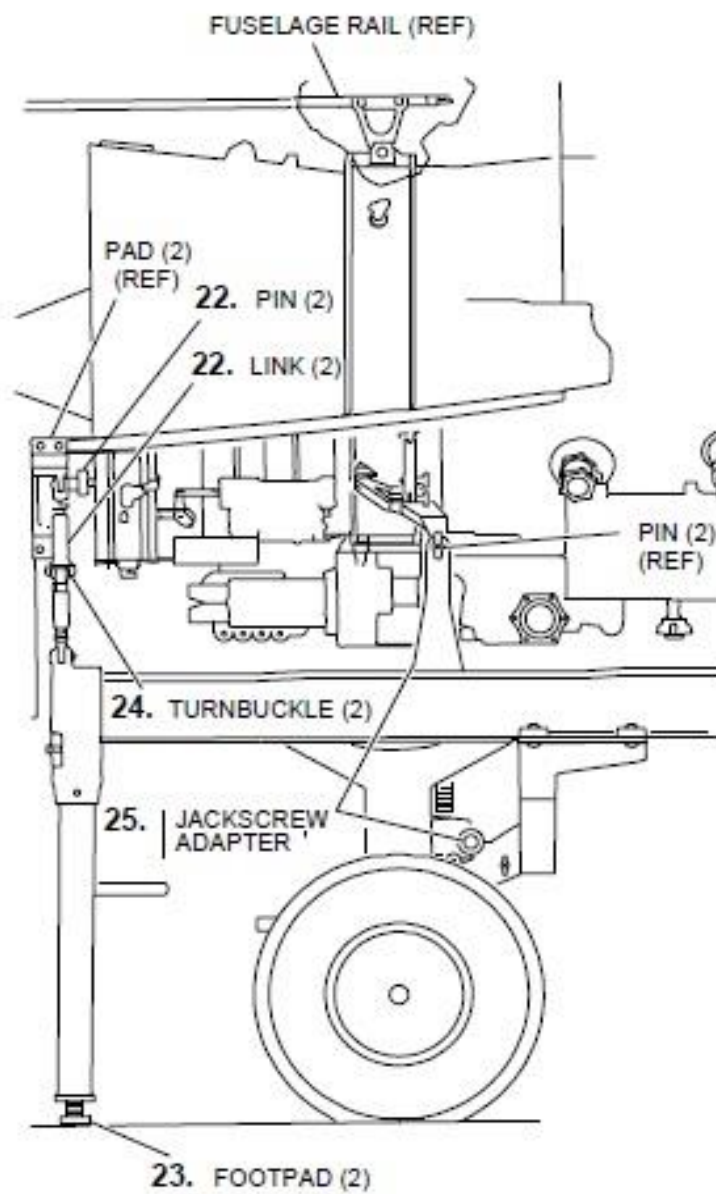
Requisitos funcionais:

- possibilidade de uma equipa, em simultâneo, treinar o processo de instalação de um motor Pratt & Whitney F100 numa aeronave F-16;
- a simulação terá de cumprir uma sequência lógica de passos para a instalação do motor;
- possibilidade de colaboração e cooperação no trabalho em equipa em simultâneo;
- o utilizador terá de usar algumas ferramentas para a realizar algumas tarefas (aparafusadora, extensão, etc)

¹⁰ Consultar Pinto, I. & Teixeira, L. (2010b).

¹¹ Consultar Pinto, I. & Teixeira, L. (2010a).

TO 1F-16AM-2-70JG-10-21



CO-70JG-10-21-0043X98

70-10-02
2-95

Figura 2. Imagem associada a parte de uma tarefa descrita nas TO

3 Escolha da plataforma tecnológica

Face aos requisitos apresentados no capítulo 5 e ao contexto descrito no capítulo 4 tínhamos presentes dois tipos de plataformas potenciais: mundos virtuais ou *game engines*. Esta ponderação advém do requisito de se pretender que os formandos se sentissem familiarizados com a simulação existente e com o ambiente que iriam encontrar.

Tabela 1 - Mundos Virtuais 3D vs. *Games Engines* 3D

	Mundos Virtuais 3D	Game Engines 3D
Apresenta um ambiente 3D semelhante ao real	Sim	Sim
Gestão de Sistema Multiutilizador	Incorporado	Não Incorporado
Apoio dos Docentes (contexto de desenvolvimento em unidades curriculares)	Docentes já orientaram vários projetos na área	Docentes orientaram poucos projetos na área
Permite criar um ambiente 3D personalizado	Sim	Sim

Conforme se mencionou no capítulo 4, o contexto é de alteração ou potencial alteração regular dos integrantes das equipas de desenvolvimento. Face a esta situação, considerou-se necessário que a plataforma a utilizar fosse uma para a qual os docentes orientadores pudessem potenciar o know-how existente, no apoio aos alunos que o iniciariam, e posteriormente integrá-lo nas atividades de investigação que venham a dar seguimento a este trabalho, inclusivamente em caso de reformulação da equipa.

Pretendia-se com este projeto a validação da abordagem de simulação para formação de manutenção mecânica perante a FAP. Neste sentido, a utilização de *game engines* 3D dificultava este objetivo, na medida em que não permitira prototipar um contexto multiutilizador num curto espaço de tempo, pois as funcionalidades de gestão multiutilizador nos *game engines* não estão tão desenvolvidas como nas plataformas de mundos virtuais.

Após a análise dos requisitos referidos na tabela 1, a seleção recaiu para o uso de mundos virtuais 3D para a elaboração do projeto.

4 Mundos virtuais

O uso dos mundos virtuais multiutilizador, quer por pessoas, quer por empresas, tem vindo a ser adotado em crescente nos últimos anos e já foram utilizados por milhões de utilizadores (Woodcook, 2008). São realidades alternativas onde os utilizadores conseguem interagir entre si e sobre os elementos neles presentes. O sector dos mundos virtuais tem crescido fortemente nos últimos anos. No final do primeiro trimestre de 2012 os mundos virtuais atingiram 1.921 milhões de contas registadas (KZERO, 2012).

Segundo Morgado (2009) os mundos virtuais são um tipo de ambiente virtual. Para que um ambiente virtual possa ser considerado um mundo virtual existem dois aspetos essenciais que têm de estar presentes: multiutilização e imersividade. Ou seja, um ambiente que possibilite a conexão de vários utilizadores dentro do mesmo ambiente e que os mesmos estejam representados no interior desse ambiente.

Morgado (2012) afirma que pode-se pensar os mundos virtuais como três tipos:

- Simulação da realidade, sob a perspectiva de os ver como forma de enriquecer o contexto em que decorre o ensino, aproximando-o dos contextos em que se pretende exercer posteriormente o conteúdo e competências desse ensino;
- Sociais- espaços de socialização e de criação de comunidades virtuais;
- Jogos, Massive Multiplayer Online Role-Playing Games (MMORPG).

O World of Warcraft é um dos mais conhecidos jogos comerciais MMORPG. É um mundo virtual com mais de 8,5 milhões de utilizadores registados em todo mundo.

O uso do World of Warcraft ou de outro MMORPG existente para a elaboração do projeto ao qual se destina esta dissertação é inviável pois estes mundos virtuais são sistemas fechados onde a criação por parte do utilizador não é permitida

Segundo Amaral (2008), os mundos virtuais caracterizam-se por serem ambientes gerados por computação gráfica – 2D ou 3D, que são partilhados por pessoas fisicamente e geograficamente distantes e que se conectam via rede. Estes podem ser classificados, além os tipos referidos em cima por Morgado (2012), em mais dois tipos:

- Expressão Política – servem como fóruns de expressão política e de debate;
- Treino Militar - espaços criados para ações de simulação de treino militar.

Estes mundos “são mais do que meros ambientes de *chat* tridimensional: são os avatares que controlam e podem interagir com objetos e outro tipo de elementos presentes no mundo, organizam eventos, associações, atividades diversas. Estas ações podem ser de natureza imersiva, ou seja, cujo significado se esgota dentro do mundo virtual, mas podem igualmente ser aumentativas, ou seja, terem impacte na vida real dos utilizadores, utilizando o mundo virtual como ferramenta de comunicação e expressão.” (Pereira et al., 2008). Existem no entanto mundos virtuais que convergem todas estas categorias como é o caso do Second Life.

O Second Life não é de todo um jogo, mas sim um mundo virtual 3D onde os utilizadores podem, colaborativamente ou sozinhos, construir objetos, atribuir-lhes comportamentos e usa-los para o contexto que entenderem, ampliando assim o campo de comunicação e convivência humana. É este tipo de características que importa para o fim a que esta dissertação se destina, a simulação da instalação de um motor numa aeronave F16.

Desde que o Second Life tornou público o seu protocolo de comunicação entre os servidores da plataforma Second Life Grid (código fonte privado) e o *software* cliente Second Life (código-fonte aberto) promoveu uma maior rapidez de desenvolvimento de uma plataforma alternativa que tinha aparecido através de retroengenharia, denominada por OpenSimulator.

Embora o OpenSimulator por enquanto ainda não tenha implementado todas as funcionalidades existentes do Second Life já se pode considerar como uma forte alternativa pois é uma plataforma de código-fonte aberto, o que permite a toda uma comunidade existente fazer evoluir a mesma. A implementação do protocolo é facilitada pela existência da biblioteca *libopenmetaverse*¹², em código-fonte aberto, que

¹² Biblioteca cliente/servidor desenvolvida em .Net, que permite aceder e criar mundos virtuais 3D que implementem o protocolo Second Life (http://lib.openmetaverse.org/wiki/Main_Page)

permite iniciar sessões de clientes em servidores e aceder às várias possibilidades do protocolo a mais alto nível, de forma simplificada.

Apesar de estes dois mundos virtuais 3D terem plataformas idênticas (OpenSimulator e Second Life Grid), a implementação das suas plataformas são diferentes pois a comunidade que trabalha com o OpenSimulator não pretende copiar o Second Life mas sim diferenciar-se e a criar as suas próprias funcionalidades, exemplo disso é a forma como são armazenados os dados nas duas plataformas, enquanto o Second Life armazena a informação num servidor de ficheiros o OpenSimulator utiliza uma base de dados para o mesmo efeito, sendo que esta situação é totalmente transparente para o software-cliente (Sequeira, 2009).

As implementações subjacentes destas plataformas são diferentes, mas são habitualmente transparentes do ponto de vista do software-cliente (por exemplo, enquanto os servidores SecondLife Grid armazenam alguma informação num servidor de ficheiros o OpenSimulator utiliza uma base de dados para o mesmo efeito, sendo que esta situação é transparente para o software-cliente) (*ibid.*).

Nos próximos subcapítulos serão analisados alguns exemplos de mundos virtuais 3D, os quais seriam possíveis alternativas para a realização deste projeto bem como as respetivas plataformas tecnológicas que lhes servem de suporte; escolhidos devido à sua repercussão social e às possibilidades de trabalho colaborativo.

Das quatro plataformas que de seguida são descritas, apenas o Second Life não cumpre um dos requisitos. O Second Life é uma plataforma que necessita de pagamento por parte dos utilizadores que queriam criar os seus próprios projetos. Como foi descrito no capítulo 4, este projeto não foi financiado, o que tornou inviável a utilização do Second Life, sendo que este mundo virtual exige boas ligações de rede ao exterior o que não existe na BA5 como foi mencionado no capítulo 5.

Para a elaboração do projeto presente nesta dissertação optou-se pelo uso do mundo virtual 3D OpenSimulator descrito mais detalhadamente no capítulo 6.4. Escolhido por cumprir todos os requisitos levantados e por ser aquele o qual os docentes teriam maior conhecimento pois como foi mencionado no capítulo 3 é expectável que ocorra regularmente alteração das pessoas envolvidas no desenvolvimento

4.1.1 Open Cobalt

O Open Cobalt¹³ (Figura 3) é derivado do software Croquet, que foi lançado publicamente sob a licença MIT pela Hewlett-Packard e pelo Consórcio Croquet no início de 2007. Tem como objetivo distribuir a todas as pessoas uma plataforma gratuita e de código-fonte aberto, que permita a criação, acesso e partilha de mundos virtuais colaborativos, tanto em rede local como pela Internet, sem ter de recorrer a servidores centralizados. Foi lançado em versão alfa em 2010.



Figura 3 - Espaço Virtual do Open Cobalt

[Fonte: <http://www.opencobalt.org/>]

O Open Cobalt não é considerado na sua essência um mundo virtual, mas sim um kit de ferramentas que permitem aos utilizadores a criação dos seus próprios mundos virtuais. Pode-se definir como uma ferramenta que permite criar, aceder e interagir com mundos virtuais que existam localmente num computador ou em qualquer lugar numa rede.

Esta tecnologia permite criar ambientes virtuais e espaços de aprendizagem baseados em jogos, tornando também possível que escolas ou outras organizações estabeleçam livremente as suas próprias redes, tanto públicas como privadas em 3D, chat de voz, chat de texto e acessos a aplicações de acesso remoto ao ambiente de trabalho e serviços.

¹³ <http://www.opencobalt.org/>

O Open Cobalt usa o Squeak¹⁴, um sistema gratuito Smalltalk, disponível para Windows, Mac e Unix/Linux. Como o sistema Smalltalk, pode ser atualizado mesmo estando em funcionamento sem precisar de ser reiniciado.

Para correr o Open Cobalt são necessários os seguintes requisitos:

- Ligação à internet por cabo ou ADSL;
- Processador Pentium III ou superior;
- 1GB ou mais;
- Processadores gráficos que cumpram no mínimo com o OpenGL ¹⁵1.3, para se usar movimento de avatares, precisa do OpenGL 1.5 ou superior;
- Para áudio necessita de OpenAL para Linux pois usa o OSS API para gravar a partir do microfone.

Ao usar a tecnologia *peer-to-peer*¹⁶ permite reduzir a dependência de servidores para garantir o apoio básico de todas as interações, dividindo a carga pelos utilizadores, o que permite uma menor exigência de largura de banda.

Teoricamente, ao usar esta tecnologia deveria permitir obter maior escalabilidade e suportar um grande número de utilizadores em simultâneo por servidor. Mas na prática, esta plataforma ainda não demonstrou encontrar-se preparada para um grande número de utilizadores em simultâneo, uma vez que podem ocorrer erros que obriguem ao reinício do servidor onde estes ocorrem (Pereira, 2010).

4.1.2 Open Wonderland

Segundo Kaplan & Yankelovich (2011), o Open Wonderland (Open Wonderland, 2012b) é um kit de ferramentas que permite construir mundos virtuais 3D. Possui todo o seu código fonte aberto seguindo a licença da General Public Licence¹⁷ (GNU v2), sendo este inteiramente desenvolvido em Java, pela empresa Sun Microsystems¹⁸.

¹⁴ <http://www.squeak.org/>

¹⁵ API livre utilizada na computação gráfica, para desenvolvimento de aplicativos gráficos, ambientes 3D, jogos, entre outros. <http://pt.wikipedia.org/wiki/OpenGL>

¹⁶ Todos os clientes de *software* ligados ao sistema partilham recursos entre si para propiciar o resultado final (não há recurso a um servidor central).

¹⁷ Designação da licença para software livre. <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>

¹⁸ <http://www.oracle.com/us/sun/index.htm>

Dentro destes mundos virtuais os utilizadores conseguem socializar com outros, colocar música, abrir ficheiros no formato PDF, HTML, fazer *streaming* de vídeo e também partilhar aplicações do seu ambiente de trabalho ao vivo (Figura 4).

Com o OpenWonderland é possível criar ambientes virtuais 3D para aprendizagem, ambientes colaborativos e simulações interativas.

O objetivo do Open Wonderland não é criar um mundo virtual 3D pronto a ser utilizado, mas sim ser utilizado para criar ambientes virtuais personalizados, incentivando a criação de ambientes colaborativos para empresas, universidades ou apenas para entretenimento. (Open Wonderland, 2012a)

O Open Wonderland é extensível, *designers* gráficos e programadores podem usar toda a sua competência e imaginação para criar mundos virtuais totalmente novos e personalizados ou até mesmo adicionar novos recursos aos mundos virtuais já existentes.

É uma tecnologia experimental que está ainda numa fase inicial de desenvolvimento. Atualmente gerido pelo *Open Wonderland Foundation*, não tem ainda acesso a testes de controlo de qualidade, documentação, marketing ou outros recursos tipicamente associados a um grupo de produtos.

Para correr o cliente do Wonderland é necessário um computador no mínimo com 1.5 GHz de processador mais 1GB de memória RAM acelerados por drivers OpenGL instaladas. Para Solaris e Linux são recomendadas placas gráficas Nvidia pois segundo a *Open Wonderland Foundation*, são mais estáveis e mais completas de recursos que as restantes. A memória da placa gráfica aconselhada é de 256MB. (Open Wonderland, 2012)

Os requisitos mínimos para um servidor Wonderland são os mesmos que o cliente. Se um servidor Wonderland estiver instalado um computador portátil, este aguenta apenas com um ou dois clientes, caso a intenção seja suportar mais clientes aconselha-se a instalar num servidor

Uma vez que o Open Wonderland é baseado em Java, o cliente pode ser executado em Windows, Mac OS X, Linux e Solaris.

É possível trabalhar com o Firefox, Open Office , NetBeans, GIMP ou outro qualquer aplicativo que possa ser executado no ambiente gráfico X do Linux desde que o servidor seja executado em Linux ou Solaris.

Para executar a versão cliente do Open Wonderland é necessária ter o *Java Runtime Environment v6*.



Figura 4 - Partilha do ambiente de trabalho Open Wonderland

Fonte: [<http://blogs.openwonderland.org/2011/01/21/comslive-research-results/>]

Além deste servidor, esta tecnologia também depende de outros projetos realizados pela Sun Microsystems, todos eles também de código fonte aberto. (Java3D, Project Looking Glass e jVoiceBridge).

4.1.3 Second Life

O SL é um mundo virtual 3D que pode ser considerado como uma rede social 3D, onde todos os avatares presentes são pessoas reais e tudo o que pode ser visto é criado pelos utilizadores, que podem optar por fazê-lo sozinhos ou colaborativamente com outros avatares (Boulos et al, 2007). Foi criado pela empresa Linden Lab em 2003 e

recorre ao protocolo Second Life Grid Open Grid Protocol¹⁹ (SLGOGP). Desde que se tornou público este protocolo entre servidores Second Life Grid e o software cliente Second Life, proporcionou-se o aparecimento de plataformas alternativas, como é exemplo, o OpenSimulator.

O SL é um ambiente virtual 3D para pessoas com idades acima dos 16 anos, no entanto educadores que trabalhem com jovens com idades compreendidas entre 13 e 15 anos têm a opção de criar seguros e propriedades privadas, limitando o acesso a determinados conteúdos.(Second Life, 2012)

O registo no SL é gratuito, no entanto para possuir uma propriedade e poder construir nela é necessário pagar uma mensalidade. Cada propriedade é denominada de “região” e possui medidas de 256x256 metros, onde toda a informação gerada é enviada através de streaming implementado sobre UDP²⁰, tolerando desta forma falhas relacionadas com a perda e chegada fora de ordem de pacotes (Fitzgerald, 2007).

Esta plataforma possibilita a criação de conteúdo em tempo real e de forma imersiva, através de ferramentas próprias, possibilitando também a partilha de texto, imagens, vídeo, etc.. A comunicação pode ser feita através de texto.

Cada região pertence a um proprietário que é livre de construir e criar o que entender, cabendo a este a gestão da mesma. Todas as regiões existentes no SL estão organizadas numa grelha bidimensional designada por grid. Todos os avatares são livres de percorrer qualquer região existente na grid e interagir com esta, limitando-se sempre à gestão do proprietário de cada região por onde passa.

As regiões podem conter vários objetos e avatares, sendo que cada objeto pode conter inúmeros recursos, tais como outros objetos, texturas, formas, scripts, etc. Cada objeto pode ter um comportamento, que é programado através de scripts, scripts esses, baseados em eventos, que são programados em LSL²¹ (Linden Scripting Language), uma linguagem da qual a Linden Lab é proprietária.

¹⁹ http://wiki.secondlife.com/wiki/Open_Grid_Protocol

²⁰ User Data Protocol – protocolo que permite a comunicação entre diferentes computadores, sendo esta comunicação sem conexão, não garante a chegada dos pacotes em ordem particular

²¹ http://wiki.secondlife.com/wiki/LSL_Portal

O facto de para possuir uma região no SL ser necessário pagar uma mensalidade à empresa Linden Lab, constitui uma enorme desvantagem para a realização do projeto que aqui apresentamos, pois é um requisito que foi imposto pela FAP: a simulação terá de ser realizada numa plataforma gratuita. Após ter uma região na sua posse o proprietário pode construir vários objetos sem custo, tendo apenas de respeitar o limite máximo que cada região permite. No entanto, sempre que pretender importar um objeto externo construído em aplicações mais robustas em termos de design (ex. Blender ou 3DMax) terá de pagar também por esse objeto, variando o preço consoante as características de cada um. Num projeto complexo como este torna-se bastante dispendioso o uso desta plataforma.

Para além disso, o SL está dependente de uma única empresa onde os servidores se encontram alojados, a Linden Lab. No caso de existir um problema, terá de ser a empresa Linden Lab a resolver.

Apesar das desvantagens mencionadas, o SL destaca-se em relação aos restantes mundos virtuais 3D no uso em áreas do ensino e aprendizagem, assim como para treino.(Vilela et al, 2012) Existem várias instituições a usar o SL para estas finalidades, criando variadíssimas simulações de treino como respostas de emergência (Chen, Y. et al, 2008), gestão empresarial (Rodrigues, C.,2009), médica e cenários de saúde (Boulos, M., 2007) , forças de segurança (Hudson, K., 2009) e educação (Figuras 5 e 6).

Para correr o Second Life é necessário um computador 1.5 GHz de processador mais 512MB de memória RAM. São recomendadas no mínimo as placas gráficas NVIDIA GeForce 6600, ATI Radeon 9500 ou chipset Intel 945. Quanto à conexão com internet exige no mínimo Cabo ou DSL.



Figura 5 – Projeto VITA no Second Life (UTAD)

[Fonte: <http://vitaproject.blogspot.pt/>]



Figura 6 - Medicina no Second Life

Fonte: <http://www.healthquotessite.com/blogs/permalinks/11-2007/health-loves-a-second-life.php>

4.1.4 OpenSimulator

Tal como foi dito anteriormente, o OpenSimulator (OpenSimulator, 2012a) surgiu por retroengenharia do Second Life e começou-se a desenvolver-se mais rapidamente após a Linden Lab ter tornado público o protocolo SLGOGP de

comunicação entre servidores SL Grid e o software cliente SL, destacando-se do SL por ser uma plataforma de código-fonte aberto.

Tal como o SL, o OpenSimulator possibilita a criação de conteúdo em tempo real e de forma imersiva, através de ferramentas próprias, possibilitando também a partilha de texto, imagens, vídeo, etc., sendo que a sua comunicação também pode ser realizada através de mensagens escritas. (OpenSimulator, 2012b)

Por ser mais recente, o OpenSimulator ainda não é um mundo virtual tão robusto como já o é o SL, mas sendo de código-fonte permite que sejam acrescentadas ou corrigidas quaisquer funções.

Qualquer utilizador poder correr o servidor OpenSimulator no seu computador em modo standalone, o que permite que o servidor seja totalmente privado.

O projeto OpenSimulator surgiu em 2007, sob a licença BSD, altura em que foi publicado o código do cliente do SL e se assistiu à estabilização da biblioteca *libopenmetaverse*. Esta última é desenvolvida em paralelo com o OpenSimulator, fazendo com que este herde dela tipos de dados comuns e as várias classes de suporte (Censullo, 2009).

O principal objetivo do OpenSimulator é criar um servidor 3D flexível e modular compatível com o cliente SL. Assim, para a comunicação entre o cliente e o servidor foi adotado o protocolo de alto nível do SL, que se apoia nos protocolos de mais baixo nível: UDP e XML-RPC²², onde as componentes comunicam internamente através de XML-RPC e REST²³ (JSON²⁴/HTTP e XML/HTTP). (OpenSimulator, 2012b)

O OpenSimulator é escrito em C# e pode ser executado tanto em Windows, com a framework .NET, como em máquinas Unix, com a framework Mono.

Uma vez que usa o protocolo do SL, o OpenSimulator pode ser usado para simular ambientes virtuais idênticos a este, não sendo contudo um clone do SL, pois não

²² Protocolo de chamada de procedimento remoto (CPR) que utiliza XML para codificar suas chamadas e HTTP como um mecanismo de transporte

²³ Técnica de engenharia de software para sistemas hipermídia distribuídos como a World Wide Web

²⁴ <http://www.json.org/>

tem suporte para muitos dos recursos específicos deste último mas no enquanto prosseguem outras direções inovadoras de forma a se tornar o esqueleto da Web 3D.

Nesta direção participam um grande número de colaboradores que trabalham quer na deteção e correção de erros, quer no desenvolvimento (Pereira et al., 2010), tornando o OpenSimulator a cada dia mais estável, no entanto a sua versão é ainda alfa, apesar de se aproximar da versão 1.0.

Um dos caminhos que o OpenSimulator optou e que divergem do modo como o SL está implementado, é a maneira como são armazenados todos os dados. Enquanto no OpenSimulator toda a informação é armazenada numa base de dados, no SL é utilizado um servidor de ficheiros que gere toda a informação, sendo que isto em ambos os mundos é transparente para o software cliente (Sequeira, 2009).

Entre muitos outros projetos realizados no OpenSimulator pela UTAD, encontra-se o projecto Young Europeans for Democracy²⁵ (Figura 7). Este projeto teve como objetivo promover a democracia europeia nos jovens.



Figura 7 - Atividade do projeto Young Europeans for Democracy

O uso do OpenSimulator é grátis e não havendo financiamento para este projeto, tal torna-se uma mais-valia.

²⁵ <http://yed.utad.pt/>

Os requisitos mínimos para correr o OpenSimulator são os mesmos que são descritos no Second Life, excetuando a conexão. O servidor do OpenSimulator pode ser alojado pelo cliente, sendo que a largura de banda depende de onde for alojado.

5 Desenvolvimento do protótipo

5.1 Modelo

Seguindo os requisitos descritos no capítulo 5, as TO nem sempre são seguidas na íntegra. Desta forma as tarefas do processo de instalação do motor na fuselagem da aeronave F-16 podem sofrer alterações.

Para combater este constrangimento optou-se pela construção de uma arquitetura onde se separasse o sistema de controlo e decisão do sistema de visualização. Para esta arquitetura foi implementada uma máquina de estados hierárquica.

A nossa implementação da máquina de estados hierárquica para o treino de instalação de motores Pratt&Whitney F100 em aeronaves F-16 tem como objetivos principais (1) garantir a independência dos mecanismos de coordenação e interação que estão disponíveis no espaço virtual 3D, assegurando a separação entre a interface gráfica e o sistema de decisão; (2) permitir que sejam adicionadas mudanças no processo de instalação do motor na aeronave, mudanças que podem ser introduzidas tanto pelo fabricante como pelos formadores (introdução de um erro propositado); (3) ser multiplataforma, definição de um modelo que seja aplicável não só em OpenSimulator, mas como em vários outros mundos virtuais.

A arquitetura de estados foi então desenhada para corresponder à seguinte sequência: quando um objeto é solicitado (recebe um clique), este comunica ao sistema de decisão a sua solicitação, este vai consultar a sua base de dados a fim de saber qual o estado atual do sistema e tomar uma decisão, após essa tomada de decisão irá enviar uma mensagem com uma resposta sobre o que o objeto que anteriormente o solicitou deverá fazer, como podemos observar na Figura 8.

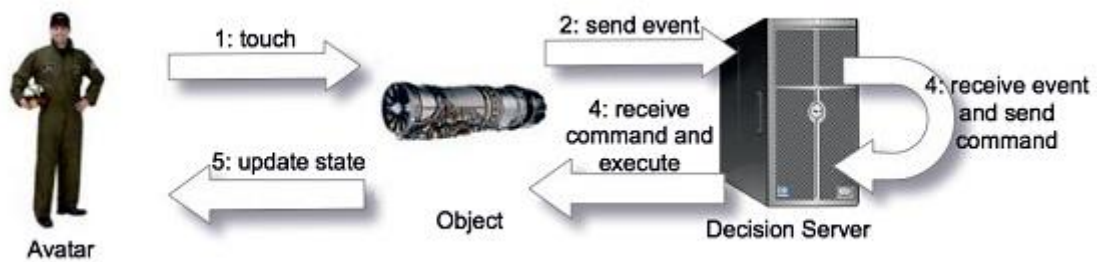


Figura 8. - Arquitetura de estados genérica (Fonseca et al., 2011)

As aplicações servidoras têm o poder de trabalhar com outras aplicações em tempo real, sendo designadas por “prestadores de serviços”. Um serviço é especificado por um conjunto de operações disponíveis para determinadas aplicações, que descrevem uma determinada ação ou um conjunto de ações que podem ser executadas. As operações de serviços podem ser classificadas em quatro categorias: pedido, indicação, resposta e confirmação (Tanenbaum, 1996).

Para modelar estas aplicações recorreu-se a máquinas de estados hierárquicas, onde uma aplicação requer um conjunto sequencial de ações em que uma determinada ação depende do estado atual da aplicação.

Uma máquina de estados hierárquica é qualquer dispositivo que armazena todos os estados de um sistema num dado momento e é capaz de alterar um estado podendo causar uma determinada ação de entrada ou saída para uma determinada aplicação ou para a sua base de dados. Segundo Xin et al. (2007), uma máquina de estados hierárquica deve conter os seguintes elementos:

- Um conjunto de estados hierárquico;
 - Um conjunto de eventos de entrada;
 - Um conjunto de eventos de saída;
 - Um conjunto de ações que permita a entrada de *inputs* no mapa de estados
- (Estados de transição)

5.2 Desenvolvimento do protótipo inicial

5.2.1 Análise e Especificação

Após realizada a análise de requisitos descrita no capítulo 5, procedeu-se à análise das TO, à filmagem de todo o processo e conversas informais com os mecânicos da BA5.

Do cruzamento destes dados produziu-se um guião de instalação do motor da fuselagem de um F-16(Pinto & Teixeira, 2010b).

Neste guião são descritos trinta e três tarefas necessárias para completar todo o processo de instalação do motor na fuselagem da aeronave F-16.

Cada uma destas tarefas foi analisada e especificada pela equipa de projeto nessa etapa. Foram criados diagramas de casos de uso , de estados , de atividades e de classes, para cada uma das tarefas. Nas Figura 9, Figura 10, e Figura 11 são representados os despectivos diagramas de uma tarefa específica, a elevação do motor.

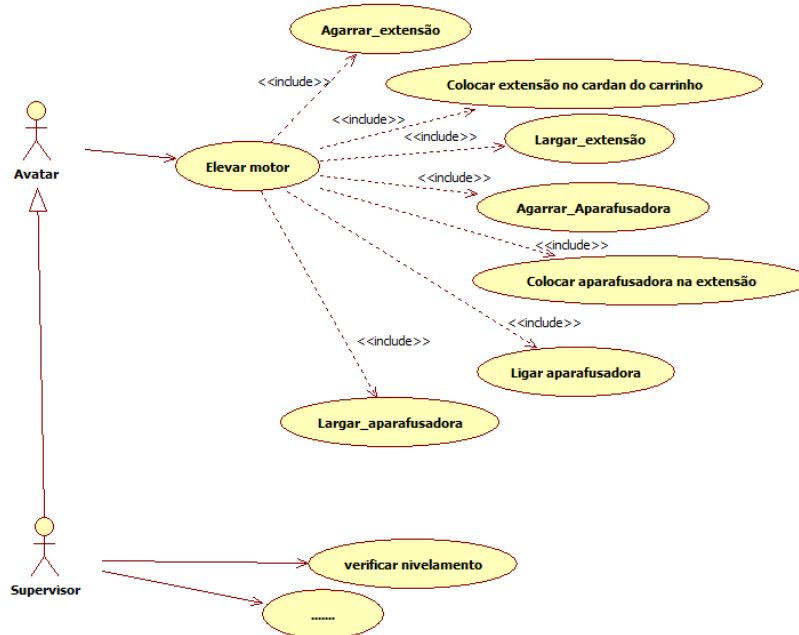


Figura 9. Diagrama de casos de uso para a tarefa "Elevar Motor"

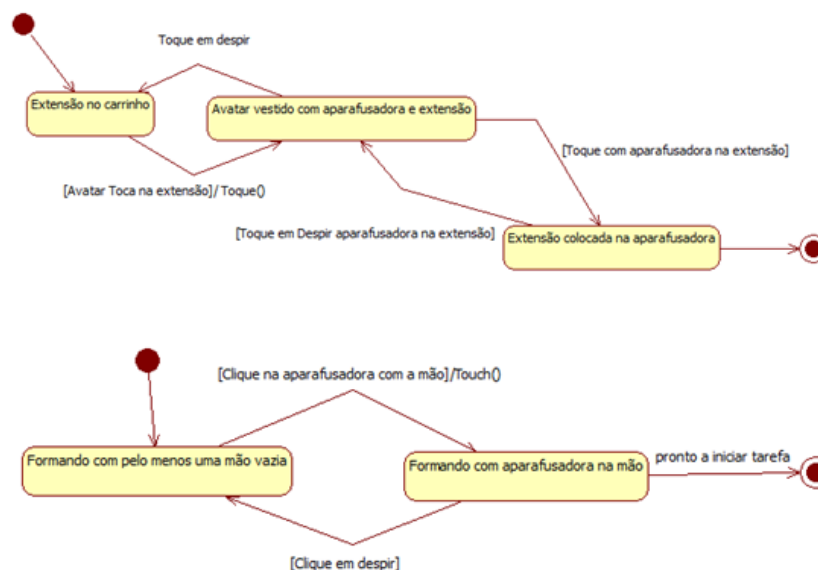


Figura 10. Diagrama de estados para a tarefa "Elevar Motor"

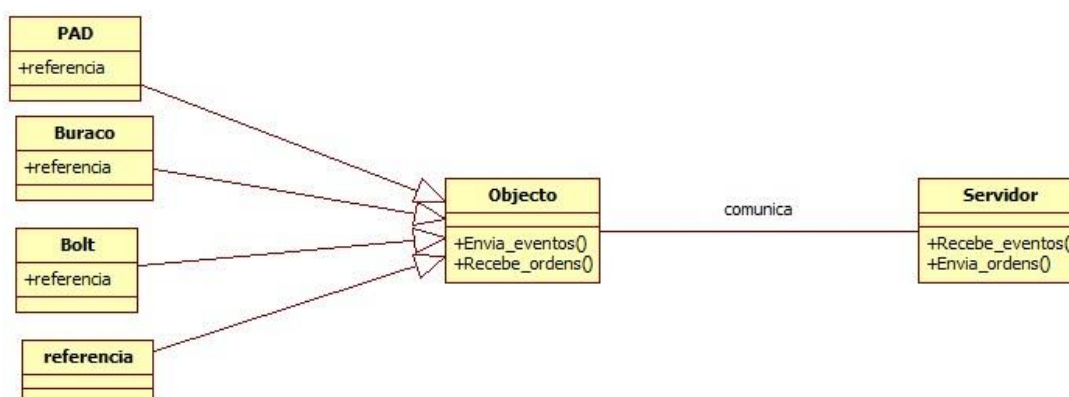


Figura 11. Diagrama de classes para a tarefa "Elevar Motor"

5.2.2 Modelação 3D

Como mencionado no capítulo 5 referente aos requisitos, pretende-se que os formandos se sintam familiarizados com a simulação existente e com o ambiente que vão encontrar.

Para cumprir este requisito foi modelado todo o ambiente 3D parecido com o que se encontra na BA5. Foi modelado um hangar (Figura 12) idêntico ao que se pode encontrar. Além de objetos essenciais a toda a simulação foram modelados alguns objetos que podem ser encontrados no local como por exemplo extintores (Figura 13), sistemas de incêndio, escadas de acesso à aeronave (Figura 14), etc.

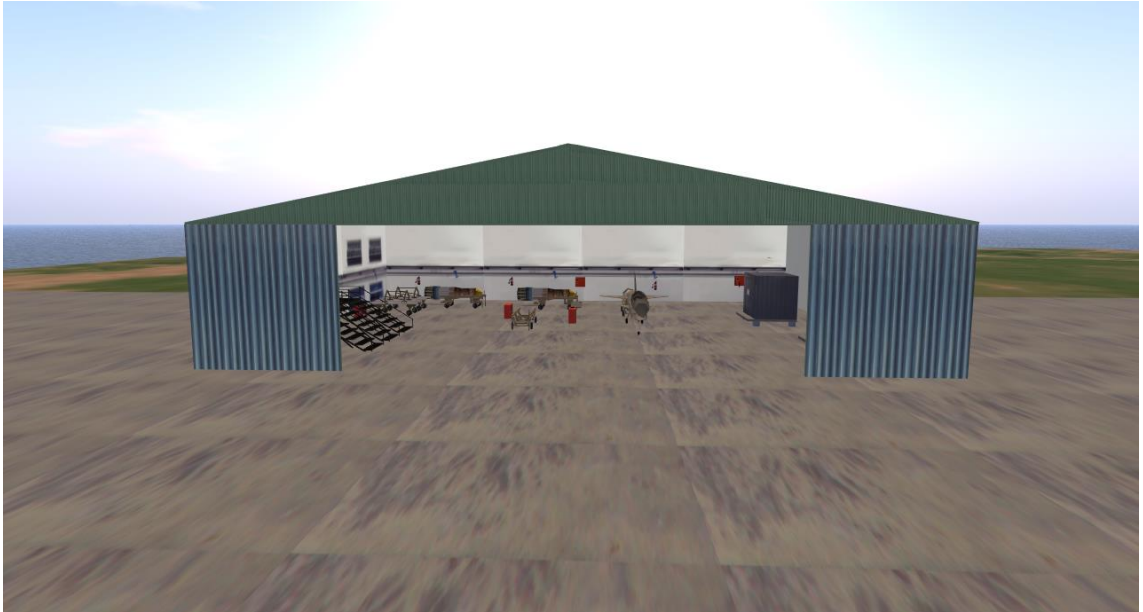


Figura 12. Ambiente 3D – Hangar



Figura 13. Ambiente 3D – Extintor

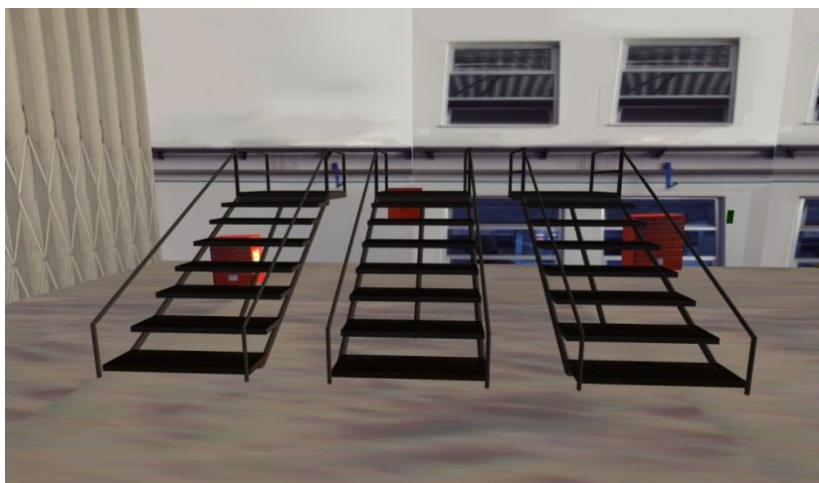


Figura 14. Ambiente 3D - Escadas de acesso à aeronave

5.2.3 Protocolo de Comunicação entre OpenSimulator e Web Service

Como foi descrito no capítulo 8, foi nosso objetivo garantir a independência dos mecanismos de coordenação e interação que estão disponíveis no espaço virtual 3D, assegurando a separação entre a interface gráfica e o sistema de decisão.

Para integrar as duas plataformas foram criados os seguintes protocolos de comunicação:

- WebService – OpenSim; (Tabela 2)
- OpenSim – WebService (Tabela 3 e Tabela 4), onde vamos ter dois tipos diferentes de protocolo (um para quando um objeto é criado no ambiente 3D e outro para os restantes eventos);
- OpenSim – OpenSim. (Tabela 5)

Tabela 2. Protocolo de comunicação WebService – OpenSim

Parâmetro	Tipo	Função
Parâmetro 1	Número Inteiro	Corresponde ao número de tarefas que o WebService envia como resposta
Parâmetro 2	Número Inteiro	Corresponde uma tarefa a realizar, ex: 1-Falar, 2-Mover
Parâmetro 3	Número Inteiro	Corresponde ao número de parâmetros que a tarefa vai ter
Parâmetro 4, 5,..., n	String	Corresponde aos

		parâmetros específicos de uma determinada tarefa
--	--	--

Tabela 3. Protocolo de comunicação OpenSim – Webservice (Objecto Criado)

Parâmetro	Tipo	Função
Parâmetro 1	String	Corresponde nome do evento que aconteceu, neste caso “Objcriado”
Parâmetro 2	String	Corresponde ao nome do objeto
Parâmetro 3	String	Contém a “key” deste objeto
Parâmetro 4	String	Contém a posição deste objeto, ou seja, as suas coordenadas
Parâmetro 5	String	Contém a rotação deste objeto

Tabela 4. Protocolo de comunicação OpenSim – Webservice

Parâmetro	Tipo	Função
Parâmetro 1	String	Corresponde nome do evento que aconteceu, ex: tocado, attached
Parâmetro 2	String	Contém a “key” deste objeto
Parâmetro 3	String	Contém a “key” do avatar ou objeto que interagiu com este
Parâmetro 4	String	Contém a nova posição deste objeto, ou seja, as suas coordenadas
Parâmetro 5	String	Contém a nova rotação deste objeto

Tabela 5. Protocolo de comunicação OpenSim – OpenSim

Parâmetro	Tipo	Função
Parâmetro 1	Número Inteiro	Corresponde número do canal pelo qual vamos comunicar
Parâmetro 2	String	Contém a “key” do objeto que está a comunicar
Parâmetro 3	Número Inteiro	Corresponde um “Evento” a realizar, ex: 1-Falar, 2-Mover, 3-Escrever
Parâmetro 4	String	Contém a informação a enviar, ex: se o evento for

		“mudar” deverá conter as coordenadas que o objeto deverá assumir
--	--	--

Através destes protocolos foi implementado um script único no OpenSimulator em LSL, capaz de processar qualquer que seja a resposta dada pelo webservice quando este é solicitado.

5.2.4 Protótipo

A última fase deste desenvolvimento foi a implementação de um protótipo experimental.

Este protótipo simulava todas as tarefas até à inserção do motor na fuselagem da aeronave F-16. Foi apresentado na BA5 em Julho de 2011.

Este protótipo demonstrava algumas limitações assim com alguns erros de implementação. As ferramentas usadas pelos avatares após anexadas não podiam ser desanexadas, os mecânicos teriam de seguir todos a mesma sequência (no processo real não) e a sequência de tarefas no processo de instalação do motor estava incorreto.

5.3 Desenvolvimento do protótipo final

Perante o objetivo mencionado no capítulo 2, aumentar o conjunto de tarefas simuladas no processo de instalação do motor na fuselagem, e face ao conhecimento aprofundado que possuía acerca do estado de desenvolvimento do simulador, pretendi também reformular o sistema de controlo e decisão, para tornar mais ágil a implementação de correções futuras e com a ambição de poder levá-lo a ser uma base de partida mais flexível para outros problemas de simulação.

5.3.1 Ambiente 3D

No trabalho que serviu de base a esta dissertação, já continha uma primeira versão de um protótipo experimental do simulador.

Tendo estado presente e colaborado na produção deste protótipo tinha consciência que a plataforma usada, o OpenSimulator, tinha algumas limitações na implementação do protótipo tal como este foi idealizado.

Durante o processo de instalação do motor na fuselagem é necessário que os mecânicos usem determinadas ferramentas para a realização de determinadas tarefas. A

simulação deste processo era realizada através da anexação das ferramentas 3D nas mãos do avatar (Figura 15).



Figura 15. Avatares com ferramentas anexadas às mãos

Para que esse processo fosse controlado pelo sistema de controlo e decisão, a anexação teria de ser realizada via *scripting* e não através dos controlos fornecidos pelo *software* cliente (como se pode observar na Figura 16).



Figura 16. Controlos fornecidos pelo software cliente

Este processo continha limitações, pois o uso de ferramentas vai variando ao longo do processo de instalação e o OpenSimulator não permite de forma fiável desanexar de objetos via *scripting*. O comando de *scripting* para o fazer existe, mas o servidor OpenSimulator não o executa.

Para corrigir esta limitação optou-se pelo uso de dois *heads-up displays* (HUD), um para representar a mão direita e o outro para representar a mão esquerda (Figura 17). Sempre que o utilizador clicar numa ferramenta aparece no HUD uma imagem elucidativa da ferramenta que aparentemente teria anexado ao seu avatar. Esta abordagem é facilmente complementada com a anexação do objeto ao avatar assim que apareça uma nova versão do OpenSimulator com esta limitação corrigida.

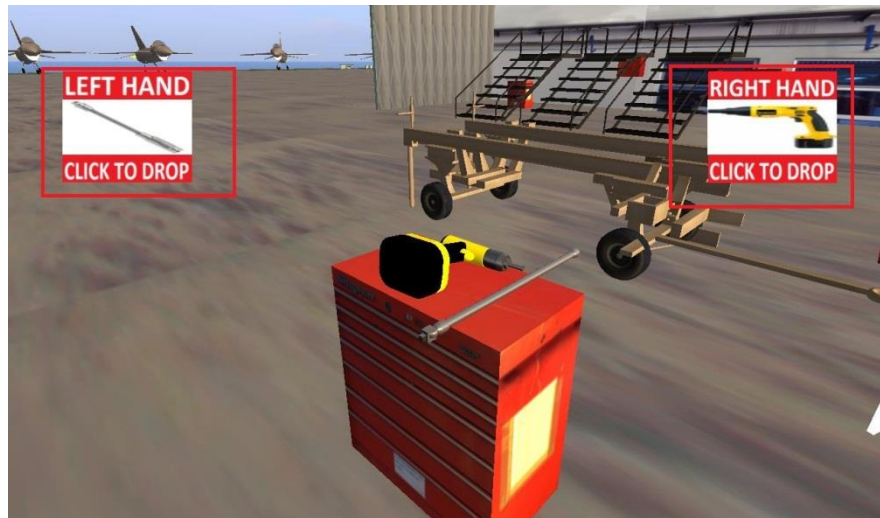


Figura 17. HUD que representa as mãos direita e esquerda

Durante a simulação da elevação do motor, na primeira versão do protótipo eram usadas duas teclas do teclado para fazer elevar e baixar o motor e uma terceira tecla para ordenar a paragem do processo. Para o utilizador puder usar o teclado, é necessário que o utilizador dê permissões. Para dar permissões, o utilizador teria de as aceitar clicando em “OK” numa mensagem que o *software* cliente envia (Figura 18). Todos estes processos eram constrangedores para o utilizador. Para evitar este constrangimento optou-se pela mudança da interface do processo. Em vez do uso do teclado, optou-se pelo uso de mais um HUD em forma de setas (Figura 19). Desta forma, todo o processo funcional do simulador funcionaria apenas através de cliques do rato e com uma interface mais transparente.



Figura 18. Requisição de permissões para usar o teclado

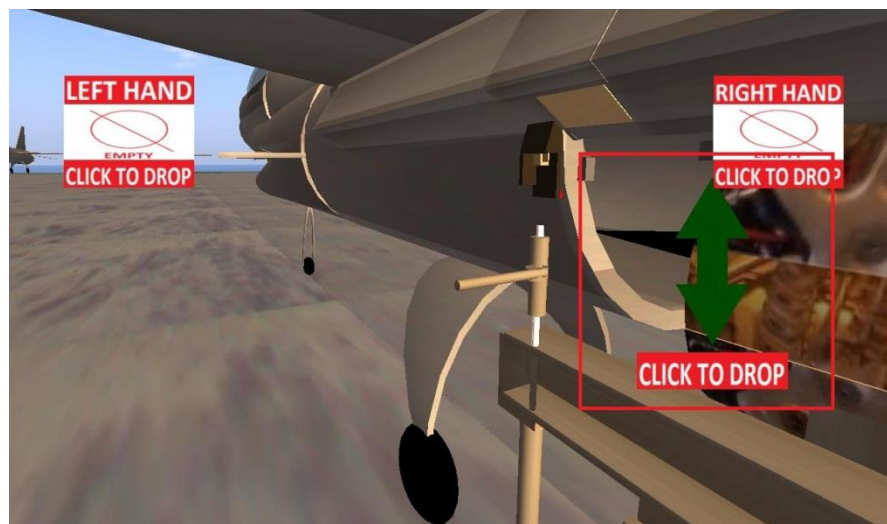


Figura 19. HUD em forma de setas

O processo de instalação do motor na fuselagem exige a colocação de material na aeronave. Esse material, normalmente, está situado em cima de uma bancada e os mecânicos vão colocando à medida que vão precisando. Esse processo também não estava transparente no primeiro protótipo. As peças estaria colocadas num sítio estratégico e escondidas, programadas para aparecerem quando fossem solicitadas. Quando o utilizador executava a tarefa que encaixar uma dessas determinadas peças, a peça reagia deslocando-se para o local correto usando o método de deslocação (*llSetPos*). Essa deslocação era visível a olho nu pelo utilizador dando uma ideia de movimento. Tornava-se pouco real este procedimento. Para corrigir este processo optou-se por usar um método existente na linguagem de *scripting*, método este que faria

a peça aparecer o sítio correto sem dar a ideia de que estava em movimento (*llRezObject*).

Após corrigidos estas limitações e constrangimentos, acrescentou-se mais tarefas no processo. O primeiro protótipo simulava as tarefas realizadas até a inserção do motor na fuselagem, este segundo protótipo simula além das anteriores, as tarefas de segurança do motor na fuselagem e remoção do carrinho e material de apoio à inserção do motor.

5.3.2 Reformulação do sistema de controlo e decisão

O sistema de controlo e decisão que serviu de base a esta dissertação possuía algumas limitações para o avanço deste projeto.

Todo o sistema de controlo e decisão está baseado, como descrito no capítulo 8, num sistema de estados hierárquico. Este sistema, que apenas permite uma sequência de estados, ou seja, estava desenhado para o sistema seguir apenas um único caminho.

Até ao protótipo criado, isto não era um constrangimento, pois até esta fase os mecânicos têm todos de realizar as tarefas em equipa e em coordenação pois não poderiam realizar a tarefa seguinte sem a anterior estar concluída, sendo a tarefa anterior sua ou de um colega de equipa. Mas a partir desta fase, os três mecânicos seguem caminhos diferentes, têm de respeitar apenas a sua sequência de tarefas e não estão dependentes que o colega termine as suas.

É nesta fase que o sistema estava limitado, tanto a nível de organização como de base de dados.

Para resolver esta limitação foi criada uma nova base de dados capaz de organizar e armazenar informação de diferentes sequências e não apenas para este processo. A base de dados foi desenvolvida em Microsoft SQL Server.

A Figura 20 representa o diagrama E-R que apresenta a estrutura definida para base de dados do trabalho base enquanto a Figura 21 representa o diagrama E-R que apresenta a estrutura definida para base de dados do projeto a que se destina esta dissertação.

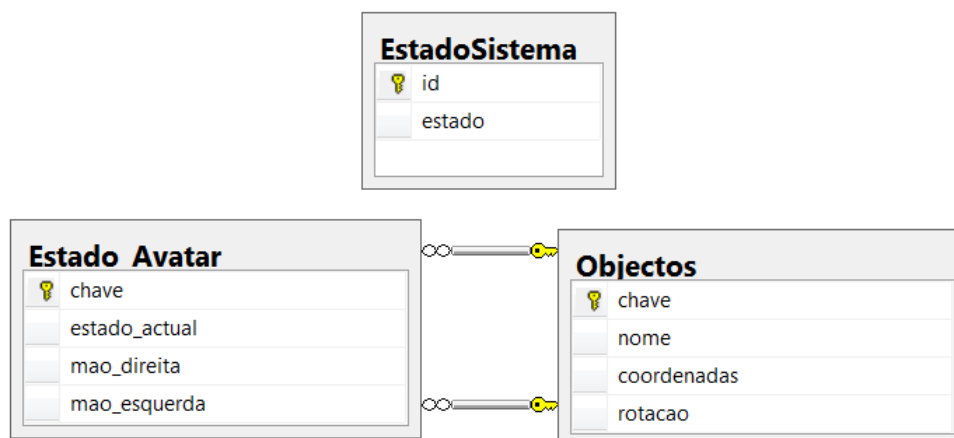


Figura 20. Diagrama E-R da base de dados do trabalho base

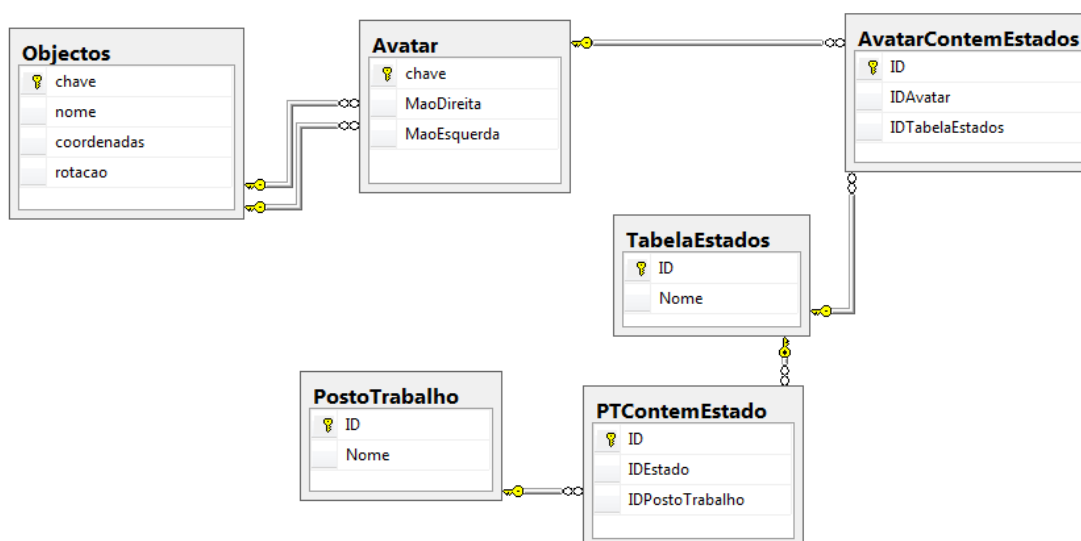


Figura 21. Diagrama E-R da base de dados atual

Tal como mostra a Figura 21, foi necessária a renovação completa da base de dados de forma a satisfazer os requisitos do sistema. Desta forma foi criada a tabela “TabelaEstados” onde são guardados todos os estados necessários para todo o processo, tanto os estados do sistema como os estados dos avatares. A tabela “Avatar” substituiu a antiga tabela “Estado Avatar” onde foi eliminado o atributo “estado_actual”. Para relacionar os estados do avatar com a tabela de estados geral foi criada a tabela “AvatarContemEstados”.

A tabela “PostoTrabalho” foi criada de modo a solucionar a limitação de os três mecânicos poderem seguir caminhos diferentes. Desta forma podemos criar nesta tabela vários postos de trabalho, ou seja, vários caminhos por onde a simulação pode seguir independentemente. Para relacionar estes postos de trabalho com os estados existentes foi criado uma tabela de relacionamento “PTContemEstado”.

Face as mudanças do ambiente 3D descritas no subcapítulo 5.3.1, o sistema de controlo e decisão teve também de ser adaptado. As classes inerentes a estas tarefas tiveram de ser adaptadas à nova interface. Todas estas classes estão organizadas de forma a estes procedimentos serem independentes, o que facilitou a sua adaptação.

Sempre que o sistema é invocado para agir, este tem de se inteirar primeiramente de todo o estado atual do processo de simulação. Uma vez que a base de dados sofreu alterações, todo este método teve também de ser adaptado.

Ao longo de todo o trabalho e após a realização de testes de utilização descritos no capítulo 10, foram surgindo novos requisitos e falhas na sequência de tarefas a realizar (Tabela 6). Mais uma vez, devido a organização atual do sistema de controlo e decisão, a sua implementação foi realizada com esforço reduzido.

Tabela 6 - Novas tarefas surgidas após o 1.º teste

Tarefas a realizar no simulador	
Tarefas	Tempo despendido para a realização da tarefa
Permitir elevar o motor antes de deslocar o carrinho	15 Min. (análise, implementação e teste)
Cavilha é metida no motor e não na calha	15 Min. (análise, implementação e teste)
Implementar a sequência: aliviar apoio, prender sapata, prender apoio	20 Min. (análise, implementação e teste)
Não permitir que o motor passe a aeronave	5 Min. (análise, implementação e teste)
Alavanca tem de avançar com o motor	25 Min. (análise, implementação e teste)
Prender apoio superior ao <i>adapter</i>	20 Min. (análise, implementação e teste)

6 Testes

Durante este projeto foram realizados dois testes ao protótipo do simulador, na BA5 com os mecânicos especializados no processo de instalação de um motor com a intenção de avaliar os conhecimentos dos utilizadores a nível informático e a nível do protótipo desenvolvido e aferir possíveis erros no estado atual do mesmo. Estes testes de utilização revelaram-se bastante produtivos pois conseguimos atempadamente detetar falhas na instalação e erros informáticos, assim como perceber o que poderia ser melhorado para que no final o sistema seja do agrado de todos os intervenientes.

Para estes testes foram construídos os seguintes instrumentos:

- Questionário de caracterização de perfil²⁶;
- Termo de consentimento²⁷;
- Entrevista²⁸.

O questionário de caracterização de perfil foi elaborado para caracterização dos mecânicos, aferir o conhecimento dos utilizadores em mundos virtuais e experiências prévias neste tipo de ambientes.

Uma vez que a recolha de dados seria realizada com recurso a diferentes técnicas e instrumentos de recolha, nomeadamente filmagem, entrevista e questionário, criou-se um termo de consentimento onde se pedia a autorização para a captura, análise e utilização dos dados, no âmbito do protocolo elaborado entre a UTAD e FAP. Pode-se observar com mais detalhe no anexo 1, os questionários e no anexo 2 o termo de consentimento.

A entrevista enquadrava-se na recolha de dados realizada durante os testes de utilização ao simulador 3D do processo de instalação de motores Pratt&Whitney F100 em aeronaves F-16 visando avaliar a satisfação dos utilizadores na utilização do mesmo, através de diversos aspetos, na ótica do utilizador que caracterizam o simulador e outros mais direcionados para os aspetos pedagógicos que vão de encontro ao objetivo primordial deste simulador: a formação.

²⁶ Ver Anexo 1.

²⁷ Ver Anexo 2.

²⁸ Ver Anexo 3.

Além de testes pedagógicos foram realizados também testes técnicos, de modo a averiguar quais os equipamentos disponíveis na BA5 para a utilização do protótipo produzido e se esses mesmos materiais são suficientes para a operacionalização do simulador de formação.

Para a realização dos testes foram necessários os seguintes equipamentos:

- 4 computadores;
- 1 router com um mínimo de 4 portas;
- 4 cabos de rede;
- 1 videoprojector;

6.1 Teste de utilização 1

O 1.º teste foi realizado durante os dias 1 e 2 de março de 2012.

Para o efeito realizaram-se duas simulações com seis mecânicos especialistas divididos em grupos de três elementos. Os elementos de cada grupo estavam dispostos numa mesa quadrada, sem que cada um conseguisse visualizar o ecrã dos outros.(Figura 22)



Figura 22. Primeiro teste de utilização na BA5

O teste iniciou-se com uma breve apresentação do projeto, seguindo-se uma atividade de ambientação ao mundo virtual, à qual se sucedeu o teste propriamente dito, com a realização do processo de instalação com os passos implementados até ao momento. No fim, realizou-se uma entrevista semiestruturada para aferição da satisfação dos formandos e sugestões de melhoria do protótipo. O teste dividiu-se em duas sessões, cada uma com três formandos. Esta divisão em grupos de três baseou-se no número mínimo de mecânicos necessário para a instalação do motor (3).

Neste teste foram encontradas algumas limitações técnicas. Para que os computadores dos clientes possam aceder ao servidor OpenSimulator é necessário equipamento de nível 3. A BA5 não tinha qualquer equipamento de nível 3 disponível para a realização da simulação, o único sistema de rede na sua posse era o sistema de rede interna da base que por questões de segurança, uma vez que o simulador ainda não é um produto final, não poderemos utilizar. Esta situação foi resolvida através de um router que estava na posse da equipa do projeto para precaver qualquer limitação ao teste a realizar. Os computadores disponibilizados para o efeito, que segundo responsáveis, seriam os melhores disponíveis na BA5, revelaram ser insuficientes para a execução do simulador implementado, pois após alguns minutos tornavam-se bastante lentos, necessitando mesmo de se reiniciar diversas vezes o *viewer* do OpenSimulator. Mais uma vez esta limitação foi resolvida com recurso aos computadores pessoais dos elementos da equipa do projeto.

6.1.1 Análise das entrevistas

A partir da análise, (detalhes apresentados no anexo 4), ... feita à entrevista realizada ao grupo 2, os entrevistados referiram alguns aspetos necessários a terem em consideração no simulador, quer ao nível da utilização do simulador no que diz respeito à colaboração, consideraram necessário corrigir alguns pormenores de posicionamento do avatar, como pudemos verificar: “A partir logo pelo bloco superior, em vez de inserir o motor antes de subir, corrigindo aquela parte tem que se assentar antes da parte de cima. Corrigindo aquela parte de quantas as pessoas desfasadas de chegar à frente no subir, e realmente quando se sobe desfasadamente o motor tem a tendência ao aproximar-se de um lado depois foge, para ficar correto.” (Entrevistados 2, 02-03-2012).

Quando se perguntou sobre a utilidade do simulador refiram que é útil e uma mais-valia em termos práticos, porém referiram que é necessário ter em consideração a *checklist* de vistoria de segurança da aeronave, as questões de segurança da equipa de trabalho e da aeronave, e as condições necessárias para a instalação do motor: “Isto antes de inserir o motor, há uma *checklist* de vistoria em termos de segurança da aeronave... tem isso mapeado.” “Em termos de segurança do avião, estabilidade, por isso é que vos falei dos índices do combustível.” “Aquela parte sempre importante... a salvaguarda da segurança dele e dos restantes elementos da equipa de trabalho”; “Portanto, normalmente a pessoa mais velha, que está mais tempo para verificar que a aeronave está preparada, para inserir o motor, nomeadamente em termos de estabilidade da aeronave, o combustível, poderá ser ... um procedimento real...” “Por exemplo, a aeronave tem esses elementos todos, certas vezes... a aeronave, não tem uma cadeira ... nesse caso é necessário corrigir esse setor...”, “A prestação com o próprio motor...”, “Antes há aquela preocupação de fazer a *checklist*...” “...são os pré-requisitos...” “A verificação das *pod conditions*”... condições necessárias para instalar o motor...” “.. no manual certificar-se que se fez isso.” (Entrevistados 2, 02-03-2012).

Relativamente ao domínio técnico, os entrevistados tanto do grupo 1 como do grupo 2 consideraram que classificaram como acessível o nível de conhecimentos exigidos para a utilização do mundo virtual 3D, dependendo num dos grupos com aspetos ligados ao *software* do computador, como pudemos constatar “É aceitável...” “Depende da capacidade do computador e do software que uso.” (Entrevistados 1, 02-03-2012); “...acessível.” (Entrevistados 2, 02-03-2012).

No que diz respeito à atividade de ambientação ao mundo virtual, consideraram que facilitou o contato com o mesmo “Ah... Sim, sim..”, “Para conhecer os passos..” (Entrevistados 1, data de entrevista), e no grupo 2 referiram que “Sim mas a finalidade dessa parte só tem a ver é só mesmo essa.”, “ É uma introdução..” e que “Sim é necessário..” a atividade de ambientação. Consideraram que o tempo da atividade de ambientação “Foi suficiente, adequado” (Entrevistados 1, 02-03-2012), uma vez que como explicaram (grupo 2) a atividade permitiu que soubessem o que tinham e o que necessitam realizar no mundo virtual , “Ao início nós, ficamos e precisamos de saber por que que fazer, até para fazer alguma coisa, para saber o que estamos a fazer ..”,

porém chamaram a atenção para a parte técnica “Nós estamos fazer aqui uma coisa, é preciso saber a parte técnica para fazer aquilo..”(Entrevistados 2, 02-03-2012).

Em relação ao manual de utilização do simulador, consideraram que é útil, que é uma introdução e ajuda para perceber como funciona todo o processo de funcionamento no mundo virtual, como pudemos verificar, “É sempre útil..” (Entrevistados 1, data de entrevista), “Sim uma pequena introdução... De como se move o avatar... os objetos...” “Para fazer isto, tem que fazer assim” “É uma ajuda...” (Entrevistados 2, 02-03-2012), e referiram também da importância de uma *checklist* com os erros e as tarefas necessárias no simulador: “Uma vez falámos de uma *checklist*, com os erros, tarefas...” “Sim, serviu...” “Lista de tarefas...” “já tem que ter algum conhecimento...” “Sim.. (lista de verificação)” (Entrevistados 2, 02-03-2012).

Consideraram que a ajuda dos formadores e colegas num primeiro momento é importante, contudo posteriormente consideram que não teriam necessidade de ajuda: “Se fosse que mais de uma vez.. Não” “Ao fim da segunda vez acho que até conseguimos.”(Entrevistados 1, 02-03-2012), mas que a ajudar surge durante o processo, “A própria ajuda vai surgindo ao longo do processo...” “Pois, provavelmente precisamos de ajuda..” (Entrevistados 2, 02-03-2012).

Quanto aos aspetos pedagógicos, consideraram que permitiu alcançar competências de instalação de motores de F-16, nomeadamente para treinar, mas referiram que é necessário que o simulador futuramente esteja mais detalhado, “Vai...” “com mais detalhes...” “Em vez de ir já ao terreno, e verificar material, pode-se ver por aqui...” “Mas com mais detalhe ...” “Isto devia ter qualquer coisa que... Isto são 4 mecânicos, normalmente um é o que está a coordenar as coisas... o que normalmente são mais os três portanto nesse aspeto não era preciso tanto..”. (Entrevistados 1, 02-03-2012), “Permite treinar...” “Só na prática, que...” “Sim..” (Entrevistados 2, 02-03-2012).

Relativamente à utilização do simulador, de forma colaborativa, consideraram que permitiu alcançar os objetivos pretendidos, uma vez que “O objetivo é instruir a pessoa de forma a ser introdutória, certo?!” (Entrevistados 2, 02-03-2012), bem como que o simulador é útil pois permite a “possibilidade, neste caso, de simulações, é prático” (Entrevistados 2, 02-03-2012), e igualmente que as simulações “... são uma mais-valia”

(Entrevistados 2, 02-03-2012), pois “Cada um tem automaticamente as suas funções.” (Entrevistados 2, 02-03-2012).

Consideraram que com o simulador teve, para o processo de instalação dos motores F-16, vantagens ao nível da formação pois permite que haja “...sempre vantagem de a pessoa os corrigir” (Entrevistados 2, 02-03-2012), e que é “vantajoso para a pessoa treinar porque é uma atenção que fazemos frequentemente. E o pessoal novo quando chega, vai aprendendo, vai fazendo, e primeiro que fique uma equipa automatizada demora sempre algum tempo.” (Entrevistados 2, 02-03-2012).

Quanto à simulação 3D, consideraram que é uma alternativa para a execução física das tarefas, nomeadamente “em termos de treino...” e que o ambiente 3D é apelativo, como se pode verificar “...o mundo virtual é sempre apelativo para qualquer pessoa que chega”, já que “Até mais entusiasmo cria” (Entrevistados 2, 02-03-2012).

No que diz respeito à interface gráfica, referiram que algumas partes apresentam-se realistas “Identificação de algumas partes perto reais“, “Identifica-se certas partes... (motor) isso sim” (Entrevistados 2, 02-03-2012).., e que não tiveram dificuldades em identificar os objetos. Porém a parte gráfica necessita ser melhorada pois alguns aspetos são impossíveis de acontecer na realidade: “Até posso sair do edifício de costas, como é possível ?! não é possível”, “o motor não pode sair pela parte da frente... impossível”, “o apoio que está a frente, tem que se baixar..” (Entrevistados 2, 02-03-2012).

Referiram que, a interação com o sistema é adequada e suficiente “é o suficiente...” (Entrevistados 2, 02-03-2012), mas que têm consciência que há também necessidade de se habituarem às condições que o sistema oferece: “já sabe como tem que subir... tem que se adaptar as condições que se apresentadas...” (Entrevistados 2, 02-03-2012).

Este teste permitiu salientar algumas fragilidades do protótipo e possibilidades de melhorias, tendo-se por isso demonstrado bastante produtivo tanto a nível pedagógico como a nível técnico como a nível de utilização, donde surgiram as seguintes recomendações de melhorias:

- Sempre que o ponteiro do rato passasse em cima de uma peça, devia aparecer o nome desta por cima de modo a identificar mais facilmente;

- Corrigir a sequência parcialmente errada na instalação do motor.

6.2 Teste de utilização 2

Após incrementos no simulador, baseados nas conclusões do teste 1, realizou-se um novo teste com os utilizadores finais, durante o dia 2 de julho. Para o efeito realizaram-se novamente duas simulações, com seis mecânicos especialistas, divididos em grupos de três elementos. Os elementos de cada grupo estavam dispostos numa mesa quadrada, sem que cada um conseguisse visualizar o ecrã dos outros.(Figura 23)

O teste iniciou-se com uma breve apresentação do projeto, seguindo-se uma atividade de ambientação ao mundo virtual. Após esta atividade foi realizada a simulação de todo processo. Uma entrevista semiestruturada seguiu-se após a simulação com o objetivo de aferir a satisfação dos formandos e sugestões de melhoria. O teste dividiu-se em duas sessões, cada uma com três formandos. Esta divisão em grupos de três baseou-se no número mínimo de mecânicos necessários para a instalação do motor (3).

As limitações técnicas encontradas no primeiro teste que foram descritas no subcapítulo 10.1, voltaram a ser encontradas neste teste. Nada foi alterado nos equipamentos existentes na BA5 desde o primeiro teste.

6.2.1 Análise das entrevistas

Neste segundo teste verificou-se a existência ainda de incorreções na sequência de passos no processo de inserção do motor. Os mecânicos da BA5 executam o processo com algumas alterações às TO's, no que à ordem sequencial de tarefas diz respeito: “Agora é assim...isto permite que o motor seja todo introduzido neste passo? Falta aqui um...sim, os extremos têm que ser recolhidos”. ”O sétimo tem que ser recolhido...tem que estar alguém a desviá-lo quando ele está a entrar”. “ Temos que baixar todo o apoio que o carro está a dar à frente, assim como à frente, quando levou o apoio e ficou encaixado na calha, baixamos o apoio do carro.” (Entrevistados, 03.07.2012).

Os conhecimentos informáticos necessários à utilização do simulador continuam a ser classificados como acessíveis, sem grandes exigências por parte dos mecânicos, utilizadores finais: “...são toques simples, quer-se um certo instrumento, é só carregar nele. Tem certos termos em inglês, mas é básico. *Fly*, voar.”. “ É só carregar e está

feito.”. “Depois também tem as setinhas, também se consegue movimentar o avatar” (Entrevistados, 03.07.2012).

O aspeto gráfico de algumas peças no simulador continuou a ser apontado como um possível bloqueador da ação, sendo necessário mais realismo para o ambiente virtual: “...o pontinho vermelho, para quem andasse nisto a primeira vez, não seria se calhar... Não identifica se é para subir, se é para tirar o carro.” (Entrevistados, 03.07.2012).

O simulador é visto como útil na formação, nomeadamente dos mecânicos novos que chegam à equipa: “Sim, para quem chega à secção inicialmente é fixe.”. “... Já se fica com noção, logo completa...em vez de estar no terreno e «agora chega aquela peça» e depois não se está a ver o que estão a fazer à frente, ou já não se está a ver o que os do lado estão a fazer. Não se tem bem a noção que tem que ser feito tudo ao mesmo tempo...”. “Já tinham outra perspetiva, em relação ao lugar.” (Entrevistados, 03.07.2012).

Mais requisitos foram propostos: “Se isto aqui tivesse a variação da inclinação, ainda mais se notava...aqui consegue-se ver os passos todos e se calhar no terreno não...”(Entrevistados, 03.07.2012).

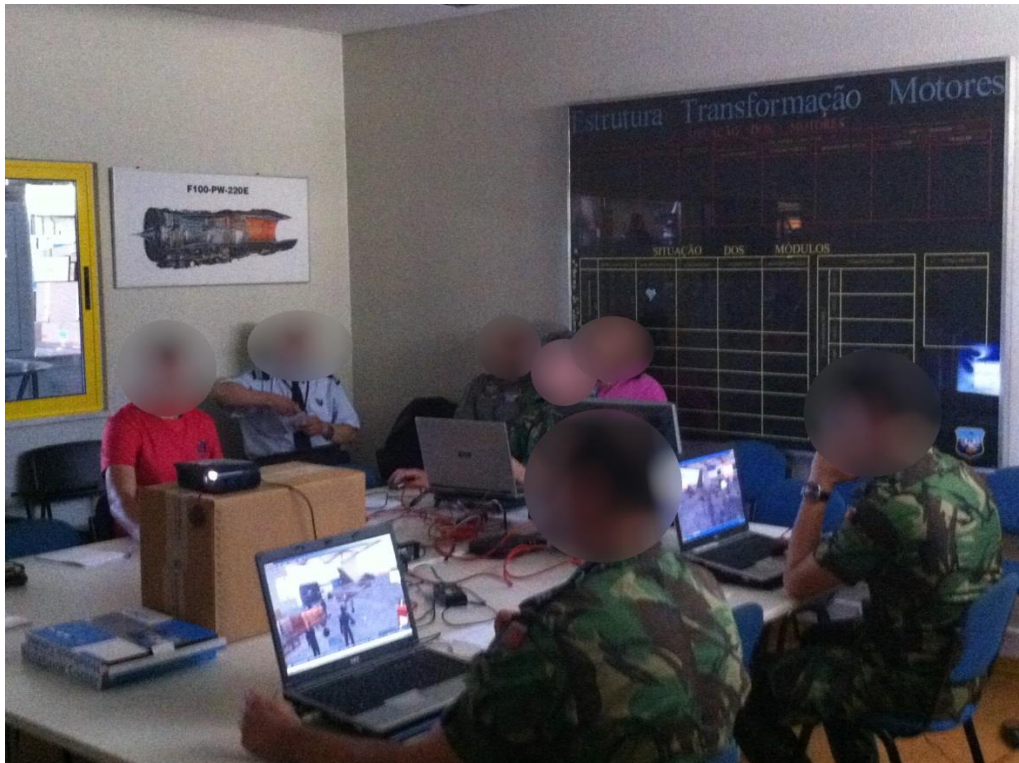


Figura 23 - Segundo teste de utilização na BA5

6.3 Teste de validação do sistema

A validação do sistema é feita através de testes e análise dos resultados concluindo por fim, se o sistema funciona corretamente e de acordo com os requisitos. Os testes são organizados por secções, sendo que cada secção corresponde a um requisito.

6.3.1 Possibilidade de uma equipa, em simultâneo, treinar o processo de instalação do motor Pratt & Whitney F100 numa aeronave F-16

Ao adotar a plataforma OpenSimulator para a implementação deste projeto, este requisito é cumprido pois a própria plataforma já o permite. O OpenSimulator como foi descrito anteriormente é uma plataforma multiutilizador, permitindo desta forma que vários utilizadores possam estar a realizar o treino simultaneamente.

6.3.2 A simulação terá de cumprir uma sequência lógica de passos para a instalação do motor

Ao implementar a máquina hierárquica de estados este requisito foi cumprido. Nenhuma etapa pode ser realizada sem que a anterior esteja concluída. O sistema tem sempre um estado atual do simulador e apenas consegue transitar para o estado correto.

6.3.3 Possibilidade de colaboração e cooperação no trabalho em equipa em simultâneo

A colaboração e cooperação da equipa em algumas tarefas são necessárias para a instalação do motor na fuselagem da aeronave F-16. Esta colaboração é feita de várias formas. Durante a simulação a equipa necessita de comunicar entre si, dando indicações sobre a sua prontidão no momento e necessita de realizar tarefas em conjunto, com por exemplo elevar o motor.

A comunicação é resolvida, em parte, pelo OpenSimulator pois esta plataforma contém um *chat* permitindo assim aos utilizadores comunicarem através de mensagens escritas. A comunicação oral, quando a simulação for efetuada em locais diferentes, pode ser realizada através de vários *softwares* existentes, como por exemplo o Skype.

Para a simulação de tarefas colaborativas, como a elevação do motor, onde os utilizadores precisam no treino real de efetuar ao mesmo tempo, implementou-se um algoritmo em C#. Este algoritmo é responsável por captar os “cliques” dos utilizadores e calcular o intervalo de tempo entre eles. O sistema apenas executa a tarefa se todos os cliques foram captados no espaço de dois segundos.

6.3.4 O utilizador terá de usar algumas ferramentas para a realizar algumas tarefas

Este objetivo foi atingido através da máquina de estados hierárquica. Cada avatar tem um estado. Sempre que o utilizador interage com uma ferramenta o seu estado é alterado. As suas ações perante o estado do sistema dependem sempre do seu próprio estado. Com isto garante-se o uso das ferramentas adequadas perante cada tarefa no simulador.

7 Conclusões, resultados e trabalho futuro

7.1 Resultados

Pela análise dos questionários, todos os utilizadores que participaram neste teste eram do sexo masculino, com idade média de 42 anos. Eles relataram serem utilizadores normais de computador, utilizam computadores mais do que uma vez por dia. Usam os computadores principalmente para procurar informação (12 em 12), para a realização de trabalho (10 em 12), para fins sociais (10 em 12).

Destas práticas de utilização não constam no dia-a-dia dos intervenientes a utilização de mundos virtuais pois nem conhecimento de que existiam.

Foram também encontradas limitações técnicas no material existente atualmente na BA5 para suportar o funcionamento do protótipo do simulador. Os computadores fornecidos para o teste revelaram-se insuficientes para o bom funcionamento do simulador. A nível de memória e processamento os computadores possuíam o suficiente mas a placa gráfica era limitada. Com estas características o computador era capaz de executar eficazmente o cliente de *software* (Firestorm Viewer²⁹) mas não nas melhores condições. Este software teve de ser reiniciado várias vezes pois tornava-se bastante lento à medida que o tempo de utilização avançava.

A partir da análise das entrevistas realizadas, os entrevistados mencionaram algumas sugestões de melhoria do simulador e de correção. Foram detetados erros de análise do processo de instalação do motor na fuselagem, continha erros na sequência de montagem bem como a existência de passos omissos.

No que diz respeito à utilidade do simulador, todos os entrevistados referiam ser bastante útil servindo de apoio à prática.

Dos testes realizados surgiram novos requisitos, nomeadamente a verificação da segurança antes de inicializar a instalação, detalhes de como garantir o uso da caixa de ferramentas, correção da sequência de tarefas da instalação do motor na fuselagem e uma ajuda para identificar os objetos 3D presentes no ambiente virtual.

²⁹ Software cliente que permite aceder à interface gráfica - <http://www.firestormviewer.org/>

7.2 Conclusões

Um dos objetivos desta dissertação foi continuar desenvolver um sistema capaz de simular todo o processo da instalação de um motor na fuselagem de um F-16. Neste momento, o sistema permite de uma forma simples implementar qualquer procedimento, sendo facilmente reproduzido aos restantes.

Perante os restantes objetivos propostos, aumentar o conjunto de tarefas simuladas no processo de instalação do motor na fuselagem, testar o protótipo em termos funcionais, testar o protótipo em contexto de utilização, com utilizadores finais, colmatar limitações do funcionamento e corrigir erros identificados, podemos afirmar que foram todos atingidos.

Existe neste momento um protótipo funcional, pronto a ser usado pelos mecânicos da BA5. O protótipo cumpre todos os objetivos propostos nomeadamente a capacidade de simulação multiutilizador onde é possível o treino e colaboração entre os intervenientes.

Foi construído, não apenas um simulador, mas um sistema capaz de simular qualquer outra situação de uma outra área qualquer com menor esforço, possibilitando assim a construção de outras situações de simulação rapidamente.

Contudo, o sistema para ser usado na BA5 neste momento tem algumas limitações. Terão de ser resolvidas as limitações técnicas a nível dos computadores melhorando a placa gráfica de modo a que esta seja capaz de oferecer uma boa performance a todo o processo.

A modelação poderá sofrer alguns melhoramentos no sentido de tornar a simulação mais real, conferindo maior detalhe aos objetos e consequente aumento da perceção dos mesmos por parte dos formandos.

Para trabalho futuro, terão de ser implementados as restantes tarefas que ainda faltam para concluir todo o processo de instalação do motor.

7.3 Reflexões Finais

Este projeto, tal como mencionado na introdução, teve o seu início em 2010. Estive presente e colaborei aprofundadamente desde o seu início. Quando iniciei este projeto, os mundos virtuais para mim era bastantes desconhecidos, um “mundo” por

descobrir. Sendo uma área bastante interessante, despoletou em mim uma grande curiosidade e uma grande força para seguir em frente. Este projeto fez-me evoluir tanto como pessoa como profissional. “Obrigou-me” a abrir a mente e procurar soluções de cariz técnico onde supostamente não existiam. Trabalhar com diferentes áreas de informática, programação em diferentes linguagens (C# e LSL), e tratamento de bases de dados (SQL Server), fez com que cimentasse todos os conhecimentos adquiridos durante o curso.

A nível do simulador seria de valor acrescentar inteligência artificial para que os formadores possam treinar todo o processo sem ser necessário outras pessoas estarem presentes. Já houve um colega com trabalho inicial nesta área, creio que seria relevante dar-lhe seguimento (Vilela, 2012).

Sendo um simulador para ser usado na formação e sendo o Moodle o LMS usado pela FAP, a sua integração com o simulador seria também de valor acrescentado. Assim, faria também sentido a produção de um relatório de tudo o que é feito pelos formando durante simulação e enviado para o Moodle de modo a ser consultado pelos seus responsáveis.

A meu ver, este é um projeto que ainda tem muito por onde evoluir e ao qual gostaria de continuar ligado futuramente.

Bibliografia

Boulos, M.N.K., Hetherington, L. & Wheeler, S. (2007). Second Life: an overview of the potential of 3-D virtual worlds in medical and health education. *Health Information & Libraries Journal*, 24(4), pp 233-245

Censullo, Tom (2012). *Tutorial: Architecture of Open Simulator*. Consultado a 25 de Agosto de 2012 em <http://vw.ddns.uark.edu/X10/content/ARCHITECTURE--Tutorial--Architecture-of-Open-Simulator--Censullo.pdf>

Chen, Y.F., Rebolledo-Mendez, G., Liarokapis, F., de Freitas, S., Parker, E. (2008). The use of virtual world platforms for supporting an emergency response training exercise. *Proceedings of the 13th International Conference on Computer Games: AI, Animation, Mobile, Interactive Multimedia, Educational & Serious Games*. Wolverhampton, UK, pp 47-55.

Fitzgerald, M. (2007); How I Did It: Philip Rosedale, CEO, Linden Lab. Interview with Philip Rosedale. *Inc. Electronic Magazine*. Acedido a 25 de Agosto de 2012 em <http://www.inc.com/magazine/20070201/hidi-rosedale.htm>

Fonseca, B.; Paredes, H.; Rafael, J.; Morgado, L.; Martins, P. (2011). A Software Architecture for Collaborative Training in Virtual Worlds: F-16 airplane engine maintenance. In Adriana S. Vivacqua, Carl Gutwin and Marcos R.S. Borges (Eds.) *Collaboration and Technology: 17th International Conference, CRIWG 2011, Paraty, Brazil, October 2-7, 2011. Proceedings*, pp 102-109. Berlin: Springer.

Hevner, Alan R. (2007) A Three Cycle View of Design Science Research, *Scandinavian Journal of Information Systems*: 19(2), Article 4.

Hudson, K., deGast-Kennedy, K. (2009). Canadian Border Simulation at Loyalist College. *Journal of Virtual Worlds Research*, 2 (1), pp 3-11.

Kaplan, J., Yankelovich, N. (2011) Open Wonderland: Extensible Virtual World Architecture, *IEEE Internet Computing*. 15(5), pp 38-45.

Krause, D. (2009). *Serious Game in Second Life: Kitchen fire simulation on swiss projects*. Consultado a 1 de Setembro de 2012 em <http://web3dblog.wordpress.com/2009/05/09/serious-game-in-second-life-kitchen-fire-simulation-on-swiss-projects/>

KZERO (2012). *Virtual World registered accounts*. Consultado a 14 de Setembro de 2012 em <http://www.slideshare.net/nicmitham/kzero-universe-q1-2012>

Morgado, L. (2009). Os mundos virtuais e o ensino-aprendizagem de procedimentos. *Educação & Cultura Contemporânea*, ISSN 1807-2194, 13 (6), 35-48.

Morgado, L. (2012). *Características e desafios tecnológicos dos mundos virtuais no ensino. Sumário pormenorizado do seminário apresentado no âmbito de provas de agregação*. Vila Real: UTAD.

Open Wonderland (2012a). *Open Wonderland FAQ*. Consultado a 20 de Setembro de 2012 em <http://www.openwonderland.org/about/faq>

Open Wonderland (2012b). *Open Wonderland Home*. Consultado a 20 de Agosto de 2012 em <http://www.openwonderland.org>

Open Cobalt (2012). *Open Cobalt FAQ*. Consultado a 22 de Agosto de 2012 em <http://www.opencobalt.org/about/faqs>

OpenSimulator (2012a). *Open Wonderland Home*. Consultado a 10 de Agosto de 2012 em http://opensimulator.org/wiki/Main_Page

OpenSimulator (2012b). *Sobre o OpenSimulator*. Consultado a 10 de Agosto de 2012 em <http://opensimulator.org/wiki/PT>

Pereira, A.; Araújo, Á.; Varajão, J.; Morgado, L. (2008). v-Form–Sistema automático de informação dirigida para o Second Life®. *Tékhnē - Revista de Estudos Politécnicos*, ISSN 1645-9911

Pereira, J., Morgado, L., & Silva, P. (2010). *Implementação de OpenSimulator com funcionalidade de voz em ambiente empresarial*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Pinto, I. & Teixeira, L. (2010a). *Projecto de preparação de motores para instalação em aeronaves F16 - Desenvolvido para a Força Aérea Portuguesa - Requisitos funcionais*, documento técnico da disciplina Projecto da Licenciatura em Tecnologias de Informação e Comunicação. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Pinto, I. & Teixeira, L. (2010b). *Guia de instalação de motor em aeronave F16*, documento técnico da disciplina Projecto da Licenciatura em Tecnologias de Informação e Comunicação. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Pinto, I. & Teixeira, L. (2011a). *Especificação_PAD.docx*, documento técnico da disciplina Projecto II do Mestrado em Tecnologias de Informação e Comunicação. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Pinto, I. & Teixeira, L. (2011b). *Especificação de Requisitos da Plataforma virtual 3D, de simulação de instalação de motores em aviões F16 - Especificação dos sem-fins*, documento técnico da disciplina Projecto II do Mestrado em Tecnologias de Informação e Comunicação. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Pinto, I. & Teixeira, L. (2011c). *Especificação de Requisitos da Plataforma virtual 3D, de simulação de instalação de motores em aviões F16 - Especificação do acoplamento do motor na calha do avião*, documento técnico da disciplina Projecto II do Mestrado em Tecnologias de Informação e Comunicação. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Pinto, I. & Teixeira, L. (2011d). *Especificação de Requisitos da Plataforma virtual 3D, de simulação de instalação de motores em aviões F16 - Especificação dos apoios para acoplamento do motor no avião*, documento técnico da disciplina Projecto II do Mestrado em Tecnologias de Informação e Comunicação. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Rodrigues, C.; Coelho, D.; Morgado, L.; Varajão, J.; Haidimoschi, A.; Doppler, G.; Koivusalo, H.; Jokinen, P.; Velegrakis, G.; Sancin, C.; Carmenini, V. (2009). Virtual Learning for the management of successful SMEs in Europe. In Morgado, Leonel; Zagalo, Nelson; Boa-Ventura, Ana (Eds.) *Proceedings of the SLACTIONS 2009 International Conference - Life, imagination, and word using metaverse platforms*, pp. 165-170, ISBN 978-972-669-924-8. Vila Real, Portugal: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Second Life (2012). *Termos de Serviço – Second Life*. Consultado a 5 de Agosto de 2012 em <http://secondlife.com/corporate/tos.php>

Sequeira, L. (2009). *Mechanisms of three-dimensional content transfer between the OpenSimulator and Second Life Grid platforms*. Master dissertation. Vila Real, Portugal:UTAD.

Tanenbaum, A. S. (1996).Computer Networks. In *World Wide Web Internet And Web Information Systems*. P. Guerrieri, (Ed.). 52, pp. 349-351. Prentice Hall. Consultado a 9 de Agosto de 2012 em <http://www.mmogchart.com/Chart2.html>

Vilela, A. (2012). *Aplicação de agentes inteligentes capazes de desempenhar o papel de membros na execução de trabalhos em equipa, em ambiente virtual 3D OpenSimulator*. Dissertação de Mestrado em Informática. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Vilela, A.; Cardoso, M.; Martins, D.; Santos, A.; Moreira, L.; Paredes, H.; Martins, P.; & Morgado, L. (2010). Privacy challenges and methods for virtual classrooms in Second Life Grid and OpenSimulator. In *2010 Second International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*, pp. 167-174, DOI 10.1109/VS-GAMES.2010.30, ISBN 978-1-4244-6331-2. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society

Vilela, A.; Marques, MAJ A.; Costa, SAJ H. Rafael, TEN J.; Prada, R.; Morgado, L. (2012). Aplicação de avatares autónomos para desempenhar o papel de membros na execução de trabalhos em equipa. In Rocha, A.; Calvo-Manzano, J.A.; Reis, L.P.; Cota,

M.P. (eds.), *Sistemas y Tecnologías de Información - Actas de la 7ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información* - Madrid, España, 20 al 23 de Junio de 2012, AISTI | UPM", vol. I, ISBN 978-989-96247-6-4, pp. 835-840. Lousada, Portugal. AISTI.

Woodcock, B. S. (2008). *An Analysis of MMOG Subscription Growth Version 23.0*. Consultado a 16 de Setembro de 2012 em <http://www.mmogchart.com/analysis-and-conclusions/>

Xin,J.; Yuanping, J. (2007) *Effective UML Mapping for Modeling State Machines in Round-trip Engineering*. Consultado em 20 de Setembro em <http://www.embedded.com/design/prototyping-and-development/4006685/Effective-UML-mapping-for-modeling-state-machines>

Anexos

ANEXO 1

Questionário de caracterização do perfil

O presente questionário visa aferir o perfil dos utilizadores que integram o teste de usabilidade ao Simulador 3D de instalação de motores em aeronaves F-16, construído ao abrigo do protocolo estabelecido entre a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro e a Força Aérea Portuguesa.

Pretende-se aferir o conhecimento dos utilizadores em mundos virtuais e experiências prévias neste tipo de ambientes.

Pede-se que o utilizador leia atentamente cada questão, escolhendo a opção que melhor se adequa à sua resposta através de uma cruz (X).

Agradecemos a sua colaboração.

Parte I - Utilização do computador

1. Usa computador?

Sim

☐

Não

☐

NOTA: Para esta questão poderá apenas responder a uma alternativa. Se respondeu “Não” acima, siga para a **Parte II** do questionário.

2. Com que frequência usa computador?

Diariamente (1 vez por dia)

Diariamente (várias vezes por dia)

Semanalmente (de 1 a 6 vezes por semana)

NOTA: Para esta questão poderá apenas responder a uma alternativa

3. Utiliza o computador com a finalidade de:

Socialização

Pesquisa de informação

Partilha de informação

Formação

Trabalho

Entretenimento

Outra:

NOTA: Para esta questão poderá responder a mais do que uma alternativa.

Parte II - Utilização de mundos virtuais 3D

4. Conhece algum mundo virtual 3D?

Sim

☐

Não

☐

NOTA: Para esta questão poderá apenas responder a uma alternativa. Se respondeu “Não” acima siga para a **Parte III** do questionário.

4.1 Qual(uais) o(s) mundo(s) virtual(ais) 3D que conhece?

Open Simulator	<input type="checkbox"/>
Second Life	<input type="checkbox"/>
Active Worlds	<input type="checkbox"/>
Cyberworlds	<input type="checkbox"/>
Coke Studios	<input type="checkbox"/>
Dreamville	<input type="checkbox"/>
Dubit	<input type="checkbox"/>
Habbo Hotel	<input type="checkbox"/>
Moove	<input type="checkbox"/>
Muse	<input type="checkbox"/>
The Palace	<input type="checkbox"/>
Sora City	<input type="checkbox"/>
Traveler	<input type="checkbox"/>
Virtual Magic Kingdom	<input type="checkbox"/>
Outro:	<input type="checkbox"/>

NOTA: Para esta questão poderá responder a mais do que uma alternativa.

4.2 Já utilizou algum mundo virtual 3D?

Sim

☐

Não

☐

NOTA: Para esta questão poderá apenas responder a uma alternativa. Se respondeu “Não” acima siga para a **Parte III** do questionário.

4.3. Qual(uais) o(s) mundo(s) virtual(ais) 3D que utilizou:

Open Simulator

☐

Second Life

☐

Active Worlds

☐

Cyberworlds

☐

Coke Studios

☐

Dreamville

☐

Dubit

☐

Habbo Hotel

☐

Moove

☐

Muse

☐

The Palace

☐

Sora City

☐

Traveler

☐

Virtual Magic Kingdom

☐

Outro:

NOTA: Para esta questão poderá responder a mais do que uma alternativa.

4.4. Para que finalidade utilizou esse(s) mundo(s) virtual(ais):

Socialização	<input type="checkbox"/>
Pesquisa de informação	<input type="checkbox"/>
Partilha de informação	<input type="checkbox"/>
Formação	<input type="checkbox"/>
Trabalho	<input type="checkbox"/>
Entretenimento	<input type="checkbox"/>
Outra:	<input type="checkbox"/>

NOTA: Para esta questão poderá responder a mais do que uma alternativa.

5. Já obteve algum tipo de formação para a utilização de mundos virtuais 3D?

Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>
-----	--------------------------	-----	--------------------------

NOTA: Se respondeu “Não” acima siga para a **Parte III** do questionário.

5.1 Para qual(ais) mundo(s) virtual(ais) 3D obteve essa formação?

Open Simulator	<input type="checkbox"/>
Second Life	<input type="checkbox"/>

Active Worlds	<input type="checkbox"/>
Cyberworlds	<input type="checkbox"/>
Coke Studios	<input type="checkbox"/>
Dreamville	<input type="checkbox"/>
Dubit	<input type="checkbox"/>
Habbo Hotel	<input type="checkbox"/>
Moove	<input type="checkbox"/>
Muse	<input type="checkbox"/>
The Palace	<input type="checkbox"/>
Sora City	<input type="checkbox"/>
Traveler	<input type="checkbox"/>
Virtual Magic Kingdom	<input type="checkbox"/>
Outro:	<input type="checkbox"/>

NOTA: Para esta questão poderá responder a mais do que uma alternativa.

5.2. Como classifica a sua capacidade de utilização de mundos virtuais 3D?

Muito Má	Medíocre	Suficiente	Boa	Muito Boa
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

NOTA: Para esta questão poderá apenas responder a uma alternativa.

Parte III - Dados demográficos

6. Sexo:

Feminino

☐

Masculino

☐

7. Idade:

_____ anos

Obrigada pela participação!

ANEXO 2

Testes de Utilização

O teste de utilização que se irá realizar, enquadra-se no âmbito do protocolo entre a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro e a Força Aérea Portuguesa, com vista ao desenvolvimento de um simulador 3D para o treino de mecânicos na instalação de motores em aeronaves F-16.

Este teste tem como objetivo avaliar a usabilidade do software utilizado e do sistema desenvolvido, com vista à aferição de dificuldades, limitações e (des)vantagens do mesmo para incrementação de melhorias.

O teste será aplicado àqueles que serão os utilizadores finais do sistema: mecânicos da secção de motores da Força Aérea Portuguesa.

A recolha de dados será feita com recurso a diferentes técnicas e instrumentos de recolha, nomeadamente filmagem, entrevista e questionário.

A confidencialidade dos dados é garantida. Pede-se autorização para a captura, análise e utilização dos mesmos no âmbito do protocolo supra-referido, com vista aos objetivos enunciados.

Termo de Consentimento

Afirmo que participarei por minha própria vontade nos testes de usabilidade e que fui informado(a) dos objetivos dos mesmos.

Fui igualmente informado(a) dos métodos de recolha de dados utilizados para o efeito.

Fui ainda informado(a) que fica salvaguardada e assegurada a confidencialidade das informações concedidas e recolhidas, restringindo-se a sua utilização ao trabalho no âmbito do protocolo estabelecido entre a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro e a Força Aérea Portuguesa, nomeadamente em eventuais futuros trabalhos de produção científica, que a ocorrerem terão sempre lugar sem divulgação das fontes.

Monte Real, 1 de Março de 2012,

O utilizador:

A Equipa de Trabalho da UTAD:

Ana Margarida Maia

André Pinheiro

Gonçalo Matos

ANEXO 3

Entrevista

A presente entrevista enquadra-se na recolha de dados realizada durante os testes de usabilidade ao simulador 3D do processo de instalação de motores em aeronaves F-16. Visa avaliar a satisfação do utilizador na utilização do mesmo, através da avaliação de diversos aspectos, na óptica do utilizador que caracterizam o simulador e outros mais direccionados para os aspectos pedagógicos que vão de encontro ao objectivo primordial deste simulador: a formação.

Pede-se a colaboração do utilizador através da resposta às questões formuladas pelo avaliador, de forma reflexiva e crítica.

Agradecemos desde já a sua colaboração!

Parte I - Domínio técnico

1. Como classifica o nível de conhecimento informático exigido para a utilização do mundo virtual 3D escolhido? Considera que a atividade de ambientação facilitou a utilização do mesmo? Precisaria de mais tempo para se ambientar ou acha que o tempo disponibilizado foi o suficiente?
2. E em relação ao simulador, durante a execução das tarefas no processo de instalação do motor? Considera que o manual produzido facilitou a execução do processo/tarefas propostas? E a lista de verificação? Quantas vezes pediu ajuda ao formador ou aos seus colegas?

Parte II - Aspectos pedagógicos

2. O simulador testado tem por objectivo a formação de mecânicos e a aquisição de competências ao nível da instalação de motores em F-16. Concorde que a simulação realizada

permitiu alcançar essas competências? Considera o simulador adequado aos objectivos previstos?

3. O simulador foi idealizado e desenvolvido com a possibilidade de o usar de forma colaborativa. Considera esta funcionalidade uma mais-valia para este tipo de formação? Que competências poderão ser adquiridas tendo em conta esta possibilidade?

4. O simulador em questão possibilita ainda a realização de todo o processo de instalação de motores F-16 à distância. Considera esta característica vantajosa para este tipo de formação? De que forma?

5. Acha que os mundos virtuais 3D são uma boa alternativa à execução física das tarefas em questão? Serão eles uma boa solução para desenvolver atividades de formação que simulem situações/processos deste tipo, com estas características e com este nível de exigência?

Parte III - Interface Gráfica

10. Considera a representação gráfica realista (próxima do real)? Durante a execução das tarefas, alguma vez teve dificuldade em identificar os objetos presentes no espaço da simulação (no sentido destes se afastarem do real)? Alguma vez se sentiu perdido no ambiente (sem saber o que estava a fazer/ que tarefa estava a ser executada, ou até mesmo sem saber qual o avatar que controlava)? Sentiu-se frustrado com isso?

Parte IV - Interactividade

11. Num simulador, a interactividade permitida pela ferramenta pode constituir um factor crucial para o sucesso na execução das tarefas. No teste realizado, como considera que a interacção permitida ao utilizador é adequada e suficiente? Alguma vez pediu ajuda ao

formador ou aos seus colegas na execução das tarefas devido à falta de interação do sistema? Sentiu-se frustrado com isso? Nesse sentido, acha que é necessário uma maior interação por parte do sistema (no sentido deste avaliar as suas ações e responder de forma positiva/negativa às mesmas)?

Parte V - Sugestões

12. Enquanto futuro utilizador deste simulador, gostaríamos de conhecer as suas sugestões para aprimorar o sistema.

Anexo 4

ANÁLISE DE CONTEÚDO DAS ENTREVISTAS FAP

Grupo1

ANÁLISE DE CONTEÚDO				
PARTE DAS ENTREVISTAS	CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	INDICADORES	UNIDADES DE REGISTO
I. Domínio técnico	Conhecimentos	Como classificam o nível de conhecimentos informático que é exigido para a utilizar do mundo virtual.	Elevado	“É aceitável...” “Depende da capacidade do computador e do software que uso..”
			Aceitável	
			Baixo	
		Atividade de ambientação facilitou a utilização do mundo virtual	Sim	“Ah... Sim, sim..” “Para conhecer os passos..”
			Não	
		Precisar de mais tempo para ambientar. Adequado o tempo de ambientação.	Foi suficiente	“Foi suficiente.. adequado”
			Não foi suficiente	
	Simulador	Utilidade do manual de instalação	Facilitou o processo de execução das etapas	“É sempre útil..”
			Não facilitou o processo	
		Necessitava de ajuda dos formadores ou colegas	Sim	“Se fosse que mais de uma vez.. Não” “Ao fim da segunda vez acho que até conseguimos.”
Talvez				
Não				
II. Aspetos pedagógicos	Simulador e Simulação	Permitiu alcançar as competências ao nível de instalação de motores F-16	Sim	“Vai...” “com mais detalhes...” “Em vez de ir já ao terreno, e verificar material, pode-se ver por aqui...” “Mas com mais detalhe ...” “Isto devia ter qualquer coisa que... Isto são 4 mecânicos, normalmente um é o que está a coordenar as coisas... o que normalmente são mais os três portanto nesse aspeto não era preciso tanto..”.
			Não	
			Talvez	

Observações:

Vídeo – “IMG_1936(grupo1)”:

Início da entrevista aos 46 minutos e 14 segundos.

Fim da gravação do vídeo 49 minutos e 37 segundos.

Não foi possível analisar pois não se tem a vídeo-gravação completa da entrevista a este grupo. Ficou-se na primeira questão (incompleta, o mecânico da FAP estava a responder a questão, e foi cortada no momento) da “Parte II – Aspetos Pedagógicos”.

Do que foi possível verificou-se as seguintes **limitações**:

- O áudio não está nas melhores condições porque não se consegue ouvir nitidamente tanto o entrevistador com o entrevistados, algum ruído de fundo.
- Quando o entrevistado estava a responder a uma questão não foi possível analisar o que estava a dizer, pois o entrevistador “falou por cima”. (48min e 30 segundos).

Grupo 2

ANÁLISE DE CONTEÚDO				
PARTE DAS ENTREVISTAS	CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	INDICADORES	UNIDADES DE REGISTO
I. Domínio técnico	Conhecimentos	Como classificam o nível de conhecimentos informático que é exigido para a utilizar no mundo virtual.	Elevado	“..acessível.”
			Aceitável	
			Baixo	
		Atividade de ambientação facilitou a utilização do mundo virtual	Sim	“Sim mas a finalidade dessa parte só tem a ver é só mesmo essa.” “ É uma introdução..” “ Sim é necessário..”
			Não	
		Precisar de mais tempo para ambientar. Adequado o tempo de ambientação.	Foi suficiente	“Ao início nós, ficamos e precisamos de saber por que que fazer, até para fazer alguma coisa, para saber o que estamos a fazer ..” “Nós estamos fazer aqui uma coisa, é preciso saber a parte técnica para fazer aquilo..”
			Não foi suficiente	
	Simulador	Utilidade do manual de instalação	Facilitou o processo de execução das etapas	“Sim uma pequena introdução.. De como se move o avatar.. os objetos..” “Para fazer isto, tem que fazer assim”
			Não facilitou	

			o processo	<p>“É uma ajuda..” “Uma vez falamos de uma checklist, com os erros, tarefas..” “Sim, serviu..” “Lista de tarefas..” “já tem que ter algum conhecimento...” “Sim.. (lista de verificação)”</p>
		Necessitava de ajuda dos formadores ou colegas	Sim	<p>“A própria ajuda vai surgindo ao longo do processo...” Ao minuto 14, 50s – o entrevistado responde mas não se consegue perceber o que diz (Ruido de fundo). “Pois, provavelmente precisamos de ajuda..” 15min 18 segundos o entrevistado está a responder mas não se percebe o que diz (Ruido de fundo).</p>
			Talvez	
			Não	
II. Aspetos pedagógicos	Simulador e Simulação	Permitiu alcançar as competências ao nível de instalação de motores F-16	Sim	“Permite treinar...”
			Não	“Só na prática, que...”
			Talvez	“Sim..”
	Simulador – Utilização de forma colaborativa	Alcançar os objetivos		<p>“O objetivo é instruir a pessoa de forma a ser introdutória, certo?!” “A partir logo pelo o bloco superior, em vez de inserir o motor antes de subir, corrigindo aquela parte tem que se assentar antes da parte de cima.. Corrigindo aquela parte de quantas as pessoas desfasadas de chegar à frente no subir, e realmente quando se sobe desfasadamente o motor tem a tendência ao aproximar-se de um lado depois foge, para ficar correto.. É suficiente para se aproximar do objetivo pedido de qualquer modos de trabalho.”</p>
		Utilidade	Útil	“Só essa possibilidade, neste caso de simulações, é prático”
			Não é útil	<p>“...essas simulações são uma mais-valia..” “Cada um tem automaticamente as suas</p>

				<p>funções..”</p> <p>Aspetos que os entrevistados chamaram a atenção, que é necessário ter o cuidado para:</p> <p>“Isto antes de inserir o motor a um checklist de vistoria em termos de segurança da aeronave.. tem isso mapeado.”</p> <p>“Em termos de segurança do avião, estabilidade, por isso é que vos falei dos índices do combustível..”</p> <p>“Aquela parte sempre importante... a salvaguarda da segurança dele e dos restantes elementos da equipa de trabalho” “Portanto, normalmente a pessoa mais velha, que está mais tempo para verificar que a aeronave está preparada, para inserir o motor, nomeadamente em termos de estabilidade da aeronave, o combustível, poderá ser (...) um procedimento real...”</p> <p>“Por exemplo, a aeronave tem esses elementos todos, certas vezes... a aeronave, não tem uma cadeira ... nesse caso é necessário corrigir esse setor...”</p> <p>“A prestação com o próprio motor..”</p> <p>“Antes à aquela preocupação de fazer a checklist...” “...são os pré-requisitos..”</p> <p>“A verificação das “ed pod condicions” ... condições necessárias para instalar o motor...” “.. no manual certificar-se que se fez isso. “</p>
		Aquisição de novas competências	NÃO FOI feita esta questão.	
	Simulador – Processo de instalação dos motores F-16	Vantagem para formação	Vantagens no treinamento	<p>“Sim, sim”</p> <p>“A sempre vantagem de a pessoa os corrigir”</p> <p>“vantajoso para a pessoa treinar porque é uma atenção que fazemos frequentemente . E, o pessoal novo quando chega, vai aprendendo, vai fazendo, e primeiro que fique uma equipa automatizada demora sempre</p>

				<p>algum tempo.”</p> <p>“ Falou-se em Julho também, sobre os níveis de dificuldade que isto possa vir a ter na base de dados, .. a pessoa vai precisando de ajuda...”</p> <p>Ao 24 min, 29 segundos, o entrevistado está a falar contudo não se consegue perceber.</p> <p>Ao 25 min, 29, está a ver um dialogo contudo não se consegue percebe o que o entrevistado está a referir devido a várias pessoas estarem a falar simultaneamente.</p>
	Mundos virtuais	Alternativa para a execução física das tarefas	Sim	“ em termos de treino, sim..”
		Boa solução para atividades de simulação com estas características e com este nível de exigência	Ambiente apelativo	<p>“Sim..”</p> <p>“alias o mundo virtual é sempre apelativo para qualquer pessoa que chega”</p> <p>“Até mais entusiasmo cria”</p>
III. Interface gráfica	Representação gráfica	Realista	<p>Identificação de algumas partes perto reais</p> <p>Limitações - Impossível</p>	<p>“ Até posso sair do edifício de costas--- como é possível ?! é não é possível”</p> <p>“o motor não pode sair pela parte da frente... impossível”</p> <p>“Identifica-se certas partes... (motor) isso sim”</p> <p>“o apoio que está a frente, tem que se baixar..”</p> <p>Aos 29 minutos e 40 os entrevistados referiram alguns aspetos técnicos que se tem que se ter em atenção. (Movimentos do mecânico)</p>
		Dificuldades na identificação de objetos	Não tive dificuldades	“Não..”
		Sensação de estar perdido no mundo virtual	Limitações	“Pode sair do edifício..”
		Sensações/emoções sentidas		“Perdido..”
IV. Interatividade	Interação com o sistema	Interação adequada e suficiente	Suficiente	<p>“é o suficiente..”</p> <p>“já sabe como tem que subir... tem que se adaptar as</p>

				condições que se apresentadas..”
		Houve a necessidade de ajuda do formador ou colegas		“Falta de interação... de encaixar as peças” Aos 32 minutos e 40 não se consegue perceber o que o entrevistado está a referir.
		Sensações/emoções sentidas	Não foi feita a questão	
		Necessidade de uma maior interação com o sistema	Não foi feita a questão	
V. Sugestões			Segurança Caixa de ferramentas	“parte da segurança” “conferir a caixa de ferramentas” “pode fazer parte da checklist”
<p>Observações: Utilizou-se tanto para o primeiro vídeo como para segundo o programa Camtasia Studio7 para reduzir o máximo possível do ruído.</p> <p>Vídeo – “IMG_1942(grupo2)”: Início da entrevista aos 8 min. Fim da gravação do vídeo 34 min 30 segundos.</p> <p>Durante esta entrevista falou-se de outras coisas que estavam fora do guião – sugiro que se complete com as observações.</p>				