

**Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro**

Modelação de Mundos Virtuais 3D  
Análise Comparativa e Avaliação da Qualidade de  
Mundos Virtuais

Tese de Doutoramento em Informática

Rosa Maria do Nascimento da Silva Reis

Professor Doutor José Benjamim Ribeiro da Fonseca  
Professora Doutora Paula Maria de Sá Oliveira Escudeiro



Vila Real, 2014



**Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro**

*Rosa Maria do Nascimento da Silva Reis*

Modelação de Mundos Virtuais 3D  
Análise Comparativa e Avaliação da Qualidade de  
Mundos Virtuais

Tese de Doutoramento em Informática

*Rosa Maria do Nascimento da Silva Reis*

*Orientadores:*

Professor Doutor José Benjamim Ribeiro da Fonseca  
Professora Doutora Paula Maria de Sá Oliveira Escudeiro

*Composição do Júri:*

Professor Doutor Óscar Emanuel Chaves Mealha  
Professor Doutor Ramiro Manuel Ramos Moreira Gonçalves  
Professor Doutor Eurico Manuel Elias de Morais Carrapatoso  
Professor Doutor José Henrique Pereira de São Mamede

Vila Real, 2014



à memória do meu pai,

Adelino Reis

1922-2003



*"Aprender é a única coisa de  
que a mente nunca se cansa, nunca  
tem medo e nunca se arrepende".*

*(Leonardo da Vinci)*



# RESUMO

A sociedade de hoje, vive imersa em tecnologia que utiliza para a comunicação, comércio, entretenimento e educação. Em contexto escolar as tecnologias da informação e comunicação são usadas para o apoio ao processo de aprendizagem. Com elas têm-se procurado utilizar ambientes virtuais de aprendizagem colaborativa visando atender as necessidades educacionais e culturais dos indivíduos. Contudo, alguns destes ambientes são concebidos através de modelos que se concentram em determinadas fases do ciclo de vida de desenvolvimento, estão focados em questões de programação e/ou são projetados para uma tecnologia específica. Outros apesar de serem projetados com modelos que cobrem todo o ciclo de vida, desde o início do projeto até ao seu final, não incorporam um processo de avaliação ao longo do seu ciclo de vida e não levam em conta a diferente natureza da interação e os diferentes desafios da usabilidade. Neste contexto, o objetivo deste trabalho de doutoramento é apresentar um modelo iterativo de desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais, aplicando métodos e técnicas da Engenharia de Software.

O modelo proposto é apoiado por um modelo de qualidade que permite o rastreamento quantitativo da qualidade da aplicação, em qualquer fase do seu ciclo de vida de desenvolvimento e pode contribuir para apoiar as equipas de programadores a organizar e estruturar o desenvolvimento das suas aplicações. Para a sua idealização, efetuou-se a revisão da literatura ao nível das metodologias e modelos de avaliação de ambientes virtuais colaborativos educacionais. Discutiram-se questões de como modelar os cenários e os objetos, a interação, a interface, a navegação, assim como definir os conteúdos didáticos, as teorias de aprendizagem e as estratégias de instrução. Outras questões também foram discutidas com o intuito de fundamentar os modelos propostos, tais como as metodologias que abrangem todas as fases de ciclo de desenvolvimento, quais as notações gráficas que utilizam, bem como, que critérios de qualidade a considerar para este tipo de ambientes. Esta revisão permitiu realizar uma análise comparativa entre as diferentes metodologias/modelos que melhor se adequam/adaptam ao desenvolvimento deste tipo de aplicações, contribuiu para o levantamento dos problemas associados ao atual desenvolvimento das aplicações e, ajudou a definir um conjunto de critérios e fatores de avaliação para os ambientes virtuais colaborativos para educação.

No trabalho de campo, que decorreu entre Março de 2012 e Maio de 2013, realizaram-se dois casos de estudos, utilizando-se a plataforma de *opensource*, OpenSim. A sua produção permitiu definir as atividades de aperfeiçoamento do

processo de projeto e avaliação. No entanto, um dos casos de estudo foi apresentado ao utilizador final para avaliação, neste caso a alunos de uma turma do 5º ano da Escola EB 2/3 de Gondomar. Os resultados parecem mostrar que os ambientes virtuais colaborativos para fins educacionais quando disponibilizados no meio escolar contribuem para a satisfação dos alunos e proporcionam uma maior colaboração entre alunos, favorecendo o estreitamento da relação entre estes.

**Palavras-chave:** ambientes virtuais, aprendizagem colaborativa, comunicação, interação, ambientes virtuais colaborativos, mundos virtuais, Engenharia de Software, metodologias de desenvolvimento de software, qualidade, modelos de qualidade

# ABSTRACT

Today's society lives immersed in technology. Technology is used for communication, commerce, entertainment and education. In the school context information and communication technologies (ICTs) are used to support the learning process. There have been attempts to use those ICTs to foster virtual collaborative learning environments aiming to meet the individuals' educational and cultural needs. However, some environments are designed using models which focus on particular phases of the development life cycle being focused on programming issues and/or designed for a specific technology. Others despite being designed with models covering the whole life cycle, since the beginning of the project to its end, do not embody an evaluation process throughout its lifecycle, do not take into account the different nature of the interaction and the different usability challenges. In this context, the aim of this PhD work is to present an iterative model for the development of educational collaborative virtual environments by applying software engineering methods and techniques.

The proposed model is supported by a quality model which allows quantitative tracking of the quality of the application, in any phase of its life cycle development, and it can help to support teams of programmers to organize and structure the development of their applications. For its idealization, a state of the art concerning the models and methodologies for assessing educational collaborative virtual environments was researched. Issues such as how to model scenarios and objects, how to perceive interaction, or design the interface, how to model navigation as well as how to define the didactic contents, the learning theories and instructional strategies were discussed. Other issues were also discussed, including software development methodologies, what kind of graphical notations they use, and which quality criteria to consider for this type of environments, in order to substantiate the proposed model.

This study allowed us to make a comparative analysis between the different methodologies/models which best fit/adapt to the development of such applications, contributed to the survey of the problems associated with the current development of applications and helped to define a set of criteria and evaluation factors for collaborative virtual environments for education.

During the fieldwork, which took place between March 2012 and May 2013, we resorted to the development of two case studies, using the open source platform, OpenSim. Its conception allowed us to describe the development activities of the design process and evaluation. However, a case study was presented to the end users

for evaluation, in this case a 5th grade class at the EB 2/3 school in Gondomar. The results seem to show that collaborative virtual environments for educational purposes when available at school can contribute for students satisfaction, and provide greater collaboration between them, also encouraging and strengthening the relationship they establish with each other.

**Keywords:** virtual environments, collaborative learning, communication, interaction, collaborative virtual environments, virtual worlds, Software Engineering, methodologies of software development, quality, quality models

## **AGRADECIMENTOS**

*Gostaria de agradecer a todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho de doutoramento, em especial:*

*Aos meus orientadores, Professor Doutor Benjamim Fonseca e Professora Doutora Paula Escudeiro pelo auxílio e dedicação.*

*Ao Professor Doutor João Barroso pela oportunidade que me deu na realização deste doutoramento na UTAD.*

*A todos os colegas da Escola EB 2/3 de Gondomar que me permitiram testar o ambiente desenvolvido.*

*Ao ISEP, especialmente à Presidência pelo apoio prestado.*

*E aos meus familiares, que me apoiaram e entenderam os momentos de desespero.*



# ÍNDICE DE MATÉRIAS

RESUMO.....	V
ABSTRACT .....	VII
AGRADECIMENTOS.....	VI
ÍNDICE DE MATÉRIAS .....	XI
LISTA DE FIGURAS .....	XV
LISTA DE TABELAS .....	XVII
LISTA DE GRÁFICOS .....	XIX
ACRÔNIMOS .....	XXI
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. INTRODUÇÃO .....	2
1.2. MOTIVAÇÃO.....	3
1.3. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	4
1.4. OBJETIVOS .....	5
1.5. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO .....	6
1.6. ESQUEMA DA TESE .....	8
<b>PARTE I - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	
<b>CAPÍTULO 2. AMBIENTES VIRTUAIS COLABORATIVOS E EDUCACIONAIS .....</b>	<b>13</b>
2.1. INTRODUÇÃO .....	14
2.2. CIBERESPAÇO .....	15
2.3. AMBIENTE VIRTUAL.....	16
2.4. DEFININDO AMBIENTE VIRTUAL COLABORATIVO.....	16
2.5. DEFININDO AMBIENTE VIRTUAL COLABORATIVO EDUCACIONAL .....	18
2.6. TEORIAS DE ENSINO/APRENDIZAGEM NOS AMBIENTES VIRTUAIS COLABORATIVOS EDUCACIONAIS .....	18
<b>CAPÍTULO 3. MUNDOS VIRTUAIS .....</b>	<b>23</b>
3.1. INTRODUÇÃO .....	24
3.2. DEFININDO MUNDO VIRTUAL .....	25
3.3. CARACTERÍSTICAS DO MUNDO VIRTUAL .....	27
3.4. TIPOS DE MUNDOS VIRTUAIS.....	29
MODELO DE INTERFACE .....	29
CONFIGURAÇÃO DE OBJETOS.....	32
DOMÍNIO DE UTILIZAÇÃO .....	34
3.5. MUNDOS VIRTUAIS COMO PLATAFORMAS DE DESENVOLVIMENTO.....	35
ACTIVE WORLDS .....	37
SECOND LIFE .....	40
OPENCROQUET/OPENCOBALT.....	43
WONDERLAND.....	45
OPENSIM .....	46
3.6. COMPARAÇÃO DE MUNDOS VIRTUAIS.....	48
FASE 1 – IDENTIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DE CRITÉRIOS .....	49
FASE 2 – CLASSIFICAÇÃO DE CADA FATOR.....	53
FASE 3 – CÁLCULO DA QUALIDADE DOS MUNDOS VIRTUAIS.....	57

FASE 4 – AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS.....	58
<b>CAPÍTULO 4. METODOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO DE AMBIENTES VIRTUAIS 3D E COLABORATIVOS .....</b>	<b>61</b>
4.1. INTRODUÇÃO .....	62
4.2. METODOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO 3D .....	63
4.2.1. METODOLOGIA DE TEREZA KIRNER.....	63
4.2.2. CLEVR.....	65
4.2.3. VEDS.....	67
4.2.4. SENDA .....	68
4.2.5. METODOLOGIA DE FENCOTT.....	71
4.2.6. TRES-D .....	73
4.2.7. ANÁLISE .....	75
4.3. METODOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO DE AMBIENTES VIRTUAIS COLABORATIVOS.....	81
4.3.1. METODOLOGIA DE MENCHACA.....	81
4.3.2. METODOLOGIA DE TROMP .....	83
4.3.3. ANÁLISE .....	85
4.4. OUTRAS ABORDAGENS .....	87
<b>CAPÍTULO 5. MODELOS DE AVALIAÇÃO DE AMBIENTES VIRTUAIS COLABORATIVOS EDUCACIONAIS.....</b>	<b>89</b>
5.1. INTRODUÇÃO .....	90
5.2. MODELO DE AVALIAÇÃO DE TSIATOS .....	91
5.3. MODELO DE AVALIAÇÃO DE MICHAILIDOU AND ECONOMIDES.....	94
5.4. MODELO DE AVALIAÇÃO DE PRASOLOVA.....	96
5.5. MODELO DE AVALIAÇÃO DE SARA FREITAS .....	97
5.6. MODELO DE AVALIAÇÃO SEGUNDO DANG .....	99
5.7. MODELO DE AVALIAÇÃO DE TROMP .....	100
<b>PARTE II- O ESTUDO</b>	
<b>CAPÍTULO 6. MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE AMBIENTES VIRTUAIS COLABORATIVOS EDUCACIONAIS.....</b>	<b>105</b>
6.1. INTRODUÇÃO .....	106
6.2. BASES DA PROPOSTA .....	107
6.3. MODELO A PROPOR PARA O DESENVOLVIMENTO DE AMBIENTES VIRTUAIS COLABORATIVOS EDUCACIONAIS.....	108
6.3.1. CICLO DE VIDA .....	108
6.3.2. FASES DE DESENVOLVIMENTO.....	109
FASE DE INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR E PLANEAMENTO .....	109
FASE DE ANÁLISE .....	111
FASE DE PROJETO DO SISTEMA .....	114
FASE DE DESENVOLVIMENTO .....	117
FASE DE AVALIAÇÃO .....	118
6.4 SELEÇÃO DO MODELO .....	119
6.5. ESTRUTURA FINAL DO MODELO .....	122
<b>CAPÍTULO 7. MODELO DE AVALIAÇÃO DE AMBIENTES VIRTUAIS COLABORATIVOS EDUCACIONAIS.....</b>	<b>151</b>
7.1. INTRODUÇÃO .....	152
7.2. QUALIDADE DE SOFTWARE .....	153

7.3. O MODELO DE AVALIAÇÃO .....	154
7.3.1. INTRODUÇÃO AO MODELO DE AVALIAÇÃO .....	154
A. SOBRE O MODELO DE AVALIAÇÃO.....	154
B. AVALIAÇÃO E O PERFIL DO AVALIADOR.....	155
7.3.2. APLICANDO O MODELO DE AVALIAÇÃO .....	155
A. ESTABELECEER REQUISITOS DA AVALIAÇÃO .....	157
B. PREPARAÇÃO PARA A AVALIAÇÃO .....	158
C. PROJETAR A AVALIAÇÃO .....	173
D. EXECUTAR A AVALIAÇÃO .....	173
E. ANALISAR RESULTADOS DA AVALIAÇÃO .....	177
<b>CAPÍTULO 8. CASOS DE ESTUDO.....</b>	<b>179</b>
8.1. INTRODUÇÃO .....	180
8.2. PARÂMETROS DOS CASOS DE ESTUDO .....	182
8.3. CASO DE ESTUDO 1: SÓLIDOS GEOMÉTRICOS.....	183
8.3.1. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO .....	184
8.3.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS .....	188
8.4. CASO DE ESTUDO 2: ISEP VIRTUAL .....	201
8.4.1. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO .....	202
8.4.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	211
<b>CAPÍTULO 9. CONCLUSÕES .....</b>	<b>215</b>
9.1. CONCLUSÕES .....	216
9.2. PUBLICAÇÕES.....	219
9.3. LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	220
9.4. LINHAS DE ORIENTAÇÃO FUTURA.....	221
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>223</b>
<b>ANEXO A. QUANTITATIVE EVALUATION FRAMEWORK (QEF) .....</b>	<b>237</b>
<b>ANEXO B. DOCUMENTO ANTE-PROJETO .....</b>	<b>245</b>
<b>ANEXO C. MODELAÇÃO DO AMBIENTE SÓLIDOS GEOMÉTRICOS .....</b>	<b>255</b>
<b>ANEXO D. QUESTIONÁRIO.....</b>	<b>263</b>
<b>ANEXO E. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO AMBIENTE SÓLIDOS GEOMÉTRICOS.....</b>	<b>267</b>
<b>ANEXO F. AVALIAÇÃO DO AMBIENTE ISEP VIRTUAL.....</b>	<b>275</b>
<b>ANEXO G. REQUISITOS DE QUALIDADE PARA AVCE.....</b>	<b>283</b>



# Lista de Figuras

Figura 2.1. Modelo 3C de colaboração (Fuks et al 2005).....	17
Figura2.2. Clarificação da definição de Ambientes virtuais colaborativos educacionais (adaptado de Tsiatos,2010). .....	18
Figura 3.1. Um mundo virtual baseado em texto- 7th Circle.....	30
Figura 3.2. Mundo virtual 2D- The Habitat (1986 Lucas Arts Entertainment Company).....	31
Figura 3.3. Uma área de entrada no Second Life .....	32
Figura 3.4. A FêmeaTauen num voo no World of Warcraft .....	33
Figura 3.5. Sala de Chat do Habbo Hotel .....	33
Figura 3.6. Browser do Active Worlds .....	39
Figura 3.7. Orientation Island do Second Life .....	42
Figura 3.8. Croquet .....	44
Figura 3.9. Interface do Cobalt.....	44
Figura 3.10. Plataforma Wonderland .....	45
Figura 3.11. Plataforma OpenSimulator.....	47
Figura 3.12. Dimensões definidas para o processo de avaliação das plataformas.....	52
Figura 4.1. Modelo desenvolvimento de Kirner.....	64
Figura 4.2. Modelo em Espiral de CLEVR .....	65
Figura 4.3. Processo de modelação para especificar e validação do sistema. ....	66
Figura 4.4. Metodologia VEDS.....	67
Figura 4.5. O modelo de processo global de SENDA.....	69
Figura 4.6. Processo de design de Fencott. ....	71
Figura 4.7. Visão geral das oportunidades de percepção (Fencott, 2003) .....	72
Figura 4.8. Modelo de TRES-D.....	74
Figura 4.9. O modelo de colaboração e componentes do AV .....	82
Figura 5.1. Framework de avaliação proposta por Tsiatos (Tsiatos, 2010).....	92
Figura 5.2.Diagrama com os eixos de avaliação básica para um virtual colaborativo (Michailidou & Economides, 2003) .....	95
Figura 6.1. Modelo em espiral adaptado (Pressman, 2000).....	109
Figura 6.2. Modelo de Análise. Adaptado de Jacobson (1994). ....	113
Figura 6.3. Modelos que constituem cada fase do modelo de alto nível proposto. ....	122
Figura 6.4. Circuito para o desenvolvimento de um ambiente de simulação/demonstração ....	133
Figura 6.5. Circuito para o desenvolvimento de um ambiente de exercícios repetitivos/resolução de problemas.....	133
Figura 6.6. Circuito para o desenvolvimento de um ambiente de jogos. ....	134
Figura 6.7. Circuito para o desenvolvimento de um ambiente de tutorial.....	134
Figura 6.8. Exemplo de um diagrama de use case.....	138
Figura 6.9. Ilustração de um exemplo de um diagrama de classes.....	139
Figura 6.10. Exemplo de storyboard para um cenário de informação .....	141
Figura 6.11. Exemplo de storyboard para um cenário de aprendizagem .....	142

Figura 6.12. Modelo conceptual de colaboração .....	145
Figura 6.13. Gráfico de colaboração .....	146
Figura 6.14. Diagrama de sequência para a execução de uma atividade por um determinado grupo social .....	147
Figura 6.15. Exemplo de um gráfico de navegação de um AVCE.....	148
Figura 7.1. Descrição das etapas da avaliação do modelo proposto. ....	156
Figura 7.2. Aspetos realçados na seleção de critérios e qualidade para AVCE .....	158
Figura 7.3.. Fatores possíveis para um AVCE.....	161
Figura 7.4. Dimensões para o universo dos ACVE.....	164
Figura 7.5. Uma possível escala de atribuição de pesos aos critérios de qualidade, segundo Escudeiro, 2008.....	172
Figura 8.1. Cenários dos diferentes espaços do ambiente a desenvolver .....	185
Figura 8.2. Cenário de atividades a realizar pelos utilizadores .....	186
Figura 8.3. Processo de desenvolvimento do Ambiente Sólidos Geométricos .....	187
Figura 8.4. Processo de avaliação do ambiente com utilizadores finais .....	188
Figura 8.5.. Arquitetura do protótipo ISEP VIRTUAL.....	202
Figura 8.6. Página principal do registo de utilizadores no ISEP VIRTUAL.....	203
Figura 8.7. Perspetiva real e virtual, vista da janela da sala B408 .....	204
Figura 8.8. Diagram de atividades relativo à avaliação do projeto ISEP VIRTUAL .....	205

## Lista de Tabelas

Tabela 2.1. Resumo das teorias de aprendizagem .....	21
Tabela 3.1 Critérios definidos por Mannien (Mannien,1998) e Robbins (Robbins, 2009) .....	50
Tabela 3.2. Matriz relativa ao valor relevante atribuído a cada mundo virtual .....	54
Tabela 3.3. Percentagem do desempenho de cada dimensão, para os mundos virtuais. ....	57
Tabela 3.4. Percentagem que o sistema cumpre para o fim a que foi desenvolvido .....	58
Tabela 4.1. Modelos de processo de <i>software</i> de cada metodologia.....	75
Tabela 4.2. Técnicas e notações gráficas representativas nas diferentes metodologias.....	78
Tabela 4.3. Fases das metodologias e notações gráficas .....	80
Tabela 4.4. Tipo de design de cada metodologia .....	85
Tabela 4.5. Artefactos produzidos em cada metodologia.....	86
Tabela 5.1. Fases que compõem o primeiro ciclo de avaliação (Tsiatos,2010) .....	93
Tabela 5.2. Fases que compõem o segundo ciclo de avaliação (Tsiatos, 2010) .....	94
Tabela 5.3. Dimensões da Framework (Freitas, 2009).....	98
Tabela 6.1. Artefactos a produzir no final da fase de conceção .....	111
Tabela 6.2. Artefactos a produzir no final da fase de análise .....	113
Tabela 6.3. Artefactos a produzir no final da fase de <i>design</i> .....	116
Tabela 6.4. Artefactos a produzir no final da fase de desenvolvimento .....	117
Tabela 6.5. Artefactos a produzir no final da fase de avaliação .....	119
Tabela 6.6. Quadro sinóptico da seleção das metodologias /modelos que melhor se adequam ao desenvolvimento de AVCE.....	120
Tabela 6.7. Contribuição das diferentes metodologias para o nosso modelo .....	121
Tabela 6.8. Estratégias de Instrução,objetivos e características adotadas pelo modelo .....	128
Tabela 6.9. Algumas técnicas de aprendizagem .....	130
Tabela 6.10. Exemplo ilustrativo duma tabela de ação. ....	144
Tabela 6.11. Descrição das funções, restrições e serviços para cada grupo social .....	145
Tabela 7.1. Agregação entre Dimensões/Fatores/Requisitos .....	166
Tabela 7.2. Estrutura de uma folha de cálculo para o registo das percentagens e cálculo do valor da qualidade .....	174
Tabela 8.1. Casos de estudos desenvolvidos.....	181
Tabela 8.2. Dimensões, fatores e requisitos para o ambiente Sólidos Geométricos .....	189
Tabela 8.3. Frequências absolutas de cada questão .....	196
Tabela 8.4. Grelha de Avaliação para o ISEP virtual.....	206



## Lista de Gráficos

Gráfico 3.1. Resultado obtido da qualidade dos mundos virtuais referenciados .....	58
Gráfico 8.1. Percentagem da qualidade do AVCE obtida ao longo do seu processo de desenvolvimento.....	192
Gráfico 8.2. Percentagem da qualidade das dimensões obtida para o AVCE .....	193
Gráfico 8.3. Aspeto de utilização ao nível da usabilidade e navegabilidade do AVCE .....	197
Gráfico 8.4. O que gostaram mais no AVCE .....	198
Gráfico 8.5. Opinião relativa às atividades do AVCE .....	199
Gráfico 8.6. Opinião geral sobre o ambiente .....	199
Gráfico 8.7. Que outras unidades curriculares gostariam de usar estes ambientes .....	200
Gráfico 8.8. Percentagem da qualidade das dimensões obtida para o ISEP Virtual.....	212
Gráfico 8.9. Avaliação do ambiente ao longo do seu ciclo de vida de desenvolvimento.....	213



# Acrónimos

AW – Active Worlds

AV – Ambiente Virtual

ALV - Aprendizagem ao Longo da Vida

AVC - Ambiente Virtual Colaborativo

AVCEs – Ambientes Virtuais Colaborativos Educacionais

CLEVR - *Concurrent and LEvel by level development of VR systems*

CCTV - *Component Combination Toll for VR*

CMM - *Capability Maturity Mode*

CROQ - *Croquet*

GILT - Graphics, Interaction and Learning Technologies

ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto

LSL - *Linden Scripting Language*

MMOGs - *Massive Multiplayer Online Games*

OP- Oportunidades de Percepção

OpenS – *OpenSim*

PRAXIS- European Center for Project/Internship Excellence

P-VoT – POSTHECH– virtual Really System Development Tool

QEF – *Quantitative Evaluation Framework*

SEI – *Software Engineering Institute*

SCORM - *Sharable Content Object Reference*

SL – *Second Life*

TRES-D - *ThRee dimensional uSer interface Development*

UML- *Unified Modelling Language*

VEDS - *Virtual Environment Development Structure*

VOIP – *Voice over Internet Protocol*

VOS – *Visual Object Specification*

X-TEC - *Techno-Didactical Extension for Instruction/Learning Based on Computer*

WBS – *Work Breakdown Structure*

WOND – *Wonderland*

# 1

## Introdução

*“ The greatest challenge to any thinker is stating the problem in a way that will allow a solution.”*

*—Bertrand Russell*

---

Este capítulo inicia com uma contextualização do trabalho efetuado e pela inventariação das principais motivações que o originaram. O problema é descrito referindo-se os principais objetivos e de seguida é apresentada resumidamente a metodologia de investigação adotada. Finalmente, é apresentada a estrutura da tese incluindo uma descrição sumária dos capítulos.

Pretende-se apresentar e justificar sucintamente a escolha de um modelo iterativo de desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos para fins educativos que será sustentado pela realização de dois casos de estudo, cujo objetivo é verificar a coerência do ambiente com dados em diferentes contextos.

---

## 1.1. Introdução

**N**os últimos anos têm surgido plataformas que permitem desenvolver ambientes virtuais colaborativos. Estes ambientes podem ser usados como ferramentas de apoio à educação e formação, dando aos educadores e alunos uma plataforma de trabalho colaborativo, de simulação e aprendizagem experimental. Os alunos têm a oportunidade de definirem as suas experiências, ou caminhos, usando as mediações virtuais dentro do ambiente virtual colaborativo (Silva, 2009). Desta forma é possível inverterem-se as relações hierárquicas associadas à aprendizagem tradicional, levando a uma abordagem centrada no aluno. Esta inversão implica que a estrutura da aprendizagem não seja colocada na aquisição do conhecimento. Em vez disso, tem-se a capacidade de oferecer um maior envolvimento do aluno na aprendizagem, criar interações sociais com contextos mais realistas e desenvolver encenações que facilitam a interpretação de vários conceitos, tais como eventos históricos para apoiar a aprendizagem. No entanto, este envolvimento dos alunos com o ambiente virtual colaborativo está na forma como estes ambientes são projetados. De acordo com Petraglia (1997), um ambiente virtual colaborativo, que promova a aprendizagem colaborativa, e seja projetado seguindo os princípios cognitivos, pode facilitar o avanço do conhecimento da comunidade, assim como transformar os estados epistêmicos dos participantes através de um processo socialmente distribuído.

No caso em estudo, procura-se selecionar um modelo iterativo de desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos para fins educativos, aplicando métodos e técnicas da Engenharia de Software. Este modelo deverá ser apoiado por um modelo de qualidade que permita o rastreamento quantitativo da qualidade da aplicação, em qualquer fase do seu ciclo de vida do desenvolvimento. A avaliação de um ambiente virtual colaborativo precisa de uma abordagem diferente da que usualmente é aplicada no desenvolvimento de um *software* tradicional. Questões pedagógicas, aprendizagem, colaboração, adaptabilidade, entre outras, deverão ser tidas em conta. Sem um modelo descritivo para um ambiente virtual colaborativo não é fácil encontrarmos indicadores que nos irão transmitir se a aprendizagem efetiva está a ocorrer (McGowan, 2002).

## 1.2. Motivação

O advento das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) trouxe novas perspectivas para a educação, permitindo alterações ao nível de metodologias, práticas e abordagens paradigmáticas, organizativas, pedagógicas e sociais. As formas tradicionais de Ensino devem adaptar-se às necessidades do aluno, com ligações ao cotidiano e serem mais apelativas na preparação dos alunos para o mundo profissional atual. Neste sentido, surgiu o interesse pelo estudo de várias metodologias de Ensino não presencial, que melhor se possam adaptar a ambientes educativos. Os ambientes virtuais colaborativos tornam-se, assim, um desafio pela necessidade de integramos novas formas de aprendizagem nos processos de Ensino, no sentido de melhorar a sua própria metodologia, ou seja, de ajudar os alunos a adquirirem conhecimento.

Por outro lado, a implementação do processo de Bolonha no ensino superior veio promover a Aprendizagem ao Longo da Vida (ALV), visando tornar o ensino acessível ao maior número de cidadãos. Destaca-se, neste processo, a promoção de programas que visem estimular o desenvolvimento da atividade científica e técnica, promovendo a equidade e reduzindo o abandono escolar, melhorando a qualidade e a relevância das formações oferecidas, bem como, a mobilidade dos alunos. A estrutura da ALV deverá ser desenvolvida de forma a permitir que cada indivíduo possa escolher entre diferentes ambientes de aprendizagem, diferentes atividades profissionais, diferentes regiões e países a fim de melhorar conhecimentos, capacidades, competências e a otimizar a sua utilização. Deste modo, surge mais uma vez o interesse pelo estudo de ambientes virtuais colaborativos, onde o participante pode fazer a sua formação (contínua ou esporádica), de forma a causar o menor impacto possível nas suas atividades diárias. Estes ambientes poderão auxiliar alunos, em mobilidade transnacional, a manterem o contacto com a instituição de origem enquanto decorre o seu período de deslocação. É nossa convicção que proporcionando aos alunos novas formas de aprendizagem, onde eles terão de assumir responsabilidades acrescidas, iremos certamente influenciar de forma positiva todo o seu posterior percurso.

### 1.3. Descrição do Problema

O trabalho apresentado contempla o estudo, descrição, análise e avaliação da eficácia de ambientes virtuais colaborativos que visam apoiar os alunos ao longo da vida nas suas decisões e escolhas educacionais.

Para alcançar esta eficácia é necessário definirmos um processo de desenvolvimento, através de um conjunto de procedimentos que organize o desenvolvimento de forma a aumentar a qualidade do ambiente a ser construído.

Uma análise da literatura disponível sobre modelos de desenvolvimento e de avaliação de ambientes virtuais colaborativos demonstra que o processo de desenvolvimento, nesta área, é normalmente complexo. Envolve pessoas com diferentes *backgrounds*, que têm de comunicar e cooperar para encontrar os seus objetivos. Para isso, é necessário, por vezes, que os métodos/técnicas de desenvolvimento adotados sejam complementados com métodos alternativos para se melhor entender e projetar aos ambientes virtuais colaborativos. Na realidade, é consensualmente reconhecida a incapacidade de algumas das metodologias:

- ✚ representarem todos os requisitos do desenvolvimento destes ambientes;
- ✚ não consideravam as ações que o utilizador realiza indiretamente;
- ✚ não descreverem as funcionalidades que correspondem diretamente ao utilizador;
- ✚ não preverem um método gráfico para descrever o ambiente e a sua comunidade;
- ✚ não preverem uma forma de descrever as características dos componentes multimédia que melhoram os ambientes virtuais colaborativos;
- ✚ não possuem uma ferramenta para projetar os mecanismos de perceção de forma a prever um modelo de perceção dos componentes;
- ✚ não possuírem técnicas para descrever como as ações físicas dos ambientes virtuais são realizadas.

O problema das metodologias existentes é que oferecem apenas uma visão de alguns destes papéis, o que pode levar a problemas de usabilidade, como podemos

observar no trabalho desenvolvido por Kaur (1998), Fencott (1999) e Eastgate (2001). É neste sentido que interessa investigar de que forma estas e outras metodologias são úteis para a conceção de ambientes virtuais colaborativos, e se não forem, o que se deve fazer para avançar rumo a um processo sistemático, conduzido por uma série de fases e atividades bem definidas, para guiar na construção de aplicações de qualidade.

## 1.4. Objetivos

Dentro da temática da pesquisa apresentada, propusemo-nos a atingir o seguinte objetivo geral:

Propor um modelo iterativo de desenvolvimento de aplicações educacionais em mundos virtuais, que contemple as várias fases do ciclo de vida das aplicações e se adapte às principais características do ambiente em causa. Pretende-se também que incida sobre o valor acrescentado do meio pedagógico, bem como na disponibilidade da qualidade dos objetos ou do ambiente, permitindo o utilizador realizar diversas ações.

A concretização deste objetivo primordial passa pelo estabelecimento de objetivos específicos que se concretizarão em várias etapas de desenvolvimento global. Apresenta-se assim, em seguida, a lista de objetivos específicos que visam a concretização do objetivo principal:

- ✚ Identificar um modelo de desenvolvimento de aplicações colaborativas para fins educativos e compatíveis com as plataformas existentes nesta área de estudo. Este modelo deverá permitir criar no final de cada fase um documento, com o objetivo de facilitar a comunicação entre os diferentes elementos da equipa de desenvolvimento.

- ✚ Identificar um modelo de qualidade de ambientes virtuais colaborativos para a educação, que permita avaliar a qualidade das aplicações desenvolvidas para esses ambientes/plataformas. A validação deverá ser feita com recurso a experiências controladas.

- ✚ Definir um conjunto de critérios e de fatores de avaliação de ambientes virtuais colaborativos na educação e aplicá-los ao modelo e às plataformas existentes que serão alvo de estudo neste trabalho.

- ✚ Analisar os resultados experimentais e retirar ilações desses resultados

Estes objetivos específicos visam criar as condições necessárias para o uso de ambientes virtuais colaborativos como sistemas educativos de qualidade.

Assim, o presente trabalho visa contribuir, deste modo, para um marco metodológico, que dê suporte à construção de ambiente virtuais colaborativos educacionais, o qual passará pela descrição das tarefas necessárias para concluir com êxito o desenvolvimento destes ambientes. O marco metodológico estará apoiado numa base científica sólida que hoje em dia existe na área da Engenharia de Software.

## 1.5. Metodologia de Investigação

A metodologia de investigação adotada neste trabalho foi a metodologia de investigação-ação. A decisão de se adotar esta metodologia prendeu-se com a natureza do trabalho desenvolvido e do seu estudo. O modelo de desenvolvimento proposto adotou uma espiral de ciclos de planificação, ação, observação e reflexão, apoiado pelo desenvolvimento de um caso de estudo. Este caso de estudo irá recolher e cruzar dados, para obter certezas em relação às proposições avançadas no início do trabalho.

Metodologicamente, a primeira fase do trabalho de investigação incidiu sobre a determinação da questão em estudo e das proposições associadas. Estes pressupostos permitiram estabelecer os objetivos do processo, suas atividades e tarefas necessárias para a obtenção de ambientes virtuais colaborativos de qualidade. A análise da literatura e os relatos de congressos da especialidade permitiram organizar e definir os pontos fulcrais do estudo.

Seguidamente, definiu-se a unidade de análise e o tipo de estudo a realizar. A decisão de se optar pela realização de um caso de estudo sob uma plataforma, também considerada de ambiente virtual colaborativo, prendeu-se com o estudo comparativo efetuado na parte inicial do trabalho sobre algumas plataformas de ambientes virtuais colaborativos disponíveis no mercado. Esta opção permitiu testar a viabilidade da aplicação da *framework* que seleccionámos para avaliar quantitativamente o modelo iterativo a propor.

A escolha dos critérios de avaliação e do processo de recolha foi definida em função dos pressupostos estabelecidos no início do trabalho. O modelo proposto resultou assim de um processo de investigação próprio (conduzido através da análise

da literatura, estudo do estado de arte, análise de metodologias de *design/avaliação*, estudo de aprendizagem colaborativa e, ainda em experiência própria no domínio de metodologias, ferramentas, métodos e aplicações, nomeadamente em Engenharia de Software e Ambientes de Desenvolvimento) e da necessidade de validar o modelo incorporando múltiplos critérios, passíveis de triangulação.

A realização do caso de estudo permitiu definir as atividades de aperfeiçoamento do processo de *design* e avaliação. Estas atividades foram desenvolvidas através de um processo iterativo, usando o modelo em espiral que usa a prototipagem como mecanismo de redução de riscos e aplica-a em qualquer estágio de evolução do produto. Assim, em cada estágio fomos obrigados a efetuar uma reflexão sobre os requisitos a alcançar, com o objetivo de transformar e melhorar as decisões tomadas.

Em suma, o contexto geral deste trabalho e investigação utilizando a investigação-ação teve envolvido dois ciclos completos. O primeiro ciclo foi possível definir a proposta do modelo para a implementação de ambientes virtuais colaborativos educacionais. Este levou à identificação, através da revisão bibliográfica, dos elementos chave que formam os alicerces para a modelação deste tipo de ambientes. Seguidamente, foi necessário identificar a existência de metodologias que abrangessem todas as fases que cobrem o desenvolvimento de *software*. Assim, foi determinado o estado da arte e conclui-se da necessidade um modelo que sorteasse todo o ciclo de vida de desenvolvimento dos ambientes virtuais colaborativos educacionais, na medida que a oferta existente não o permite fazer. O ciclo seguinte implicou que o investigador se envolvesse numa situação em contexto de sala de aula, identificando um caso de aplicação. Com este caso identificado, obteve-se um plano que permitiu testar a aplicabilidade do modelo na implementação de ambientes virtuais colaborativos educacionais. Adicionalmente, foram também registadas mudanças na compreensão do investigador. Esta aprendizagem específica foi depois utilizada para suportar o desenvolvimento de um novo nível de diagnóstico, provocando alterações na proposta inicial. Podemos, desta forma, dizer que a investigação evolui e concluiu baseada em resultados do ciclo da investigação-ação.

Um trabalho de investigação como o realizado na área de conceção e avaliação de ambientes virtuais colaborativos é necessariamente abrangente e ortogonal a várias áreas científicas. No presente caso, foi necessário conciliar aspetos metodológicos educativos, sociais e tecnológicos para a conceção, desenvolvimento e avaliação do estudo.

## 1.6. Esquema da Tese

A organização deste documento parte deste capítulo introdutório para a contextualização do trabalho realizado e está estruturado através de um conjunto de nove capítulos organizados da seguinte forma:

### **Capítulo 2: Ambientes Virtuais Tridimensionais e Colaborativos**

Este capítulo descreve sucintamente os ambientes virtuais colaborativos e educacionais, referenciando-se os conceitos intrínsecos a esta temática. Como esta tese está relacionada com o desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos para fins educativos, descreve-se as teorias de ensino/aprendizagem que estão implícitas neste tipo de ambientes.

### **Capítulo 3: Mundos Virtuais**

Descreve os principais conceitos associados aos mundos virtuais. Identifica os diferentes propósitos em que poderão ser utilizados os mundos virtuais, dando-se particular destaque a algumas plataformas que podem dar suporte ao desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos. Apresenta-se uma grelha de comparação que permite avaliar os exemplos apresentados com o objetivo de se escolher a (s) plataforma (s) que melhor se adaptará (ão) ao desenvolvimento do caso de estudo, o qual irá fundamentar o estudo abordado nesta tese de doutoramento.~

### **Capítulo 4: Metodologias de desenvolvimento de Ambientes Virtuais Colaborativos**

Este capítulo descreve o estado da arte na área do domínio da conceção de ambientes virtuais tridimensionais e colaborativos. Referencia alguns dos trabalhos que têm sido desenvolvidos ao longo de vários anos, numa tentativa de solucionar os vários problemas existentes na sua conceção. Este estudo será a base de suporte da escolha do modelo que melhor se adequa ao desenvolvimento deste tipo de ambientes, a ser apresentado no capítulo 6.

### **Capítulo 5: Modelos de Avaliação de Ambientes Virtuais Colaborativos**

Neste capítulo aborda-se um conjunto de trabalhos que foram realizados para avaliar quantitativamente e qualitativamente os ambientes virtuais colaborativos educacionais. Estes trabalhos reforçam a necessidade de existirem modelos de

avaliação que permitam superar alguns dos problemas que aparecem quando se concebe e utiliza estes ambiente como apoio ao processo ensino/aprendizagem.

#### **✚ Capítulo 6: Modelo proposto para desenvolvimento de Ambientes Virtuais Colaborativos Educacionais**

Descreve uma proposta de um modelo de conceção de alto nível de ambientes virtuais colaborativos para a educação. Este modelo tem como base as técnicas e modelos da Engenharia de Software. Cobre todas as fases de ciclo de desenvolvimento de *software* e possui algumas características peculiares ligadas à educação, mais propriamente no que se refere às estratégias de instrução e aos estilos de aprendizagem.

#### **✚ Capítulo 7: Modelo de Avaliação de Ambientes Virtuais Colaborativos.**

É exposto um modelo de avaliação possível para avaliar a qualidade de ambientes virtuais colaborativos educacionais. Apresentam-se as etapas que compõem o modelo, descrevendo-se em pormenor cada atividade que compõe cada uma delas.

#### **✚ Capítulo 8: Casos de Estudo**

É realizada a avaliação e validação do modelo proposto, suportado por casos de estudo que servirão de base à realização de experiências com especialistas no domínio da educação. A avaliação do modelo utiliza uma *framework*, mais concretamente a *Quantitative Evaluation Framework* (Escudeiro, Bidarra, 2006), que avaliará quantitativamente os ambientes ao longo do seu ciclo de vida de desenvolvimento.

#### **✚ Capítulo 9: Conclusões e Trabalho Futuro**

Neste capítulo é feita a síntese dos pontos mais relevantes do trabalho desenvolvido e apresenta as conclusões do trabalho com particular destaque para o cumprimento dos objetivos propostos. São também indicadas as potenciais linhas de investigação futura de forma a dar continuidade ao trabalho realizado.



## PARTE I

### Fundamentação Teórica



# 2

## Ambientes Virtuais Colaborativos e Educacionais

*"We all live every day in virtual environment, defined by our ideas".*

*-Michael Crichton*

---

Este capítulo tem como objetivo descrever os conceitos relacionados com os ambientes virtuais colaborativos e educacionais. Numa fase inicial são descritos os conceitos básicos que nos permitirão contextualizar esta temática. Seguidamente, descreve-se o que se entende por ambientes virtuais colaborativos e educacionais, discutindo-se os conceitos intrínsecos a estes. Finalmente são descritas as teorias de ensino/aprendizagem que estão relacionadas com os ambientes virtuais colaborativos educacionais.

---

## 2.1. Introdução

Os ambientes Virtuais Colaborativos apresentam algumas oportunidades relativamente às ferramentas de suporte aos métodos de ensino tradicionais. Estes ambientes permitem aos *designers* de aplicações para fins educacionais a criação de espaços virtuais para a colaboração, simulação, teste de hipóteses, interação, criatividade e desempenho ultrapassando as limitações do mundo real (Bouras et al, 2005).

Estes ambientes são de interação rica para os alunos, possibilitando diversas formas de experimentar e aprender, estimulando troca de informações e participação ativa apoiando diferentes estilos de aprendizagem e dando oportunidades de exploração livre ou guiada (Calongue, 2008), personalizando a experiência de cada utilizador, adaptando-se aos seus conhecimentos prévios (Chitarro et al, 2008). Viabilizam uma aprendizagem mais dinâmica, baseada na pesquisa e na constante busca pelo conhecimento.” (BERTAGNOLLI et al., 2007). Contudo, a sua aplicação depende de uma proposta pedagógica adequada e da infraestrutura apropriada e adaptada ao contexto educativo.

Segundo Haguenaer et al. (2003), uma das características dos ambientes virtuais colaborativos é terem em conta o uso de metodologias de trabalho colaborativo, que visam estimular a criação de grupos virtuais, os quais interagem, guiados por uma base de conhecimento comum, de forma a ser possível colaborar na realização das tarefas, possibilitando assim a criação de comunidades. Em outras palavras, os alunos aprendem enquanto se associam com os participantes mais experientes da comunidade de aprendizagem. No entanto, o professor passa a ter a função de “incluir no seu processo de ensino/aprendizagem actividades não tradicionais, tais como a preparação da sala virtual ou espaço, ou seja, definição de áreas na sala de aula para cada grupo de alunos para o professor identificar o que cada grupo está a fazer no ambiente” (Esteves et al, 2010). Também deve incentivar os alunos a “explorar a solução para os seus problemas por si só, envolver-se em auto-reflexão e actividades em grupo de reflexão, e colaborar com os seus colegas” (Esteves et al, 2010).

Neste sentido, e dada a importância deste ambientes quando aplicados num contexto educativo, iremos clarificar os conceitos ligados a estes, que muitas vezes confundem os interessados no estudo desta área.

## 2.2. Ciberespaço

A origem do termo “ciberespaço” traz consigo uma ideia do seu significado, já que advém da palavra de origem grega “cibernética” (*kubernetes*), que significa a arte de governar ou conduzir e da palavra “espaço”.

Foi utilizado pela primeira vez num livro de ficção científica lançado em 1984, chamado *Neuromancer*, do escritor William Gibson (Gibson,1984). Para Gibson, o termo designa todo o conjunto de redes de computadores nas quais circulam todo tipo de informação.

Em 1999, Parente (Parente, 1999, p.79) refere-se ao ciberespaço como “um novo espaço de comunicação da humanidade, aquele que integra algumas das mais importantes inovações no campo da eletrônica, da cibernética, da computação, da informação e da comunicação”.

Pode ser definido como um espaço tecnológico, que ao ter uma relação simbiótica com os indivíduos, quando alterado por este, muda as relações entre os membros da sociedade, ou seja, provoca mudanças nas relações sociais da sociedade.

O ciberespaço representa o mais recente desenvolvimento da evolução da linguagem. “Os elementos da cultura tornam-se ubíquios na rede - a partir do momento em que estão em algum lugar, estão em toda a parte - e interconectam-se num único tecido multicolor, volátil e fractal da cultura humana. Fala-se, então, da globalização e da tensão existente entre o global e o local” (Adelina, 2009).

Este espaço possibilitou a determinação de diversas formas de interação e comunicação entre as pessoas. Como um novo espaço de comunicação, permite que a relação de emissão e receção das mensagens do tipo de um para todos fossem transformadas para o tipo de todos para todos.

A Internet veio popularizar o termo ciberespaço, especialmente nos meios académicos e, mais especificamente, para designar a World Wide Web, ao permitir que máquinas e pessoas passassem a trocar facilmente informação das mais variadas formas e formatos (Santos, 2010).

### 2.3. Ambiente Virtual

Por ambientes podemos entender tudo aquilo que envolve pessoas, natureza ou coisas e objetos técnicos. Está associado a um espaço e a uma determinada situação, incluindo todos os componentes, condições e objetos possíveis de serem percebidos e com os quais se pode interagir (Santos, 2010). Já o virtual, vem do latim *medieval virtualis*, derivado por sua vez de *virtus*, força, potência. Levy (1996) reforça a ideia de que Virtual é o que existe em potência e não em ato, citando o exemplo da árvore e da semente, explicando que toda a semente é potencialmente uma árvore, ou seja, não existe em ato mas existe em potência. O virtual faz parte do real, tende a atualizar-se, no entanto, nem tudo que é virtual se atualizará (Levy, 1996).

A partir dos conceitos de virtual e real, que se entrelaçam, podemos dizer que um ambiente virtual é um espaço onde seres humanos e objetos técnicos interagem potencializando assim, a construção do conhecimento.

Para estes ambientes se tornarem mais realísticos, ou seja, oferecerem a possibilidade de representar a informação de um modo mais real e intuitiva, são organizados de uma forma espacial, recorrendo-se às técnicas da computação gráfica. Assim estes ambientes passam a ser designados por ambientes virtuais tridimensionais (3D). Permitem-nos ter uma percepção diferente das coisas, ter outros objetivos e possibilidades que até agora no mundo físico não somos capazes de realizar (pelo menos de igual forma).

Os ambientes virtuais 3D possuem três características principais: a ilusão do espaço tridimensional, avatares que servem como representação visual de utilizador e um ambiente de *chat* interativo para que os utilizadores comuniquem uns com os outros (Dickey, 2005).

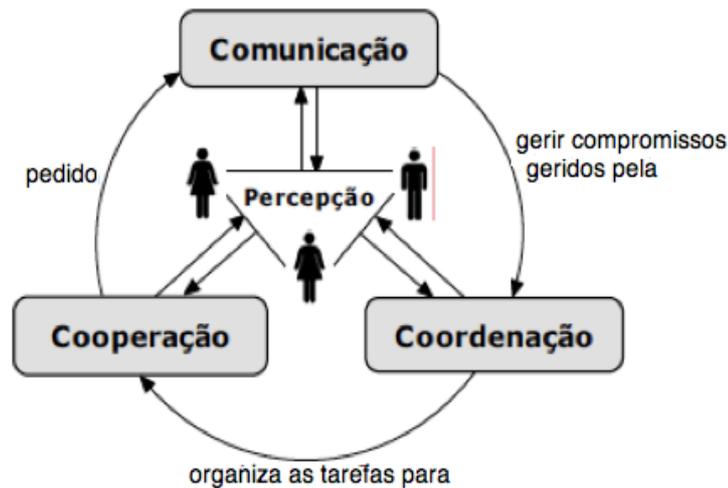
Com base na sua utilidade e finalidade podemos caracterizá-los em ambientes virtuais colaborativos e ambientes virtuais colaborativos educacionais (é uma especialização do primeiro), os quais serão descritos nas secções seguintes.

### 2.4. Definindo Ambiente Virtual Colaborativo

Como descrito anteriormente, no ambiente virtual tridimensional todas as interações são realizadas no lugar, em tempo real, onde o ambiente é partilhado, suportando em simultâneo vários utilizadores que comunicam entre si e interatuam com o ambiente, sendo este usualmente persistente. Num ambiente virtual

colaborativo além destas características estarem presentes, existe o conceito de colaboração. A colaboração permite-nos ir mais além do que uma simples interação entre os utilizadores, focaliza-se na interdependência entre as atividades para que os utilizadores cooperem e comuniquem uns com os outros, para compreender o mundo representado e resolver problemas (A. Johnson et al, 1999; Roussos et al, 1997). Permite a formação de equipas de trabalho, onde os seus membros comunicam para trocar informações, se organizam para coordenar e operar em conjunto num espaço partilhado permitindo a cooperação.

Os ambientes virtuais colaborativos apresentam assim, três características base: a comunicação, coordenação e cooperação (ver figura 2.1).



**Figura 2.1.** Modelo 3C de Colaboração (Fuks et al 2005).

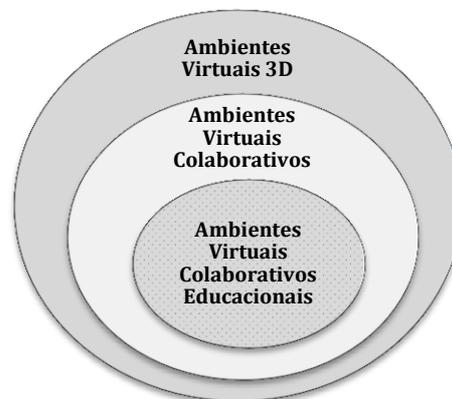
A comunicação é realizada através das ferramentas de chat, videoconferência e áudio (comunicação verbal) e através de gestos, expressões faciais e postura do avatar (comunicação não-verbal). A coordenação está ligada ao trabalho do grupo cujas tarefas são partilhadas, de modo que as responsabilidades de cada elemento sejam determinadas e as dependências entre as tarefas sejam formalizadas. É a acção de dispor segundo uma certa ordem e método, organizar e arranjar. A cooperação está materializada no espaço virtual, onde as interações ocorrem entre os utilizadores, sem a presença de dependências entre as suas ações. A cooperação faz parte da própria natureza dos ambientes virtuais colaborativos, que são literalmente espaços de trabalho partilhados (Filippo et al., 2007). Ao cooperarem, os elementos do

grupo produzem, modificam e utilizam de uma forma partilhada um conjunto de informações e artefactos reais ou virtuais.

## 2.5. Definindo Ambiente Virtual Colaborativo Educacional

Quando os ambientes virtuais colaborativos são aplicados no contexto específico da educação, passamos a estar perante os chamados ambientes virtuais colaborativos educacionais ou seja, ambientes virtuais colaborativos de aprendizagem. Nestes ambientes está presente a aprendizagem em grupo, ou seja, a chamada aprendizagem colaborativa. Os alunos desempenham diferentes papéis e possuem diferentes regras, tornam-se elementos ativos, sendo capazes de pensar, refletir e analisar as informações recolhidas

Para uma melhor clarificação dos conceitos apresentados, podemos afirmar que os ambientes virtuais colaborativos educacionais são um subconjunto dos ambientes virtuais colaborativos, e por sua vez, estes são um subconjunto dos ambientes virtuais tridimensionais, como se pode observar na figura 2.2.



**Figura 2.2.** Clarificação da definição de Ambientes virtuais colaborativos educacionais (adaptado deTsiatos,2010)

## 2.6. Teorias de Ensino/Aprendizagem nos Ambientes Virtuais Colaborativos Educacionais

Os ambientes virtuais colaborativos educacionais, pelas suas especificidades, servem propósitos da aprendizagem ao longo da vida ou, numa forma integrada entre ações que ocorrem num ambiente virtual e/ou na vida real, são um complemento a aulas dadas na vida real, como um reforço do processo de ensino/aprendizagem

(Meirinho, 2009). Nestes ambientes, o conhecimento é apresentado através da colaboração, onde a aprendizagem é possível usando atividades de grupo. A ideia central do grupo como elemento de aprendizagem tem necessariamente implicações nas teorias de ensino/aprendizagem a adotar. As teorias de aprendizagem tomadas como referência na construção de ambientes virtuais colaborativos educacionais são o construtivismo, sócio construtivismo e o associativismo (Freitas, 2008, Konstantinidis et al, 2009, Roussou, 2004), a saber:

✚ Construtivismo – Vygotsky (1962,1991), um dos precursores do construtivismo, assume que o indivíduo tem a necessidade de agir de forma eficaz e independente e tem a capacidade de desenvolver um estado mental com um desempenho superior ao interagir com a cultura. Ele aprende a pensar e a criar o conhecimento sozinho ou com a ajuda de alguém, interiorizando progressivamente versões mais adequadas das ferramentas "intelectuais" que se lhe apresentam e lhe ensinam. No construtivismo o indivíduo é capaz de modificar, construir, elementos adequados, testar ideias e participar ativamente na resolução de problemas e criticar ideias (Roussou, 2004). É um participante ativo, adquirindo conhecimento à medida que se envolve na resolução de problemas e atividades enquadradas nas suas atividades mentais e sociais, ou seja, o aluno desenvolve o seu conhecimento através do processo de percepção, atividades e interações sociais (Neto, 2010). Nesta perspectiva o ambiente virtual colaborativo educacional, enfatiza a realização de atividades autênticas pelo aluno, onde este constrói o conhecimento em partilha com os outros, ou seja, desenvolve o seu próprio modelo mental cognitivo pela compreensão de conceitos através de um processo de aprendizagem social. O conhecimento evolui através da negociação social e da aprendizagem colaborativa, onde os alunos são auxiliados através de suporte – *scaffolding* e do diálogo dado pelo professor e colegas. É esperado que o professor ou, quando muito, os colegas mais aptos, guiem as atividades dos restantes, proponham tarefas apropriadas que permitam a tomada de consciência do aluno sobre o próprio conhecimento (Fino, 2001), numa espécie de tutoria até que estes consigam por si só desenvolver conhecimentos e competências que permitam ir delegando gradualmente o controlo e gestão das suas atividades.

✚ Sócio Construtivismo – O sócio construtivismo é um modelo baseado no construtivismo, que afirma que o conhecimento é formado a partir das relações entre

os indivíduos e o meio ambiente. Nesta perspectiva segundo Wenger (2007), a aprendizagem é uma atividade inerentemente social, na qual o diálogo cooperativo permite que os alunos experimentem similaridades e diferenças entre vários pontos de vista. Os recursos educacionais e os outros membros da comunidade são vistos como fontes de informação e podem ajudar na resolução de problemas. A aprendizagem envolve o empenho numa prática e a participação ativa na comunidade contribuindo para a criação de um repertório disponível para os membros (Santos, 2010). Esta participação é uma forma de acção e de pertença, que não só influencia o que fazemos, como também o que somos e como interpretamos o que fazemos. Nesta perspectiva, a aprendizagem no ambiente virtual colaborativo educacional é uma função da atividade, contexto e cultura em que ocorre (ou seja, é situada). Os alunos têm oportunidade de transformar as interações em artefatos e formas de conhecimento em experiência. A pedagogia da aprendizagem ocorre através da "contextualização", participando numa comunidade de prática, e grupos de aprendizagem onde os alunos envolvem-se em conjunto em algumas actividades e partilham ideias mediadas através de relações individuais (Mayes e de Freitas, 2004). As comunidades de prática emergem pois os alunos colaboram e trabalham no ambiente que modela a vida real ou práticas da vida real.

✚ Associativismo - Esta teoria requer que o conteúdo seja analisado como associações específicas, expressas como objetivos de comportamento, onde cada aluno responde activamente a questões ou problemas e recebe imediatamente o feedback sobre a sua resposta. A perspectiva associativista enfatiza a análise de tarefas, definindo sequências progressivas de componentes para conceitos. Segundo (Gagné, 1962, 1968) a sequência dos componentes das tarefas não deve ser estabelecida, segundo a sua ordem de complexidade, mas sim, deve ser definida a partir de componentes mais simples para os mais complexos. Isto é, há aprendizagens subsequentes que carecem de pré-requisitos, ou seja, a realização de algumas aprendizagens é condição para a realização posterior de outras aprendizagens que lhes são hierarquicamente superiores, sendo este o pressuposto básico que permite o estabelecimento de objetivos comportamentais de aprendizagem a atingir (cf. Festas, 1998, p. 28). A teoria do associativismo fornece um conjunto de objetivos altamente relacionados, descritos como competências de aprendizagem (Mayes e de Freitas, 2004). Nesta perspectiva, o ambiente virtual colaborativo educacional possui as tarefas da aprendizagem organizadas em sequências (componentes mais simples) baseadas

na sua relativa complexidade de acordo com uma análise de tarefas. Assim, as sequências de instrução são projetadas para os alunos serem capazes de ter sucesso, aprendendo em pequenos passos logicamente ordenados.

A tabela 2.1 apresenta um resumo das teorias de aprendizagem aqui referidas.

**Tabela 2.1** . Resumo das teorias de aprendizagem

Teoria	Caracterização
<p>Construtivismo (Vygostky)</p>	<p>O aluno constrói activamente o conhecimento, de forma a alcançar a compreensão.</p> <p>Aprendizagem depende do que já sabemos, ou o que nós já podemos fazer; aprendizagem é auto-regulada, orientada para metas e cumulativa.</p>
<p>Socio- Construtivismo (Wenger)</p>	<p>A sua base é a comunidade de prática, isto é, um conjunto de pessoas envolvem-se numa determinada actividade e desenvolvem e partilham práticas em conjunto.</p> <p>A aprendizagem está inserida num contexto social, mediada pela discussão de grupo. O aluno geralmente identifica-se com o grupo e tem uma grande necessidade de participar como membro efectivo.</p>
<p>Associativismo (Gagné)</p>	<p>A aprendizagem reflete a alteração do comportamento; os objetivos da aprendizagem são definidos segundo uma hierarquia de aprendizagem, onde se estabelece pré-condições, para determinadas tarefas. São projetadas pequenas unidades de informação, onde existe uma abordagem de instrução de design. Cada unidade de informação é constituída por objetivos iniciais, mais simples e por objetivos terminais que envolvem capacidades mais complexas.</p>



# 3

## Mundos Virtuais

*“Um mundo virtual permite-te ser e converter-te em ti mesmo.  
Quem não gostaria de estar num local onde pudesse ser ele mesmo?”*

**-Richard Bartle**

---

Neste capítulo são introduzidos os principais conceitos associados aos mundos virtuais. Inicialmente é dada uma definição de mundo virtual para uma clarificação de conceitos. Posteriormente serão identificadas as suas principais características, referenciando-se uma determinada classificação de mundos virtuais com o objetivo de identificar os diferentes propósitos em que os mundos virtuais poderão ser utilizados. Seguidamente são descritos alguns exemplos de mundos virtuais que são utilizados como plataformas de desenvolvimento. Finalmente, apresentar-se-á uma grelha de comparação e avaliar-se-á os exemplos apresentados com o objetivo de se escolher a(s) plataforma(s) que melhor se adaptam ao desenvolvimento dos casos de estudos que irão ser apresentados para fundamentar a temática abordada nesta tese de doutoramento.

---

### 3.1. Introdução

Nos últimos anos, a significativa evolução do poder de processamento gráfico dos computadores, o grande aumento da capacidade de transmissão de dados em redes de computadores e o armazenamento de dados têm viabilizado o desenvolvimento de plataformas na *World Wide Web* que permitem implementar mundos virtuais, mundos onde o utilizador tem a capacidade de estar em qualquer lugar a qualquer momento, sendo possível fazer quase tudo o que imagina.

“Um mundo único e real parece já não ser suficiente, e muitos sentem a necessidade de pertencer a mundos diferentes onde podem deslocar-se no espaço e no tempo, avançando e retrocedendo dentro de um espaço virtual alargado e atrativo por não obedecer obrigatoriamente às mesmas regras e leis que o mundo real” (Soares et al., 2008).

Nestes mundos o utilizador pode construir a sua história como se tratasse de um filme, uma mistura heterogénea de sequências onde é possível libertar-se de conceitos reais que representam o quotidiano. O real e o virtual fundem-se numa mistura híbrida de conceitos.

Para cativar a atenção dos utilizadores, estes mundos devem ser inteligentes e com capacidade de adaptação, de forma a não se tornarem enfadonhos como um jogo simples e repetitivo, onde tudo acontece da mesma forma e com a mesma sequência. Com estes mundos tentamos redescobrir os sentidos através do uso da tecnologia (Lopes, 1999).

### 3.2. Definindo Mundo virtual

A definição de mundo virtual, tem sido explorada por vários especialistas, levando à existência de um grande número de definições e discussões sobre esta temática.

Richard Bartle, criador dos mundos virtuais baseados em texto nos anos 70 e 80, define desta forma os mundos virtuais: “um mundo é um ambiente em que os seus habitantes o consideram como reservado. Não significa que seja o planeta completo: é usado no mesmo sentido como “o mundo romano” ou “o mundo financeiro”” (Bartle, 2003). Isto leva-nos à noção de mundo, mas não como se torna o mundo virtual.

Raph Koster, um especialista no desenvolvimento de mundos virtuais nos anos 90, argumenta que “um mundo virtual é um espaço baseado no retrato de um ambiente virtual persistente, que pode ser experimentado por numerosos participantes ao mesmo tempo, os quais são representados dentro do espaço por avatares” (Koster, 2004). Koster com esta definição começa por mostrar algumas características essenciais dos mundos virtuais: persistência e multiutilizador mas não menciona a tecnologia necessária para que o mundo virtual tenha existência.

Edward Castronova, um investigador de mundos virtuais, define o mundo virtual como “lugares trabalhados para computadores que são projetados para acomodar um grande número de pessoas” (Castronova, 2004). A definição de Castronova contém o elemento tecnologia, lacuna encontrada na definição de Koster, mas não contém os conceitos de persistência e comunicação síncrona.

Morgado et al. (2010) oferecem uma definição idêntica à de Bartle (2003) salientando o aspeto dos mundos virtuais serem ambientes onde a interação dos utilizadores se dá totalmente através das suas representações nesses ambientes (a que chamam de interações mediadas por avatares) sendo esta uma razão pela qual se atinge a sensação de presença e co-presença.

Combinando elementos a partir destas definições e colocando como ênfase as pessoas, poder-se-á obter uma definição mais clara do que se entende por mundos virtuais:

*Um mundo virtual é um espaço simulado persistente, baseado na interação via computador, habitado por vários utilizadores, os quais são representados por imagens icónicas chamadas de avatares, tendo a possibilidade de comunicarem entre si e com o mundo de uma forma síncrona.*

Cada um dos termos mencionados na definição proposta é entendido da seguinte forma:

✚ **Espaço Simulado:** um espaço similar ao mundo real, representando pormenores tais como a ação da gravidade, a topografia da superfície, as diferentes maneiras de locomoção das personagens, passagem do tempo e a possibilidade de comunicação ativa entre as diversas personagens criadas pelos utilizadores.

✚ **Persistente:** O mundo virtual não pode ser interrompido em termos temporais. Deve continuar a existir mesmo quando o participante não esteja ligado a ele. Esta persistência modifica a forma como as pessoas interatuam com os outros participantes e com o ambiente. O participante já não é o centro do mundo, mas um membro da comunidade dinâmica. O participante sabe que o sistema continua a evoluir com a sua presença ou não.

✚ **Rede de Pessoas (utilizadores):** as pessoas coletivamente são a parte central do mundo virtual. Os participantes comunicam e interatuam uns com os outros e com o próprio ambiente. Podem formar a curto ou longo prazo grupos sociais, mas não precisam de ser uma parte ativa no mundo, isto é, um utilizador não necessita de falar com os outros ou interatuar com o ambiente.

✚ **Avatares:** pela sensação de partilha de espaço, todos os participantes têm a ilusão de estarem localizados no mesmo lugar, tais como na mesma sala ou região. Assim sendo, o local partilhado deve apresentar as mesmas características a todos os participantes. Por outro lado, o sentido de presença, que está relacionado com o indivíduo e o coletivo, permite que quando se entra num local partilhado, cada participante se torne uma “pessoa virtual”, denominado de **avatar**, ou seja, assume uma representação digital (gráfica ou textual) no mundo virtual. É identificado por um simples nome ou rótulo, possui habilidade para realizar ações e é controlado por um utilizador em tempo real. Os papéis do avatar e do utilizador são representados pela forma como comunicam as ações aos outros, ou seja, o participante interage com os outros avatares e objetos, manipulando os movimentos e o comportamento do seu avatar. Os avatares nos mundos virtuais geralmente permitem ao participante ser anónimo. O nome, a aparência, as posses, e a história do avatar do mundo virtual pode ter pouca ou nenhuma semelhança com o utilizador que o controla.

✚ **Comunicação síncrona:** Com a sensação de tempo partilhado, os utilizadores devem ser capazes de perceber o comportamento uns dos outros e, para comunicarem entre si, o ambiente deve permitir algum tipo de comunicação. Como a interatividade proporcionada por uma aplicação de simulação tende a ser dinâmica, a comunicação é em tempo real. Esta característica é definida pela comunicação mediada por computador síncrona (CMC-S), que está sempre presente nos mundos virtuais e é definida pela:

“ (...) **Presença** simultânea dos interlocutores para que a troca de mensagens ocorra em tempo real, isto é, sejam recebidas e respondidas numa sequência contínua, durante uma mesma sessão” (Oeiras & Rocha, 2000).

### 3.3. Características do Mundo Virtual

Utilizando como base a definição anterior, é possível enumerar seis características principais associadas aos mundos virtuais, no contexto da interação via computador, do seguinte modo:

✚ **Sentimento de partilha de presença:** Ao entrarem no local partilhado, cada participante assume uma personagem virtual, chamada de avatar, que inclui uma representação gráfica. Após entrarem no ambiente virtual da rede, cada participante pode ver os outros avatares que estão localizados no local partilhado, e os utilizadores podem ver o avatar do novo participante. Assim, a presença pode ser classificada em presença pessoal e partilhada, também referida por alguns autores como co-presença (Casanueva et al., 2001). A presença pessoal está relacionada com a presença do próprio indivíduo no local, manifestando-se no seu estado de espírito (manifestação subjetiva) e nas suas ações no mundo (manifestação comportamental). De facto, na manifestação comportamental de presença o participante age como se estivesse efetivamente no mundo, exibindo comportamentos que suportem este facto, ou seja, esta manifestação de presença pode ser entendida como resposta a perguntas automáticas, não planeadas e inconscientes do utilizador a estímulos do ambiente. A presença partilhada refere-se à perceção de partilhar um ambiente com os outros utilizadores, tendo em conta o sentido de presença dos outros utilizadores e o

sentimento de fazer parte de um grupo e de um processo comum, ou seja, o seu comportamento perante esse grupo.

✚ **Sentimento de partilha de espaço:** Todos os participantes têm a ilusão de estarem localizados no mesmo espaço, por exemplo, na mesma sala, logo este deve apresentar as mesmas características para todos. Estes lugares partilhados representam um espaço comum dentro do qual se pode realizar outras interações.

✚ **Sentimento de partilha de tempo:** Os participantes devem ser capazes de perceberem como o comportamento uns dos outros ocorre. Em outras palavras, a rede deverá permitir que a interação possa ocorrer em tempo real. No entanto, ainda há a marca de tempo com a ideia de evolução, mesmo que os utilizadores não estejam interligados – o mundo virtual altera-se, mas os participantes não evoluem.

✚ **Forma de comunicar:** Apesar da visualização constituir a base para os mundos virtuais, a maioria destes permitem alguns tipos de comunicação entre os participantes (gestos, texto digitado, ou voz). A comunicação por gestos é possível pelo uso de personagens com animações pré-programadas ou mesmo com corpos articulados para representar gestos. A comunicação por texto é realizada através de Chat, uma vez que o teclado é um periférico bastante familiar e os utilizadores estão habituados no seu dia-a-dia a enviar mensagens quer por e-mail quer por outro meio. A comunicação por voz, por ser a mais parecida com o mundo real, está a ser incorporada nos mundos virtuais através da tecnologia VoIP (*Voice Over Internet Protocol*). Esta comunicação acrescenta um sentimento de realismo que é necessário para qualquer mundo simulado.

✚ **Interatividade:** O verdadeiro poder dos mundos virtuais deriva da capacidade dos utilizadores interagirem não só uns com os outros, mas também com o próprio mundo. Os utilizadores devem ser capazes de mover, apanhar, manipular objetos do mundo e serem capazes de dar itens aos outros participantes. Os utilizadores poderão ainda ser habilitados para destruírem alguns itens já existentes ou construírem novos. Todas as interações recebem uma resposta imediata.

✚ **Persistência:** O mundo continua a existir e a evoluir mesmo que os participantes não estejam ligados. Eles não devem ser interrompidos, deverão ser ambientes

*online* persistentes, ativos e estar disponíveis 24 horas por dia e sete dias por semana (Singer et al., 2007).

### 3.4. Tipos de Mundos Virtuais

Existem diferentes formas de se categorizar mundos virtuais, dependendo do parâmetro utilizado.

#### Modelo de Interface

Segundo o modelo de interface, podemos ter mundos virtuais: **unidimensionais** (texto), **bidimensionais** (texto/imagem) ou **tridimensionais** (objetos tridimensionais). Nos mundos virtuais **unidimensionais**, como o mostrado na figura 3.1, a criação do mundo depende exclusivamente do uso de palavras, não existindo quaisquer elementos gráficos. A atmosfera do ambiente e o nível de imersão são neste tipo de ambiente criados mentalmente pelos utilizadores, requerendo um grande poder de imaginação e visualização. Os utilizadores ligam-se ao mundo para interatuar com o ambiente e uns com os outros usando comandos de texto. Um dos primeiros jogos de computador deste género, bastante popular, foi desenvolvido por Richard Bartle e Roy Trubshaw em 1978. Este jogo, designado por MUD (Multi User Dungeon<sup>1</sup>, ou “masmorra multiutilizador”) consistia num jogo textual que podia ser jogado em simultâneo por vários jogadores (Bartle, 1990). Era Acedido por Telnet<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> O termo Dungeon foi escolhido por um dos seus criadores (Roy Trubshaw) pelo facto deste gostar de jogar um jogo chamado DUNGEN, uma versão do jogo ZORK em Fortran. Não se refere ao às características do jogo MUD que nada tinha a ver com masmorras.

<sup>2</sup> Telnet: um protocolo de início de sessão remoto.

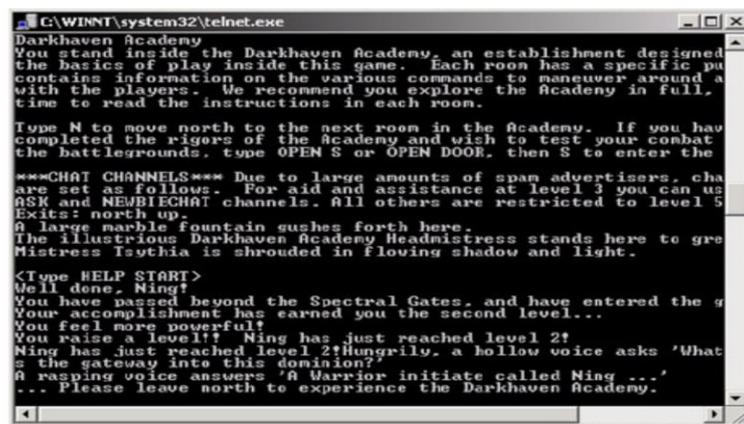
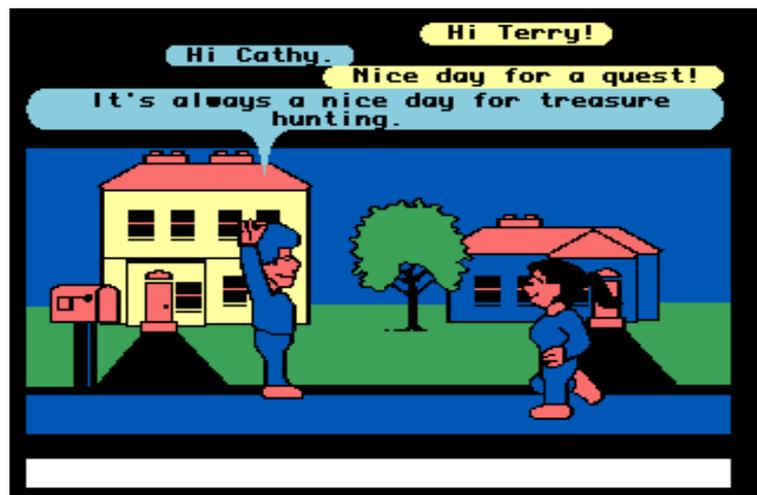


Figura 3.1. um mundo virtual baseado em texto - 7th Circle.

Com o tempo muitos jogos deste tipo começaram a surgir, distinguindo-se o jogo TinyMUD desenvolvido por Jim Aspes em 1989. Este jogo permitia modelar o próprio mundo, isto é, os jogadores podiam criar os seus elementos de jogo e falar com as suas próprias criações. Jim Aspes retirou a este jogo toda a componente de fantasia existente nos MUD e o “objetivo do jogo” (não havia vencedores nem vencidos).

Posteriormente com o desenvolvimento das placas gráficas, começaram a ser desenvolvidos ambientes de interação que recorriam a interfaces **bidimensionais** para a representação do ambiente. Como exemplo, a *LucasArts Entertainment Company*<sup>3</sup> desenvolveu o primeiro ambiente virtual multiutilizador a 2 dimensões e também o primeiro a usar avatares (ver figura 3.2). Com este tipo de tecnologia é possível representar o mundo envolvente dos utilizadores, sendo realçada a presença destes, bem como a sua representação. Utilizam avatares como uma ilustração do utilizador e davam ao utilizador uma vista isométrica da cena. Contudo, as imagens bidimensionais não nos permitem uma completa exploração do espaço organizacional do mundo virtual. Cada quarto é uma imagem e as representações gráficas dos participantes e objetos são imagens. Do ponto de vista da perceção visual, na perspetiva do utilizador o ambiente é visualizado usando uma terceira pessoa, sendo frequentemente usadas as vistas laterais e de topo (também referenciada como vista de pássaro).

<sup>3</sup> [http://www.stanford.edu/class/history34q/readings/Virtual\\_Worlds/LucasfilmHabitat.html](http://www.stanford.edu/class/history34q/readings/Virtual_Worlds/LucasfilmHabitat.html)



**Figura 3.2.** Mundo virtual 2D – The Habitat (© 1986 LucasArts Entertainment Company)

Finalmente, na terceira categoria – mundos virtuais **tridimensionais** - os mundos são visualizados através de modelos 3D para ilustrar os vários aspetos do ambiente, e assim, criar uma representação mais realística e introduzir uma maior capacidade de imersão. Desta forma, permite uma presença mais forte do utilizador. O sentido de co-presença é também incrementado, dado que a perspetiva visual do utilizador é apresentada na primeira pessoa e tal como nos mundos bidimensionais (2D), os utilizadores são representados por avatares, os quais podem navegar por um espaço euclidiano (ver figura 3.3). Este tipo de representação permite que, em alguns ambientes, seja permitida a comunicação não-verbal nas interações, recorrendo a gestos, expressões corporais ou faciais, e a forma de apresentação da personagem virtual. Devido ao uso de metáforas, os seus objetos aparecem como modelos 3D que simulam elementos arquitetónicos. Os objetos podem também ter comportamentos para suportar ações pré-definidas. Os participantes comunicam *online* uns com os outros e interatuam com o ambiente ativando os comportamentos dos objetos.



**Figura 3.3.** Uma área de entrada no Second Life

Os primeiros mundos virtuais a implementar o 3D como forma de visualização e interação foram o *ActiveWorlds*, ainda ativo, onde os utilizadores podem criar espaços virtuais, interagir com outros utilizadores num *browser* específico; o *There*, descontinuado, mundo virtual 3D imersivo social personalizável (Bray, 2006).

Bray (2006) destaca o jogo *The Sims Online* (2002) como um dos primeiros a recorrer a espaço virtuais em 3D. O *Second life* lançado em 2002, é o mais conhecido mundo virtual 3D. Capitalizado nos conceitos de economia virtual, o *Entropia Universe*, lançado em 2003, requer investimento económico.

### **Configuração de Objetos**

Podemos, também classificar os mundos virtuais segundo a configuração de seus objetos. Nesse sentido, podemos ter espaços **estáticos** e espaços **dinâmicos**. Os espaços estáticos mantêm os seus objetos e informações disponíveis aos utilizadores inalterados no decorrer do tempo. Num espaço tridimensional, por exemplo, os objetos que compõem o cenário nunca se movem. Nesta categoria podemos encontrar o *World Warcraf* (ver figura 3.4).



**Figura 3.4.** A Fêmea Tauen num voo no World of Warcraft.

Por outro lado, os espaços dinâmicos permitem que esses objetos sejam alterados, seja por ação dos próprios utilizadores ou por definição do próprio ambiente. De acordo com a ocorrência dessas mudanças, os espaços dinâmicos podem ser determinísticos ou não determinísticos. Espaços dinâmicos determinísticos utilizam uma estrutura pré-programada que controla as alterações dos objetos que o compõem, ou seja, pode-se prever todos os possíveis estados do ambiente. Como exemplo temos o Habbo Hotel (ver figura 3.5). Ao contrário, nos espaços dinâmicos não determinísticos fatores externos ao controle da aplicação determinam o que, como e quando os objetos devem ser alterados. Exemplos deste tipo de ambiente são o Activeworlds, Secondlife, entre outros.



**Figura 3.5.** Sala de Chat do Habbo Hotel.

## Domínio de Utilização

Os mundos virtuais podem ser classificados segundo o seu propósito, ou seja, em função do objetivo que se pretende do mundo. Podem ser divididos em duas categorias base: mundos orientados à socialização, sem obstáculos pré-definidos pelas regras e cujo único objetivo é conviver e prosperar, de forma bem semelhante ao modo como funcionam as práticas sociais em ambientes *offline*; e, mundos orientados ao jogo (fantasia), os quais mantêm a estrutura básica dos videojogos, com obstáculos para os jogadores superarem e com um quadro evolutivo especialmente visível, combinando tal estrutura com a necessidade de socialização, para que objetivos maiores sejam atingidos.

Os mundos orientados à socialização são conhecidos como mundos virtuais **sociais** e distinguem-se dos jogos apresentando experiências mais realísticas. Os participantes não devem necessariamente ganhar ou jogar um jogo, mas socializar-se com outros utilizadores. Enquanto os mundos virtuais de jogos focam um tema singular com convenções comuns, tais como avatares, progressão, via narrativa e uma série de eventos de competição, os mundos sociais tendem a ser muito menos estruturados, fornecendo um ajuste do tema de acordo com a realidade, ferramentas básicas para a construção do ambiente e a habilidade de hospedarem atividades e eventos. Em linhas gerais, os mundos sociais funcionam mais como comunidades e usam elementos de jogos. São exemplos destes mundos virtuais de socialização: Second Life<sup>4</sup>, Activeworlds<sup>5</sup>, Wonderland<sup>6</sup>, Club Penguin<sup>7</sup>, Habbo Hotel<sup>8</sup>, entre outros (VirtualWorldsNews, 2007).

Na segunda categoria encontramos os chamados **Massive Multiplayer Online Games** (MMOGs), como por exemplo o World of Warcraft ou EverQuest, entre outros. Estes mundos virtuais persistentes são estruturados de forma flexível por narrativas abertas, onde jogadores podem agir livremente, conversando, trocando informações, negociando bens no mercado, atacando castelos, etc. Além disso, é notória a peculiar combinação do mundo imaginário com o realismo social (Kolbert, 2001): num

---

<sup>4</sup> [www.secondlife.com](http://www.secondlife.com)

<sup>5</sup> [www.activeworlds.com](http://www.activeworlds.com)

<sup>6</sup> [wl.igg.com](http://wl.igg.com)

<sup>7</sup> [www.clubpenguin.com/pt](http://www.clubpenguin.com/pt)

<sup>8</sup> [www.habbo.com.br/](http://www.habbo.com.br/)

ambiente de magos e duendes, príncipes e cavaleiros, as pessoas economizam para comprar residências, definem preços para negociar bens no mercado, constroem relações de status e solidariedade.

Os MMOGs estimulam o utilizador a criar objetivos concretos, organizar-se com outros utilizadores para atingir esses objetivos, entender a capacidade de cada utilizador e delegar funções apropriadas, lidar com a falta de vontade e comportamentos inapropriados, resolver tensões ou motivar grupos com moral baixa.

A natureza multiutilizador destes jogos, a frequente necessidade de coordenação de estratégias e o facto de serem ambientes persistentes, ou seja, que não são gerados especificamente para uma sessão de jogo, mas antes mantidos em funcionamento e evoluindo permanentemente ao longo do tempo pela intervenção dos jogadores *online*, são fatores que levam a que a conversação e socialização entre jogadores se tornem numa parte muito ativa da atividade destes (Ducheneaut & Moore, 2004).

Independentemente do tipo de mundo virtual, estes reúnem várias tecnologias numa única plataforma: áudio, vídeo, webcam, chat de texto e voz (VOIP), ferramentas gráficas, conteúdos de programação, *Web Browser* e, naturalmente, avatares – projecção do utilizador no mundo virtual.

Combinando estas ferramentas e os aspetos sociais, abre-se caminho para novas perspectivas, novas ideias que gradualmente vão permitindo criar novas aplicações para serem usadas mais ou menos vinculadas à Economia real (Paget, 2008; Castronova, 2005).

### **3.5. Mundos Virtuais como plataformas de desenvolvimento**

Novas tecnologias têm vindo a ser desenvolvidas para dar suporte à construção de mundos virtuais, de uma forma mais simples e eficaz. Destas tecnologias, existem várias plataformas para a construção de mundos virtuais que prevêem o suporte para a modelação 3D, com capacidade de pré-programação dos comportamentos dos objetos 3D. Nestas plataformas os objetos são descritos através de uma linguagem *script* ou usando uma linguagem de programação suportada pela própria plataforma. Estes comportamentos tendem a ser ações pré-definidas que são iniciadas pelo próprio utilizador através do rato, teclado ou dispositivos de entrada.

Do vasto conjunto de ferramentas disponíveis no mercado, selecionamos alguns exemplos, que iremos descrever, pelas seguintes razões:

- ✚ Terem como objetivo a criação de mundos virtuais e a comunicação com outros indivíduos. Embora os jogos suportem a interação social e serem de fácil utilização, têm como objetivo jogar; os mundos virtuais selecionados vão mais além, convidando os utilizadores a “fazer tudo” para si próprios

- ✚ Prever que é o início da maior transformação na forma como as pessoas num futuro próximo irão interagir com a Web; a internet 3D não será um único mundo virtual mas vários – uma rede interligada de espaços virtuais com um único avatar e interface comum, como um simples browser acede a muitos websites (Helmer, 2007). Diferentemente do paradigma atual da Web, baseada fundamentalmente em texto e em ambientes 2D, o paradigma da web 3D, marca algumas diferenciações importantes do ponto de vista da presença, da telepresença, da imersão (Schlemmer, 2009).

- ✚ Estes ambientes criam também oportunidades de novos negócios, onde os clientes podem socializar, colaborar, formar, efetuar compras, etc (Amaral, 2008).

- ✚ Úteis para uma colaboração mais flexível na partilha das aplicações pelas equipas de desenvolvimento. “ Utilizando geralmente regras definidas de conduta, entretenimento de origem variada, construção de objetos e espaços próprio” (Amaral, 2008).

Dada a problemática desta tese, outros aspetos, como educação, foram tidos em conta. A saber:

- ✚ Terem um grande potencial para integrar diferentes tecnologias, permitindo a apresentação de materiais de e-learning e e-conteúdos, narrativas com base em interações sociais, partilha de documentos e arquivos, realização de reuniões e eventos, e proporcionar espaços de partilha de resultados de pesquisas e reuniões com colegas nacionais e internacionais (Bettencourt, 2008)

- ✚ Darem aos utilizadores a capacidade de desenvolverem experiências que podem ser difíceis no mundo real.

✚ Serem lugares seguros onde os alunos aprendem fazendo, podendo trabalhar em colaboração com outros indivíduos – formação de equipas (Amaral, 2008). A capacidade de interagir uns com o outros simultaneamente proporciona aos alunos a oportunidade de aprender conceitos que não são facilmente obtidos de um livro.

✚ Incentivarem os alunos a participar com um elevado nível de pensamento cognitivo, tal como interpretar, analisar e descobrir (Bettencourt, 2008).

✚ Permitirem desenvolver ambientes para diferentes públicos-alvo, ao nível do conhecimento e/ou idade. A idade pode restringir a escolha dos mundos virtuais, pois alguns são destinados para um público de maiores de 18 anos e outros para menores de 18 anos.

✚ Finalmente serem as mais abordadas pela comunidade académica.

## Active Worlds

**Active Worlds**<sup>9</sup> (inicialmente conhecido por AlphaWorld) estreou-se oficialmente em 27 de Julho de 1995, sendo criado pela AlphaWorld.

O mundo virtual Active Worlds (AW) é um ambiente híbrido que mistura recursos de Internet com ambientes 3D. Dentro do AW existem centenas de mundos, cada um com características próprias, assim como multiutilizadores. Os mundos são construídos baseados em metáforas em que os utilizadores interagem diretamente com ele, por meio do próprio papel que representam.

Os seus cenários vão desde simples casas até construções complexas, como universidades, laboratórios, edifícios, enfim, tudo é possível de ser criado no “Active Worlds”. Este permite aos seus utilizadores não só navegar pelo mundo, como também o projetar, implementar e estender o ambiente.

O “Active”, do nome “Active Worlds” – “Mundos Ativos” vem do constante crescimento e mutação que os mundos virtuais têm vindo a sofrer. Este mundo virtual está dividido em universos educacionais e comerciais.

A interação entre as pessoas ligadas ao mundo, via internet, é feita por meio de conversas, como salas de chat. Estas pessoas por sua vez podem também comunicar

---

<sup>9</sup> <http://www.activeworlds.com/>

em privado uns com os outros, pelo sussurrar ou envio de telegramas. Cada pessoa é representada por um avatar, podendo escolher um que o represente de entre um vasto conjunto de identidades, todos com animações pré-gravadas que tendem a expressar emoções, embora pouco realísticas.

Para limitar a grande quantidade de informação que é necessário enviar entre os servidores e clientes, cada avatar tem um intervalo de visibilidade limitada, o qual pode ser ajustado pelo utilizador.

O universo do AW possui uma característica de comunidade *online*, com milhares de utilizadores distribuídos pelo espaço virtual, oferecendo um conjunto de possibilidades, entre as quais a de efetuar compras *online* no *shopping* virtual 3D e conversar com os vendedores.

Existem duas categorias de utilizadores, os turistas com direitos limitados no espaço e os residentes que são utilizadores registados no sistema e com amplos direitos. É dado o direito de projetar e implementar mundos virtuais, em determinadas regiões a partir de uma base de dados com os mais variados tipos de objetos, assim como as suas funções. Os objetos podem ser passivos, e ter uma finalidade percetiva da realidade como uma árvore ou cartaz, ou serem objetos que incluam outros objetos, no sentido de se agrupar, como no caso de um prédio, o qual tem por função incluir outros objetos de interação. Os objetos com funcionalidade reativa, são objetos que quando seleccionados pelo utilizador reagem com um padrão predefinido, ou seja, podem ter comportamentos pré-programados dirigidos a eventos, como, por exemplo, abertura de uma página Web pelo simples clicar ou teletransportar o avatar quando ele choca com outro objeto.

O browser da interface do AW é composto por quatro áreas principais (mundo virtual 3D; ferramenta de comunicação síncrona- chat; browser web integrado que permite aos utilizadores visualizarem páginas Web; e barra com vários separadores que contem funções adicionais de navegação, comunicação e ajuda) como podemos observar pela figura 3.6. Estas disponibilizam um conjunto de funcionalidades que permitem o utilizador construir o MV em diferentes línguas, tais como: Inglês (por defeito), Espanhol, Português, Francês, Alemão, Finlandês.

Os criadores do AW definem os avatares como sendo representações de pessoas, que habitam o ambiente. Estes avatares não servem só para representar visualmente

o utilizador, mas também para funcionarem como uma câmara dentro do mundo virtual 3D.



Figura 3.6 – Browser do Active Worlds

Na vida real, a identidade está ligada ao aspeto físico de um indivíduo. Aparência, voz e recursos estão entre os meios pelos quais nos distinguimos uns dos outros. No AW estes sinais físicos não estão disponíveis. Os utilizadores não são reconhecidos por voz, ou pela aparência física, em vez disso confiam exclusivamente nas identidades como principal meio pelo qual se identificam perante os outros.

A cada cidadão da AW é concedido uma identidade única mediante pagamento à empresa responsável pelo AW. Com a identidade única, os utilizadores garantem os direitos ao seu próprio nome ou pseudónimo escolhido. Além da identidade é atribuído ao utilizador um número de residente (cidadão).

Esta identidade única permite a identificação dos objetos de que este é proprietário (terrenos, edifícios, etc) e que os utilizadores se reconheçam no contacto com os outros. A identidade aparece no topo do seu avatar, no entanto, pode ser escondida, se o utilizador pretende manter o anonimato.

O AW tem como foco principal a comunicação, mas a possibilidade que dá aos seus residentes de construírem algo no mundo, sendo proprietários do que constroem, permite que os residentes possam designar níveis individuais de privacidade e controle sobre a informação pessoal. Os utilizadores decidem por si quando e quanta informação é apropriada para divulgar e para quem. Identificadores únicos fornecem aos utilizadores com segurança e controle sobre as suas identidades online e *Primary*

*World* (PW)<sup>10</sup>. A privacidade e a identidade concebem tanto aos utilizadores individuais e comunidades um grau de autonomia pessoal e social.

## Second Life

**Second Life**<sup>11</sup> é uma plataforma de mundos virtuais criada por Linden Lab em São Francisco e tem vindo a ter um crescimento rápido ao nível do número da sua população (Telegraph, 2007).

Definir Second Life (SL) é entrar numa discussão ainda controversa. Para uns, um jogo, (Wagner, 2007) para outros, uma possibilidade de simulação e para outros (Sivan, 2008) um mundo virtual onde pessoas reais trabalham, aprendem e se divertem. Numa investigação realizada por Mekeon e Wiche (Mekeon & Wiche, 2006) é apresentada uma definição do SL dada por um residente:

*“A lot of people talk about SL like it's a game. I don't really see it as a game, because it doesn't really have any of the properties of a game, in the sense that there's no goal, no rank, no simulation, no progress. All of these things have to be quantified by the individual himself, subjectively... Much like in real life, I have to decide for myself 'What's an accomplishment? What's successful or meaningful?’”.*

Segundo Rymaszewsky (Rymaszewsky et al., 2007) o SL é um ambiente virtual e tridimensional que simula em alguns aspectos a vida real e social do ser humano. Dependendo do tipo de uso pode ser encarado como um jogo, um mero simulador, um comércio virtual ou uma rede social. O nome "Second Life" traduzido do inglês, significa "segunda vida" que pode ser interpretado como uma "vida paralela", uma segunda vida além da vida "principal", "real" traduzida por "RL" ou "Real Life".

Em síntese, SL é uma plataforma desenvolvida por Linden Lab onde os utilizadores, chamados de avatares, podem comunicar uns com outros através de Chat e Voz (Second Life, 2008a). Existe um chat público, mas é possível falar particularmente com cada utilizador e manter uma lista de amigos, útil para a troca de

---

<sup>10</sup> De acordo com Michael Heim o PW (Primary World) refere-se ao “mundo (contexto da participação humana) fora do mundo gerado pelo computador... e tem propriedades distintas, tais como, natalidade, mortalidade, fragilidade, ou de vulnerabilidade à dor, danos e cuidados pessoais”.

<sup>11</sup> <http://www.secondlife.com>

mensagens à distância, ou seja, quando os avatares se encontram em locais diferentes do sistema. Para a comunicação por voz, o SL disponibiliza um sistema de transmissão de som que faz com que a voz do avatar seja a mesma do utilizador ao falar com um microfone conectado ao computador cliente. O som é transmitido e reproduzido a partir da coordenada do avatar no espaço 3D, fazendo com que somente avatares próximos ao do locutor ouçam a sua voz. Outra forma de interação é o uso de gestos. Os gestos são animações capazes de comunicar a sensação ou simular uma ação. O SL inclui uma ferramenta que permite aos utilizadores criarem gestos próprios

Não somente avatares individuais, mas também negócios têm emergido no SL como forma de publicitar os produtos e serviços, receber *feedback* dos clientes, vender produtos, ter reuniões e organizar eventos para atualizações dos produtos, etc. Por isso, o SL contém ferramentas para o design e implementação de objetos virtuais pela manipulação de primitivas geométricas. Os comportamentos dos objetos e avatares podem ser controlados usando a linguagem script do próprio sistema, designada por Linden Script Language (LSL).

Todo o conteúdo é centrado no utilizador e cada utilizador pode criar elementos no mundo virtual e passa a ser o detentor desses produtos, que pode vender ou trocar com os restantes utilizadores. A compra é efetuada com a própria moeda que o sistema disponibiliza, o Linden Dólar, que pode ser adquirido pelos utilizadores. Dentro do conceito de propriedades intelectuais e dos possíveis modelos de negócio, é gerada uma economia própria. Embora internamente possa ser considerada uma economia simulada, ela deixa de ser uma simulação a partir do momento que entra em contacto com a economia real. Isso acontece através do LindeX Exchange - sistema que permite troca de dólares Linden por dólares americanos e vice-versa.

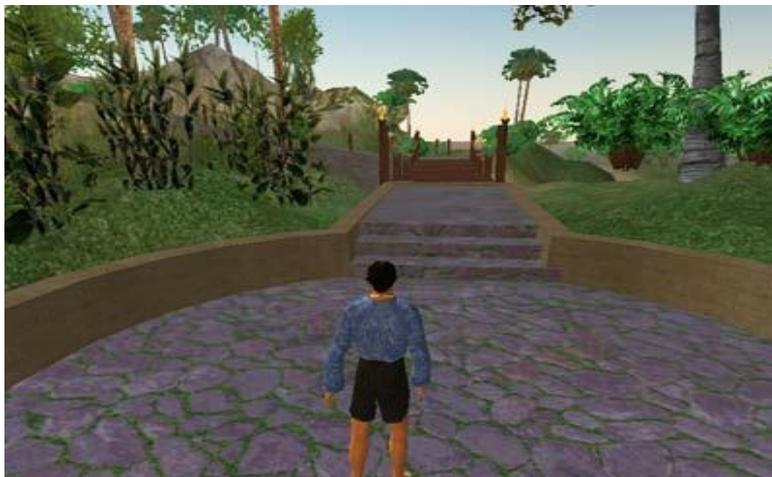
O SL demonstra que os utilizadores podem mesmo criar os seus objetos virtuais enquanto utilizam o mundo. Um conjunto de fatores económicos e técnicos têm de ser ponderados de forma a conseguir construir os melhores conteúdos e com isso gerar lucros. A parecença com o mundo real é bastante evidenciada, neste mundo tudo se compra e é possível ter uma casa, um cão, ir à discoteca, comprar roupa nova, adquirir serviços, ou seja, ter uma segunda vida como o próprio nome do sistema o indica. A evolução deste mundo deve-se à grande quantidade de objetos disponíveis

para o enriquecer, fator que está ligado ao ser humano e à constante procura para solucionar as suas dificuldades.

O programa de acesso ao SL chama-se cliente e incorpora ferramentas *online* para que os residentes construam os seus objetos dentro do sistema. O lema é “criar qualquer coisa que possamos imaginar, ter direitos sobre estes e começar a vender facilmente a outros utilizadores<sup>12</sup>” (Pereira, 2007). Os acréscimos criados pelos residentes são conhecidos por conteúdos gerados por utilizadores.

Quando um novo utilizador se inscreve no Second life, o seu avatar surge em “Orientation Island”, como podemos ver na figura 3.7. Nela os residentes participam num tutorial no qual aprendem a deslocar pelo ambiente, comunicar com outros residentes, usar os menus e comandos e aprendem sobre lugares nos quais se pode aventurar.

Um fator importante de personalização do avatar é o inventário. O inventário retém informações sobre pele, cabelo, animações e partes do corpo, e a sua capacidade é infinita. Os residentes podem ampliar o inventário dos seus avatares a qualquer momento, assim como a sua aparência.



**Figura 3.7** - Orientation Island do Second Life

Ao nível de especificações técnicas o SL utiliza um *software* que determina como os objetos e avatares se comportam no mundo virtual, o que inclui deteção de colisões

---

<sup>12</sup> Retirado do texto de divulgação do pré-lançamento do SL Brasil. Disponível em <[www.secondlifebrasil.com.br](http://www.secondlifebrasil.com.br)>.

dinâmicas de veículos (o sistema informa ao software quando dois objetos se estão a tocar, e como se deveriam comportar); e que aparências devem ter as animações.

Os residentes podem ouvir e assistir *streams* de áudio e vídeo no Second Life. Podem escolher exibir vídeos em superfícies específicas da sua “terra”. Para fazê-lo, designam a textura da superfície como superfície de *media*.

## OpenCroquet/OpenCobalt

**Opencroquet**<sup>13</sup> é uma plataforma de código aberto para o desenvolvimento de mundos virtuais, tendo sido implementada pela Universidade de Boston; permite criar mundos virtuais colaborativos e de multiutilizador, possibilitando a integração de aplicações tridimensionais e bidimensionais (ver figura 3.8).

Derivado do Squeak, um ambiente de desenvolvimento para a linguagem de programação SmallTalk, possui uma arquitetura de rede *peer-to-peer*<sup>14</sup>, que suporta comunicação, colaboração, partilha de recursos e computação síncrona entre vários utilizadores em vários dispositivos (Onyesolu, 2009).

Esta plataforma permite um ambiente dinâmico, onde tudo é um objeto de colaboração, o qual pode ser modificado sempre que pretendermos. A comunicação entre os objetos é baseada no modelo de sincronização de transmissão de mensagens e as suas interações estão focadas na partilha do espaço tridimensional. Os utilizadores não só comunicam uns com os outros através de voz, como também têm a possibilidade de trocar documentos, executar simulações complexas, desenvolver planos de projetos complexos e gerir projetos.

No croquet a conexão entre os mundos virtuais 3D é efetuada via portais espaciais, análogos aos *hiperlinks* das páginas Web. Os portais são simplesmente uma conexão espacial 3D entre os espaços. Um portal tem uma posição e direção própria num mundo virtual. Estes portais podem estar localizados em diferentes lugares, permitindo aos utilizadores visitar diferentes partes do mundo virtual, a partir de vários e diferentes portais.

---

<sup>13</sup> <http://www.opencroquet.org/>

<sup>14</sup> *Peer-to-peer* é uma arquitetura de sistemas distribuídos caracterizada pela descentralização das funções na rede, onde cada nó realiza tanto funções de servidor quanto de cliente.

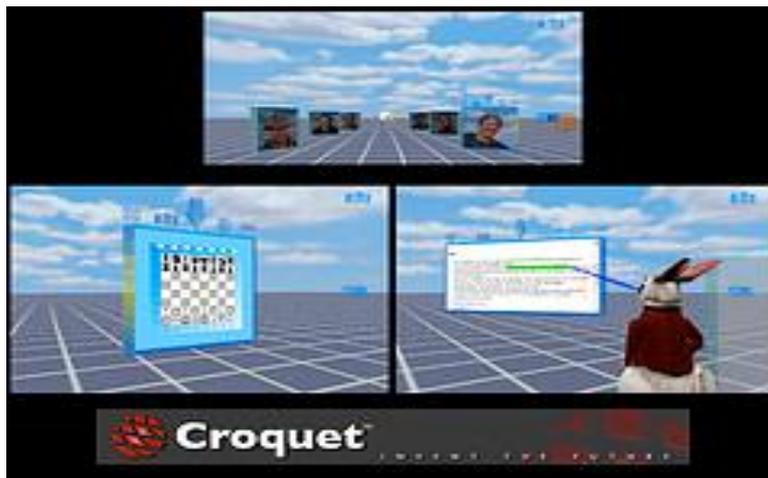


Figura 3.8. Croquet

Atualmente, esta plataforma foi descontinuada, surgindo o *OpenCobalt*. O OpenCobalt, foi lançado em versão alfa em 2010, é um software gratuito e de código aberto que permite criar facilmente espaços virtuais de trabalho e de aprendizagem baseado em jogos. Usa também a tecnologia *peer-to-peer* que elimina a necessidade de servidores, reduz as barreiras financeiras e técnicas para o desenvolvimento de espaços virtuais personalizáveis.

O interface do *Cobalt* possui uma barra de menu, posicionada na parte superior da janela e mais um conjunto de opções para som, *chat*, situados na parte inferior da janela. Na parte inferior direita estão os botões que permitem que o avatar navegue pelo ambiente, como podemos observar na figura 3.9.



Figura 3.9. Interface do Cobalt

Como o objetivo do Cobalt é estimular a colaboração na pesquisa, no ensino e no entretenimento, ele permite que um utilizador possa aceder ao espaço de outro utilizador e visualizar e editar o conteúdo deste (documentos, *spreadsheet*, etc) ao mesmo tempo. O Cobalt, como o seu antecessor Croquet, suporta diferentes idiomas e usa o *Squeak*. Atualmente o *Squeak* é uma linguagem orientada a objetos, baseada em classes e reflexiva, onde tudo é um objeto, e onde tudo pode mudar em tempo de execução. Os programadores podem editar o código fonte do mundo 3D a partir do próprio mundo e ver imediatamente o resultado, enquanto o mundo ainda está a ser executado.

## Wonderland

**Wonderland**, nome dado pela Sun Microsystems, é uma plataforma de código aberto desenvolvida em Java, que permite a criação de mundos virtuais, enfatizando o uso da comunicação, imersão, áudio, texto, aplicações e partilha de documentos, bem como o desenvolvimento de conteúdos centrados no utilizador (Ally, 2009). No início, o Wonderland foi criado para permitir um ambiente multiutilizador, seguro, estável e confiável (Collins, 2008), para que os seus utilizadores conseguissem exercer as suas atividades, como podemos ver na figura 3.10.



Figura 3.10. Plataforma Wonderland

Assim, é possível aos utilizadores fazerem o seu trabalho real no mundo virtual e evitar o uso de ferramentas de colaboração em separado. O trabalho colaborativo sobre esta plataforma ganha espaço, levando os colegas de trabalho a colaborar e

trabalhar numa mesma representação, apesar das limitações físicas do "trabalho de casa".

*Wonderland* fornece uma plataforma multiclente através da qual todos os avatares podem entrar num mundo virtual e interagir uns com os outros e com os objetos. Os mundos construídos sobre esta plataforma são definidos por um grupo de células, que são controlados pelo servidor. À medida que o avatar navega através do mundo, o servidor periodicamente informa o cliente quais as células que estão a ser carregadas ou descarregadas. Há dois tipos de células: estáticas e dinâmicas. A célula estática representa as regiões que não se movem, enquanto que a célula dinâmica representa os objetos gráficos que podem ser movidos, por exemplo, os avatares. As células dinâmicas são armazenadas no servidor *Darkstar* no "*Game Logic Object*" (GLO). Quando um objeto é modificado uma mensagem contendo a informação da célula e o seu novo estado é enviada ao servidor para todos os clientes, com o objetivo de atualizar todas as instâncias referentes a esta.

Esta plataforma permite-nos criar modelos personalizados e personalizar os mundos virtuais, adicionar comportamentos para as células usando a linguagem Java e Java 3D API.

Em 2010, a Oracle, anunciou a descontinuação deste projeto, no entanto este continua a ser utilizado por programadores e académicos pelo fato de ser um projeto de código fonte aberto.

Esta plataforma de código fonte aberto pode ser expandida através da criação de novas ferramentas conseguidas através de módulos, podendo incluir gráficos, códigos Java ou outros recursos, que podem auxiliar na construção de novos métodos, materiais de estudo, sendo um ótimo ambiente virtual principalmente para programação e para o ensino.

### **OpenSim**

**OpenSim**<sup>15</sup> é uma plataforma para o desenvolvimento de mundos virtuais, criados no início de 2007 por Darren Guard (ver figura 3.11). Tem sido apresentada como uma alternativa ao SL, pois representa uma tendência de atividades em código aberto em torno de plataformas 3D, possuindo as atuais API's do SL. OpenSim é compatível com

---

<sup>15</sup> [http://opensimulator.org/wiki/Main\\_Page](http://opensimulator.org/wiki/Main_Page)

Linux e Windows. O ambiente permite a criação/edição de conteúdo e suporte a linguagens de programação (LSL, OSSL, C #, JavaScript e Visual Basic) para criar ferramentas e interações dentro do ambiente (Onyesolu, 2009). Muitas das características, funcionalidades, aspetos e interface deste ambiente são semelhantes ao Second Life. O utilizador pode modificar a aparência dos avatares, da interface e criar interatividade, permitindo interagir com o mundo. A interatividade é obtida através da codificação de scripts. Os avatares podem comunicar uns com os outros, através das mesmas ferramentas que os outros mundos virtuais utilizam para esse efeito, por exemplo, chat, voz, e mensagens assíncronas.

Suporta a importação de modelos 3D gerados com as ferramentas AutoCad e 3D Studio, eliminando as restrições à importação de objetos complexos. Esta plataforma é diferente do SL, não sendo dependente de uma terceira empresa. Os mundos são armazenados nas máquinas das próprias pessoas.



**Figura 3.11** - Plataforma OpenSimulator

Em suma, OpenSim é uma plataforma onde a criação do conteúdo estático dos utilizadores é simples enquanto os objetos interativos devem ser programados. A instalação e a manutenção requerem competências de administração de sistemas. Esta plataforma pode ser executada em modo *standalone*, propriedade que nos permite facilmente gerir o conteúdo eletronicamente e efetuar *backups* do mundo 3D. Permite a criação de conteúdos em tempo real, utilizando-se ferramentas próprias que possibilitam a partilha de texto, imagens e vídeo.

Todos os recursos principais (inventário, *landmarks*, texturas, objetos, *instante messaging*) do OpenSim são os mesmos que o do Second Life.

Ao nível de execução, esta plataforma utiliza ficheiros de configuração para definir os parâmetros necessários ao arranque e funcionamento desta. O ficheiro central é o OpenSim.ini, localizado no diretório /bin, que contem a maior parte das restrições para a configuração do sistema. Este ficheiro é suportado por outros ficheiros de configuração das regiões (baseado em XML), de serviços de rede e de vários ficheiros de configuração da cache.

### 3.6. Comparação de Mundos Virtuais

Para compreendermos a forma como funcionam os mundos virtuais, é necessário debruçar-nos sobre que tipo de ferramentas que disponibilizam para o desenvolvimento de mundos virtuais e na codificação de pequenos objetos.

Partindo desta base, efetuaremos uma análise que consistirá na comparação e contraste das diversas características do *design* e ferramentas de comunicação existentes no Active Worlds, Second Life, Croquet, Wonderland e OpenSim. Esta análise incide sobre as funções que servem para construir o mundo, no entanto as diferenças e as similaridades são muitas vezes difíceis de se identificar, todos partilham os mesmos atributos base: são virtuais, representam um mundo ou parte dele, e têm muitos participantes em simultâneo.

Da análise efetuada destacam-se como características diferenciadoras:

- ✚ criação das personagens individualizadas – possibilidade de parametrizar a representação do utilizador;

- ✚ forma de comunicação entre os utilizadores – a interação mediada por mecanismos de Chat e VoIP;

- ✚ possibilidades de disponibilizar vários serviços para diferentes áreas económicas e sociais: educação, comércio, etc;

- ✚ organização de eventos pelos utilizadores – facilidade de promover encontros temáticos virtuais;

✚ forma de comunicação entre mundos externos.

Para a obtenção final de qual ou quais as plataformas que oferecem melhores recursos, ou seja, permite-nos ter mundos virtuais com qualidade, aplicar-se-á o *Quantitative Evaluation Framework* (QEF) desenvolvido por Paula Escudeiro (Escudeiro, 2007).

Esta *Framework* adopta as normas SCORM<sup>16</sup> (*Sharable Content Object Reference Model*) e tem como referência o standard ISO 9126<sup>17</sup>. Avalia a qualidade dos sistemas de *e-learning* num espaço conceptual tridimensional, em que cada dimensão agrega um conjunto de fatores, e que por sua vez estes agregam um conjunto de critérios. A qualidade é medida quantitativamente, medindo a percentagem de cumprimento dos critérios definidos para um hipotético sistema ideal representado neste espaço tridimensional de qualidade (Escudeiro, 2007).

Este processo de análise será desenvolvido em quatro fases principais. A primeira consiste na identificação e validação de critérios; a segunda na classificação de cada fator; a terceira no cálculo da qualidade dos mundos virtuais; e finalmente, a quarta fase na avaliação dos resultados.

### **Fase 1 – Identificação e validação de critérios**

Para comparar os mundos virtuais anteriormente descritos começou-se por definir corretamente um conjunto de critérios que servirão de base a todo este processo, fundamentado através de alguns requisitos definidos por Tony Mannien (Mannien, 1998) e Sarah Robbins (Robbins, 2009), sempre atendendo ao impacto que provocará no ambiente final a ser utilizado. Estes critérios, apesar de apresentarem restrições etárias, ajudam-nos a selecionar mundos virtuais que servirão como plataformas de desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos para a educação.

Os critérios selecionados foram então, agrupados em 7 fatores principais: realismo do mundo, a interface do utilizador, comunicação, características do avatar,

---

<sup>16</sup> A norma SCORM é um conjunto de especificações e standards para criar e desenvolver e-Learning que garante interação, acessibilidade e reutilização de conteúdos.

<sup>17</sup> ISO 9126 fornece uma definição das características e qualidade associadas ao processo de avaliação a ser usado quando se especifica os requisitos de qualidade dos produtos de software em todo seu ciclo de vida

escalabilidade, segurança e participantes. Cada um agrupando um determinado número de critérios como poderemos observar na tabela 3.1.

**Tabela 3.1** – Critérios definidos por Mannien (Mannien,1998) e Robbins (Robbins, 2009)

1. REALISMO DO MUNDO	2.INTERFACE UTILIZADOR	3. COMUNICAÇÃO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interação online</li> <li>• Existência de objetos interativos</li> <li>• Modelos físicos</li> <li>• Velocidade dinâmica de objetos e do mundo</li> <li>• Cenários dinâmicos</li> <li>• IA no mundo</li> <li>• Evolução autónoma</li> <li>• Presença da sociabilidade</li> <li>• Semelhança com o mundo real</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Navegação e controlo</li> <li>• Controlo como rato</li> <li>• Suporte som</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áudio</li> <li>• Vídeo</li> <li>• Texto</li> </ul>
	4. AVATAR	5. SEGURANÇA
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complexo</li> <li>• Configurável</li> <li>• Desenvolvimento</li> <li>• Interação</li> <li>• Linguagem corporal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direito sobre criações digitais</li> <li>• Segurança para o avatar</li> </ul>
6. ESCALABILIDADE		7. PARTICIANTES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribuído por vários servidores</li> <li>• Limite de criação de objetos por utilizador</li> <li>• Limites no espaço do mundo</li> <li>• Criação de utilizadores</li> <li>• Limitação de línguas faladas</li> <li>• Possibilidade de ligações externas</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identidade do utilizador</li> <li>• Relacionamento com os outros (colaborativo, antagonismo, condicional)</li> <li>• Relacionamento com o ambiente (colaborativo, antagonismo, condicional)</li> </ul>

Estes critérios têm como objetivo garantir:

✓ A redução da confusão e o incremento da usabilidade da interface com o utilizador. A usabilidade permite que o utilizador esteja envolvido no ambiente virtual. Maida (1997) sugere que o envolvimento do utilizador está relacionado com a interação, com a reação sólida do sistema às ações do utilizador e motivação que os utilizadores têm em continuar a interatuar com o sistema. Assim, o envolvimento está relacionado tanto com a participação orientada para o utilizador - presença; como com o envolvimento no sistema - imersão (Sadowski e Stanney, 2002). Embora ambos os fatores possam contribuir para que os utilizadores façam parte do ambiente (envolvimento), a imersão é uma característica que pode ser quantificada e avaliada de acordo com a eficácia da execução do *software*. Por exemplo, a imersão pode ser

prejudicada se a exibição da representação do mundo não permitir interação direta e intuitiva (Ellis, 1996).

✓ A importância dos avatares. A personalização dos avatares permite de tal forma que os utilizadores se identifiquem com a representação escolhida dos seus avatares e facilmente se possa distinguir outros participantes do ambiente. Esta personalização influencia a sensação de presença e a imersão, permitindo que os utilizadores possam ser informados sobre o que está a acontecer aos objetos que lhe são importantes, quais as ações que estão a ser tomadas para investigar ou modificá-los, onde está centrado o interesse da pessoa. A distinção de quais são os verdadeiros utilizadores do sistema é minimizada.

✓ A importância do realismo do mundo virtual. Usando modelos tridimensionais é possível representar objetos visuais com um grande realismo, permitindo desta forma uma presença mais forte do utilizador no ambiente e, o desenvolvimento de situações que são impossíveis de reproduzi-las facilmente no mundo real. No entanto, à medida que as pessoas passam mais tempo nos mundos virtuais, cresce também o interesse em encontrar formas de trazer os objetos criados on-line para o mundo real.

✓ A importância da segurança. Porque os mundos virtuais deverão estar disponíveis a todos os níveis, eles devem requerer plataformas altamente confiáveis e seguras quer ao nível de requisitos técnicos quer ao nível de conteúdos.

✓ A importância da comunicação. Um avatar é “uma representação da identidade de um utilizador dentro do mundo virtual; Uma procuração com o objetivo de simplificar o processo de comunicação inter-humana no mundo virtual (Gerhard and Moore 1998), a comunicação torna-se um componente importante. Com ela constrói-se e mantém-se relações entre as pessoas, transmite-se emoções e ajuda-nos a compreender os significados das palavras. Os diferentes tipos de comunicação (verbal, não-verbal) fomentam a partilha dos saberes e de conteúdos, levando os utilizadores a um maior envolvimento com o ambiente, estimulando-os a vivenciarem uma dada experiência. Potencializa-se a formação de comunidades. (Gerhard et al, 2002).

✓ A detecção e correção de falhas que eventualmente ocorram ao longo do ciclo de desenvolvimento dos mundos virtuais.

Após a identificação dos critérios, foram definidas três dimensões: funcionalidade, eficiência e adaptabilidade, as quais estão baseadas no standard ISO 9126. Cada uma destas dimensões agregará um conjunto de fatores, elementos caracterizadores de cada dimensão, como poderemos observar na figura 3.12, relativamente aos quais interessa determinar o grau de desempenho do nosso sistema.

FUNCIONALIDADE		EFICIÊNCIA
<b>F1. Realismo do Mundo</b> Interação online Existência de objetos interativos Modelo físico Velocidade dinâmica de objetos e o mundo Cenários dinâmicos IA no mundo Evolução autónoma Presença da sociabilidade Semelhança com o mundo real	<b>F3. Comunicação</b> Áudio Vídeo Texto  <b>F4. Avatar</b> Complexo Configurável Desenvolvimento Interação Linguagem corporal	<b>F5. Segurança</b> Direito sobre criações digitais Segurança para o avatar  <b>F6. Escalabilidade</b> Distribuidor por vários servidores Limite de criação de objetos por utilizador Criação de utilizadores Limitação nos idiomas falados Possibilidade de ligações externas
<b>F2. Interface Utilizador</b> Navegação e controlo Suporte de som Controlo com o rato		<b>ADAPTABILIDADE</b> <b>F7. Utilizadores</b> Identidade do utilizador Relacionamento com os outros (colaborativo, antagonismo, condicional)

**Figura 3.12** – Dimensões definidas para o processo de avaliação das plataformas.

A dimensão funcionalidade representará o conjunto de características que incidem sobre o que o *software* faz para satisfazer as necessidades explícitas ou implícitas. Incidem sobre a existência de um conjunto de funções e suas propriedades específicas. A dimensão eficiência reflete o conjunto de atributos que estão relacionados entre o nível de desempenho do software e a quantidade de recursos

utilizados. A última dimensão, a adaptabilidade, está relacionada com a vida do sistema, com a sua sobrevivência a necessidades de expansão, portabilidade e introdução de pequenas mudanças. É uma dimensão importante na medida em que permite-nos desenvolver sistemas com a capacidade de alterar o ambiente virtual em função das ações do utilizador sobre os objetos deste. Temos um ambiente com cenários que se modificam em tempo real à medida que os utilizadores vão interagindo com ele.

## **Fase 2 – Classificação de cada fator**

Numa fase inicial e atendendo ao *Quantitative Evaluation Framework* (QEF) é necessário classificar os critérios, com um peso entre 0 e 10, de acordo com a sua relevância para cada uma das dimensões. Este pesos podem ser definidos, por:

10 – fundamental; 8- muito importante; 6- importante; 4- necessário; 0- irrelevante.

Assim, ao atribuímos um peso para os critérios estamos a dizer qual a sua relevância para o nosso sistema, isto é, se considerarmos que o fator comunicação é de extrema relevância para o sistema a ser construído, atribuímos então o peso de 10 a todos os critérios que compõem este fator. No entanto, outros critérios podem ter diferentes valores. Isto depende a intenção do avaliador do sistema.

Para simplificar o processo de avaliação decidimos atribuir a todos os critérios o mesmo peso, neste caso o peso de 10. Assim teremos como base uma plataforma considerada ideal para o desenvolvimento de mundos virtuais. A plataforma ideal, possuirá um conjunto de critérios (necessidades) que nos indicam aquilo que nos permite fazer.

Após a atribuição dos pesos aos critérios, começamos por analisar cada mundo virtual e fomos preenchendo a matriz de comparação com os valores obtidos para a percentagem de cumprimento de cada critério, como poderemos observar na tabela 3.2.

Estas percentagens foram obtidas através da observação efetuada em termos da disponibilidade e criação de objetos nos mundos. Utilizou-se a seguinte escala como padrão de referência:

100% - disponível; 75% - razoavelmente disponível; 50% - fracamente disponível; 25% - baixa disponibilidade- 0% - não disponível;

**Tabela 3 2.** – Matriz relativa ao valor relevante atribuído a cada mundo virtual (Activeworld (AW); Second Life (SL); Croquet(CROQ); Wonderland(WOND);OpenSim(OpenS))

CRITÉRIOS		AW	SL	CROQ	WOND	OpenS
<b>1. Realismo do mundo</b>						
Interação online		75	100	75	75	100
Existência de objetos interativos		100	100	75	75	100
Modelos físicos		75	100	75	25	75
Velocidade dinâmica de objetos e do mundo		25	75	75	75	75
Cenários dinâmicos		75	75	25	25	75
IA no mundo		0	50	0	0	25
Evolução autónoma		75	75	75	75	75
Presença da sociabilidade		100	100	25	75	75
Semelhança com o mundo real		75	100	25	75	75
<b>2. Interface utilizador</b>						
Navegação e controlo		75	75	75	75	75
Controlo como rato		75	75	75	75	75
Suporte som		100	100	75	75	75
<b>3. Comunicação</b>						
Áudio		100	100	75	75	75
Vídeo		100	100	75	75	75
Texto		100	100	100	100	100
<b>4. Avatar</b>						
Complexo		75	100	75	75	75
Configurável		100	100	50	75	75
Desenvolvimento		100	100	50	75	75
Interação		75	100	75	75	75
Linguagem corporal		100	100	100	100	100
<b>5. Escalabilidade</b>						
Distribuído por vários servidores		25	75	25	75	75
Limite de criação de objectos por utilizador		25	100	25	25	75
Limites no espaço do mundo		75	75	25	25	75
Criação de utilizadores		100	100	75	75	100
Limitação de línguas faladas		75	75	25	25	50
Possibilidade de ligações externas		75	100	25	25	25
<b>6. Segurança</b>						
Direito sobre criações digitais		75	100	100	75	100
Segurança para o avatar		75	75	75	75	75
<b>7. Participantes</b>						
Identidade do utilizador		100	100	100	100	100
Relacionamento com os outros		75	75	50	75	75
Relacionamento com o ambiente (colaborativo, antagonismo, condicional)		75	75	50	75	75

Uma vez preenchida, a matriz, procedemos ao cálculo do desempenho atingido de cada mundo virtual em relação a cada dimensão. Este desempenho é obtido através dos fatores de cada dimensão e é calculado a partir da seguinte fórmula:

$$Factor_n = \frac{1}{\sum_m pr_m} \times \sum_m (pr_m pc_m)$$

onde,

m – número de critérios para o fator

pr<sub>m</sub> – peso do critério m (neste caso 10)

pc<sub>m</sub> - percentagem de cumprimento do critério

E pelo desempenho das dimensões calculado através:

$$Dimensão = \sum_n (p_n \times factor) : \sum_n (p_n) \text{ and } p_n \in [0,1]$$

Como exemplo ilustrativo, iremos calcular o desempenho de cada dimensão para a plataforma Active Worlds.

## A. Dimensão Funcionalidade

### A.1. Cálculo do desempenho de cada fator:

$$\begin{aligned} \mathbf{F1. Realismo do mundo} &= 1/90 * (0,75 * 10 + 1 * 10 + 0,75 * 10 + 0,75 * 10 + \\ &0,75 * 10 + 0 * 10 + 0,75 * 10 + 1 * 10 + 0,75 * 10) \\ &= 75 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{F2. Interface Utilizador} &= 1/30 * (0,75 * 10 + 0,75 * 10 + 1 * 10) \\ &= 83,3 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{F3. Comunicação} &= 1/30 * (1 * 10 + 1 * 10 + 1 * 10) \\ &= 100 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{F4. Avatar} &= 1/50 * (0,75 * 10 + 1 * 10 + 1 * 10 + 0,75 * 10 + 01 * 10) \\ &= 90 \% \end{aligned}$$

**A.2. Cálculo do desempenho da dimensão funcionalidade:**

**DFuncionalidade = F1 \* 0,25 + F2 \* 0,25 + F3 \* 0,25 + F4 \* 0,25**, onde 0,25 indica a relevância do fator para a dimensão em causa.

$$\begin{aligned} &= 75 * 0,25 + 83,3 * 0,25 + 100 * 0,25 + 90 * 0,25 \\ &= \mathbf{87,1 \%} \end{aligned}$$

**B. Dimensão Eficiência**

**B.1. Cálculo do desempenho de cada fator:**

$$\begin{aligned} \mathbf{F5. Segurança} &= 1/20 * (0,90 * 10 + 0,75 * 10) \\ &= 82,5\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{F6. Escalabilidade} &= 1/60 * (0,25 * 10 + 0,25 * 10 + 0,75 * 10 + 1 * 10 + 0,75 * \\ &10 + 0,75 * 10) \\ &= 66,6 \% \end{aligned}$$

**B.2. Cálculo do desempenho da dimensão eficiência:**

$$\begin{aligned} \mathbf{DEficiência} &= \mathbf{F5 * 0,50 + F6 * 0,50} \\ &= 82,5 * 0,50 + 66,6 * 0,50 \\ &= \mathbf{74,58 \%} \end{aligned}$$

**C. Dimensão Adaptabilidade**

**C.1. Cálculo do desempenho de cada fator:**

$$\begin{aligned} \mathbf{F7. Participantes} &= 1/30 * (1 * 10 + 0,75 * 10 + 0,75 * 10) \\ &= 83,3 \% \end{aligned}$$

**C.2. Cálculo do desempenho da dimensão adaptabilidade:**

$$\begin{aligned} \mathbf{DAdaptabilidade} &= \mathbf{F7 * 1} \\ &= \mathbf{83,3 \%} \end{aligned}$$

De acordo com os resultados acima apresentados, a percentagem de desempenho de cada dimensão para o Active Worlds e os restantes mundos analisados é mostrada na tabela 3.3.

**Tabela 3.3** - Percentagem do desempenho de cada dimensão, para os mundos virtuais.

<b>Dimensões</b>	<b>Funcionalidade</b>	<b>Eficiência</b>	<b>Adaptabilidade</b>
Active Worlds	87,1 %	74,6 %	83,3%
Second Life	92,4%	87,5%	83,3%
Croquet	70,8%	60,4%	66,7%
Wonderland	74,3%	58,3%	83,3%
OpenSim	79,2%	77,1%	83,3%

**Fase 3 – Cálculo da qualidade dos mundos virtuais.**

Uma vez calculada a percentagem de desempenho de cada dimensão para todas as plataformas é necessário calcular a qualidade dos mundos virtuais, cujo objetivo nos permitirá obter resultados para a escolha da(s) plataforma(s) onde iremos desenvolver e analisar alguns casos de estudos para fundamentar o objetivo do trabalho – Definição de um conjunto de critérios para a avaliação de mundos virtuais tridimensionais para o domínio da educação.

Aplicando o QEF a qualidade do sistema é calculada por:

$$QUALITY = 1 - \frac{D}{\sqrt{n}}$$

onde D, representa o desvio global do sistema (distância euclideana) relativamente ao sistema ideal.

Calculemos, então a percentagem da qualidade da plataforma Active worlds:

$$D = \sqrt{(1 - 87,1/100)^2 + (1 - 74,6/100)^2 + (1 - 83,3/100)^2} = 0,22$$

$$Qualidade = 1 - (0,22/\sqrt{3}) = 87,2\%$$

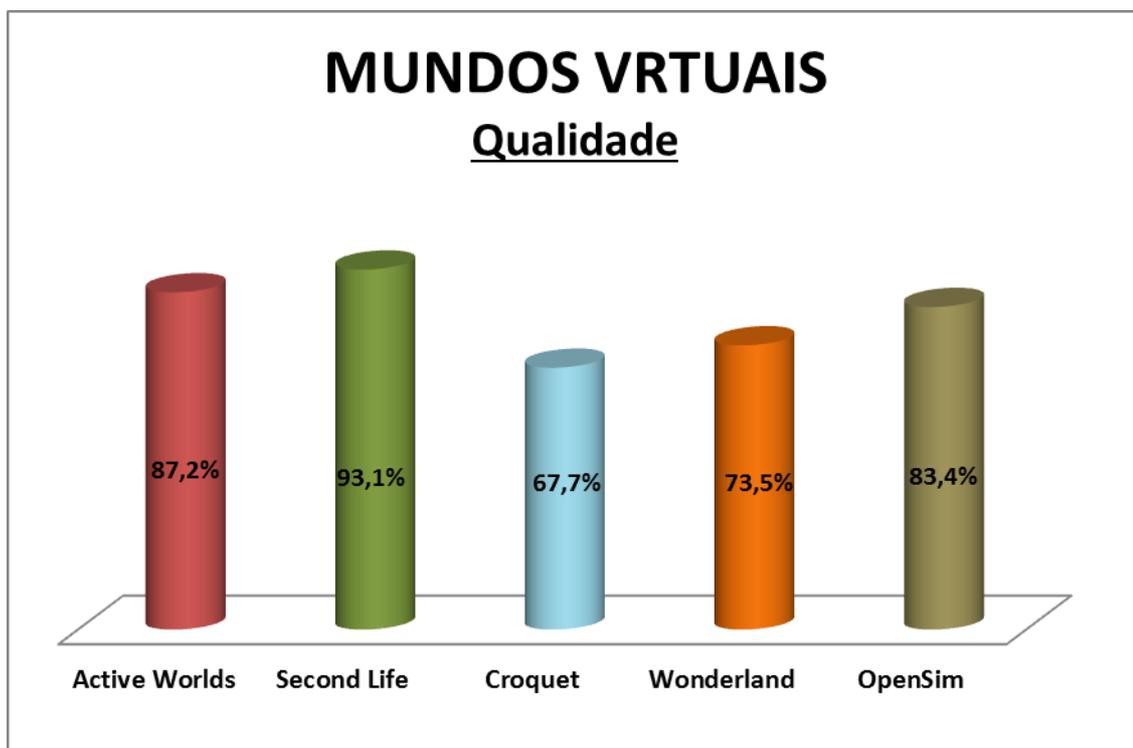
A partir tabela 3.4 podemos observar o valor da qualidade dos diferentes mundos virtuais, pela aplicação do método QEF. Este valor indica-nos que o sistema avaliado cumpre em Q% o fim para o qual foi desenvolvido.

**Tabela 3.4 .** Percentagem que o sistema cumpre para o fim a que foi desenvolvido

	Active Words	Second Life	Croquet	Wonderland	OpenSim
Qualidade	87,2%	93,1%	67,7%	73,5%	83,4%

#### Fase 4 – Avaliação dos resultados

Para uma melhor visualização dos resultados obtidos elaborou-se o seguinte gráfico:



**Gráfico 3.1.** Resultado obtido da qualidade dos mundos virtuais referenciados

A análise dos resultados globais do estudo realizado revela que não há uma solução que satisfaça todos os critérios, no entanto, para um produto ser aceitável, “deve ter pelo menos 80% de resultados satisfatórios nas avaliações, sendo definida pelo examinador de acordo com sua necessidade” (Ondrejka, 2006). Assim sendo, selecionaremos as plataformas Second Life, OpenSim e Active Worlds, pois podemos observar que são as que possuem uma maior percentagem de qualidade para o fim que foram desenvolvidas.

Não é possível dizer que uma é melhor que a outra, porque depende das intenções e expectativas do utilizador. Por exemplo, o Second Life tem mais sucesso do que o Active Worlds, talvez porque hoje há uma maior consciência da formação de comunidades que quando o Active Worlds apareceu. Quando o Active Worlds foi desenvolvido a notícia espalhou-se por *e-mail*, páginas web estáticas, o Second Life surgiu no momento em que as pessoas estavam, e estão, mais estreitamente interligadas através de blogs e redes sociais. Por outro lado, uma outra razão do sucesso que o SL atinge hoje em dia, deve-se ao interesse de um grande número de pessoas bem-sucedidas, empresas com renome no mercado financeiro, tais como, IBM, McDonald's, Coca-Cola e algumas Universidades, têm demonstrado ao longo de vários anos.

O método QEF não só nos permite avaliar somente a qualidade do sistema mas também, dá-nos a possibilidade de avaliar o desempenho de cada dimensão, como observamos ao longo da seção 3.6. Assim, tendo em consideração os valores obtidos de cada uma das dimensões para as diferentes plataformas, podemos afirmar que todas as plataformas apresentam uma grande homogeneidade ao nível da comunicação e interface. Este facto deve-se ao carácter de socialização e aos problemas que ainda existem ao nível da usabilidade. Todos os três mundos visualizaram fraquezas ao nível da escalabilidade, devido à limitação do espaço e objetos para a criação do mundo, e da linguagem script, o que implica que o mundo criado pelo utilizador (avatar) não seja o mais real possível; e ao nível da segurança, fator este que ainda se encontra a ser testado.

A partir destes resultados poderemos identificar algumas lacunas existentes nestes ambientes virtuais 3D, permitindo assim, dependendo do contexto no qual vão ser utilizados, reduzir o risco de não se abordar questões chave no desenvolvimento deste tipo de ambientes.



# 4

## Metodologias de *Desenvolvimento* de Ambientes Virtuais 3D e Colaborativos

*“Perfection (in project) is achieved not when there is nothing more to add, but rather when there is nothing more to take away”.*

*-- Antoine de Saint-Exupéry*

---

Este capítulo descreve metodologias que dão suporte ao processo de desenvolvimento de ambientes virtuais 3D e colaborativos.

Primeiramente são descritas as metodologias de desenvolvimento de ambientes virtuais tridimensionais. Após a sua descrição é efetuada uma análise entre as metodologias, cujo objetivo é de dar a conhecer o modelo de desenvolvimento, as notações gráficas utilizadas nos processos e atividades, e as fases que compõem o seu ciclo de vida. Seguidamente, dão-se a conhecer abordagens e metodologias de desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos. Com base neste estudo, será selecionado a metodologia ou metodologias que melhor se adequa(m) ao desenvolvimento de ambiente virtuais colaborativos para fins educativos (capítulo seis).

---

## 4.1. Introdução

Os ambientes virtuais colaborativos têm sido desenvolvidos e utilizados em vários domínios, tais como, educação, medicina, ciências, engenharia e entretenimento (Whitton et al, 2008; Olivier et al, 2007). No entanto, o desenvolvimento destes ambientes é uma tarefa complexa e os resultados obtidos dependem de uma variedade de parâmetros que estão sujeitos a modificações durante o seu ciclo de vida. Devido às suas características, estes ambientes implicam a intervenção de indivíduos com conhecimentos específicos ao nível de técnicas e tecnologias da comunicação, técnicas de interface homem-máquina e modelação tridimensional (projeto gráfico 3D). Indivíduos com diferentes conhecimentos tornam a comunicação mais complexa e conseqüentemente a coordenação das atividades torna-se também difícil. O principal desafio é manter a unidade e integração do *projeto*. Surge assim, a necessidade de um processo de desenvolvimento estruturado para aumentar a qualidade do ambiente e ajudar a evitar possíveis erros. A complexidade da dimensão 3D, a natureza da interação, bem como os diferentes desafios da usabilidade, leva o *designer* a prestar atenção em como modelar o cenário e os objetos (forma e seus comportamentos), modelar a interação (como o utilizador interage com os objetos e como os objetos interagem entre si), modelar a interface (interface para os objetos) e, modelar a navegação (como os utilizadores se movimentam dentro da aplicação). Assim, o *designer* será capaz de desenvolver ambientes colaborativos com melhor usabilidade. No entanto, a usabilidade é possível se tivermos em conta o uso de linhas gerais e heurísticas de avaliação. “A disponibilidade de um conjunto de linhas gerais para a usabilidade de MV, permite orientar os designers do sistema e avaliadores” (Kaur,1999).

## 4.2. Metodologias de Desenvolvimento 3D

Desde há vários anos que investigadores têm proposto metodologias, com o objetivo de estruturarem o processo de desenvolvimento de ambientes virtuais tridimensionais com processos pré-definidos que permitem melhorar a sua usabilidade. Estas metodologias concentram-se normalmente, em determinadas fases do ciclo de vida de desenvolvimento, são muitas vezes direcionadas para uma tecnologia específica (Menchaca et al., 2005) e poucas são as que cobrem todas as fases do ciclo de vida, desde o início do desenvolvimento até à sua implementação. No decorrer deste capítulo iremos abordar algumas metodologias, que “são consideradas pela comunidade académica como as mais estáveis e mais descritas em publicações” (Pellens, 2007) e que contemplam as várias fases do ciclo de vida de desenvolvimento de *software*.

### 4.2.1. Metodologia de Tereza Kirner

Em 1999, Tereza Kirner propôs um modelo que segue uma abordagem iterativa de desenvolvimento de *software*, composta por várias etapas e fases. O modelo proposto combina características de desenvolvimento *top-down* e *bottom-up*, desenvolvendo vários protótipos, que vão sendo refinados até se chegar à implementação, que atenda os requisitos inicialmente propostos (Kirner, 1999). Esta metodologia está estruturada em quatro fases interrelacionadas: definição de requisitos, *projeto*, implementação e avaliação (figura 4.1).

O processo inicia-se com a **definição de requisitos**, de modo a identificar e descrever os requisitos do sistema. As suas principais atividades são: definição de utilizadores, tarefas e interação; definição dos requisitos standards e, definição de requisitos específicos da aplicação. A primeira atividade inclui uma análise do envolvimento dos utilizadores em tarefas e na interação dos utilizadores com o ambiente. A segunda consiste na identificação de requisitos necessários para o ambiente, representados através de modelos conceituais (forma de texto, notações gráficas ou formalismos). Finalmente, na terceira atividade, são considerados os requisitos para as características intrínsecas à interação.



Figura 4.1. Modelo desenvolvimento de Kirner.

A **fase de projeto** especifica toda a tecnologia computacional que irá ser implementada bem como o projeto dos objetos, comportamentos e interação, como podemos observar na figura 4.1. Todos os objetos devem ser definidos, tendo em conta os seguintes aspetos: geometria, tamanho, escala, cor, textura; os comportamentos que cada objeto irá realizar; e as interações necessárias para o ambiente (movimento, seleção, manipulação e propriedades do mundo).

A **fase de implementação** tem como objetivo construir o ambiente tendo em conta a aquisição e preparação de imagens; a construção dos objetos 3D (usando os softwares de modelação 3D e ferramentas de criação dos mundos virtuais); e a execução do ambiente que consiste em criar o ambiente virtual.

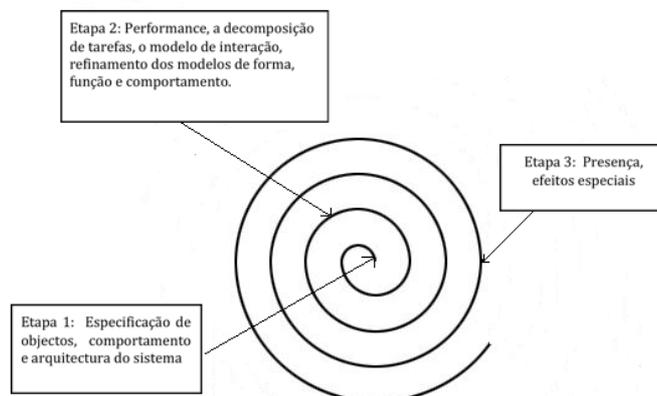
Finalmente, a **fase de avaliação** é compreendida por três atividades principais, como poderemos observar na figura 4.1. Para avaliar a usabilidade, Kirner sugere a avaliação empírica para medir taxas de erros, carga de trabalho, e a realização da tarefa.

### 4.2.2. CLEVR

The Concurrent and LEvel by level development of VR systems (Seo et al., 2001) é uma metodologia que surge no seguimento do estudo desenvolvido por Kim et al, em 1998 (Seo, Kim, & Kim, 2001). Esta metodologia utiliza o modelo em espiral para orientar de forma iterativa o processo de desenvolvimento até à criação de protótipos (ver figura 4.2.).

Baseado em princípios da Engenharia de Software, o *designer* deverá possuir conhecimentos da notação UML (Flowler &Scott, 1997) e de projeto orientado para o objeto.

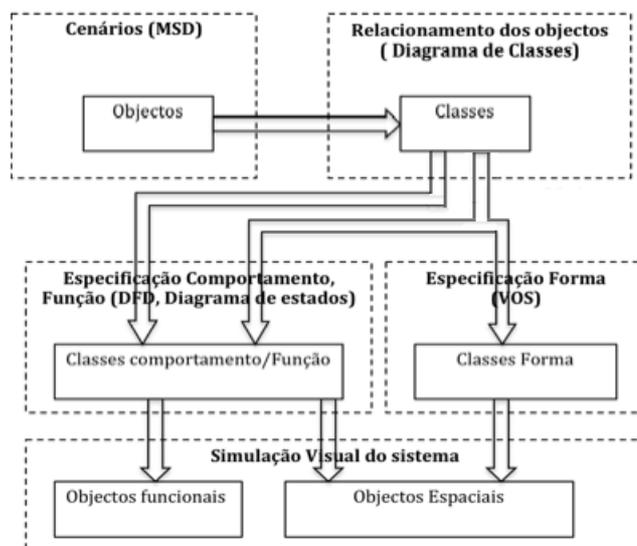
A estratégia de modelação é suportada por um conjunto de ferramentas, designada por P-VoT (POSTHECH – Virtual Reality System Development Tool), que conjuntamente com a ferramenta chamada de CCTV (Componente Combination Toll for VR) permite a reutilização de componentes.



**Figura 4.2.** Modelo em Espiral de CLEVR

O processo de *projeto* do CLEVR é constituído por três fases. A primeira fase, designada por **especificação**, foca aspetos visuais e comportamentais, esboça cenários para identificar os objetos mais importantes e validar as suas funcionalidades. Para isso, recorre-se a diagramas de sequência de mensagens (MSDs), o que permite identificar os objetos e respetivas relações que serão a base do diagrama de classes a ser construído. Os aspetos funcionais e o comportamento dos objetos são definidos por meio de diagramas de estado e diagramas de fluxo de dados (DFDs). O aspeto formal do objeto é expresso usando a linguagem *Visual Object*

*Specification* (VOS), similar à linguagem C++. Estes três aspetos são integrados de forma a construir um modelo orientado aos objetos para o sistema. A figura 4.3. descreve o processo de modelação. A forma, função ou comportamento do objeto é tratado usando uma representação apropriada, que posteriormente é reunida num modelo de objetos único.



**Figura 4.3.** Processo de modelação para especificar e validar o sistema.

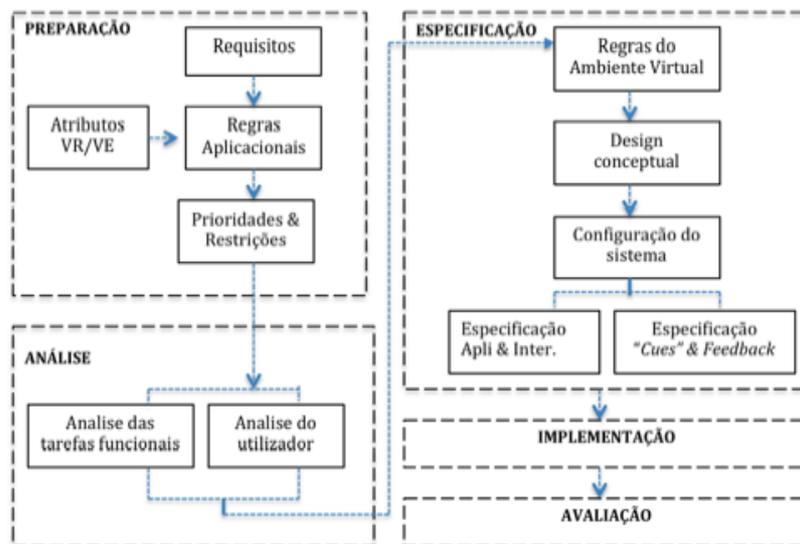
A segunda fase do processo, **avaliação de desempenho e seleção do modelo**, tem como objetivo simular o desempenho do sistema combinando os diferentes modelos, resultante das diversas iterações que ocorreram ao longo da primeira fase. A metodologia CLEVR, inclui um simulador de especificação que lê os modelos e executa-os com dados de desempenho. Dependendo dos requisitos iniciais e com base nos dados de desempenho é selecionada apenas uma combinação particular dos modelos.

Finalmente, a terceira fase, designada por **presença e efeitos especiais**, tem como função permitir ao *designer* acrescentar alterações às representações visuais dos objetos e alterar comportamentos. Estes recursos adicionais irão ajudar a aumentar a presença global do ambiente, tornando-o mais real (Seo et al, 2001).

### 4.2.3. VEDS

*The Virtual Environment Development Structure (VEDS)*, metodologia centrada no utilizador, foi desenvolvido por Wilson para especificar, desenvolver e avaliar ambientes virtuais (Wilson et al. 2002). A metodologia tem como objetivo orientar o *designer* na tomada de decisões, de modo a melhorar a usabilidade, ou seja, auxiliar o *designer* a “definir que questões são relevantes, que dados e informações são necessários e que decisões devem ser tomadas em cada etapa do processo, e como essas etapas estão interligadas” (Mansouri et al, 2009).

Este modelo cobre todo o ciclo de vida de desenvolvimento de *software* e prevê técnicas e ferramentas para as diferentes fases do processo de projeto do sistema. A figura 4.4. descreve a estrutura geral de VEDS.



**Figura 4.4.** Metodologia VEDS

Numa fase inicial, o processo de *projeto* envolve a avaliação das tarefas e funções a serem incluídas no ambiente. Através de entrevistas e grupos de discussão, determina-se as características e as necessidades do utilizador, assim como a produção da análise das tarefas. A análise das tarefas é muitas vezes dividida em duas fases distintas, dependendo das intenções para o qual o ambiente é construído. Numa primeira etapa, a análise é feita para as tarefas reais que são modeladas. Com base na fase de análise, um número de requisitos específicos deverão ser fornecidos, os quais servirão de base para a fase de especificação. Na fase conceptual, as

decisões tomadas sobre as metas estabelecidas no início do processo são especificadas a nível abstrato. Estas especificações são usadas pelo *designer* para construir o ambiente virtual. Em VEDS, utiliza-se a técnica dos *storyboards* para descrever, esboçar e projetar o ambiente. Os *storyboards* usam uma terminologia que é vulgarmente conhecida por todos os elementos da equipa de desenvolvimento, o que possibilita uma melhor comunicação e conseqüentemente, permite elaborar uma especificação mais consistente do sistema. Terminada esta fase, o ambiente pode ser construído. Isto envolve uma série de tomadas de decisão a fim de se chegar a um sistema que melhor atenda os requisitos do utilizador. Finalmente, a última fase envolve a realização da avaliação tanto do ambiente virtual em si, como da sua usabilidade. Esta avaliação consiste em validar a interface, na forma como os utilizadores a compreendem, trabalham com ela, como respondem aos diferentes elementos do sistema e utilizam as suas funcionalidades. Com o VEDS o desenvolvimento das aplicações passa por um processo iterativo que é refinado passo a passo até que corresponda às expectativas do utilizador.

#### **4.2.4. SENDA**

A metodologia SENDA vê os ambientes virtuais como uma particularidade do Sistema de Informação, envolvendo as fases de análise, projeto e implementação encontradas na Engenharia de Software (Sanchez-Segura et al., 2003).

SENDA define um modelo mais formal para o desenvolvimento de ambientes virtuais sendo o objetivo utilizar o processo de desenvolvimento de *software* tradicional para melhorar a qualidade do desenvolvimento destes ambientes.

Em geral, o modelo global de SENDA apresenta muitas semelhanças com os modelos de processos tradicionais usados em Engenharia de Software, como se pode observar na figura 4.5.

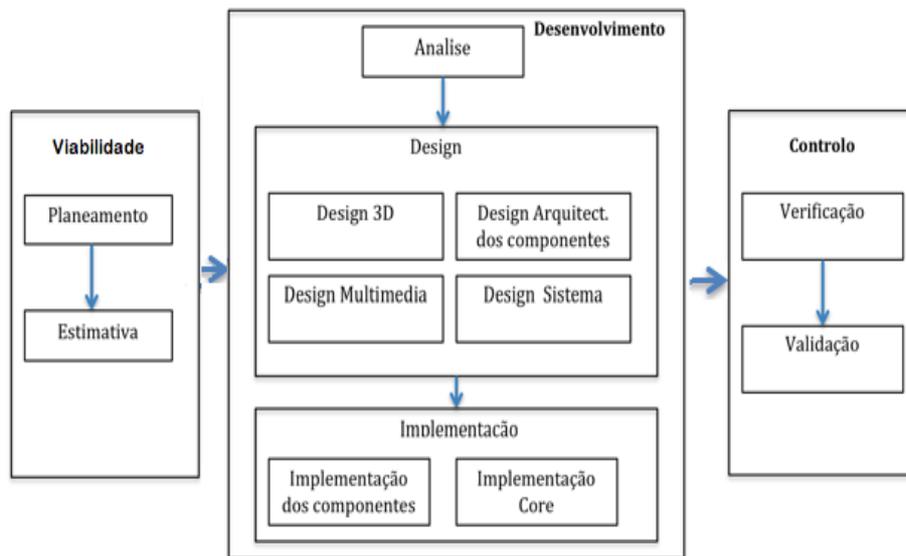


Figura 4.5. o modelo de processo global de SENDA

Este processo inicia com a fase de **viabilidade**, que consiste na preparação de um planeamento, estimativa de tempo, recursos e custo de desenvolvimento do ambiente a ser desenvolvido. Após esta fase estar concluída dá-se início à fase de **desenvolvimento**.

A fase de **desenvolvimento** encontra-se dividida em três processos principais:

**I. Processo de análise-** A primeira tarefa consiste em identificar que tipo de ambiente irá ser desenvolvido, bem como os respetivos requisitos funcionais e não funcionais. Seguidamente, um questionário é preenchido com o intuito de se identificar todas as funcionalidades. Uma vez listados os requisitos, é elaborado um diagrama use case, para representar as funcionalidades de interação com o utilizador. No entanto, um novo formalismo, o conceito de uso, é proposto para representar as funcionalidades que não estão relacionadas com a relação entre o utilizador e o sistema.

**II. Processo de projeto-** Está subdividido em quatro subprocessos:

**1. Projeto 3D -** projeta os aspetos gráficos. As técnicas propostas para este processo consistem em dois formulários: um formulário para descrever o ambiente

virtual (AV) e outro para descrever com mais detalhe os respectivos componentes específicos. Contudo, também é construída uma estrutura hierárquica dos avatares e dos componentes do ambiente; um diagrama de navegação que representará as ligações entre o ambiente e os diferentes espaços lógicos; e finalmente, mapas de visão para facilitar a localização espacial dos componentes.

**2. Projeto de elementos Multimédia** - determina quais os diferentes elementos de multimédia, tais como, som, imagens, vídeos e animações, necessários para o ambiente virtual (AV). Posteriormente, são identificadas as classes para se construir o modelo da estrutura estática a partir dos use cases e conceitos de uso. O processo de *projeto* 3D e elementos multimédia são a base para a construção do modelo.

**3. Projeto da Arquitetura Interna dos Componentes** – define as ações (comportamentos e interações) que podem ocorrer dentro do AV;

**4. Projeto do Sistema** - especifica os modelos estáticos e dinâmicos desenvolvidos no processo de análise. Nesta etapa é desenvolvido um protótipo da interface da aplicação.

**III. Processo de implementação** – cria-se, em primeiro lugar o AV com componentes muito básicos que, posteriormente, vai sendo desenvolvido pela adição de pequenos componentes construídos na fase anterior.

Finalmente, a última fase designada de **controlo** tem como objetivo a avaliação do ambiente antes da sua utilização. Esta fase é constituída por um processo de verificação e um processo de validação. O projeto bem como as implementações dos diferentes aspetos do ambiente virtual são submetidos a revisões.

SENDA é uma abordagem que envolve um vasto leque de pessoas, tais como, engenheiros de *software*, *designers* gráficos, psicólogos, e utilizadores. No entanto, os utilizadores finais da aplicação participam não só na fase de avaliação mas na fase inicial do processo de desenvolvimento.

### 4.2.5. Metodologia de Fencott

Baseado no trabalho de Kaur (1999), Fencott (2004) desenvolve uma metodologia para conceber ambientes virtuais, dando relevância aos aspetos estéticos e ao projeto de engenharia. Esta abordagem permite a criação de modelos a partir do qual se constrói e avalia os efeitos desejados (Fencott, 199b).

Esta metodologia é constituída por cinco fases: modelação de requisitos, modelação concetual, modelação percetual, modelação estrutural e implementação (figura 4.6).

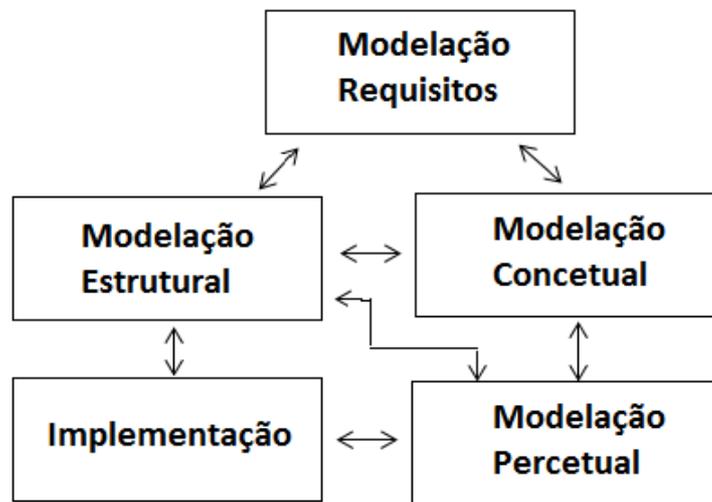


Figura 4.6. Processo de projeto de Fencott.

A primeira fase, a **modelação de requisitos**, tem como objetivo específico descrever os requisitos necessários para o AV.

A fase de **modelação concetual** consiste no *projeto* inicial do ambiente a ser construído. Elaboram-se conteúdos, desenham-se croquis, efetuam-se gravações de som e vídeo e tiram-se fotografias para se esboçar *storyboards*. Um fator importante desta fase é a escolha do gênero, para melhor alcançar os objetivos estabelecidos na fase de requisitos bem como, definir a estrutura narrativa a ser desenvolvida na fase de modelação percetual.

A fase de **modelação percetual** baseia-se na teoria da percepção (Fencott,1999). Esta etapa tem como objetivo modelar a experiência que se pretende que o utilizador tenha no ambiente, usando os designados mapas percetuais. Estes mapas estruturam o que Fencott chama de Oportunidades de Percepção (OP) e, são classificados

segundo o papel que cada objeto tem no ambiente, ou seja, relação entre os objetos e as interações com o ambiente (Fencott, 2003). As oportunidades de percepção são um conjunto de categorias sintáticas que podem ser consideradas como possíveis atributos de qualquer objeto de um AV (figura 4.7).

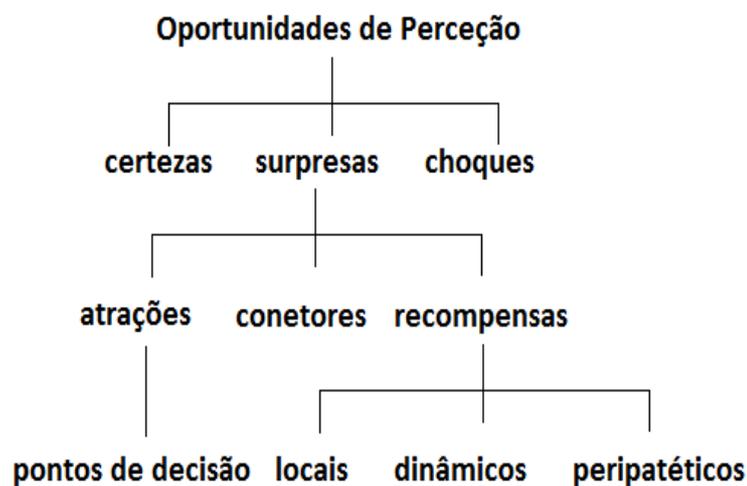


Figura 4.7. Visão geral das oportunidades de percepção (Fencott, 2003)

No primeiro nível existem três tipos de oportunidades: **certezas** - garantiam, que o utilizador dispõe e que dão credibilidade ao ambiente; **surpresas** - são detalhes não triviais que nem sempre são previsíveis, mas que surgem a partir da lógica do ambiente e que podem enfatizar certas ações ou objetos; e os **choques** - erros de percepção que tendem a anular as outras duas formas, quebrando a ilusão, isto é, causam percepções que não são recebidas como desejávamos. No segundo nível, relacionado com as surpresas temos os **atrativos** - conteúdo que atrai a atenção, **conectores** - conteúdo que suporta a realização dos objetivos e as **recompensas** - conteúdo que premeia os utilizadores pelo esforço. Os atrativos são os meios pelos quais os utilizadores são levados a prestar atenção. As recompensas podem ser informações, ligações de acessos a novas áreas, novas atividades. Os conectores podem ser simples caminhos, placas de rua, mapas dinâmicos, indicadores de saúde, etc. As consequências perceptíveis de um jogador tentando perceber uma intenção conduz à identificação de recompensas que conduz à identificação de novos atrativos e assim por diante (Fencott, 2005).

Assim as oportunidades de percepção podem ser agrupadas numa estrutura de alto nível, os chamados mapas de percepção, os quais caracterizam os padrões de comportamento que os utilizadores apresentam ao interagir com um ambiente virtual.

A fase de **modelação estrutural** consiste no desenho das técnicas da teoria de interação, de modo a decompor ainda mais o mapa perceptual. Nesta etapa tomam-se decisões sobre as dimensões, constroem-se planos e diagramas, e elabora-se diagramas de UML, tais como o diagrama de *use case* (para identificar as relações entre o utilizador e ambiente virtual), modelo de objetos (para mostrar a estrutura dos nodos do grafo de cena) e o diagrama de classes (para mostrar os componentes programados). O resultado final desta fase é a construção de um grafo de cena que mostra a estrutura do código do ambiente e seus componentes.

A última fase, designada por **implementação** consiste na utilização de uma ferramenta que codifique o grafo de cena obtido na fase estrutural bem como o próprio código do programa, por exemplo em VRML e Java/Javascript e use uma API como a World Tool Kit (Fencott, 2004).

#### 4.2.6. TRES-D

A **ThRee** dimensional *uSer interface Development*, designada por TRES-D, foi uma metodologia desenvolvida por Molina em 2005, para o desenvolvimento de interfaces 3D (Molina, 2005). Esta metodologia rege-se pelos seguintes princípios: o primeiro, consiste em reduzir os riscos que podem surgir se o *designer* não detém experiência na área; o segundo, em distinguir entre o *projeto* e a implementação, e dentro do projeto distingue-se entre um projeto independente da implementação e um projeto dependente deste; o terceiro, consiste em orientar as tarefas de desenvolvimento, interação com objetos e conteúdo, ou seja, orientar os *designers* de interfaces, programadores, especialistas em conteúdo digital; finalmente, o quarto princípio permite a participação não só de profissionais, mas também do cliente, especialista de domínio e utilizador.

Esta metodologia foi desenvolvida com o objetivo de reunir o melhor de algumas das outras metodologias, num processo de desenvolvimento iterativo e incremental que pode ser adaptado à complexidade variável dos diferentes desenvolvimentos. A base desta metodologia consiste num conjunto de atividades para as quais iremos identificar as funções envolvidas, as ferramentas para a realização dessas atividades,

os princípios e as linhas orientadoras para as ajudar a realizar. Estas atividades estão distribuídas ao longo de um conjunto ordenado de fases.

O modelo de processo divide-se em duas grandes fases, nomeadamente, estudo Prévio e Detalhado (figura 4.8).



Figura 4.8. Modelo de TRES-D.

A primeira fase, o **estudo prévio**, consiste na apresentação do problema, análise e proposta da solução. A segunda fase, o **estudo detalhado**, consiste no desenho (desenho I e II), implementação, instalação e manutenção. Cada fase é composta, por três etapas. Em cada etapa só é possível avançar para as seguintes com novos trabalhos, de modo a antecipar problemas que possam surgir. De facto, a partir da etapa de proposta da solução, pode-se avançar para a fase de estudo detalhado. Entre estas medeia-se a aprovação da proposta por parte do cliente.

A fase de desenho, ocorre em dois níveis, um relacionado com a implementação e o outro com a escolha do software e hardware. Mas, tanto o projeto I e II como a implementação dividem o trabalho em duas linhas paralelas. Uma orientada para interação e a outra para os objetos, seguindo os modelos propostos. O modelo recomenda o uso de ferramentas distintas para cada atividade que ocorra durante o processo de desenvolvimento. Algumas permitem guiar o designer na sua tomada de decisões, outras ajudam a traduzir as ideias e a realizar o *projeto*. Como ferramentas

de apoio, esta metodologia propõe o uso de diagramas UML, desenhos e planos para os especialistas de modelos 3D. Por último, na falta de um padrão de controlo para interfaces utiliza o VUIToolkit (biblioteca de widgets 3D).

#### 4.2.7. Análise

As metodologias descritas permitem-nos demonstrar que não existem metodologias iguais e portanto uma análise comparativa torna-se uma tarefa complexa. Para simplificar esta tarefa, a análise apresentada foi realizada com base no processo de desenvolvimento de *software* outras técnicas e notações gráficas utilizadas nos processos e atividades; e finalmente, nas fases que compõem cada uma delas.

No que diz respeito ao primeiro ponto, as metodologias caracterizam-se por estruturarem o seu processo de desenvolvimento, apoiando-o através de técnicas e notações gráficas de diferentes abordagens.

Quanto ao modelo de processo de desenvolvimento de software, a metodologia de CLEVR baseia-se no modelo em espiral, no qual o ambiente virtual é desenvolvido e avaliado de uma forma iterativa e incremental. No entanto, a metodologia SENDA encontra-se mais direcionada para um modelo de software em cascata, onde as suas atividades são agrupadas e, executadas sequencialmente, ou seja, uma tarefa só tem início quando a anterior tiver acabado. As restantes metodologias usam o modelo incremental, o qual combina os elementos do modelo sequencial linear (o conhecido modelo em cascata) com a filosofia interativa da prototipagem.

A tabela 4.1 resume os diferentes processos de desenvolvimento de software de cada uma das metodologias apresentadas.

**Tabela 4.1.** Modelos de processo de software de cada metodologia

Metodologias	Kirner	CLEVR	VEDS	SENDA	Fencott	TRES-D
Modelos	Incremental	Espiral	Incremental	Cascata	Incremental	Incremental

No que respeita às técnicas e notações utilizadas, estas metodologias descrevem os seus processos e atividades recorrendo a diagramas da análise estruturada, notação UML e a outras técnicas de especificação.

### **Análise Estruturada**

Os diagramas da análise estruturada utilizados são: o diagrama de fluxo de dados - usado na metodologia CLEVR para descrever a função dos objetos no sistema; o fluxograma – aplicado na metodologia VEDS para representar os objetos interativos, e em TRES-D para descrever os aspectos dos objetos (função e comportamento) e auxiliar a escolha das técnicas de interação mais apropriadas ao ambiente a desenvolver; por último, o diagrama E-R referenciado na metodologia TRES-D como uma alternativa ao diagrama de objetos de UML, para descrever as relações espaciais entre as geometrias dos objetos.

### **Notação UML**

Dos diagramas de notação UML destacam-se: o diagrama de use case, o diagrama de objetos, o diagrama de classes, o diagrama de sequência, o diagrama de atividades e o diagrama de estados (tabela 4.2). Estes diagramas são aplicados em diferentes fases de desenvolvimento, desempenhando diferentes funções dependendo da metodologia em causa. Relativamente aos diagramas de *use case*, estes são utilizados na metodologia de:

- ✚ Fencott para descreverem as relações entre o utilizador e o ambiente virtual;
- ✚ SENDA para a extração dos requisitos no processo de análise, juntamente com o conceito de uso;
- ✚ TRES-D para identificar as atividades chaves, que mais tarde modelam os cenários que irão guiar, não só as atividades da análise como também as atividades do desenho e avaliação. Este diagrama ajudará a capturar as necessidades da interação (Molina, 2008).

Os diagramas de objeto e classes, são aplicados nas metodologias CLEVR, SENDA, Fencott e TRES-D. Todas as metodologias usam o diagrama de classes com objetivos distintos. Fencott emprega o diagrama de classes para modelar a estrutura e os componentes programáveis em contraste com SENDA que utiliza-o para modelar os objetos estáticos. CLEVR e TRES-D projetam este diagrama para modelar os

objetos, sendo acompanhado por outro diagrama, o chamado diagrama de sequência, cujo objetivo é especificar as interações dos objetos nos cenários.

O último diagrama de UML proposto por CLEVR, SENDA e TRES-D é o diagrama de estados cujo objetivo é modelar o comportamento dos objetos (modelação dinâmica).

### **Outras Técnicas de Especificação**

A metodologia VEDS, descrita por Wilson em 2002, acrescenta ênfase à técnica dos storyboards. Segundo o autor esta técnica permite melhorar a compreensão dos objetivos, e facilitar a análise das tarefas e do *projeto*. Na metodologia de Fencott *esta* técnica é usada na fase de modelação concetual.

Outra das técnicas utilizadas é o mapa de visão aplicado em SENDA com o objetivo de auxiliar a localização espacial dos componentes. Mas na metodologia de Fencott são usados mapas de percepção, para assegurar a ordem cronológica das atividades do utilizador no ambiente virtual.

As restantes técnicas são usadas para facilitar a comunicação entre os diferentes elementos que compõem a equipa de desenvolvimento, com exceção do diagrama de navegação proposto por SENDA, cuja finalidade é representar as ligações entre o ambiente e os diferentes espaços lógicos (tabela 4.2).

**Tabela 4.2.** Técnicas e notações gráficas representativas nas diferentes metodologias

Técnicas e notações gráficas		Kirner	CLEVR	VEDS	SENDA	Fencott	TRES-D
Análise Estruturada	Diagrama de Fluxos de Dados		√	√			√
	Fluxogramas			√			√
	Diagramas E-R						√
Notação UML	Diagrama Use Case	√			√	√	√
	Diagrama de objetos		√			√	√
	Diagrama de classes		√		√	√	√
	Diagrama de sequência		√			√	√
	Diagrama de estados		√		√		√
	Diagrama de atividades						√
Outras notações	Storyboards			√		√	√
	Diagrama de navegação			√	√		
	Mapas de visão				√		
	Mapas percetuais					√	
	Entrevistas/questionários			√	√		√
	Listas e tabelas						√
	Árvores de tarefas						√
	Técnicas Etnográficas			√			√

Finalmente, tendo em conta as fases clássicas de qualquer processo de desenvolvimento de *software*, nomeadamente planeamento, análise, *projeto*, desenvolvimento, testes e manutenção, identificamos quais as fases genéricas presentes em cada metodologia proposta.

Começando pela fase de planeamento que permite ter uma visão global sobre o âmbito do trabalho a realizar de modo a elaborar um planeamento e a efetuar uma análise de viabilidade do ambiente, só as metodologias SENDA e TRES-D a consideram. A metodologia SENDA inicia o seu processo com a fase de viabilidade, na qual é preparado o planeamento bem como, a elaboração de uma estimativa de

recursos, tempo e custo do ambiente a ser desenvolvido. Por outro lado, a TRES-D engloba-a na fase de estudo prévio onde a equipa de desenvolvimento identifica o âmbito do problema, o público-alvo, as funções, as restrições, e elaboram uma proposta de solução

Seguidamente, na fase de análise, todas as metodologias reconhecem a necessidade de modelarem os aspetos que são críticos para este tipo de ambientes. Das propostas apresentadas, todas as metodologias, com exceção de CLEVR, englobam nesta fase a identificação de requisitos, recorrendo a diagramas de *use case* para a sua especificação.

A fase de *projeto* é a fase que se encontra mais desenvolvida em todas as metodologias, devido às características dos ambientes em estudo, e todas elas se baseiam no paradigma da orientação ao objeto. Por outro lado, a maioria das propostas assumem a necessidade de ser obrigatório diferenciar o *projeto* conceptual dos aspectos de interface e navegação. No projeto conceptual todas as metodologias recorrem ao diagrama de classes para representar os objetos e os relacionamentos entre eles. Para a representação do comportamento, só algumas recorrem ao diagrama de estados. Com respeito aos aspetos da interface, quase todas as metodologias recorrem ao uso de *storyboards* com o intuito de melhorar a compreensão dos objetivos associados ao desenho dos conceitos e análise das tarefas do ambiente virtual. Os *storyboards* são revistos de uma forma interativa prestando especial atenção à interação e usabilidade. Na navegação só VEDS e SENDA especificam caminhos de navegação em torno do ambiente virtual, em busca da informação, tarefas e execução das tarefas.

As fases de implementação e teste são enunciadas em todas as metodologias, mas nenhuma delas oferece técnicas ou métodos que permitem a sua aplicação.

Finalmente a fase de manutenção não é enunciada em nenhuma das metodologias apresentadas.

A tabela 4.3 representa as fases de cada uma das metodologias e as respetivas técnicas

**Tabela 4.3** Fases das metodologias e notações gráficas

Fases do ciclo de vida		Kirner	CLEVR	VEDS	SENDA	Fencott	TRES-D	
Processos Orientados	Planeamento			Requisitos/regras aplicacionais e prioridades e restrições	Âmbito problema/ estimativa e custo		Elaboração documento da proposta; Análise risco	
		Análise	Diagrama de use case	Lista de requisitos	Diagrama de use case	Descrver requisitos	Diagrama de use case ou lista e tabelas	
	Design	Modelação de requisitos			storyboards e descrição textual		Croquis; Storyboards	Esboços; planos e mapas
		Modelação Conceptual			Sketches	Diagrama de objectos e classes	Diagrama use Case; Modelo objectos e classes; Grafo cena	Diagrama de objectos e classes
		Modelação da estrutural		Diagrama de Classes	tabelas de decisão			Diagrama de sequência
		Modelação de interação						
		Modelação comportamento		Diagrama estados e DFDS				Diagrama de comportamento
		Modelação da navegação			Ferramentas de orientação	Diagrama de navegação		Arvores de decisão; Fluxograma
		Modelação cenários		Diagrama de sequência				Map e Planos
		Modelação Arquitectura				Diagrama de componentes e Protótipo		
Desenvolvimento	Modelação perceptual					Mapas perceptuais		
	Codificação	Software 3D; Ferramentas de criação MV	Ferramenta P-VoT (POSTECH-Virtual reality system development Tool).			Ferramenta para codificar o grafo de cena	Biblioteca VUJToolkit;	
Pós-Desenvolvimento	Manutenção						Sem técnicas específicas	
	Testes							
	Avaliação	Avaliação empírica	Testes de usabilidade	Questionários	Verificação e Validação			
Processos	Documentação						Documento da proposta	

### 4.3. Metodologias de Desenvolvimento de Ambientes Virtuais Colaborativos

O desenvolvimento das tecnologias da informação permite implementar sistemas distribuídos equipados com ferramentas de comunicação.

A motivação para a construção e utilização destes sistemas vem da necessidade da partilha de informações que possibilita realização de atividades de grupo. Contudo, e de acordo com o atual estado da arte, existem poucas contribuições para a conceção estruturada e avaliação deste tipo de ambiente. Só um número limitado segue um processo de desenvolvimento que abrange as diferentes fases do ciclo de vida do *software*. A maior parte, fazem referência a *frameworks* para o projeto e avaliação de ambientes virtuais colaborativos, focando um conjunto de orientações para facilitar o seu desenvolvimento.

Nas seções seguintes serão abordadas metodologias para o desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos, pelo fato de abrangerem as diferentes fases do ciclo de vida do *software* e darem ênfase ao conceito de colaboração.

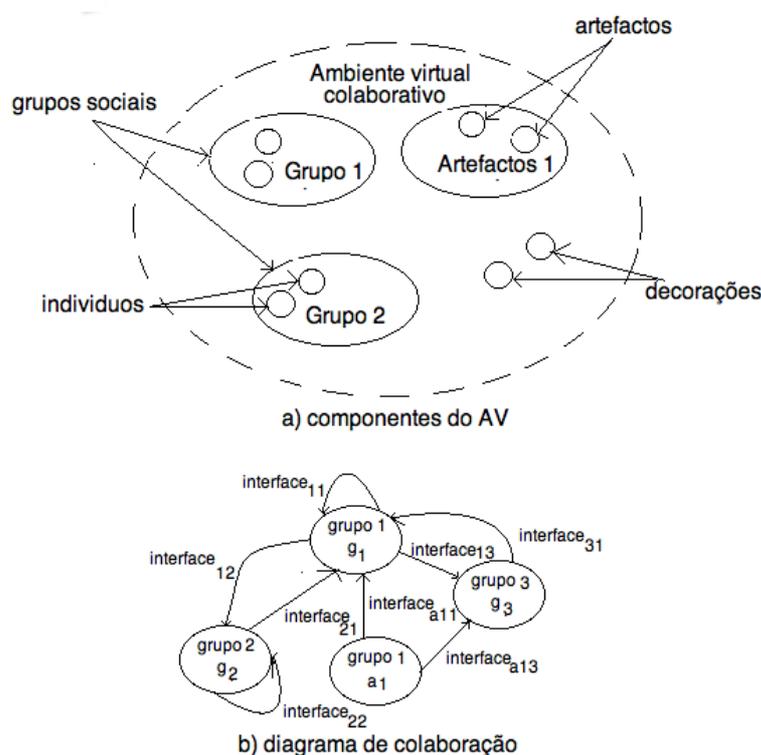
#### 4.3.1. Metodologia de Menchaca

Menchaca (2005) propõe uma metodologia centrada no utilizador para o desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos. Esta proposta dá ênfase aos aspetos de colaboração entre os utilizadores que partilham o ambiente e os serviços que oferecem uns aos outros; propõe um modelo de colaboração dentro do conceito de grupos sociais, uma notação gráfica de alto nível para especificar as interações entre as entidades do ambiente e uma plataforma de *software* desenvolvida em Java. Esta plataforma tem como finalidade dar apoio ao modelo e ao gráfico de interação, facilitando a implementação do ambiente virtual colaborativo (AVC). O modelo de colaboração tem como objetivo não desenvolver apenas o AVC de uma forma expedita, como também obter um ambiente com várias estruturas semelhantes, que são mais fáceis de serem mantidas e, eventualmente, integrarem-se (Menchaca, 2005).

O processo de *projeto* cobre as várias fases que compõem o ciclo de vida de *software*, a partir da formulação do problema através da especificação de requisitos, análise, *projeto* e implementação. Este processo é constituído por três fases: análise, *projeto* e implementação.

Fase de **Análise** – previamente é necessário descrever o problema de forma a adquirir uma visão conceptual do sistema proposto. Posteriormente, dá-se início à fase de análise, que tem como objetivo a construção de um modelo formal que tende a capturar os seguintes aspetos:

1) Criar uma lista de grupos sociais que irão dotar o ambiente e definir para cada grupo as suas entidades. Existem três tipos de entidades, que segundo Menchaca são: **indivíduos** - representam os avatares dos utilizadores que têm como função definir as ações que deverão ser capazes de realizar dentro do ambiente; **artefactos** – elementos que os indivíduos podem interatuar, mas que o seu comportamento é implementado pelos componentes do software; e **decorações** – objetos estáticos que não permitem ter qualquer interação com o ambiente. Para cada uma das entidades é efetuada uma pequena descrição, que incluirá o papel e as funções que desempenharão dentro do ambiente. Finalmente um diagrama de colaboração é construído (figura 4.9).



**Figura 4.9.** O modelo de colaboração e componentes do AV

2) Definir para cada grupo social as suas restrições. Para os indivíduos especifica-se as suas competências e para os artefactos especifica-se os serviços que oferecem.

- 3) Projetar para cada indivíduo uma interface para poder aceder às ações das entidades.
- 4) Criar o gráfico de interação entre os grupos sociais, utilizando uma notação gráfica;
- 5) Definir para cada uma das entidades do ambiente uma interface 3D.

Fase de **Projeto** – nesta fase é determinada uma arquitetura do sistema e por sua vez o sistema é organizado em subsistemas. Simultaneamente agrupa-se os objetos, define-se o processo de comunicação, o armazenamento dos dados e a implementação, e também são estabelecidas prioridades para resolução de problemas relacionados com o *projeto*. Durante esta fase, algumas atividades são esboçadas, nomeadamente a definição de um esquema de atualização que, dependendo da natureza da aplicação, tem em conta os conceitos apresentados no diagrama de colaboração, bem como a elaboração de um diagrama de classes.

Fases de **Implementação** – todas as funcionalidades especificadas são implementadas de acordo com as descrições da fase de análise e *projeto*. Para facilitar a codificação de algumas classes, Menchaca criou uma *framework* que dá apoio à metodologia.

### 4.3.2. Metodologia de Tromp

O modelo de desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos apresentado por Tromp et al. (2003) está centrado no utilizador. A metodologia foi desenvolvida a partir de estudos de viabilidade e da análise das necessidades dos utilizadores. Este modelo consiste numa série de passos: análise do contexto de utilizador; análise de tarefas e *projeto* da interface do utilizador para cada camada do ambiente virtual colaborativo (espaço da arquitetura, espaço semântico e espaço social). Antes de principiar o processo de *projeto*, Tromp, define uma etapa, designada de meta-tarefa, que consiste na criação de uma equipa, na atribuição de tarefas a desempenhar pelos diferentes elementos da equipa, na definição de uma visão futura do sistema e no esclarecimento de eventuais restrições de desempenho do sistema. Após a realização desta etapa inicia-se o processo de *projeto*.

No início do processo de *projeto* realiza-se a análise de requisitos, envolvendo toda a equipa de projeto para certificarmos de que as necessidades dos

utilizadores e do sistema são compreendidos por todos os envolvidos no projeto. Seguidamente, é realizada a primeira fase, análise do contexto do utilizador, com o intuito de identificar os grupos específicos de utilizadores, descrever os utilizadores e as suas tarefas. Posteriormente, uma análise de tarefas é realizada com base em três ciclos de interação: *System Initiative Cycle* – o utilizador assume o controlo, retoma o controlo e executa as acções; *Normal Task Action Cycle 2D* - o utilizador interage com a informação 2D para atingir um determinado fim; *Normal Task Action Cycle 3D* - o utilizador interage com os objetos 3D, a fim de atingir um determinado objetivo; *Goal Directed Exploration Cycle* – o utilizador procura algo para atingir um determinado objetivo; *Exploratory Browsing Cycle* – o utilizador navega pelo ambiente a fim de compreender o layout do sistema; e, *Collaboration Cycle* – o utilizador interage com os outros para colaborar numa determinada tarefa ou socializar.

Finalmente, a última fase deste método, o *projeto* da interface, tem como objetivo modelar os diferentes espaços do ambiente virtual colaborativo. Os espaços e as suas respectivas técnicas são:

**Espaço Temporal** – os primeiros passos levam à criação de um cenário, *storyboards* e *sketches*. O cenário é descrito em prosa e explica o ambiente basicamente sem entrar em detalhes. Os *storyboards* contêm os elementos chave, tais como objetos ou locais, e as atividades dos utilizadores pertencentes ao objetivo da tarefa principal do ambiente. Os *sketches* permitem a interação entre os elementos da equipa.

**Espaço Arquitetónico** – três aspetos são tidos em conta: as estruturas 3D; o caminho através das estruturas e o movimento ao longo dos caminhos. É criado um layout das salas e objetos de modo a que a navegação e o reconhecimento seja facilitado. Aos utilizadores é fornecido um mapa total do espaço, mostrando os caminhos ao longo do espaço ou em locais especificados.

**Espaço Semântico** – considera dois aspetos: as questões de representação, onde é considerada a construção de uma metáfora e as questões de interação, destacando-se os recursos interativos, suprimindo recursos não interativos para relevar os padrões de funcionalidade (Tromp, 2007)

**Espaço Social** – considera um conjunto de linhas de orientação para o aspeto social entre os utilizadores e o trabalho colaborativo. Estas linhas gerais apelam à

criação automática de comportamento co-verbal sempre que possível, de modo a apoiar na visualização e entendimento dos comportamentos co-verbais, bem como permitir a mudança da colaboração não focalizada para a colaboração focalizada.

Esta metodologia usa poucas técnicas e notações gráficas mas dá ênfase à utilização de um conjunto de linhas gerais que a equipa de desenvolvimento deve seguir, com o intuito de facilitar o desenvolvimento do AVC.

### 4.3.3. Análise

As duas metodologias citadas anteriormente, apresentam diferenças díspares que nos tornam a análise comparativa difícil de efetuar. Estas dificuldades advêm de uma das metodologias assentar mais na descrição de um conjunto de linhas gerais para o desenvolvimento de AVC e a outra basear-se mais num conjunto de notações gráficas.

Atendendo a estas diferenças efetuaremos uma análise simplificada, baseada no tipo de projeto utilizado e nos artefactos produzidos ao longo do processo de desenvolvimento.

Em termos do tipo de *projeto* utilizado, estas duas metodologias têm um ponto em comum. Ambas utilizam o *projeto* centrado no utilizador, implicando uma abordagem multidisciplinar, baseada no envolvimento ativo dos utilizadores para um entendimento do papel do utilizador, dos requisitos das tarefas e das iterações do projeto.

A tabela 4.4 apresenta o tipo de projeto utilizado em cada metodologia.

**Tabela 4.4.** – Tipo de *projeto* de cada metodologia

	Menchaca	Tromp
<b>Tipo de projeto</b>	Projeto centrado no utilizador	Projeto centrado no utilizador

Analisando os artefactos produzidos, ao longo das diferentes fases do ciclo de desenvolvimento, estas metodologias dão um grande ênfase na interação e colaboração entre as diferentes entidades que utilizam o ambiente. Em relação a este ponto, Menchaca propõe um modelo conceptual idealizado sob o conceito de grupos sociais, um gráfico para a especificação das interações e uma *framework* que dá suporte ao modelo e ao gráfico de interação a fim de facilitar a

implementação 3D. Tromp começa por analisar o contexto do utilizador, pois segundo a autora este ajuda a clarificar os grupos de utilizadores, as suas necessidades e requisitos. Posteriormente, define o percurso base de cada tarefa e por fim esboça o *projeto* da interface. O percurso das tarefas, segundo a autora é efetuada através de ciclos, visando demonstrar o controlo do utilizador sob o ambiente, a sua interação com o ambiente para atingir um determinado fim.

Tradicionalmente, na fase de projeto é determinada a arquitetura dos sistemas, a qual é organizada em subsistemas. Não se descurando deste princípio, Tromp divide o ambiente em diferentes espaços, com o objetivo de obter interfaces mais usáveis. A partir desta divisão desenvolve vários artefactos que vão desde os *storyboards*, *sketches*, mapa de caminhos, e elabora um conjunto de diretrizes para especificar o trabalho colaborativo e utilizadores. Menchaca define um diagrama de classes para dar suporte aos interfaces dos grupos sociais.

Esta análise permitiu-nos ainda observar que a metodologia de Tromp apresenta um método de inspeção para avaliar ambientes virtuais colaborativos, o qual é usado ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento das aplicações. Avalia a usabilidade do *projeto* para as diferentes tarefas que o utilizador executará no ambiente.

A tabela 4.5. sumariza os artefactos produzidos de cada metodologia.

**Tabela 4.5.** – Artefactos produzidos em cada metodologia

	<b>Menchaca</b>	<b>Tromp</b>
<b>Meta-tarefa/ (planeamento)</b>		Criação da equipa, definição de um plano de trabalho e responsabilidade, Criação de uma análise de requisitos; Elaboração de diretrizes.

	<b>Menchaca</b>	<b>Tromp</b>
<b>Análise</b>	<p>Modelo conceptual</p> <p>Gráfico de interação</p> <p>Tabela possuindo as competências, serviços e restrições de cada grupo social</p>	<p>Criação de uma análise de requisitos</p> <p>Divisão do ambiente em diferentes camadas: arquitetura. Semântica e social</p> <p>Esboço das diretrizes para os três ciclos: Sysem initiative Cycle; normal Task Action cycle(2D e 3D) e Exploration Cycle (Goal Directed, Browsing , Collaboration).</p>
<b>Projeto</b>	<p>Diagrama de classes</p>	<p>Divisão do ambiente em diferentes espaços: temporal (esboço de <i>storyboards, sketches</i>); arquitetónico (criação da estrutura 3D; caminhos: mapa de caminhos); semântico (questões de representação e interação); e social (esboço de diretrizes para o aspeto social entre utilizadores e trabalho colaborativo).</p>
<b>Implementação</b>	<p>Codificação de acordo com as descrições da análise e diagrama de classes. Framework Java</p>	
<b>Avaliação</b>		<p>Método de inspeção, formado por um conjunto de critérios de usabilidade.</p>

#### 4.4. Outras Abordagens

Além das diferentes metodologias descritas nas secções anteriores, existe uma série de abordagens que são *frameworks*. Por exemplo, (Dang et al.,2006) propõe um framework para o *projeto* e avaliação de ambientes virtuais colaborativos. Num processo iterativo o ambiente é projetado, desenvolvido e avaliado. A avaliação é baseada numa avaliação de inspeção e observacional. Na observação de inspeção, um grupo de avaliadores inspeciona o trabalho colaborativo, seguindo

um conjunto de linhas gerais definidas no início do processo de avaliação. Na avaliação observacional analisa-se o comportamento dos participantes.

Economu et al (2005) descreve um método sistemático com o objetivo de identificar fatores de concepção envolvidos na construção de ambientes virtuais colaborativos de aprendizagem. Adota uma abordagem exploratória faseada, onde são construídos protótipos e realizados estudos para determinar os requisitos e fatores de risco. A fase de análise do método é baseada na análise de interação e numa mistura de resultados quantitativos e qualitativos.

Paula Escudeiro em 2008 descreve um modelo designado por X-TEC (Techno-Didactical Extension for Instruction/Learning Based on Computer). Este modelo tem como base de suporte metodologias orientadas para objetos e a concepção pedagógica do modelo de mercado proposto por CrossLey e Green (1990) e Ivan Miken, Borre Stenseth e Lars Vavik (1998), tendo como objetivo dar suporte ao desenvolvimento de aplicações educativas. A arquitetura do modelo é composta por seis fases: ideia, definição de objetivos, identificação da estratégia de instrução, especificação de requisitos, projeto e avaliação. Este modelo tem em consideração o perfil do aluno e adapta a concepção do *software* a este. Considera as fases de aprendizagem propostas por Kolb e os diferentes estilos de instrução, propostos por Alessi e Trollip, no sentido de demonstrar a necessidade da divisão em dois grupos de estilos de instrução, a classe I - aquisição de conhecimento e a classe II – Pragmatização e conhecimento.

# 5

## Modelos de Avaliação de Ambientes Virtuais Colaborativos Educacionais

*“Bons avaliadores são mestres em notar  
‘Algo esquisito’ e agir com base nisso”  
-- Brian Marick*

---

Neste capítulo descrevemos alguns modelos de avaliação para ambientes virtuais colaborativos educacionais.

Esta descrição irá permitir identificar e reforçar a necessidade de existirem modelos de avaliação que permitam superar alguns dos problemas que surgem quando se pretende conceber e utilizar destes ambientes para apoiar o processo ensino/aprendizagem.

---

## 5.1. Introdução

O sucesso de um *software* é um reflexo imediato da qualidade do seu processo de desenvolvimento, que pode ser uma tarefa construtiva e organizada, bem como ser um caos, devido à organização das responsabilidades atribuídas às pessoas, culminando com inúmeros problemas no produto final. O desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais conta ainda com atributos de subjetividade, inerentes às tarefas de design dos recursos dos media utilizados e os aspetos pedagógicos que adiciona a este quadro algumas variáveis particulares.

A preocupação com a qualidade, tanto do produto quanto do processo de desenvolvimento, deve ter como meta a criação de mecanismos que possibilitem que este aspeto se realize a contento. A adoção de práticas formais de trabalho, como a utilização de uma metodologia de desenvolvimento, associada a uma metodologia de gestão de projeto e um programa de qualidade/métricas, são os mecanismos principais para se realizar o conceito da qualidade.

Para que a garantia de qualidade pretendida nos ambientes virtuais colaborativos educacionais seja alcançada, medições relativas ao processo de desenvolvimento e aos produtos devem ser realizadas. Isto envolve não só aspetos da engenharia de *software*, como também aspetos associados ao processo de criação de conteúdos, colaboração e aspetos pedagógicos, onde a arte e inspiração são relevantes. Contudo estes aspetos, bastante subjetivos e de mensuração complexa e difícil, estabelecem um outro desafio: que requisitos de qualidade ou heurísticas, devemos definir para avaliar o produto que está a ser concebido ou analisado?

É neste sentido que no decorrer dos anos a comunidade académica tem vindo a definir modelos de avaliação para ambientes virtuais colaborativos educacionais, com o objetivo de permitir que se desenvolvam produtos considerados com qualidade, mais propriamente, produtos que consiga motivar os alunos a adquirir conhecimento.

Vejamos nas seções seguintes, alguns destes trabalhos.

## 5.2. Modelo de avaliação de Tsiatos

Tsiatos (2010) desenvolve uma *framework* de avaliação de ambientes virtuais colaborativos educacionais com o objetivo de organizar o processo de avaliação. O processo de avaliação é realizado ao longo de vários ciclos de avaliação, através de um processo interativo e incremental de desenvolvimento.

Neste modelo é proposta uma *framework* de avaliação híbrida, estruturada em dois ciclos de avaliação que por sua vez são compostos por três fases: a fase de pré-análise, fase de usabilidade e fase de aprendizagem. A fase de pré-análise consiste em determinar os objetivos da avaliação formativa que podem ser definidos através de um conjunto de questões. Segundo o autor, dois tipos de questões devem ser efetuadas: questões sobre a metodologia de avaliação e questões sobre a avaliação em si. As questões relacionadas com a metodologia de avaliação, dizem respeito às dúvidas sobre o processo geral da avaliação, por exemplo, questões relacionadas com a verificação e avaliação das características técnicas do *software*. Para ajudar neste tipo de avaliação, os autores sugerem o trabalho de Asensio et al. (2006), que apresenta uma lista de perguntas que podem ajudar os avaliadores a detetar as métricas adequadas à avaliação e a seleção de uma metodologia de avaliação. Relativamente às questões de avaliação, os autores direcionam-nas para a usabilidade e para os resultados da aprendizagem. Os autores definem as questões de usabilidade, aquelas que cobrem a eficácia, eficiência e a satisfação dos utilizadores ao alcançarem os seus objetivos. As questões sobre o resultado da aprendizagem são aquelas que estão relacionadas com a parte pedagógica. Sugerem que se use a taxonomia de Bloom (Bloom, 1956) e que o avaliador reúna informação sobre os estilos de aprendizagem individuais, de forma que esta informação possa ser usada em conjunto com os resultados dos questionários e entrevistas, para se poder avaliar o peso da opinião dos alunos. Tsiatos usa o modelo de Felder-Silverman (2005) para determinar os estilos de aprendizagem dos alunos. Este modelo usa um questionário composto de 44 questões. Alguns tipos de alunos segundo Felder-Silverman (FSLSM) são alunos ativos, que aprendem a tentar fazer as coisas e trabalham com os outros; alunos reflexivos, que aprendem a pensarem nas coisas, trabalhando sozinhos; alunos visuais, que fixam melhor o que viram; e alunos verbais que focam-se mais nas palavras, independentemente de serem faladas ou escritas.

Na fase de usabilidade são ponderadas questões de usabilidade. Segundo o autor, as inspeções de usabilidade são necessárias, de modo a podermos descobrir as falhas no projeto inicial, permitindo ajudar na concepção do *design* e na escolha de um método direcionado aos aspetos da colaboração em 3D. Várias questões ligadas ao interface homem/máquina são também tidas em conta nesta fase. Os critérios a considerar incluem a consistência da exibição dos dados, a assimilação da informação pelo aluno, carga mínima de memória do aluno, uso de metáforas, flexibilidade no controlo do utilizador com os dados de exibição, apresentação gráfica das informações se for necessário, abreviaturas padronizadas, e apresentação de conteúdos digitais apenas onde o conhecimento for necessário e útil. Finalmente, a fase de aprendizagem tem como principal objetivo a realização de investigação pedagógica. Tem como base o modelo apresentado por Salzman et al. (1999), que serve como guia na concepção, desenvolvimento e avaliação de um ambiente de aprendizagem de realidade virtual. Ele é usado para abordar quais os recursos apropriados, que tipo de alunos podem obter benefícios através da aprendizagem em AVCEs e como estes melhoram a sua aprendizagem olhando para a interação e experiência de aprendizagem

Segundo Tsiatos (2010), este conjunto de ciclos pode ser repetido tantas vezes quantas as que forem necessárias para atingir o desenvolvimento do sistema e avaliar e os objetivos desejados. Cada ciclo é composto das fases anteriormente descritas e realizadas através de passos individuais, como podemos observar na figura 5.1.

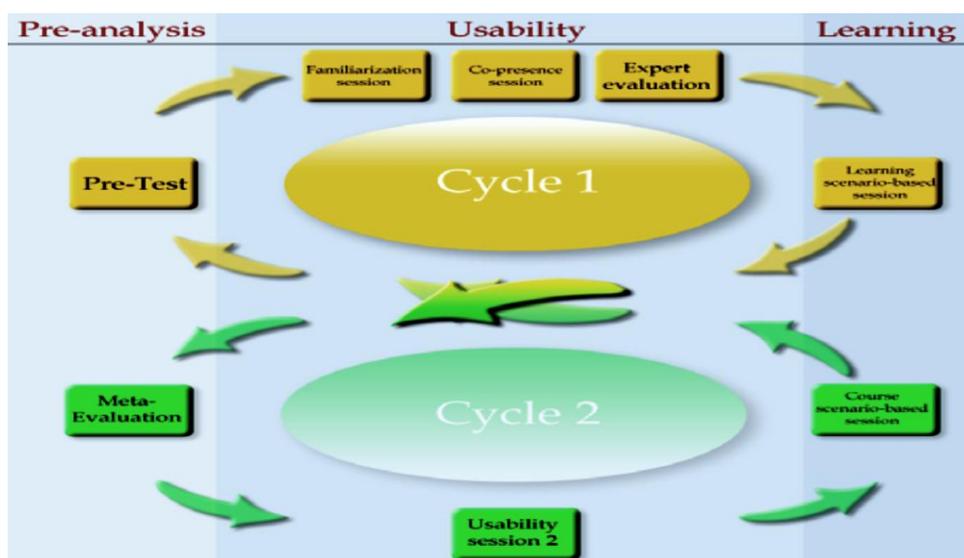


Figura 5.1. Framework de avaliação proposta por Tsiatos (Tsiatos, 2010)

No final de cada etapa existe uma recolha dos dados, a fim de se converter os dados em informações construtivas. No entanto, a etapa final de cada ciclo inclui a interpretação dos dados recolhidos e a produção de informações. Esta interpretação segundo o autor, é feita em correlação com as questões da avaliação e do conjunto dos resultados desejados nas fases iniciais (Tsiatos, 2010).

O objetivo da avaliação do primeiro ciclo é a realização de uma avaliação formativa para a primeira versão do sistema, a fim de ajudar no processo de desenvolvimento e determinar a adequação dos diferentes cenários de aprendizagem. As suas fases são descritas, na tabela 5.

**Tabela 5.1.** Fases que compõem o primeiro ciclo de avaliação (Tsiatos,2010)

<b>Ciclo</b>	<b>Fases</b>	<b>Passos</b>	<b>Objetivos</b>
<b>Primeiro Ciclo</b>	<b>Pré-Análise</b>	Pré-Teste	Definir as metas de avaliação; separar o grupo-alvo (por exemplo, os alunos, tutores, pesquisadores, designers) em utilizadores avançados e principiantes; determinar estilos de aprendizagem dos alunos.
	<b>Usabilidade</b>	Sessão de Familiarização	Descobrir problemas de usabilidade existente no interface do primeiro protótipo.
		Co-Presença	Descobrir problemas de usabilidade da comunicação e funcionalidades de colaboração no primeiro protótipo.
		Avaliação de especialistas	Semelhante à "sessão de familiarização" e "sessão Co-presença". Integra o know-how de usabilidade e peritos pedagógicos no campo da AVCEs.
<b>Aprendizagem</b>	Aprendizagem baseada em cenários	Recolher outros requisitos e funcionalidades adicionais; descobrir os prós e contras do ambiente virtual; determinar quais os diferentes cenários de aprendizagem mais adequados ao sistema	

Relativamente ao segundo ciclo, o seu principal objetivo consiste em validar a avaliação efetuada no primeiro ciclo, detetar problemas de usabilidade mais avançados e recolher informações sobre as possíveis experiências de aprendizagem e mudança de atitudes dos utilizadores no ambiente. As fases que compõem o ciclo, são descritas na tabela 5.2.

**Tabela 5.2.** Fases que compõem o segundo ciclo de avaliação (Tsiatos, 2010)

<b>Ciclo</b>	<b>Fases</b>	<b>Passos</b>	<b>Objetivos</b>
<b>Segundo Ciclo</b>	<b>Pré -Análise</b>	Meta-Avaliação	Assegurar que as avaliações do primeiro ciclo são válidas, precisas e imparciais.
	<b>Usabilidade</b>	Sessão de usabilidade	Descobrir problemas de usabilidade de recursos avançados no segundo protótipo, incluindo novos conceitos da metáfora que foram desenvolvidos de acordo com os resultados do primeiro ciclo de avaliação.
	<b>Aprendizagem</b>	Sessão do Curso de aprendizagem baseada em cenários	Recolher informações sobre as experiências possíveis de mudanças e atitudes dos utilizadores em relação ao ambiente virtual; descobrir quais os diferentes tipos de cursos de aprendizagem mais adequados ao sistema e recolher dados sobre possibilidades e funções ausentes

### 5.3. Modelo de avaliação de Michailidou and Economides

Michailidou e Economides (2003) desenvolveram um conjunto de critérios para a avaliação de ambientes virtuais colaborativos educacionais. Argumentam que é necessário definir um modelo para um determinado processo de aprendizagem colaborativa, pois sem ele, não podemos facilmente encontrar indicadores (nem qualitativos ou quantitativos) que nos permita dizer se está a ocorrer uma aprendizagem. Consideram que questões pedagógicas, como a aprendizagem conceptual, colaboração, construtivismo e adaptabilidade devem ser tidas em conta aquando da avaliação destes ambientes. Segundo os autores, a avaliação é realizada em quatro níveis, onde todos devem ser executados ao mesmo tempo. Estes níveis são:

✚ Pedagógico/Psicológico – inclui todos os critérios relacionados com o processo de aprendizagem, Por exemplo: suportar diferentes metodologias didáticas, como representar e modificar o conhecimento, ferramentas para definir os objetivos da aprendizagem, ou para o suporte de diferentes funções (estudantes, formadores, tutores).

✚ Técnico/Funcional - inclui critérios que se referem aos propósitos funcionais de um sistema concreto. Por exemplo, critérios tais como, estabilidade, design do interface, etc.

✚ Organizacional/Económico - lida com aspetos do contexto organizacional e suas restrições. Por exemplo, eficácia e custos - é eficaz o processo de aprendizagem apoiado com o computador em relação aos processos de ensino tradicionais?

✚ Social/Cultural – avalia como o sistema se encaixa na cultura global da aprendizagem e como os seus utilizadores a partir do ponto de vista motivacional e emocional o aceita.

Para um melhor entendimento dos critérios a ponderar na avaliação de um AVCE, apresenta-se a figura 5.2

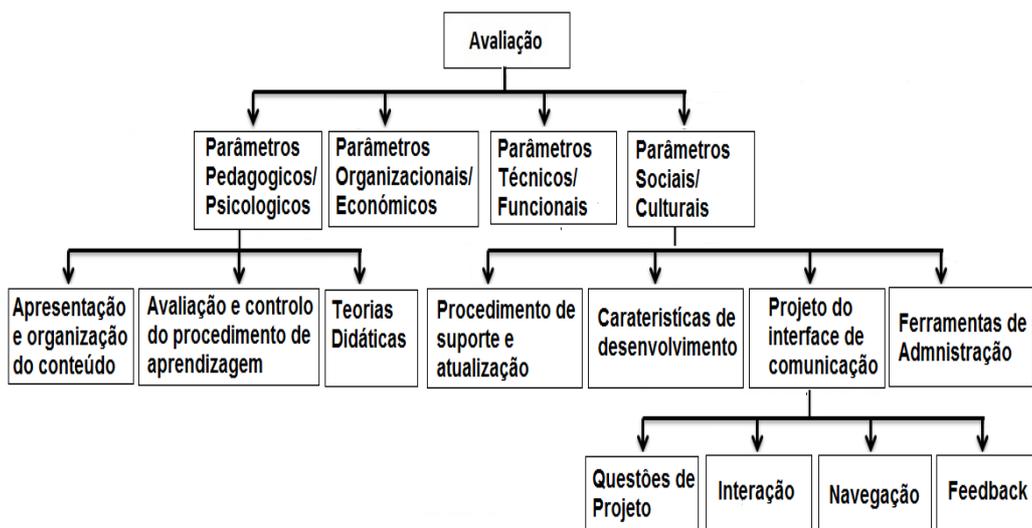


Figura 5.2. Diagrama com os eixos de avaliação básica para um virtual colaborativo (Michailidou & Economides, 2003)

## 5.4. Modelo de avaliação de Prasolova

Prasolova-Forland (2008) desenvolve uma framework inspirada na teoria da atividade, onde as atividades são realizadas pelos alunos e são mediadas por artefactos. Os alunos e os artefactos estão contidos num lugar. Caracteriza os ambientes virtuais colaborativos educacionais em termos das seguintes dimensões:

**Dimensão Aluno** - nesta dimensão o aluno corresponde a um grupo de estudantes e professores que irá colaborar no modelo. A autora identifica três elementos principais: a presença, envolvimento e identidade. A presença é medida através do utilizador sentir que está no mundo virtual e para o qual os outros utilizadores e o próprio ambiente reagem e estão cientes da presença do utilizador. A fim de apoiar uma comunidade virtual, o sistema deve fornecer uma indicação sobre a presença dos indivíduos e visualizar estes e as suas ações. O envolvimento do aluno está apoiado pela escolha de avatares, expressividade emocional, navegação e possibilidade de se observar o que estes estão a realizar. A identidade está associada a um apelido do utilizador, a um avatar e frequentemente está também associada a um círculo de amizade, a um lugar na hierarquia social no mundo virtual.

**Dimensão Lugar** - O lugar é onde estão situados os alunos, os artefactos e as suas atividades. São classificados considerando a estrutura e função. Prasolova refere-se à forma como o ambiente se "afigura". Para a autora a estrutura refere-se às relações entre as diferentes partes do ambiente, a qual pode ser predefinida ou criada e modificada pelos utilizadores: a função é entendida pelo número de funções que um AVCE pode realizar, por exemplo, uma reunião de trabalho é um lugar, um espaço de informação para o acesso e partilha de informações, etc. Um sistema com um determinado projeto e com estrutura específica pode ter um papel importante, ou vários papéis de interpostos, previstos pelo designer ou apresentados pelos utilizadores (Prasolova, 2008).

**Dimensão Artefacto** – Os artefactos dizem respeito às ferramentas culturais no modelo que avaliam as atividades, tais como documentos de trabalho, links da web, textos online, *whiteboards*, etc. Os artefactos servem os propósitos comunicacionais com o objetivo de fornecer informações sobre as ações realizadas sobre o AVCE e sobre a identidade da pessoa que realiza as ações. A

informação sobre o utilizador que executa uma determinada acção pode ser obtida diretamente pelos avatares observando os outros a executar as acções sobre os objetos ou através de registos deixados no artefacto.

Baseado nestas dimensões Prasolova (2008) apresenta um conjunto de requisitos para suportar a percepção social. O seu principal objetivo é sobretudo criar um ambiente onde os membros de uma comunidade de aprendizagem podem comunicar, ter atividades em comum, partilhar recursos e identificar potenciais parceiros para aumentar a sua percepção social. No entanto, considera outro objetivo para reforçar a cooperação dentro dos grupos, oferecendo lugares onde os grupos podem ter reuniões, recursos comuns e exibir informações sobre as suas atividades aos membros do grupo. Os requisitos iniciais são definidos com base na definição da percepção e nos mecanismos da percepção, associados às três dimensões. Segundo a autora, os requisitos mostram como as diferentes dimensões podem proporcionar a percepção sobre a aprendizagem e a participação de trajetórias, permitindo assim, determinar quais os requisitos necessários para apoiar a percepção social

Estes requisitos irão servir-nos para nos ajudar a definir um conjunto de critérios de avaliação de AVCEs, cujo objetivo é permitir desenvolver ambientes com qualidade. Isto é, ajudar a definir ambientes que promova o objetivo mais importante num processo de ensino/aprendizagem: a motivação dos alunos.

Maiores detalhes sobre estes requisitos podem ser encontrados em (Prasolova-Forland e Divitin, 2003)

## **5.5. Modelo de avaliação de Sara Freitas**

Uma metodologia de avaliação para atividades de aprendizagem específicas nos mundos virtuais tem vindo a ser desenvolvida por Freitas (2009). Esta metodologia está baseada em métodos indutivos e está suportada por uma estrutura de quatro dimensões: aprendiz, modelos pedagógicos, representação e contexto no qual a aprendizagem toma lugar, como se pode observar na tabela 5.3.

**Tabela 5.3.** Dimensões da Framework (Freitas, 2009)

<b>Dimensões</b>	
<b><i>Aprendiz</i></b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Perfil</li><li>• Papel</li><li>• Competências</li></ul>	<b><i>Modelos pedagógicos</i></b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Associativa</li><li>• Cognitivismo</li><li>• Social/Situada</li></ul>
<b><i>Representação</i></b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fidelidade</li><li>• Interatividade</li><li>• Imersão</li></ul>	<b><i>Contexto</i></b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ambiente</li><li>• Acesso à aprendizagem</li><li>• Suporte de recursos</li></ul>

**Dimensão do Aprendiz** – Envolve, segundo a autora, um processo de criação de perfis dos alunos e a definição das necessidades e suas competências. Este perfil garante uma estreita correspondência entre as atividades de aprendizagem e os resultados pretendidos. O feedback para o aluno é um importante aspecto da reflexão sobre a aprendizagem e pode ser central para as diversas experiências efetivas da aprendizagem – ou para a percepção individual da eficácia (Freitas, 2009).

**Dimensão de Modelos Pedagógicos** - analisa a perspectiva pedagógica das atividades de aprendizagem e, inclui uma reflexão sobre os tipos de ensino e aprendizagem e modelos adotados para apoiar os processos de aprendizagem. Estes modelos podem ser associativos, baseados nas abordagens de aprendizagem centradas nas tarefas, construtivistas, as quais, envolvem as abordagens em que o conhecimento é (re) construído pelo indivíduo nas interações com o ambiente externo e finalmente, em modelos de aprendizagem situacional, ligados às comunidades de prática. A seleção particular das teorias de aprendizagem pode antecipar os tipos de resultados da aprendizagem (de Freitas, 2009).

**Dimensão da Representação** – descreve como as experiências de aprendizagem interativa devem ser apresentadas, que níveis de fidelidade são requeridos e como a experiência envolvente deve ser elaborada.

**Dimensão do Contexto** - impacto sobre o lugar onde a aprendizagem é realizada. Pode incluir também os recursos necessários para a aprendizagem. As

interações entre o aprendiz e o seu contexto são particularmente importantes. O aprendiz pode estar presente ao mesmo tempo no espaço virtual e físico (de Freitas, 2009).

Em conjunto, as quatro dimensões fornecem um quadro conceptual para a compreensão da aprendizagem imersiva, e permitem detetar quais são as implicações do projeto da aprendizagem como um todo, especialmente quando aplicado aos mundos virtuais e aos *serious games* (de Freitas, 2009).

Esta abordagem reorganiza a forma como se produzem e desenvolvem as atividades de aprendizagem, dando-se um maior ênfase ao controlo do aluno, maior envolvimento, conteúdo gerado no aluno e na criação de comunidades, as quais se agrupam para incrementar os ganhos da aprendizagem.

## 5.6. Modelo de avaliação segundo Dang

Dang et al. (2008) propõe uma *framework* para o desenvolvimento e avaliação de ambientes virtuais colaborativos. O ambiente é desenvolvido e avaliado através de um processo iterativo. A avaliação é efetuada com base em dois tipos de avaliações: avaliações de inspeção e avaliações observáveis do comportamento.

Na avaliação baseada em inspeções, um grupo de especialistas inspeciona a interface de acordo com um conjunto de diretrizes relacionadas com o trabalho colaborativo, cujo objetivo é descobrir problemas de usabilidade e falhas no ambiente. As diretrizes foram desenvolvidas com base nas cinco principais características dos ambientes virtuais colaborativos definidas por Churchill e Snowdon (1998): transições entre as atividades comuns e individuais; pontos de vista múltiplos e flexíveis; perceção dos outros; partilha do contexto; negociação e comunicação. Estas diretrizes permitiram aos autores ter em conta a importância de algumas características que um ambiente deve conter quando o contexto está relacionado com o trabalho colaborativo, a saber:

- ✚ as transições entre as atividades comuns e individuais permitiram-lhe considerar que os colaboradores podem alternar facilmente entre espaços de trabalho colaborativos para espaços de trabalho individuais, pois argumentam que o trabalho colaborativo envolve o entrelaçamento do esforço individual com o colaborativo;

✚ os pontos de vista múltiplos e flexíveis, permitiram considerar diferentes pontos de vista com o objetivo de facilitar aos colaboradores a obtenção da informação necessária;

✚ a percepção dos outros levou os autores a considerar que uma plataforma deve permitir aos colaboradores ter conhecimento das atividades dos outros;

✚ a partilha do contexto permite ponderar na importância de que os colaboradores devem saber o que está a ser feito e o que foi feito no contexto dos objetivos da tarefa a ser executada, por exemplo, quando um colaborador move um objeto as mudanças de posição devem ser visíveis para os outros;

✚ a negociação e comunicação permitiram identificar a necessidade da existência de um canal de comunicação confiável e fornecer aos colaboradores um conjunto de ferramentas para apoiar a negociação, pois segundo os autores os colaboradores podem precisar de se entenderem em relação aos objetivos da tarefa;

Na avaliação efetuada através da observação, o comportamento dos utilizadores é observado enquanto realizam as suas atividades. O feedback dos utilizadores é recolhido e analisado para identificar problemas com o desenvolvimento do ambiente. As metáforas de interação para o trabalho colaborativo estão entre o principal foco desta avaliação. Dang et al. (2008), para sustentar a sua ideia, desenvolve um ambiente virtual colaborativo, que após ser avaliado lhes permitiu concluir que os dois métodos propostos para avaliação de ambientes virtuais colaborativos, são os mais apropriados para detetar problemas de usabilidade e aperfeiçoar o ambiente.

## **5.7. Modelo de avaliação de Tromp**

O modelo de avaliação desenvolvido por Tromp (2003) foi construído em três iterações começando com estudos de viabilidade e análise de necessidades dos utilizadores. A avaliação tem como objetivo central o interface e é realizada com base em:

✚ Inspeções de usabilidade das aplicações utilizando métodos de inspeção adaptados para tarefas colaborativas 3D, a serem utilizadas durante as fases do processo de desenvolvimento do ambiente.

✚ Avaliações de observação dos participantes na execução de tarefas, cujo objetivo é analisar o comportamento em termos de usabilidade, mostrando como estes problemas podem ser redefinidos em termos de recomendações de usabilidade.

✚ Experiências explorando conceitos dos ambientes virtuais colaborativos, tais como a presença, copresença e colaboração.

A partir da abordagem tradicional de engenharia de usabilidade, Tromp (2003) identificou heurísticas de avaliação e métodos cognitivos, como técnicas adequadas para a avaliação dos protótipos. Estas técnicas fornecem um feedback rápido sobre as falhas do projeto principal (Tromp, 2003).

Para elaborar as inspeções de usabilidade das aplicações, o método de inspeção de Tromp inicia pela análise de domínio a fim de se obter uma boa compreensão do objetivo do ambiente, identificando-se os utilizadores e o tipo de tarefas que irão executar. Posteriormente, marca-se os caminhos de navegação através do ambiente virtual e todas as funções e objetos do sistema. Para cada tarefa interativa ao longo do caminho de navegação, uma análise de tarefas é realizada, identificando-se as ações e subtarefas necessárias para alcançar o objetivo do participante. Cada tarefa é depois atribuída a um dos ciclos de interação mais adequado a esta, sendo inspecionada de acordo com as perguntas relacionadas com o ciclo. O processo de inspeção pode ser resumido da seguinte forma:

✚ Análise de contexto do utilizador - Uma análise do contexto do utilizador é necessária a fim de obter uma boa compreensão das necessidades específicas do utilizador, o que é preciso ter em mente ao mesmo tempo que se faz a inspeção.

✚ Análise Espaço Virtual – Cria-se a planta do espaço do ambiente, marcando-se os caminhos de navegação através deste, todas as funções do sistema, todos os objetos e espaços de colaboração e interação.

✚ Análise de Tarefas - O caminho de navegação, a escolha ideal ao longo do caminho de navegação, os objetos interativos, a ordem id sobre os objetos interativos, e as posições de colaboração são marcados na planta.

✚ Análise do Ciclo de Interação – A cada elemento identificado na análise de tarefas é associado um ciclo de interação específico.

✚ Inspeção – A cada elemento identificado é realizada uma inspeção, utilizando-se o ciclo de interação adequado e as questões associadas sobre usabilidade e fluxo de tarefas.

✚ Relatório de Inspeção - Para cada problema encontrado, uma nota é elaborada no relatório de inspeção, e atribui-se um número de referência. Cada tarefa identificada no ambiente, é associada a um dos seis ciclos de interação de tarefas, a fim de se orientar a inspeção

Apesar deste método de inspeção ser demorado, ele pode ser realizado unicamente por uma pessoa, quando aplicado de uma forma sistemática e flexível. Assim, gera-se uma visão geral da ocorrência, tipo e gravidade de problemas de usabilidade sempre que o utilizador realiza uma tarefa (Tromp,2003).

## **PARTE II**

### **O Estudo**



# 6

## Modelo de Desenvolvimento de Ambientes Virtuais Colaborativos Educacionais

*“In general, the purpose of developing systems architectures is to discover high-level frameworks for understanding certain kinds of systems, their subsystems, and their interactions with related systems. An architecture isn't a blue print for designing a single system, but a framework for designing a range of systems over time, and for the analysis and comparison of these systems.”*

*-Frank Farance*

---

Este capítulo apresenta uma proposta de modelo para concepção de alto nível de ambientes virtuais colaborativos educacionais. Serão caracterizadas as diversas fases que o compõem. Com base nesta proposta selecionaremos as metodologias/modelos apresentados no capítulo três que melhor se adequam ao desenvolvimento destes ambientes. Após a sua seleção descreveremos de uma forma mais exaustiva os diagramas que farão parte do modelo.

---

## 6.1. Introdução

O desenvolvimento de *software* requer uma estratégia de resolução normalmente designada de processo de *software*. Pressman citando Howard Baetjer descreve o processo de *software* como (Pressman, 2000):

“O *software* tal como o capital é uma corporização de conhecimento, e porque esse conhecimento está inicialmente disperso, tácito, latente e incompleto em larga escala, o desenvolvimento de *software* é um processo de aprendizagem social. O processo é um diálogo em que o conhecimento que se deve tornar *software* é reunido e materializado numa aplicação. É um processo iterativo em que cada ferramenta serve de meio de comunicação, e cada nova iteração permite levantar mais conhecimento útil das pessoas envolvidas”.

Esta citação demonstra a natureza mental, coletiva e social do trabalho de desenvolvimento de um *software*, a importância e as dificuldades inerentes à obtenção do conhecimento necessário para promover a qualidade na sua implementação. Evidencia a existência de diferentes intervenientes e partes interessadas, em que cada uma possui uma parte do conhecimento total. Demonstra que é necessário atingir um entendimento global e completo do que se pretende, o qual só se atinge por etapas, nas quais se vai refinando o conhecimento obtido. Assim, o objetivo do processo de *software* é determinar a ordem das várias etapas de desenvolvimento de um sistema, a evolução e os critérios de transição de uma etapa para a seguinte. Estabelece uma filosofia de desenvolvimento que deve ser compreendida pela equipa para que a sua aplicação seja bem-sucedida.

Existem vários modelos de processo de desenvolvimento que definem abordagens e estratégias distintas para um projeto. A motivação para a adoção/adequação de um processo de *software* nasce da convicção que a qualidade do produto final está intimamente ligada ao seu processo de produção, logo a adoção/adequação resultará num desenvolvimento mais eficiente e eficaz (Fugetta, 2000). O modelo a propor é de certa forma uma resposta à lacuna existente da falta de um modelo para o desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos que cubra todas as fases do ciclo de vida de *software*, mas responde genericamente às diretrizes propostas pelos especialistas da área.

## 6.2. Bases da Proposta

O modelo que será uns dos principais resultados desta tese, assenta em vários pressupostos:

✚ Em primeiro lugar promover um desenvolvimento estruturado, dando ao processo a forma de um conjunto ordenado de passos, identificando as actividades e as regras implicadas na mesmas.

✚ Em segundo lugar, ser completo, para cobrir todas as necessidades do desenvolvimento e oferecer uma semântica suficiente de como trabalhar de forma adequada todos os aspectos críticos que se têm vindo a destacar nos ambientes virtuais colaborativos educacionais.

✚ Em terceiro lugar, oferecer um modelo que seja fácil de assimilar, ajude a entender a concepção do sistema e estimule a novas ideias, apoiado numa linguagem que facilite a comunicação entre os diferentes intervenientes da equipa de desenvolvimento.

✚ Por último, proporcionar um marco de trabalho que promova o uso de boas práticas, principalmente no campo da engenharia de software e, facilite a implementação destes ambientes nas ferramentas de desenvolvimento já existentes no mercado.

Partindo destas premissas, iremos apresentar uma visão global do modelo a propor. O objetivo final é dar a conhecer um modelo de concepção de alto nível que melhor se adequa ao desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais, tendo como base as metodologias descritas no capítulo três. Não é nosso objetivo criar um modelo que tenha um conjunto de métodos e técnicas de modelação novas, mas que aproveite o que há de melhor em termos de modelação. Assumindo-se o principio base da não originalidade, optar-se-á por adoptar/adequar, sempre que possível, as propostas das metodologias/modelos referidas anteriormente que, no nosso entender, estando já consolidadas e validadas, garantem uma base sólida no que respeita à garantia de qualidade e sucesso para o desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais.

### **6.3. Modelo a propor para o desenvolvimento de Ambientes Virtuais Colaborativos Educacionais**

Numa visão genérica, começaremos pela identificação do seu ciclo de vida e depois analisaremos cada um dos fluxos de trabalho que pretendemos que o modelo cubra, indicando os seus objetivos, técnicas e produtos a obter em cada uma delas.

#### **6.3.1. Ciclo de Vida**

Para definirmos o ciclo de vida do modelo, partimos da ideia que os ambientes virtuais colaborativos são sistemas abertos e dinâmicos. Assim, é necessário aplicar uma gestão sólida e os princípios da engenharia passam a ter fundamental importância.

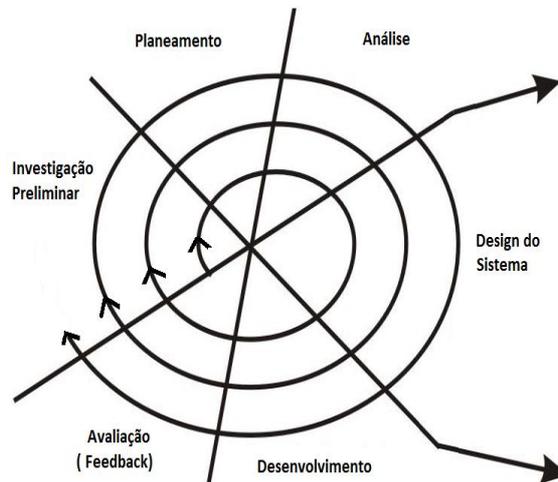
Face à sua complexidade, os ambientes virtuais colaborativos requerem várias revisões e a modificação de alguns aspetos do ambiente leva a diferentes comportamentos dinâmicos. Torna-se necessário, assim, termos um modelo de ciclo de vida que permita modificações ao longo da sua especificação. Também é necessário chegar novamente às fases anteriores, para o aperfeiçoamento e exploração do espaço de solução. O processo de *design* deve aceitar critérios incrementais, uma vez que muitos dos componentes e a complexidade da organização da engenharia requerem uma abordagem de desenvolvimento iterativo. Feedbacks periódicos ajudam a avaliar o progresso e a refinar os requisitos.

Dos diferentes modelos de ciclo de vida de software existentes decidimos adotar pelo ciclo de vida em espiral, porque:

- O modelo em espiral é um modelo evolutivo que conjuga a natureza iterativa da prototipagem com a abordagem mais controlada e sistemática do modelo do ciclo de vida (Pressman, 2000).
- Permite desenvolver rapidamente versões incrementais do software. As primeiras iterações da espiral podem produzir apenas um modelo ou protótipo e, consoante se vão realizando mais iterações, novas versões vão sendo construídas até se obter um produto completo.

➤ Cada iteração implica uma nova passagem pela fase de planeamento e desta forma é possível efetuar ajustes ao plano do projeto.

O modelo a propor incluirá seis fases principais distribuídas ao longo do ciclo em espiral: a investigação preliminar, planeamento, análise, *design* do sistema, desenvolvimento e avaliação, como poderão observar na figura 6.1.



**Figura 6.1.** Modelo em espiral (Pressman, 2000)

Este modelo permitirá disciplinar o desenvolvimento do sistema, ajudará a dividir o processo num conjunto de actividades que vão sendo realizadas ao longo de cada ciclo, produzindo produtos de trabalho incrementais rapidamente.

### 6.3.2. Fases de Desenvolvimento

#### Fase de Investigação Preliminar e Planeamento

De entre os princípios fundamentais da engenharia de *software* destaca-se:

“Entenda o problema antes de começar a resolvê-lo, e certifique-se que venha a conceber o que as pessoas realmente desejam. Esta é a base da primeira fase, a chamada investigação preliminar. Outro princípio fundamental da engenharia de software é: planeie o trabalho antes de começar a realizá-lo. Esta é a filosofia subjacente ao planeamento do projeto” (Pressman, 2000).

É baseado nestes princípios que entendemos que estas duas fases são essenciais no início do desenvolvimento de qualquer sistema, pois permitem que se estude, se tomem decisões sobre todos e cada um dos aspetos considerados

relevantes, de forma a se conseguir um produto de qualidade e adequado aos objetivos pretendidos. Como Pressman refere, é difícil viajar para um lugar que nunca se visitou sem direções ou mapas. Eventualmente pode-se chegar, mas a viagem é com certeza frustrante e desnecessariamente longa. “A fase de investigação preliminar e planeamento fornecem um mapa para a equipa de desenvolvimento” (Pressman, 2000).

A fase de investigação preliminar representa uma sequência de ações que começa com a identificação das necessidades essenciais para o desenvolvimento do sistema, descrição dos objetivos, perfil dos utilizadores, seleção do tipo de tarefas de acordo com os objetivos da aprendizagem e da interação esperada, definição de como e que tipo de estruturação é necessária para suportar a interação.

O planeamento inclui um conjunto de atividades, das quais salientamos a organização do sistema (incluindo a constituição da equipa e suas responsabilidades), estruturação das tarefas (do inglês WBS – *Work Breakdown Structure*), cronograma do projeto, análise de riscos e estimativa de custos.

O planeamento neste modelo é realizado durante toda a evolução do desenvolvimento, porque existem riscos. Os riscos são circunstâncias adversas que podem surgir durante o desenvolvimento do sistema, impedindo o processo ou diminuindo a qualidade do sistema. São exemplos, pessoas que abandonam a equipa de desenvolvimento, falha dos equipamentos, etc.

Segundo o nosso ponto de vista, estas duas fases estão relacionadas, podendo constituir uma só fase, a designada fase de conceção. Como são fases meramente descritivas, propomos que a equipa de desenvolvimento esboce um documento dando a conhecer o produto de reflexão e do trabalho desenvolvido no final destas fases. Deverá conter informação referente à análise e identificação das necessidades; análise dos recursos disponíveis, elaboração de estudos de viabilidade, estudo de soluções alternativas, definição ou delimitação do público-alvo, constituição da equipa de desenvolvimento e tarefas a desempenhar.

A tabela 6.1 descreve sucintamente os artefactos a produzir no final desta fase.

**Tabela 6.1** Artefactos a produzir no final da fase de conceção

Artefactos	Descrição
Documento de Ante-projeto	Visa descrever detalhadamente as necessidades do sistema., os objetivos, população alvo. Especifica-se o modelo pedagógico (definição dos objetivos pedagógicos e determina-se dos níveis de realização adequados e as formas de aprendizagem mais adequadas). Concebe-se os conteúdos e define-se o tipo de tarefas. Determina-se a necessidade de estruturação, e no caso afirmativo descrever em que medida é necessário: Esta decisão diz respeito aos objetivos de aprendizagem, à interação esperada e as tarefas tipo. Finalmente define-se a equipa de desenvolvimento, atribui-se papéis e responsabilidades, identifica-se as tarefas, elabora-se o respetivo cronograma.

## Fase de Análise

O propósito da análise consiste em modelar um sistema do mundo real de modo que possa ser entendido. Assim, devemos analisar, especificar e definir o sistema. Deveremos primeiro abstrair as características importantes do sistema e mais tarde incorporar pequenos detalhes. O resultado desta fase deverá ser a compreensão do problema como uma preparação para a fase de projeto.

A realização desta fase está baseada na examinação dos requisitos, na análise das suas implicações e numa reafirmação rigorosa. Um modelo de requisitos deverá ser implementado. São estabelecidos os requisitos funcionais, os quais descrevem as funções ou as tarefas que se espera que o ambiente virtual colaborativo educacional forneça; e, os requisitos não funcionais, também conhecidos como restrições ou requisitos de qualidade (Swebok, 2004; SEI, 2002), os quais especificam as restrições que o ambiente deve obedecer em vez de fornecer informação relativa ao que o sistema fará.

Para refinar e validar os requisitos propomos como técnica de modelação, o diagrama de use case. Recorremos a este diagrama porque é a base do processo de *design* do sistema e da avaliação, controlando uma grande parte do sistema em desenvolvimento (Jacobson, 1994).

A partir do modelo de requisitos, sugerimos a criação de um modelo de análise que terá como principal objetivo facilitar a estruturação do sistema. Pretendemos com este modelo identificar os subsistemas dentro dos quais podemos dividir o sistema a construir. Isto porque, em ambientes colaborativos, o cenário torna-se um elemento central, onde os utilizadores do ambiente irão desenvolver as suas “ações” que levarão a processos de aprendizagem. Estes cenários deverão possuir elementos importantes, tais como:

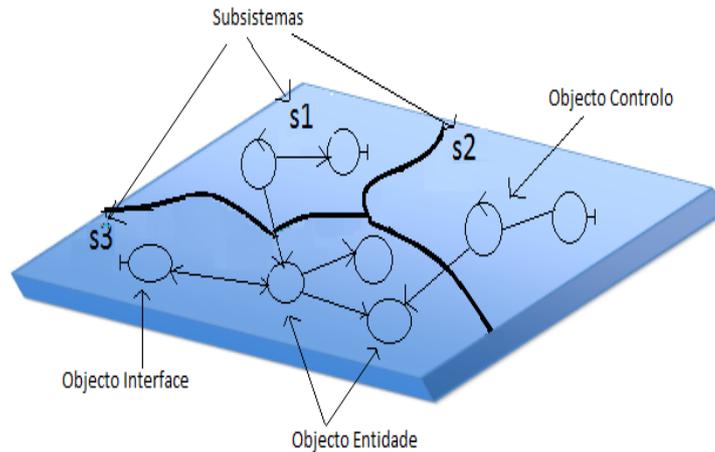
- ✚ uma base de informações e conhecimento;
- ✚ espaços para a construção e manipulação de símbolos, objetos;
- ✚ um espaço de negociação, constituído por ferramentas de comunicação para troca de ideias e negociação das acções dos actores, mecanismos de coordenação que permitam às pessoas trabalharem juntas e interagir.

Esta divisão, segundo a nossa opinião, permite mais facilmente identificar todos os objetos a incluir no sistema, os quais são de diferentes tipos:

- **Objetos de entidade** – A informação que o sistema irá manipular será colocada em objetos de entidade. Para armazenar informação, estes objetos usam um conjunto de atributos. Os atributos podem ser do tipo texto, imagens, vídeo, gráficos, entre outros.
- **Objetos de Interface** – Toda a funcionalidade especificada nos use cases que está dependente do sistema é colocada num objeto de interface. O seu objetivo é traduzir o *input* do utilizador para o sistema através de acontecimentos e traduzir estes acontecimentos em algo que será apresentado ao utilizador. Isto não é nada mais que especificar qual a interface que o utilizador necessita para comunicar com o sistema.
- **Objetos de controlo** – Modelam toda a funcionalidade que não é colocada nos objetos de interface e entidade, ou seja, contém o comportamento que torna o sistema dinâmico.

Após a identificação de todos os objetos lógicos a serem incluídos no sistema, eles serão agrupados e relacionados uns com os outros, como se pode observar

na figura 6.2. Obtemos um diagrama de análise que tem em conta a formação de uma estrutura do sistema que seja lógica e sustentável.



**Figura 6.2.** Modelo de Análise. Adaptado de Jacobson (1994).

Cada objeto de interface, no nosso entender deverá ser acompanhado com o *design* do seu cenário, recorrendo-se ao uso da técnica de storyboards.

Os modelos que compõem a fase de análise são construídos através de um processo iterativo, pois vão sofrendo várias alterações antes de se tornarem estáveis.

A tabela 6.2 descreve sucintamente os artefactos a produzir no final desta fase.

**Tabela 6.2.** Artefactos a produzir no final da fase de análise

Artefactos		Descrição
Modelo de Requisitos	Diagrama de Use Case	Com base nos dados recolhidos serão elaborados os artefactos de especificação de Use Cases, detalhando as atividades a serem executadas por intermédio da descrição dos tópicos do fluxo principal, fluxo alternativo, regras de negócio, glossário, diagrama de use cases.
	Diagrama de Análise	Detalha a nomenclatura dos objetos do sistema (atributos, tipos, métodos).
Modelo de Análise	Storyboards (especificação dos cenários)	Descreve em detalhe todas as ações, controlos, regras e exceções relacionadas com as funcionalidades representadas pelos cenários e a configuração visual, isto é, os aspetos gráficos da aplicação e dos elementos multimédia que a integram.

## **Fase de Projeto do sistema**

A fase de *projeto* do *software* compreende um processo que abrange um conjunto de passos que permitem sintetizar, a partir dos requisitos, a representação da estrutura dos dados e do programa, as características da interface e os detalhes procedimentais (Freman, 1980).

Iremos dividir esta fase em duas partes distintas, as quais se realizarão em paralelo. Os modelos a propor serão o modelo de interação e modelo de navegação.

### **Modelo de Interação**

O modelo de interação vem ao encontro da ideia que um ambiente virtual pode ser considerado como a junção de três conceitos básicos (imersão, interação, envolvimento), os quais estão relacionados. O realismo da interatividade é conseguido pela observação dos comportamentos designados reativos. O comportamento reativo está relacionado com diferentes comportamentos que induzem à imersão perceptiva. A interatividade é incrementada se o comportamento responde às ações do utilizador no ambiente. O seu realismo é definido pelo envolvimento do utilizador no ambiente.

A interação no nosso entender é vista em três perspetivas: avatares-avatares, avatar-objetos e objetos-objetos. Na primeira perspetiva, onde os utilizadores representados pelos seus avatares comunicam entre si, a interação é um processo de comunicação humana. Esta pode ser entendida como “todo o processo de interação social realizado por meio de símbolos ou qualquer outro sistema de mensagens” (Martínez, 2008). Pode ocorrer entre um avatar e outro, entre um avatar e um grupo de avatares ou entre um grupo de avatares e outro grupo de avatares. Como propomos a criação de ambientes virtuais colaborativos educacionais, não basta integrar recursos de comunicação, pois a comunicação não obriga a que haja colaboração. Colaborar implica comunicar e cooperar. Entendemos que cooperar é ajudar, é fazer algo, também em conjunto, mas diferentemente de colaborar, cooperar está vinculado ao objetivo em comum e à mesma finalidade. Colaborar parte das ações de cada indivíduo, quando predisposto a construir para o coletivo. É ajudar a construir. É participar do fazer algo. Algo refere-se ao trabalho, à atividade, ao objeto ou ao espaço que está a

ser construído. Então, é preciso que os ambientes virtuais colaborativos educacionais tenham atividades nas quais os participantes possam construir partes do modelo de conhecimento, expressando, criticando, elaborando e partilhando cada elemento desse modelo. Assim, temos uma aprendizagem colaborativa, os participantes constroem em conjunto um modelo de conhecimento (Souza, 2005). Desta forma, sugerimos a criação de uma tabela de ação, que referencie as atividades dos intervenientes, sem uma ordem pré-definida. O objetivo desta tabela de ação é ajudar a refinar o diagrama de colaboração, elemento que consideramos necessário para a criação de comunidades de aprendizagem.

A segunda e terceira perspectivas estão relacionadas. A interação é conseguida pela seleção e manipulação de objetos virtuais. O resultado desta interação advém das ações e atividades conduzidas pelos utilizadores no espaço e lugares disponibilizados no ambiente. Pode ser descrita através de diagramas de sequência, que permitem capturar numa dimensão temporal as trocas de mensagens entre um conjunto de objetos dentro de um contexto, para realizar um propósito específico.

Se virmos “uma interação entre um aluno (avatar) ou alunos (avatars) e um ambiente (opcionalmente, incluindo recursos de conteúdos, ferramentas, instrumentos, sistemas de computadores, serviços, acontecimentos do mundo real e objetos) como sendo realizada em resposta a uma tarefa com a intenção de se aprender algo” (Beetham, 2004) - Atividade de aprendizagem - então, é de extrema importância a existência de um modelo de interação para os ambientes virtuais colaborativos educacionais.

### **Modelo de Navegação.**

Em ambientes não familiares, sejam virtuais ou reais, a navegação torna-se difícil, no entanto em ambientes virtuais colaborativos 3D mais problemas podem surgir. Um dos primeiros a surgir pode estar na falta de informação de um caminho que facilite a navegação no ambiente, porque os ambientes virtuais 3D apresentam menos detalhes sensoriais (visuais, auditivos, locomotores) que os ambientes reais. Outros problemas estão na complexidade da navegação, pelo facto de os ambientes serem dinâmicos, levando a que os utilizadores tenham mais dificuldade em familiarizarem-se com o ambiente. Os problemas de navegação, como a desorientação, perda de visão, dificuldade de retornar ao local

visitado anteriormente ou reencontrar um objeto, podem levar à insatisfação, frustração e eventualmente à interrupção da utilização do ambiente (Nash et al, 2000). Sem um bom *design* do espaço de navegação e disponibilidade de ferramentas de auxílio que permitam explorar este espaço, a usabilidade do ambiente virtual 3D sofrerá, tornando os desempenhos das tarefas ineficientes e ineficazes. Assim, entendemos que existe a necessidade de ser definido um mapa de navegação, que permitirá ajudar os participantes a encontrar a informação e favorecer a colaboração com os outros participantes. Assim, os utilizadores terão uma visão gráfica do ambiente, que lhe fornecerá dicas de sensibilização visuais (Wendy et al, 2001).

*“The designer can use several maps to outline the arrangement of higher-level and lower-level tasks in the space, in the same way an architect draws up plans of the same building with different levels of detail”* (Molina et al., 2003).

A tabela 6.3 descreve sucintamente os artefactos a produzir no final desta fase.

**Tabela 6.3.** Artefactos a produzir no final da fase de projeto

Artefactos		Descrição
<b>Modelo Interação</b>	Tabela ação	Identificar os intervenientes na utilização do ambiente e definir e estruturar as tarefas associadas a cada interveniente perante o cenário que irá ser explorado pelo individuo de acordo com o seu perfil de aprendizagem (Escudeiro, 2008).
	Diagrama de colaboração	Identificar os grupos sociais que irão povoar o ambiente e cada uma das entidades que fazem parte desses grupos; breve descrição das suas funções e de cada uma das entidades; especificação das restrições e serviços que cada grupo social oferece a outro grupo social; descrição textual ou esboços da aparência gráfica que cada entidade terá no ambiente.
	Diagrama de sequência	Visa descrever como os grupos de objetos colaboram numa determinada atividade de aprendizagem ou seja mostrar a troca de mensagens entre um conjunto de objetos aquando da realização de um determinado comportamento.

Artefactos		Descrição
Modelo Navegação	Mapa de navegação	Definir uma visão gráfica do ambiente que ajudará os participantes a encontrar a informação e favorecer a colaboração entre os outros participantes.

## Fase de desenvolvimento

Nesta fase todas as funcionalidades específicas do ambiente a ser construído devem ser implementadas (codificadas) de acordo com as descrições obtidas nas fases anteriores. Não é nossa intenção obrigar á utilização de uma específica linguagem de programação. O nosso objetivo é auxiliar no processo de construção de desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais, sob uma plataforma de desenvolvimento de ambientes virtuais 3D, tal como, o Second Life, Active Worlds, OpenSim, entre outras. Sendo assim, esta implementação vai sendo desenvolvida de acordo com a ferramenta escolhida para desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais. Esta escolha terá influência na fase de análise e *projeto*, uma vez que é necessário ter em conta questões relacionadas com a ferramenta de desenvolvimento.

O ambiente a ser construído é implementado de forma incremental, ou seja, numa primeira iteração é construído um protótipo, o qual vai sendo refinado até se tornar um produto final. Cada incremento produzido como parte do processo é revisto durante a fase de avaliação.

A tabela 6.4 descreve sucintamente os artefactos a produzir no final desta fase.

**Tabela 6.4.** Artefactos a produzir no final da fase de desenvolvimento

Artefactos	Descrição
Codificação do ambiente	Visa a construção do ambiente virtual colaborativo educacional sob a plataforma escolhida. Este ambiente vai sendo desenvolvido de uma forma incremental, o qual vai sofrendo alterações até se tornar um produto final.

## Fase de Avaliação

A avaliação do *software* é essencial num processo de engenharia de *software*, porque não adianta desenvolver as especificações detalhadamente se o *software* não cumpre os requisitos estabelecidos.

A avaliação do *software* consiste em avaliar a qualidade do sistema a ser construído e indiretamente no seu aperfeiçoamento, através da identificação de falhas e sua reparação (Sewbok, 2004). As atividades da avaliação não podem assim ser desvalorizadas. Pressman citando Deutsch refere-se à atividade de avaliação do *software* da seguinte forma (Pressman, 2000):

“O desenvolvimento de sistemas de *software* envolve uma série de atividades produtivas em que as oportunidades de introdução de erros humanos são enormes. Os erros podem ocorrer no início do processo quando os objetivos do projeto são mal ou imperfeitamente definidos, podem também ocorrer na fase de desenho e implementação..... dada a incapacidade humana de comunicar perfeitamente o desenvolvimento de *software* tem que ser acompanhado de uma actividade de validação do software.”

Partindo deste princípio, e considerando que a finalidade de um ambiente virtual colaborativo educacional é a aprendizagem colaborativa, esta fase adquire importância maior, pois além de verificarmos se os requisitos estão contemplados, deveremos analisar o sistema com situações reais de aprendizagem. Os resultados poderão ainda levar a novas versões do sistema. Assim sendo, sugerimos duas vertentes para a avaliação do sistema a desenvolver:

1. Avaliação do sistema ao longo do seu desenvolvimento. Em cada incremento produzido será efetuada uma avaliação. Esta avaliação apoiar-se-á no modelo de avaliação a propor no capítulo seis, sendo uma avaliação quantitativa. A meta desta atividade consiste em identificar riscos e gerir as mudanças de forma que possam ser atenuadas, para apoiar a equipa de desenvolvimento a atingir essas metas.

2. Avaliação num contexto real de aprendizagem. Esta avaliação tem como objetivo refinar alguns problemas de usabilidade que possam ainda advir. É uma avaliação empírica, baseada na observação do comportamento e opinião dos grupos de indivíduos participantes.

A tabela 6.5 descreve sucintamente os artefactos a produzir no final desta fase.

**Tabela 6.5.** Artefactos a produzir no final da fase de avaliação

Artefactos	Descrição
Modelo de Avaliação (a ser desenvolvido no próximo capítulo)	Este modelo vai ser constituído por um conjunto de critérios, os quais serão definidos no capítulo seguinte. Estes critérios serão compilados a partir de alguns trabalhos já realizados por investigadores da área em estudo. Terá como base a <i>framework Quality Evaluation Framework (QEF)</i> já descrita.

## 6.4 Seleção do modelo

Como base nos procedimentos metodológicos descritos para o modelo de conceção de alto nível foi possível definir categorias de análise de modo a selecionarmos os modelos e diagramas que lhe irão dar suporte.

Foi desenvolvido um quadro comparativo contendo as fases de desenvolvimento apresentadas para o nosso modelo. Este quadro foi concebido através de uma estrutura matricial representando nas suas colunas as metodologias/modelos investigados no capítulo quatro desta tese e nas suas linhas cada fase do ciclo de vida, como poderemos observar na tabela 6.6. A partir do tratamento e organização do conteúdo desta estrutura, foi então possível analisar a contribuição de cada metodologia em termos de modelos e diagramas e tirar conclusões acerca de qual ou quais se melhor adequam/adaptam ao desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais (AVCE), apoiados no modelo de conceção proposto.

**Tabela 6.6.** Quadro sinóptico da seleção das metodologias /modelos que melhor se adequam ao desenvolvimento de AVCE

Fases de Desenvolvimento e Modelos		Kirner	Clevr	Veds	Senda	Fencott	Tres-D	Menchaca	X-TEC
Fase de Concepção	Documento Ante-Projeto	-	-	-	-	-	-	-	✓
	Modelo de Requisitos	-	-	-	✓	✓	✓	-	✓
Fase de Análise	Modelo de Análise	-	✓	-	✓	✓	✓	✓	-
	Storyboards (Especificação de Cenários)	-	-	✓	-	✓	✓	-	-
Fase de Projeto	Tabela de Ação	-	-	-	-	-	-	-	✓
	Modelo de Interação	-	-	-	-	-	-	✓	-
	Diagrama de Colaboração	-	-	-	-	-	-	-	-
	Diagrama de Sequência	-	✓	-	-	-	✓	-	-
Fase de Desenvolvimento	Mapa de navegação	-	-	✓	✓	-	-	-	✓
			-	-	-	-	-	-	-
Fase de Avaliação	Modelo baseado no QEF		-	-	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	✓

Das informações dispostas na tabela 6.6 chegamos á conclusão que a junção das metodologias de Tres-D, Menchaca e X- Tec permitem contemplar todos os modelos/diagramas da nossa proposta para desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais. A contribuição das metodologias para o referido modelo é conseguida com o uso de alguns diagramas, como se pode ver na tabela 6.7.

**Tabela 6.7.** Contribuição das diferentes metodologias para o nosso modelo

<b>Metodologias</b>	<b>Diagramas</b>
Tres-D	Storyboards Diagrama de sequência Diagrama de análise (correspondente ao diagrama de classes)
Menchaca	Diagrama de colaboração Diagrama de análise
X-Tec	Documento de Ante- Projeto equivalente ao Documento de (RERPLAN proposto pelo modelo X-Tec) Diagrama de use-case Tabela de ação Framework QEF

Evidentemente que não basta aplicar os referidos diagramas na conceção dos AVCE. O fato de serem ambientes para a educação implica que o processo de desenvolvimento não tenha em conta somente aspetos tecnológicos, mas também aspetos pedagógicos e didáticos que constituem a base de todo o instrumento de ensino e de aprendizagem. Não são sistemas fechados, onde os utilizadores e subsistemas interagem através de procedimentos pré-estabelecidos, mas traduzem e delimitam os conhecimentos em processos dinâmicos de comunicação e perceção (Santos, 2009). Consequentemente, uma equipa de desenvolvimento deve lidar com um conjunto de aspetos que caracterizem o domínio educacional. É necessário ter em conta algumas das suas especificidades: a fundamentação pedagógica, conteúdo, interação aluno-ambiente-professor e a programação, as quais lhe permitem distingui-los de um *software* qualquer (Oliveira, 2003). Estes conhecimentos específicos deverão ser considerados em todas as fases do ciclo

de desenvolvimento deste tipo de ambientes que, conforme já referido, diferenciam o seu processo de conceção dos ambientes virtuais.

É importante e crucial que os ambientes virtuais colaborativos educacionais proporcionem um deslocamento da ênfase do ensinar para o aprender, ceda espaço à aprendizagem por livre descoberta, à aprendizagem colaborativa e construtiva, realimentando e redimensionando a prática do professor e permitindo que a escola extrapole seus limites físicos para interagir com o que se passa fora dela (Santos, 1993).

## 6.5. Estrutura Final do Modelo

As secções anteriores abrangeram uma série de conceitos que nos permitiram fundamentar, de uma forma não exaustiva o modelo para o desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais (AVCE). Esta secção descreverá de uma forma mais abrangente as notações gráficas e técnicas do nosso modelo de conceção de alto nível, de acordo com os diagramas das metodologias que lhe dão sustentação.

O modelo visa descrever e normalizar os processos de planeamento, análise, desenvolvimento, manutenção e avaliação. É baseado no processo unificado seguindo os conceitos de desenvolvimento incremental e evolutivo, usando a prototipagem. Contempla aspetos computacionais e educacionais, de interface e colaboração. Desta forma, considera-se importante contemplar todas as fases de ciclo de desenvolvimento de *software*, constituídas por um conjunto de modelos (ver figura 6.3).

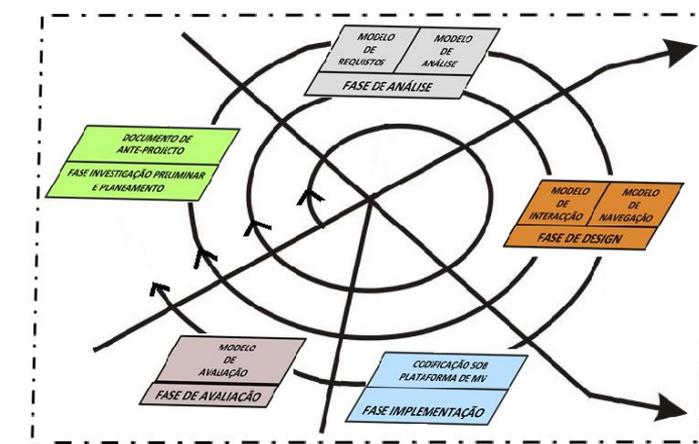


Figura 6.3. Modelos que constituem cada fase do modelo de alto nível proposto.

Vejamos agora em pormenor cada um dos diagramas que compõem cada modelo da abordagem proposta e os documentos produzidos.

## **I. Documento de Ante- Projeto**

O documento Ante - Projeto é um documento escrito resultante do estudo efectuado ao longo das fases de Investigação Preliminar e Planeamento. Tem por finalidade ajudar a averiguar a melhor forma de conceber o ambiente e será constituído, essencialmente pela seguinte estrutura:

### **A. Introdução**

#### **A.1. Objetivo do projeto**

Descrição dos objetivos e mensagens a transmitir, explicitando claramente o tipo de aplicação a desenvolver

#### **A.2. Equipa de desenvolvimento**

A equipa de desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais é uma equipa qualificada e multidisciplinar. Podemos encontrar pessoas com os seguintes perfis:

- Programadores: encarregados de desenvolver o ambiente. Implementam técnicas de computação gráfica, inteligência artificial, efeitos sonoros, interação, entre outras.
- Designers: responsáveis pelo cenário do ambiente, criam objetos, texturas, ilustrações, animações, etc.
- Especialista de conteúdos (ou Pedagogo): responsável pela seleção, organização e redação dos conteúdos a incorporar no ambiente.
- Engenheiro de *software*: responsável por planejar, conceber, dividir o ambiente num conjunto de requisitos técnicos e estimar o tempo e esforço necessário para implementar estas características.
- *Avaliadores*: geralmente surgindo nas fases finais do projeto. São incumbidos de testar o ambiente, procurando falhas e possíveis erros.

Cada um dos elementos da equipa irá desempenhar tarefas específicas na construção do AVCE.

### **A.2.1. Tarefas a desempenhar**

Especificação em pormenor das tarefas a serem executadas pelos diferentes elementos da equipa de desenvolvimento.

### **A.2.2. Cronograma**

Descrição do fator tempo, estabelecendo um escalonamento de tarefas, competências e recursos para a realização do projeto, bem como um calendário global para o projeto (Diagrama de Gantt, Redes de PERT por exemplo);

## **B. Estudo de Viabilidade**

Antes de um projeto começar alguém tem que ter uma ideia, algo a comunicar a uma audiência. Esta ideia deve ser analisada e discutida com todos os elementos que compõem a equipa de desenvolvimento. O objetivo é determinar se existe viabilidade de ser implementada.

Sendo uma ideia viável e uma vez identificado o objetivo do sistema, determinamos os requisitos necessários para se criar um plano global para a realização do AVCE.

No final a equipa de desenvolvimento deverá saber responder às seguintes questões:

- Que produto se irá fazer?
- Onde será feito?
- Quando será feito?
- Quem o vai fazer?
- Quanto tempo se precisará?
- Quais os recursos a utilizar?
- Quais os custos inerentes ao projeto?

### **C. Especificação do ambiente**

Antes de ser iniciada a especificação do ambiente, algumas questões como a seguintes, deverão ser ponderadas.

- Qual (is) a(s) teoria(s) de aprendizagem ou o paradigma predominante que melhor se adaptam aos objetivos do AVCE?
- Qual é o público-alvo?
- O que se espera dos alunos?
- Que recursos serão utilizados para trabalhar os conteúdos? Material instrucional? Áudio? Vídeo? Páginas Web? Objetos de aprendizagem? Videoconferência?
- Que tipos de atividades serão utilizados? Direcionadas? Não direcionadas? Resolução de problemas? Projetos de aprendizagem? Casos de estudo?
- Qual o tipo de interação/comunicação que se espera dos alunos?

Após termos respondido a estas questões será mais fácil de descrevermos as secções seguintes.

#### **C.1. Definição dos objetivos do ambiente**

Descrição detalhada dos objetivos. É de extrema importância que a definição do objetivo do AVCE seja expresso de forma clara e perceptível.

#### **C.2. População Alvo**

A identificação da população alvo é um critério fundamental para a forma como se irá implementar qualquer aplicação no domínio da educação. Este facto advém de cada aluno ser diferente do outro. Cada aluno é um caso, com aptidões, capacidades, ou outros atributos intelectuais insuficientes ou inadequados, que precisam de tempo para executar ou completar as atividades de aprendizagem, beneficiando de uma instrução individualizada, no que diz respeito ao ritmo de aprendizagem ou tempo de progressão escolar, e aos conteúdos dos próprios conhecimentos a adquirir (Joyce-Moniz, 1989). Cada aluno aprende da maneira

que é melhor para ele, aumentando a motivação para a aprendizagem, pois cada pessoa tem de encontrar seu próprio caminho, já que não existe um único para todos (Sternberg e Grigorenko, 2003). Considerando que alunos diferentes lembram e integram informações com diferentes modalidades sensoriais, identificar os estilos específicos da aprendizagem, torna-se bastante útil (Markova, 2000). Partindo deste pressuposto, cabe-nos conceber um ambiente que respeite as diferenças individuais, permitindo que os alunos possam construir adequadamente os conhecimentos a partir das suas habilidades mentais, as quais estão relacionadas com o seu perfil de aprendizagem.

### **C.3. Especificação do modelo Pedagógico**

Um modelo pedagógico pode ser descrito como visões do ensino e da aprendizagem e representa modelos cognitivos ou construtores teóricos derivados das teorias da aprendizagem (Dabbagh et al , 2005). Este modelo deve ser capaz de orientar as ações educacionais e funciona como um plano estratégico que tem como finalidade orientar as ações educacionais a serem desenvolvidas. Deve conter algumas características, a saber:

- Fundamentos pedagógicos que orientam os métodos educacionais a serem aplicados
- Esclarecer a estrutura, a metodologia de ensino e as atividades programadas para a obtenção de um objetivo educacional específico.

Estes modelos pedagógicos assumem especial importância aquando da conceção do AVCE, uma vez que um dos principais objetivos de qualquer *software* para educação é proporcionar condições para que os alunos possam adquirir novos conhecimentos e, conseqüentemente, possam aplicá-los na sua atividade profissional. No entanto, para estes objetivos serem atingidos de forma mais ou menos eficaz, dependem em grande parte das estratégias de instrução, da escolha das técnicas de aprendizagem, e das atividades de aprendizagem a serem utilizadas. Estes elementos, segundo o nosso ponto de vista, devem ser ponderados para que se confira qualidade ao *projeto* instrucional e permita que o aluno participe no processo de ensino/aprendizagem para aquisição do conhecimento.

#### **C.4. Estratégia de instrução**

O modelo proposto tem como base a teoria do construtivismo e a aprendizagem situada. A ideia é permitir que a aprendizagem se desenvolva com o aluno fazendo alguma coisa. Estes não devem simplesmente absorver conteúdos e conhecimento, devem poder modificá-los e produzi-los. O aluno torna-se um elemento mais ativo, sendo autorizado a participar na aprendizagem através da colaboração e interação.

A aprendizagem depende de cada individuo, ou seja, cada individuo possui um método e estratégia para adquirir conhecimento (estilo de aprendizagem).

Honey e Mumford (1998), baseando-se no trabalho de Kolb (1981), definem quatro estilos de aprendizagem:

- Estilo Ativo: valoriza dados da experiência, entusiasma-se com tarefas novas e é muito ágil.
- Estilo reflexivo: atualiza dados, estuda, reflete e analisa; não aceita sem analisar outros caminhos.
- Estilo teórico: é lógico, estabelece teorias, princípios, modelos, busca a estrutura, sintetiza.
- Estilo pragmático: aplica a ideia e faz experiências; a experimentação e a acção são geradoras da convergência de ideias que conduzem a novas ações e a novas experiências.

Delinear os estilos de aprendizagem permite-nos conhecer a forma de aprender do ser humano, contribuindo muito para nos facilitar a construção do processo de ensino e aprendizagem na perspectiva das tecnologias (Barros, 2008). Partindo destes pressupostos, o nosso modelo toma como base a necessidade de adaptar o AVCE ao perfil do aluno e utiliza algumas das estratégias de instrução definidas por Alessi e Trollip (1991): tutoriais, exercícios repetitivos, simulações e jogos; e por Heilnich et al (2002): demonstrações e aprendizagem baseada em projetos. Assim, podemos orientar os possíveis procedimentos metodológicos de ensino em busca de um caminho que possa acomodar diferentes estilos de aprendizagem tentando-se equilibrar o modo como se ensina. O ensino por meio de estratégias de instrução ajuda os alunos a terem o controlo e reflexão

a respeito do processo de aprendizagem, abrindo espaço para “aprender a aprender” e “aprender a pensar” (Boruchovitch, 1999).

O AVCE é então estruturado a partir de um planejamento didático com maior ênfase no aluno e nas suas necessidades. A aprendizagem é facilitada operacionalizando os modelos pedagógicos.

A tabela 6.8 apresenta as estratégias de instrução adotadas pelo modelo.

**Tabela 6.8.** Estratégias de instrução, objetivos e características adotadas pelo modelo

<b>Estratégias de Instrução</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Caraterísticas</b>
Tutorial	O aluno passa a ter o controle total do programa; A necessidade de adquirir o conhecimento é decidida pelo estudante  As decisões sobre o que se quer aprender e quando aprender não são impostas	Os estudantes encontram à sua disposição o material educacional. O material inclui o conteúdo e os meios para facilitar a aprendizagem  Pode contactar o professor através dos mecanismos que lhe estão ao dispor
Simulações	Simular situações que na vida real são difíceis e demasiadas caras de se realizarem  Usada na formação profissional	Interação dos avatares com objetos é mais realística  A simulação reflete as interações de objetos do mundo real
Demonstrações	Comunicar ideias/praticas permitindo ao aluno observar  Usada para mostrar como algo funciona ou como é feito, explicar e ilustrar claramente como se faz algo	Interação direta entre o professor/instrutor e os alunos  A demonstração envolve a definição de uma atividade  Três elementos presentes: audiência, demonstrador e ferramentas auxiliares  Permite que os alunos entendam claramente um processo experimental ou como um equipamento funciona

Estratégias de Instrução	Objetivos	Caraterísticas
Resolução de Problemas	<p>Envolver os alunos em experiências reais. Devem ser colocados dentro da situação problemática para explorarem os recursos e usar diferentes materiais para encontrarem soluções</p>	<p>Aprendizagem é impulsionada desafiando os alunos com problemas que se relacionam de forma significativa com situações da vida real</p> <p>Os alunos trabalham em pequenos grupos colaborativamente</p> <p>Professores assumem o papel de "facilitadores" da aprendizagem,</p> <p>Colocam questões e ajudam a orientar os alunos no recorrer da resolução do problema</p>
Exercícios - Repetitivos	<p>Focar os alunos num tópico concreto</p> <p>Obter ideias de forma a realizar um projeto de pesquisa</p> <p>Identificar rapidamente vantagens/aspectos positivos bem como</p> <p>Desvantagens/áreas problemáticas relacionadas com um tema, ideia</p>	<p>Deve haver transparência em todas as ideias e as questões devem estar visíveis para todos os participantes</p> <p>Comunicação; cooperação; input interdisciplinar; permite interação e partilha de conhecimento</p>
Jogos	<p>Permitir o desenvolvimento pessoal, melhorar a autoestima, estabelecer diálogo, quebrar barreiras sociais e culturais</p> <p>Projetado com o propósito de resolver um problema, mas em forma de jogo</p>	<p>Permite uma estreita ligação entre a ação e o feedback instantâneo. Os alunos são capazes de avaliar suas próprias atividades</p>

### C.4.1. Escolha das técnicas de aprendizagem

A equipa de desenvolvimento deverá relacionar as estratégias de aprendizagem com o que foi dito anteriormente e definir qual a técnica de aprendizagem mais eficaz a ser usada no ambiente a conceber.

Na tabela 6.9 apresentam-se algumas das técnicas de colaboração, adotadas por Turani (Turani, 2009), as quais têm sido aplicadas em ambientes virtuais multiutilizador. Estas técnicas tendem a desenvolver vários tipos de competências, tais como, de pensamento criativo, crítico, analítico e refletivo, e são categorizadas de acordo com as competências e pensamento. Por exemplo a técnica de *brainstorming* incentiva à obtenção de competências de pensamento criativo enquanto as técnicas de discussão incentiva à aquisição de competências de pensamento crítico (Turani, 2009).

**Tabela 6.9.** Algumas técnicas de aprendizagem

<b>Técnica</b>	<b>Descrição</b>
Discussão (informal, mesa redonda)	Esta técnica estabelece e incentiva o grupo a partilhar o conhecimento entre os alunos através da discussão  Estimula a uma participação equilibrada  São dependentes do contexto  Permite desenvolver competências de pensamento crítico
Brainstorming	Usada para gerar muitas ideias ou soluções num curto espaço de tempo  Motiva os grupos a gerarem ideias ou soluções criativas, não permitindo crítica ou elaboração  Permite desenvolver competências de pensamento criativo
Grupo de Nomeação	Esta técnica é uma versão evoluída do Técnica de Brainstorming  É ideal para a tomada de decisões para um determinado tema ou problema sem uma solução específica cuja resolução implica não só a criação de ideias ou soluções, mas também escolher a melhor ideia

<b>Técnica</b>	<b>Descrição</b>
Role-play	Usada para treinar ou demonstrar diferentes aspetos de um tópico Permite desenvolver competências de pensamento critica
Pro/Contra	Usado para incentivar os alunos a apresentar diferentes pontos de vista O professor fornece um período específico de tempo para os participantes a estudarem um lado particular de uma questão controversa Permite desenvolver competências de pensamento critica
Debate	Esta técnica é ideal para esclarecer uma questão controversa pela apresentação do melhor argumento a favor ou contra a proposta Esta estratégia de interação é usada para ajudar os alunos a desenvolver o pensamento crítico e as competências auditivas
Jigsaw	Usado quando um pequeno grupo enfrenta o estudo com uma grande quantidade informação a respeito de um problema complexo que necessita de resolução Exige que se divida em pequenos sub-problemas para ajudar na resolução Incentiva ao desenvolvimento de competências de pensamento analítico e crítico
Think-Pair-Share	Isto normalmente é usado com o conteúdo que exige reflexão individual, a discussão entre pares Incentiva ao desenvolvimento de competências de pensamento analítico e crítico
Pirâmide	Geralmente usada com o conteúdo que exige reflexão individual e, em seguida, vários níveis de discussão em grupo e explicação Incentiva ao desenvolvimento de competências de pensamento analítico e crítico
Buzz Group	Usado para reunir potenciais soluções para um problema usando pouco tempo para a discussão em grupo

<b>Técnica</b>	<b>Descrição</b>
Estudo de casos	Ajuda os participantes a desenvolver competências na identificação de interesses, análise de problemas e identificação de soluções
Aprendizagem colaborativa	Envolve vários alunos num trabalho comum em que cada um é responsável pela sua aprendizagem e por ajudar os colegas a aprender
Aprendizagem baseada em problemas	Os alunos recebem a descrição de um problema e têm de encontrar a informação necessária para o resolver Envolve ativamente os alunos com problemas decorrentes de práticas reais
Aprendizagem baseada em projetos	Fornecer tarefas complexas com base em questões desafiantes ou problemas que envolvem os alunos na resolução do problema, na tomada de decisões. Os Alunos desenvolvem competências de investigação e reflexão A aprendizagem é focada em questões que guiam os alunos a encontrar os conceitos centrais e os princípios de um assunto de hands-on

### **Implicações das estratégias de instrução e técnicas de aprendizagem no desenvolvimento**

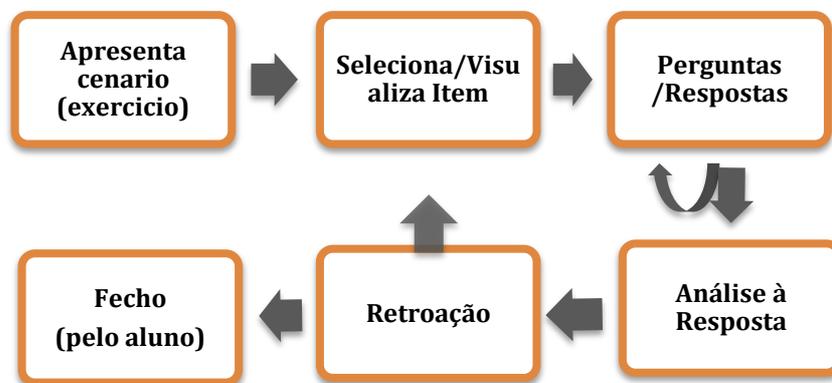
Uma estratégia é um plano, ou seja, uma estrutura de ação visando atingir determinados objetivos. As estratégias de instrução podem ser vistas como esquemas de planos que definem formas de apresentar o material instrucional ao aluno (Neiva & Neto, 2001). Assim, a equipa de desenvolvimento depois de ter delineado os objetivos e os conteúdos, deve planificar uma sequência de táticas capazes de apresentar com sucesso um determinado tópico a um determinado aluno. Por exemplo, se optarmos por uma estratégia de instrução do tipo:

➤ Simulação/ Demonstrações - onde os alunos aprendem quer através das decisões que tomam quer pela aprendizagem das consequências dessas decisões, a equipa de desenvolvimento poderá estruturar o material instrucional, conforme a figura 6.4.



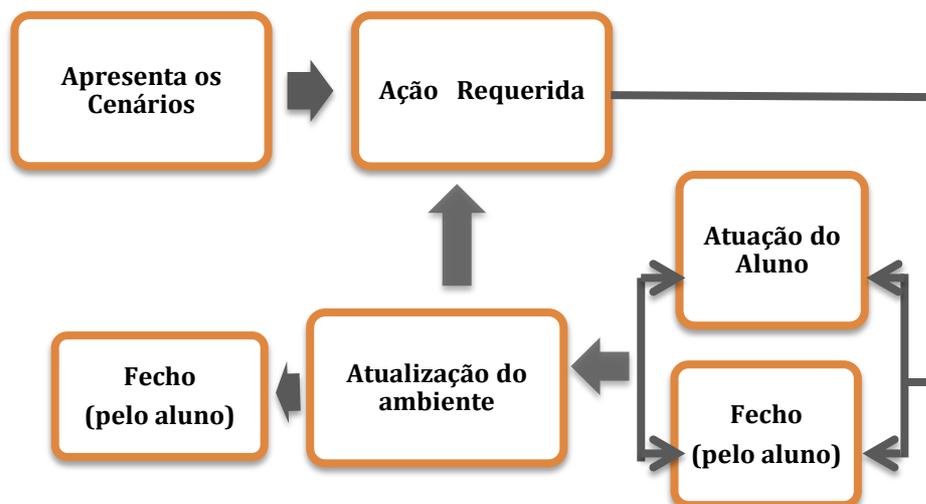
**Figura 6.4** – Circuito de desenvolvimento para um ambiente de simulação/Demonstração

➤ Exercícios Repetitivos/Resolução de Problemas - onde os alunos respondem a um conjunto de exercícios. O relacionamento do aluno com o ambiente direciona-se no sentido de melhorar a estruturação de ideias e de complementaridade de raciocínio. O material instrucional poderá ser estruturado conforme a figura 6.5.



**Figura 6.5** – Circuito de desenvolvimento para um ambiente de exercícios repetitivos/resolução de problemas

➤ Jogos - onde os alunos aprendem jogando. A equipa de desenvolvimento poderá estruturar o material instrucional, conforme a figura 6.6.



**Figura 6.6** – Circuito de desenvolvimento para um ambiente de jogos

➤ Tutoriais – têm uma relação estreita com os exercícios repetitivos. Apresentam-se como um conjunto de perguntas/respostas, organizadas em seqüências ramificadas, com vários níveis de complexidade, nos quais o aluno é conduzido à aprendizagem ou a melhorar o conhecimento de um assunto já estudado. A figura 6.7 demonstra uma possível estruturação de um ambiente do tipo tutorial.



**Figura 6.7** – Circuito de desenvolvimento para um ambiente tutorial.

Após esta estruturação, a equipe de desenvolvimento de AVCE também deverá planejar situações e definir os meios propícios à ocorrência aprendizagem por parte dos alunos. Desta forma recorre-se a técnicas de aprendizagem, as quais se articulam com as estratégias de instrução que, segundo Anastasiou e Alves (2004) podem ser compreendidas como um processo de uma arte, jeito ou

habilidade de executar algo. Dizem respeito a habilidades que recorrem a determinadas regras para se conseguir certos fins. É um conjunto de atividades sistematicamente organizadas, que têm como objetivo propiciar ao aluno uma aprendizagem eficaz, contribuindo para o seu aperfeiçoamento individual e/ou do grupo.

Dado que uma técnica de aprendizagem é uma técnica didática, conceito reservado para procedimentos concretos de maior nível de especificidade, muitas vezes, característicos de certas áreas ou tipo particular de objetivos elas estão relacionadas com as estratégias de instrução, sendo necessário a equipa de desenvolvimento saber quais as técnicas que melhor se adaptam aos objetivos inicialmente predefinidos para o ambiente. No entanto, qualquer das técnicas descritas anteriormente podem ser aplicadas a qualquer das estratégia de instrução referidas, pois estas estão relacionadas com aprendizagem colaborativa, conceito central dos ambientes que pretendemos desenvolver - os ambientes virtuais colaborativos educacionais. A escolha de qual a utilizar depende dos objetivos de aplicação e do contexto de ensino aprendizagem e da experiência do Pedagogo.

As técnicas de aprendizagem possuem também uma relação direta com a qualidade da interação aluno/professor, aluno/aluno, aluno/interface, aluno/conteúdo, as quais devem ser aprimoradas na sua maior parte, das técnicas já existentes e desenvolvidas outras que sejam adequadas aos ambientes virtuais colaborativos educacionais.

#### **C.4.2. Definição das atividades de aprendizagem**

O Design de atividades de Aprendizagem para AVCE deve envolver padrões que possam orientar a conceção da mesma.

A modelação das atividades envolve a descrição dos recursos, atores e ações do processo de aprendizagem a partir da definição dos cenários de aprendizagem (Viéville e Peter, 2002).

Como o modelo a propor está direcionado para o desenvolvimento de AVCE, o desenvolvimento das atividades em conjunto por um grupo de alunos, a fim de completar uma tarefa ou solucionar um problema, segue o princípio da aprendizagem cooperativa. Tal abordagem permite a interação e a troca de experiências, proporcionando a retenção de conhecimento de forma mais significativa (Jonassen et al, 1995). Assim, na definição das atividades de

aprendizagem, devemos sempre que possível ter o cuidado de se considerar dois momentos: individuais e coletivos. Nos momentos coletivos, ou seja, em grupo, podemos oferecer ao aluno subatividades.

No nosso entender, as atividades serão elaboradas pelo professor, que elaborará uma descrição textual do fluxo de aprendizagem que defina as ações do aluno e do professor no processo de aprendizagem.

A especificação das atividades de aprendizagem nesta fase irá permitir-nos mais tarde ajudar a definir o modelo de interação.

### **C.5. Conceção dos conteúdos**

De acordo com Zabala (Zabala, 2007), os conteúdos devem desenvolver-se de acordo com objetivos traçados e devem “implicar a formação da faculdade de pensar em tudo aquilo que pede interpretação e a recriação da realidade.” Podem ser classificados em três categorias: procedimentais, conceituais, atitudinais. Os “conteúdos procedimentais” referem-se a situações do ensino em que os próprios conteúdos de aprendizagem conduzem a ações de forma organizada e dirigidas para um objetivo específico. Deste modo, os “conteúdos procedimentais” estão associados ao “saber fazer”, nomeadamente com as técnicas, habilidades, destrezas, estratégias e os métodos. Os “conteúdos conceituais” referem-se à construção ativa de capacidades intelectuais para operar símbolos, imagens, ideias e representações que permitam organizar as realidades. Finalmente, os “conteúdos atitudinais” referem-se à formação de atitudes e valores em relação à informação recebida, visando a intervenção do aluno em sua realidade

Os conteúdos são um elemento de extrema importância para a qualidade do ambiente. De nada valerá a uma aplicação educacional se a qualidade da informação que a íntegra não atingir o mesmo nível de performance. É por isso que o professor, no papel de especialista de conteúdos, deverá dedicar mais atenção e eventualmente uma das tarefas que exige maior investimento.

A seleção dos conteúdos requer que se tenha em conta o seu design, se une fatores técnicos, gráficos e pedagógicos, se é motivador (ou não) para o aluno, se é interativo, se permite ter atividades práticas que possam ser desenvolvidas coletivamente e/ou individualmente. A ideia central é recolher todo o material disponível, nos vários formatos e suportes possíveis (texto, fotografia, animações, sons, vídeos, etc.), para depois se selecionar os conteúdos em função dos objetivos delineados e do perfil de aprendizagem. A sua pertinência relativamente

aos objetivos da aplicação e a adequação, por exemplo em termos de linguagem, aos futuros utilizadores, devem ser algumas das preocupações centrais de quem assume a tarefa de redação dos conteúdos.

Recolhida toda a informação respeitante aos conteúdos a integrar no ambiente, é necessário organizar e estruturar a informação, uma vez que a natureza dos conteúdos determina, em parte, o tipo de estrutura de uma aplicação. O professor deverá esquematizar e representar as relações existentes entre os diferentes módulos e conceitos que integram o conteúdo da aplicação. Isto não é mais que um esboço esquemático ou mapa geral da forma como se organiza a informação. Este mapa pode ser representado de forma escrita, através da explicitação de cada um dos tópicos que o compõem, com as respetivas subdivisões. Desta forma, podemos clarificar as ideias e facilitar a comunicação entre os diferentes elementos da equipa de desenvolvimento.

## **II. Modelo Requisitos**

### **A. Diagrama de Use Case**

O diagrama de Use case tem como objetivo descrever e definir os requisitos funcionais do AVCE. Ele é descrito em termos de atores externos, *use cases* e do sistema modelado.

Para se identificar os *use cases* do AVCE, a equipa de desenvolvimento deverá identificar os intervenientes do sistema e depois considerar o que cada ator exige o sistema.

A figura 6.8 apresenta como exemplo ilustrativo de um diagrama de *use case*.

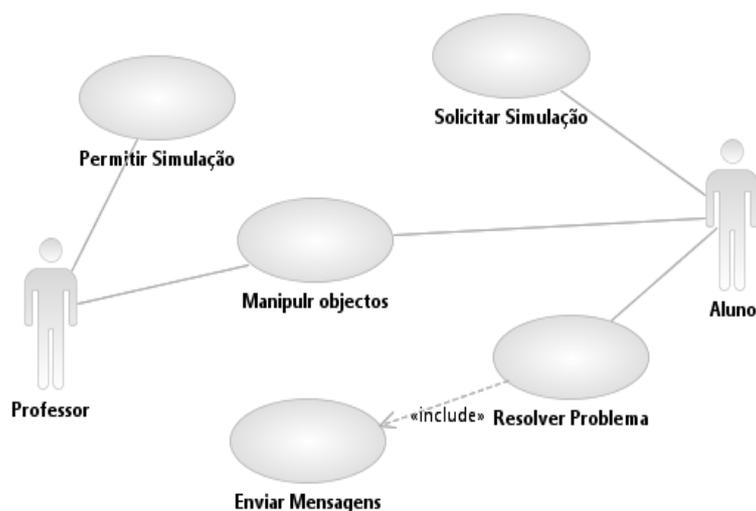


Figura 6.8. Exemplo de um diagrama de *use case*

### III. Modelo Análise

#### A. Diagrama de Análise

O diagrama de análise é usado com o propósito básico de fazer a modelação do vocabulário do sistema e a modelação de colaborações simples. A modelação do vocabulário do sistema é utilizada para identificarmos as abstrações que fazem parte do sistema. A modelação de colaboração simples é utilizada para representar um conjunto de classes, interfaces e outros elementos que funcionam em conjunto para proporcionar algum comportamento cooperativo, ou seja, o diagrama mostra como as classes trabalham em conjunto permitindo a compreensão de uma semântica maior do que se estas mesmas classes fossem analisadas individualmente. Assim, este diagrama é composto por três níveis de abstração de modelação: objetos, relações e multiplicidade.

O diagrama de análise utiliza diferentes objetos (objetos entidade; objetos de interface; objetos de controlo), os quais no seu conjunto permitem ilustrar graficamente as interações entre os objetos participantes num use case. Esta categorização é determinada pela responsabilidade atribuída aos objetos no sistema. A responsabilidade implica que cada objeto é especialista em realizar um dos três tipos de tarefa:

- ✚ Se comunica com atores – INTERFACE (também designado por Fronteira)

- ✚ Manter as informações do sistema – ENTIDADE
- ✚ Coordenar a realização de um use case – CONTROLO

A importância dessa categorização está relacionada com a capacidade de adaptação do AVCE a eventuais mudanças

Para identificarmos os objetos do AVCE a equipa de desenvolvimento poderá analisar isoladamente cada use case. Assim, para um use case específico identificamos os objetos de interface, entidade e controlo. Após a identificação dos objetos, agrupamos aqueles que possuem características comuns usando o conceito de classe. As classes podem ser agrupadas e nomeadas por grupos semelhantes por intermédio de estereótipos (classes entidade, classes interface ou fronteira e classes de controlo).

Após a identificação das classes que compõem o AVCE, devemos identificar de que forma elas estarão relacionadas umas com as outras, porque as classes podem colaborar entre si para realizar uma determinada tarefa.

Para uma melhor compreensão dos conceitos descritos a figura 6.9. ilustra um exemplo de diagrama de classes.

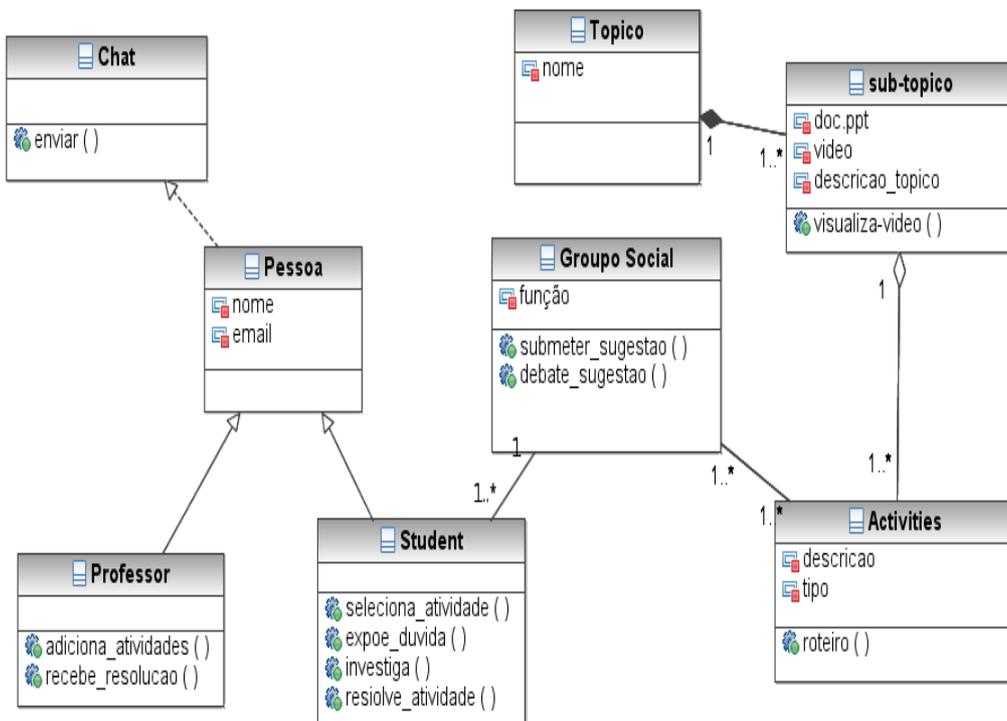


Figura 6.9. Ilustração de um exemplo de um diagrama de classes

## **B. Storyboards**

A criação de *storyboards* no nosso modelo surge como um complemento à descrição dos objetos de interface. O seu objetivo é fornecer à equipa de desenvolvimento uma estrutura e uma visualização global do AVCE, permitindo dar uma ideia clara de posicionamento, fala, enredo e demais quesitos instrucionais que se encaixam da melhor forma.

Para a sua elaboração iremos seguir os critérios segundo Costa (1998):

“O desenvolvimento de um *storyboard* implica a elaboração de um resumo descritivo da aplicação, pesquisa e seleção dos conteúdos, organização da informação e representação da estrutura da aplicação, desenho da interface, redacção dos conteúdos e especificação dos elementos multimédia.”

É seguindo estes passos que os membros da equipa de desenvolvimento do AVCE viabilizam a construção do Storyboard. Parte deste trabalho já foi realizado na fase de investigação preliminar e planeamento, aquando da descrição dos conteúdos.

No desenvolvimento *do storyboard*, professores e a equipa pedagógica trocam um fluxo contínuo de avaliações, enviando e recebendo versões do storyboard que levam à correção e sugestão pelos professores. A organização do storyboard é uma característica importante, pois proporciona uma visualização clara do que será o AVCE por parte dos professores e, também, da equipa de desenvolvimento

O modelo de storyboard é fundamental para a fase de implementação (Amante e Morgado, 2001), pois tem o objetivo de ilustrar e possibilitar a visualização prévia do que será desenvolvido pela equipa (Vargaset al., 2007). Assim, sugerimos que seja definido para cada espaço que irá compor o ambiente, um storyboard que especifique em pormenor os conteúdos (texto, áudio, vídeo, animações), as interligações, os formatos e atributos e a localização dos elementos interativos. A figura 6.6 mostra um possível storyboard para um espaço de informação existente num específico ambiente.

<b>Nome da atividade:</b> Sólidos Geométricos	
<b>Formas de apresentação:</b>	Texto (slides) Vídeo
<b>Esboço do cenário</b>	
<b>Personagens</b>	Locutor e Audiência
<b>Fala das personagens</b>	Avatar locutor fala para a audiência explicando o conceito de sólidos geométricos Audiência expõe questões via chat
<b>Ligações:</b>	-----

Figura 6.10 Exemplo de *storyboard* para um cenário de informação

O storyboard apresentado corresponde a um cenário de conteúdo teórico que possui alguns campos:

- Nome do cenário: Indica o nome do cenário;
- Forma de apresentação: indica-nos o tipo de mídia a utilizar neste cenário;
- Esboço do cenário: é o esboço gráfico do cenário;
- Personagens: indica-nos as possíveis figuras que estarão presentes no cenário;
- Fala dos personagens: apresenta os diálogos das personagens contidas no cenário;
- Ligações: permite identificar se existe ligação a sistemas externos;

Como os ambientes virtuais colaborativos educacionais, poderão ter uma área de aprendizagem, é conveniente existir outro tipo de *storyboard*. Na figura 6.7 apresenta-se um possível *storyboard* para uma determinada atividade.

<b>Nome da atividade:</b> Palavras Cruzadas		
<b>Explicação:</b>	Nesta atividade apresenta-se as perguntas referentes a sólidos e figuras geométricas e numa caixa de diálogo. O autor seleciona a opção correta. Se a palavra for correta apresenta-se essa palavra no painel. No final se o avatar não descobriu todas as palavras, apresenta-se a solução correta.	
<b>Esboço do cenário</b>		
<b>Exercício</b>	<b>Enunciado</b>	Para começares esta atividade deves clicar no painel. Após clicares no painel vão aparecer um conjunto de questões que deves analisar com cuidado.
	<b>Questões</b>	4Hor. Tenho 6 seis faces, 12 arestas e 8 vértices, .....
	<b>Respostas</b>	R4Hor) Cubo R32Hor ....
<b>Feedback</b>	<b>Negativo :</b> Erraste!!! OHHHHH!!!	<b>Positivo:</b> Muito Bem 😊😊😊
<b>Ligações:</b>	-----	

Figura 6.11 Exemplo de *storyboard* para um cenário de aprendizagem

Este *storyboard* corresponde a um cenário, onde o conteúdo é mais prático, o qual possui os seguintes campos:

- Nome da atividade: indica-se o nome da atividade;
- Explicação: descreve-se a atividade;
- Esboço do cenário: é o esboço gráfico do cenário.
- Exercício: apresenta-se o enunciado da atividade;
- Feedback: apresenta as mensagens após uma resposta dada do avatar, sendo divididas em duas categorias: negativas- se resposta errada; ou positivas- se resposta correta.

- **Ligações:** permite identificar se existe ligação a sistemas externos

Ao concebermos os *storyboards* devemos ter em conta o público-alvo, bem como os princípios da usabilidade de software, tais como: a simplicidade do *design* gráfico, consistência, flexibilidade, o controlo do utilizador e retroação (Nielson, 1999). Isto porque os princípios de usabilidade influenciam a aprendizagem, a eficácia, a memorização e a satisfação do utilizador ao explorar o ambiente (Carvalho, 2005).

#### **IV. Modelo Interação**

##### **A. Tabela de Ação**

A tabela de ação baseada na metodologia X-Tec, pressupõe a criação de uma matriz onde se caracterizam as atividades a realizar dos vários intervenientes do ambiente (Escudeiro, 2008)

Esta tabela de ação é representada por colunas e linhas. As colunas representam os intervenientes e as linhas representam as atividades a desempenhar relativas a cada interveniente.

Os intervenientes poderão ser professores, alunos (que irão mais tarde constituir os grupos sociais) e o próprio ambiente que realizará algumas ações em resposta às atividades destes grupos.

A construção da tabela de ação implica a obtenção da descrição estruturada das ideias para que o desenvolvimento ocorra de forma rigorosa e com qualidade (Escudeiro, 2008). A tabela 6.10 apresenta um pequeno exemplo ilustrativo duma tabela de ação.

**Tabela 6.10.** Exemplo ilustrativo duma tabela de ação.

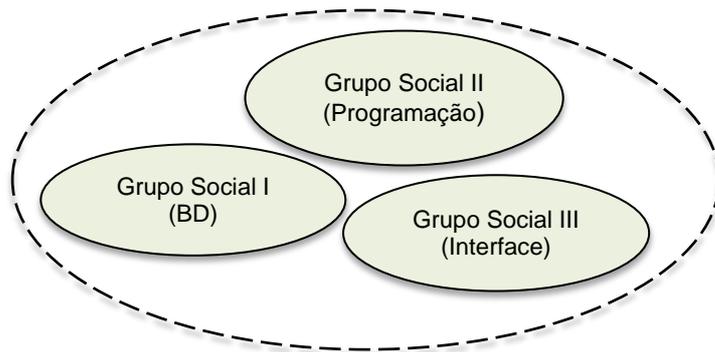
	Intervenientes	
	Grupos sociais	Ambiente AVCE
<b>Ações</b>	a) Escolhe atividades b) Solicita alterações c) Analisar e reflectir sugestão d) Comunica com outros membros e) Dá sugestões f) Resolve a atividade específica g) Construir solução final h) Socializa solução final i) Envia resolução j) Participa em fóruns k) Pede sugestões	a) Disponibiliza atividades b) Identificar membro do grupo social c) Disponibiliza conteúdos alternativos (moodle; Google) d) Regista sugestões e) Comunica com grupos sociais f) Visualiza chat g) Aviso sobre o acompanhamento da atividade h) Envia alerta tutor i) Visualiza a solução j) Discussão da solução apresentada para o problema

## B. Diagrama de colaboração

A criação de um diagrama de colaboração está baseada na metodologia de Menchaca, que pressupõe a criação de grupos sociais. Estes grupos sociais são grupos de trabalho, constituídos por um conjunto de alunos, os quais irão desempenhar algumas tarefas no ambiente a ser construído. Por exemplo, suponhamos que o nosso ambiente servirá como apoio à unidade curricular de bases de dados, para ajudar no ensino da linguagem PL-SQL. Os grupos sociais que se podem criar, por exemplo são:

- Grupo social I (BD) – grupo de trabalho responsável pela criação da base de dados para um determinado problema.
- Grupo social II (Programação) – grupo de trabalho responsável pela programação de funções.
- Grupo social III (Interface) – grupo de trabalho responsável pelo projeto da interface.

A figura 6.12 mostra o modelo conceptual de colaboração



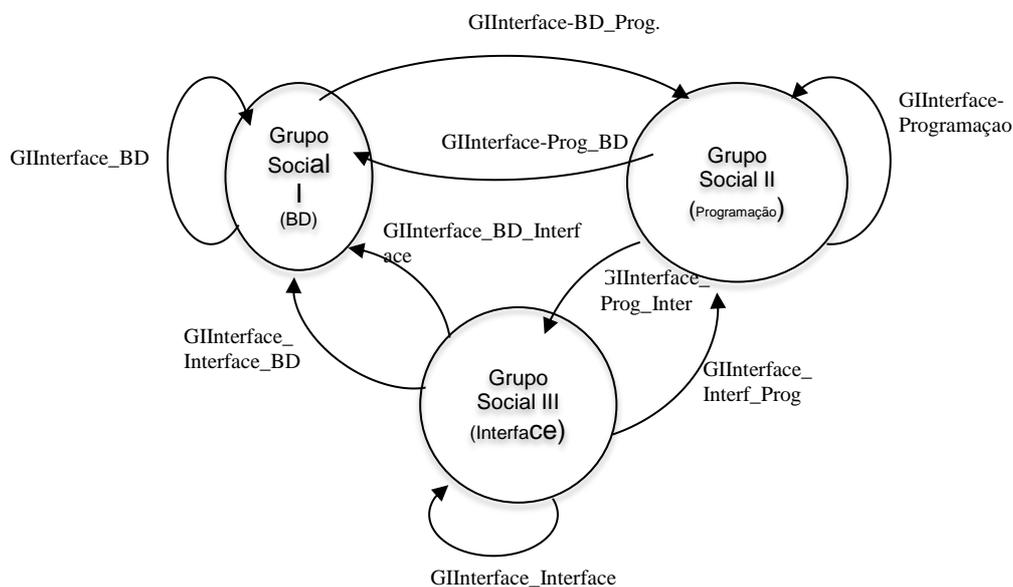
**Figura 6.12.** Modelo conceitual de colaboração

Após a criação dos grupos sociais e com base na tabela de ação é efetuada uma breve descrição das funções, restrições e serviços que cada grupo irá oferecer a outro grupo social, como poderemos observar na tabela 6.11.

**Tabela 6.11.** Descrição das funções, restrições e serviços para cada grupo social

GRUPOS	Grupo social I	Grupo social II	Grupo III
<b>Funções</b>	Construir solução parcial	Construir solução parcial	Construir solução parcial
	Comunica com outros membros	Comunica com outros membros	Comunica com outros membros
	Pede sugestão		
	Dá dicas	Dá dicas	Dá dicas
	Analisar e refletir sugestão	Analisar e refletir sugestão	Analisar e refletir sugestão
	Constrói solução final	Construir função	
<b>Restrições:</b>		[só constrói funções se tiver BD construída]	
			[se tem toda a informação por parte do grupo social BD e Programação] constrói interface
<b>Serviços</b>	Enviar solução final BD		
	Enviar alterações		
	Enviar as funções requeridas		

Após esta identificação é esboçado um gráfico de colaboração (ver figura 6.13)



**Figura 6.13.** Gráfico de colaboração

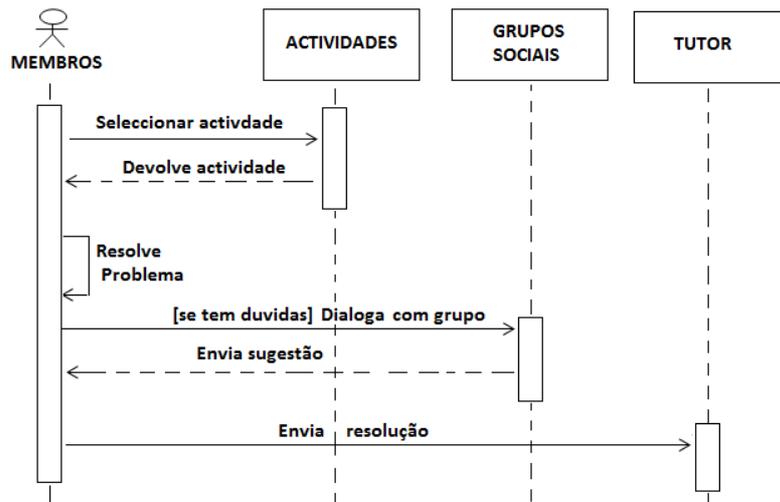
Através do gráfico de colaboração podemos observar como os diferentes intervenientes do AVCE interatuam (colaborando) uns com os outros. Neste exemplo o grupo social de BD interatua com os outros membros da sua equipa através da GIInterface\_BD quando um evento é gerado. Este por sua vez oferece serviços aos outros grupos sociais, os programadores e os *designers* do interface da aplicação. Por exemplo o grupo social de BD disponibiliza o serviço enviar a BD e comunicam com o grupo de programação mensagens de texto.

### C. Diagrama de Sequência

A construção de diagramas de sequências tem como objetivo ilustrar as mensagens trocadas entre os objetos.

Para se construir um diagrama de sequência, a equipa de desenvolvimento deve identificar quais os objetos que são necessários para a realização do use case que está em análise, assim como todos os estímulos, incluindo os seus parâmetros.

Para ilustrar o desenvolvimento deste diagrama consideremos o exemplo representado na figura 6.14.



**Figura 6.14.** – Diagrama de sequência para a execução de uma atividade por um determinado grupo social

Os estímulos são acontecimentos que são enviados entre objetos e inicializam uma operação.

Um estímulo é representado por uma linha horizontal dirigida (uma seta) que começa no objeto emissor e acaba no objeto recetor. Contudo quando existe uma mensagem de retorno a seta é representada por uma linha horizontal dirigida a tracejado.

O diagrama de sequência é usado para especificar a realização dos uses cases do AVCE bem como a realização de uma operação envolvendo diferentes objetos.

Estes objetos estão representados no diagrama de sequência através da dimensão horizontal. Por exemplo, na figura 6.10 os objetos para realização de uma atividade específica por um grupo social são: actividades, grupos sociais e tutor. Os estímulos ou mensagens que estes objetos trocam entre si são: seleccionar actividade; resolver actividade; dialoga com grupo; envia sugestão e envia resolução.

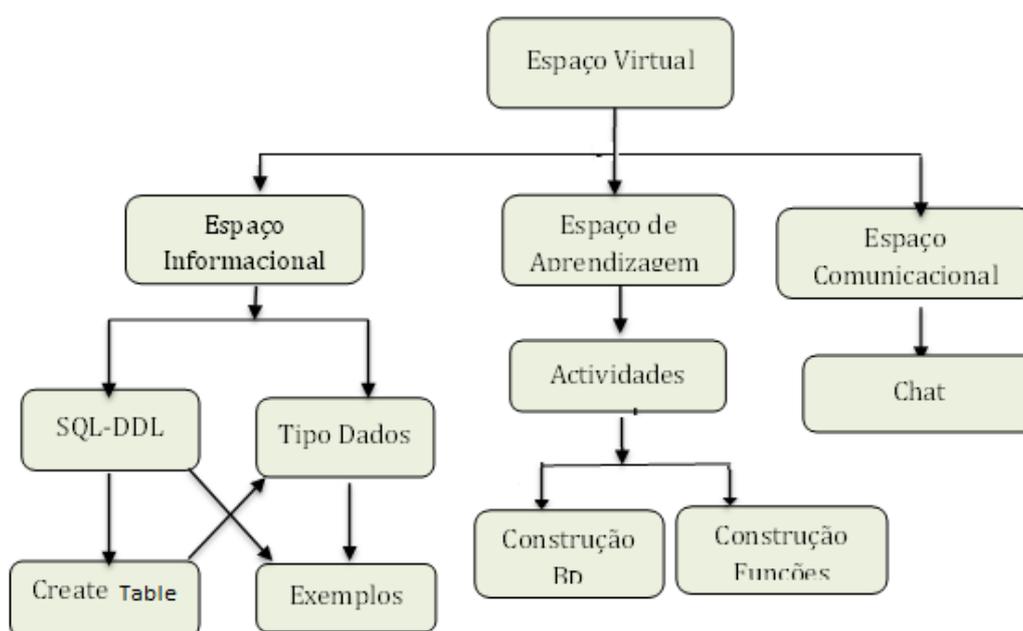
## V. Modelo de Navegação

### B. Mapa de Navegação

Os mapas de navegação têm como objetivo fornecer um modelo gráfico mostrando as relações entre os diversos subsistemas do espaço virtual. São extremamente úteis para se entender o sistema como um todo, para se perceber o fluxo de informação das áreas e entender a dificuldade ou não que o aluno terá em

chegar a um determinado local do sistema. “Mapas de navegação bem desenhados são uma efetiva fonte de comunicação porque exploram as habilidades da mente para se ver como se relacionam as suas estruturas físicas e permitem compreensão da complexidade do ambiente, reduzem o tempo de procura e revelam relações espaciais que de outra forma não seriam notadas.” (Dodge e Kitchen, 2001:65).

No decurso da criação da estrutura interativa do AVCE, os mapas de navegação são o instrumento base para o desenvolvimento do produto. São representados por um flowchart em que a forma mais comum é a representação bidimensional e vista de frente, como podemos observar na figura 6.15.



**Figura 6.15.** Exemplo de um gráfico de navegação de um AVCE.

As linhas entre as interfaces com as respetivas setas indicam as ligações e as possibilidades de navegação entre estas. Como um *flowchart* é uma ferramenta de trabalho convém ser clara e de fácil entendimento.

Tradicionalmente os mapas de navegação possuem diferentes estruturas base, tais como, lineares, redes, hierárquico e linear modificada. No entanto, dado que os ambientes virtuais tridimensionais permitem ao utilizador um elevado grau de liberdade na sua movimentação ao longo do ambiente, somos da opinião que a estrutura que melhor se adequa aos ambientes virtuais colaborativos educacionais é uma estrutura de padrão hierárquico possuindo diferentes tipos (ver figura 6.10).

## **VI. Modelo de Avaliação**

Para avaliar o AVCE iremos usar o modelo de avaliação proposto nesta tese. Este modelo tem como base a *framework* denominada por QEF (Quantitative Evaluation Framework) desenvolvida por Escudeiro em 2008 e, será explorada no próximo capítulo.



# 7

## Modelo de Avaliação de Ambientes Virtuais Colaborativos Educacionais

*“A qualidade nunca se obtém por acaso,  
é sempre o resultado do esforço inteligente”.*

*-- John Ruskin (1819-1900)*

---

Este capítulo apresenta uma proposta de um modelo para avaliação de ambientes virtuais colaborativos educacionais. Numa fase inicial será abordado o conceito de qualidade de *software* e posteriormente serão descritas em pormenor as fases que compõem o referido modelo e explicar-se-á como se aplica na avaliação de ambientes virtuais colaborativos educacionais.

---

## 7.1. Introdução

*A*valiar é uma atividade na qual se compara a realidade com um modelo considerado ideal, designado por um padrão (Ramos; Mendonça, 1991).

Uma avaliação envolve a emissão de um julgamento de valores sobre as qualidades de algo e requer tomada de decisões progressivas (Cabero,1998). Como forma de facilitar esta tomada de decisões tem-se procurado estruturar métodos que permitam avaliar os produtos. No que se refere à avaliação da qualidade de um *software*, estes métodos baseiam-se num conjunto de características que são consideradas como características de qualidade desejáveis, as quais devem estar organizadas. Para atingir esta qualidade devemos ter em atenção o processo de desenvolvimento e o produto em si. A qualidade do processo contribui para a melhoria da qualidade do produto e a qualidade do produto contribui para a melhoria da qualidade de uso (ABNT,2003).

Avaliar a qualidade de um produto de *software* vai muito além da preocupação com defeitos de funcionamento (Pfleeger 2001; Pressman 2000). Diversas características devem ser analisadas, tais como as consideradas na série de normas ISO/IEC 9126 visando a avaliação da qualidade interna e externa de produtos de *software* (ABNT 2003). Porém, dependendo do tipo de *software* e do seu grupo de utilizadores, diferentes fatores podem ser mais ou menos importantes (Kan 2002). Por exemplo, para um determinado grupo de avaliadores, características que permitem facilitar a aprendizagem e a usabilidade podem ser importantes e para outros não. Neste sentido, é fundamental que as metodologias de avaliação de *software* levem em consideração a área de aplicação do *software* a ser avaliado.

Como o foco desta tese são os ambientes virtuais colaborativos educacionais, estes também necessitam de uma avaliação quanto à sua qualidade, uma vez que são colocados à disposição dos professores e alunos para contextualizar o processo de ensino/aprendizagem. Alguns deles não possuem sempre características adequadas, no que se refere aos aspetos técnicos e aos aspetos inerentes neste domínio. Interessa assim, identificar requisitos para os ambientes virtuais colaborativos educacionais que nos ajudem a obter um produto de qualidade. A qualidade de *software* é “a conformidade dos requisitos e das

características implícitas que são esperadas no *software* profissionalmente desenvolvido" (Pressman, 2005).

## 7.2. Qualidade de Software

O termo qualidade vem do latim "Qualitate", e a sua definição depende do contexto em que está inserido. Na engenharia de software este termo possui uma definição técnica, sendo definido como o conjunto de características de uma entidade que lhe conferem aptidão para satisfazer necessidades explícitas ou implícitas. Entidade pode ser uma atividade ou um processo, um produto, uma organização ou uma combinação destes (ISO 8402,1997).

Quando o nosso objetivo é oferecer produtos de qualidade, o conceito não deve ser deixado ao acaso, devendo ser definido de forma clara e objetiva. Isto significa que ao desenvolvermos produtos e/ou selecionarmos um produto deve-se ter em conta qual o objetivo final e em função deste, definir o conjunto de requisitos de qualidade do produto. Cada requisito deve depois ser quantificado a fim de quantificarmos a qualidade para que possa ser interpretada por todos os intervenientes da avaliação.

Conforme Silva (2003), a garantia da qualidade é o conjunto de ações sistemáticas ou planeadas que visam conferir um nível de confiança adequado aos produtos para que os mesmos venham a atender as necessidades relativas à qualidade. Na verdade a garantia da qualidade é uma filosofia de ação aliada a uma boa prática de gestão (Deus, 2009). Segundo Ansi/IEEE (1990) é um "modelo planeado e sistemático de todas as ações necessárias para assegurar que o *software* opera de acordo com os requisitos técnicos". Estes requisitos devem ser definidos no contexto em que se insere o produto, pois a importância das suas características é variável segundo o domínio da sua aplicação. Por exemplo, os requisitos definidos para um produto direcionado para a gestão não deverão ser os mesmos que para um produto direcionado para a educação.

Existem vários modelos de avaliação de *software*, uns direcionados para a avaliação do produto final, outros para o processo de desenvolvimento do produto.

Na engenharia de software temos por exemplo, o modelo CMM - Capability Maturity Model (desenvolvido pelo SEI - Software Engineering Institute) e um conjunto de normas, tais como a ISO/IEC 9126, a série de normas ISO/IEC 14598 e a norma ISO/IEC 12207. Estas normas estão na base de alguns dos modelos de avaliação de produtos educacionais, tais como a *framework* QEF, que

pretendemos usar como modelo de referência de avaliação para ambientes virtuais colaborativos educacionais.

### **7.3. O Modelo de Avaliação**

Nesta secção apresentaremos o modelo de avaliação a propor para avaliar a qualidade de ambientes virtuais colaborativos educacionais. Ele terá como base a *framework* QEF (ver anexo A), que foi desenvolvida especificamente para avaliação de *software* educativo. Contudo, dado o grau de liberdade que oferece na definição de critérios para os mais variados domínios aplicativos, ela permite a obtenção de um valor quantitativo único da qualidade relativo ao domínio em análise, isto é, permite a adaptação a qualquer domínio e valência.

#### **7.3.1. Introdução ao Modelo de Avaliação**

##### **A. Sobre o modelo de avaliação**

O modelo de avaliação a propor visa estabelecer um modelo teórico que evidencie um conjunto de requisitos relevantes e determinantes em relação à qualidade em ambientes virtuais colaborativos educacionais. Pretende-se descobrir quais os principais critérios de qualidade relacionados com este tipo de ambientes. Esta descoberta basear-se-á principalmente nos trabalhos descritos no capítulo 5, não descurando outros existentes na revisão da literatura em outros domínios, que julgamos ser possível aplicá-los neste estudo, como por exemplo ao nível do conteúdo educativo, segurança, adaptabilidade, entre outros.

Na sequência desta pesquisa, o conjunto de critérios selecionados visam obter dimensões de relevância das características de qualidade a serem aplicados ao longo do processo de desenvolvimento de *software*, e em produtos finais. Estes critérios deverão permitir que o *software* se torne mais ou menos adequado aos objetivos que se deseja alcançar num processo de ensino/aprendizagem. O enfoque está no conceito da aprendizagem, a qual se dá a partir da comunicação e é potenciada por processos de interação entre sujeitos. “A interatividade dá-se quando existe uma conceção que contemple complexidade, multiplicidade, não linearidade, bidirecionalidade, potencialidade, permutabilidade, imprevisibilidade, permitindo ao utilizador, interlocutor e usufruidor a liberdade de participação, de intervenção, de criação” (Silva, 2000).

## B. Avaliação e o perfil do avaliador

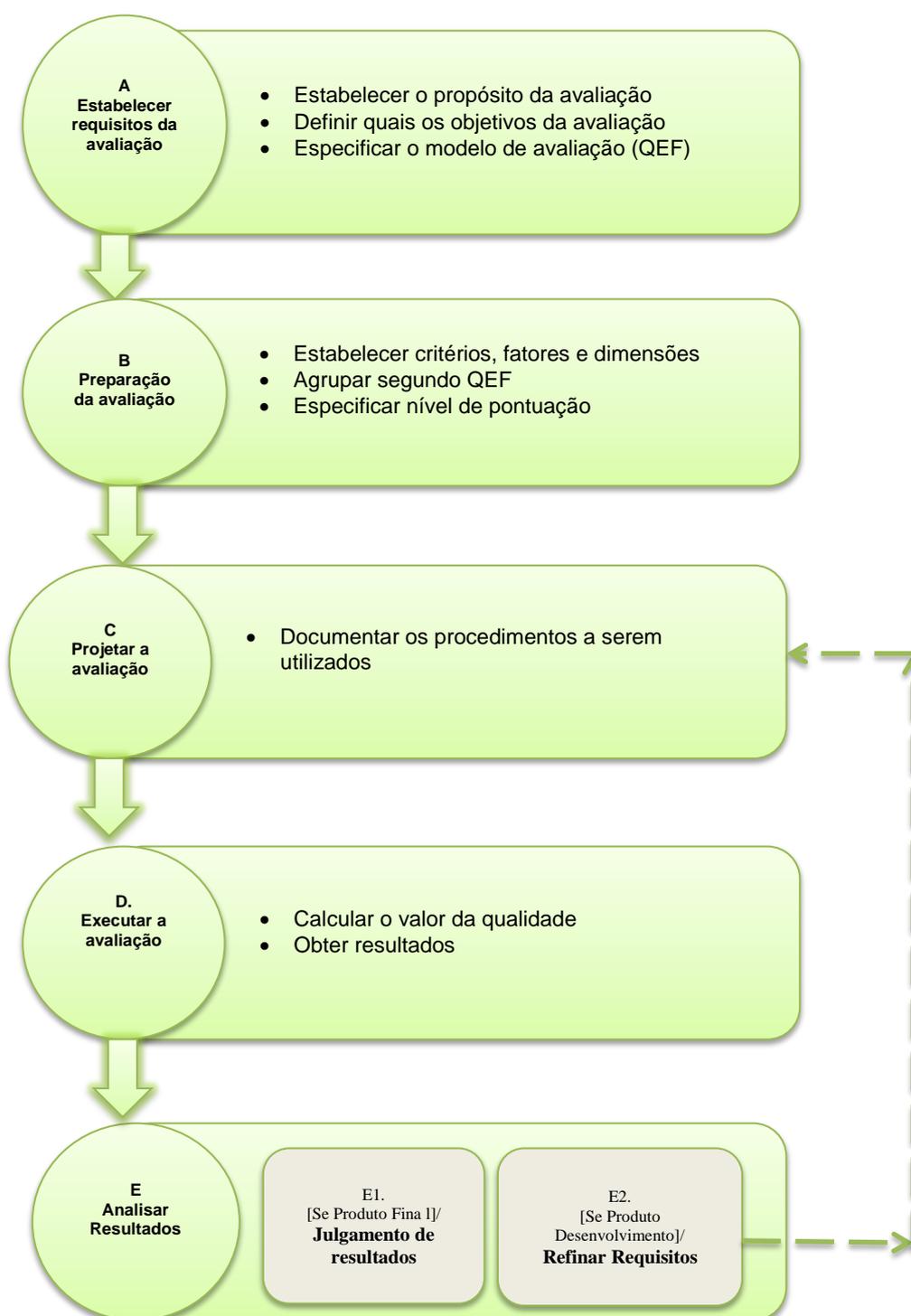
A avaliação da qualidade de um *software* aplicado ao processo ensino/aprendizagem, deve ser analisada em função de diferentes pontos de vistas, pois envolve vários aspetos inter-relacionados com diversas áreas de conhecimento. Assim, é necessário formar uma equipa multidisciplinar, que julgamos ser necessária para se observar diferentes aspetos, tais como os aspetos pedagógicos, técnicos, operacionais e de usabilidade. Segundo a nossa perspetiva, esta equipa será constituída por:

- ✚ Professor (Pedagogo) - A avaliação dos aspetos didáticos fica à sua responsabilidade. Como tem uma visão estratégica da aplicação, independente de não ter conhecimentos de informática, ele deverá participar na definição dos requisitos do ambiente a desenvolver com a equipa de desenvolvimento.
- ✚ Equipa de desenvolvimento – Terá a seu cargo a avaliação técnica do ambiente, tais como, adaptabilidade, interoperabilidade e segurança de acesso.
- ✚ Utilizadores (alunos) - Avaliarão somente as características que tenham condições de avaliar, por exemplo em termos de usabilidade e funcionalidade.

### 7.3.2. Aplicando o Modelo de Avaliação

“Qualidade é uma condição essencial de qualquer *software*, sendo uma preocupação básica da Engenharia de Software identificar os requisitos de qualidade e estabelecer os mecanismos para controlar o processo de desenvolvimento de *software*, de forma a garantir a qualidade do produto” (Stahl,1988). Para esta avaliação faz-se uso de alguns modelos de avaliação, os quais permitem avaliar a qualidade quantitativamente.

Tendo como base estes pressupostos, o modelo de avaliação é constituído por um conjunto de etapas, como poderemos observar na figura 7.1, que permitirão aos avaliadores de ambientes virtuais colaborativos educacionais ter ao seu dispor um processo que os auxilie na avaliação de produtos. O objetivo é permitir que estes possam ser aplicados aos objetivos do professor, de forma a agregar valor ao ambiente de ensino/aprendizagem, favorecendo a capacidade de elaboração e a construção do conhecimento.



**Figura 7.1.** Descrição das etapas da avaliação do modelo proposto

Veremos em pormenor cada uma das etapas que compõem o modelo de avaliação a propor.

## A. Estabelecer requisitos da avaliação

Antes de se iniciar um processo de avaliação da qualidade de um produto é necessário saber qual o propósito da avaliação. Este propósito ajudará a definir os objetivos da avaliação, relacionados com o uso pretendido do produto.

Após a definição dos objetivos da avaliação deveremos selecionar o modelo de qualidade que:

- ✚ estenda a qualidade a diferentes características e estejam fundamentadas por normas de qualidade;

- ✚ permita efetuar uma avaliação quantitativa, pois esta tende a diminuir a subjetividade na avaliação;

- ✚ serve de mecanismo base para a melhoria continua do processo de desenvolvimento.

Baseando-nos nestes pressupostos, a nossa escolha recai no modelo QEF e segundo a autora, esta *framework* permite,

- ✚ definir características de qualidade para avaliar a qualidade do objeto em questão (produto ou processo). Para cada característica de qualidade selecionada, define-se sub-caraterísticas de qualidade relevantes que têm influência sobre a mesma;

- ✚ obter um valor quantitativo para a qualidade;

- ✚ liberdade de seleção de critérios de qualidade, podendo o modelo ser aplicado em diversos domínios;

- ✚ ser aplicada, genericamente, no “desenvolvimento de qualquer plataforma de sistemas educacionais, no sentido de validar e avaliar, durante o seu ciclo de desenvolvimento qualquer fase da sua construção, permitindo detetar e corrigir, precocemente, as falhas que, eventualmente vão ocorrendo” (Escudeiro, 2008).

## B. Preparação para a avaliação

Para preparar o processo de avaliação devemos ter em conta os objetivos da mesma e o modelo de qualidade selecionado na fase anterior. Como a base de sustentação do modelo é o QEF, devemos então, primeiramente definir com conjunto de critérios de qualidade para o produto em análise. Os critérios definem atributos primitivos possíveis de serem avaliados, os quais posteriormente, serão agrupados em fatores, e estes por sua vez agrupados em dimensões.

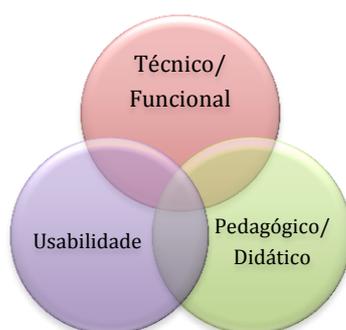
Os fatores determinam a qualidade do ponto de vista dos diferentes utilizadores do produto.

Examinaremos então, possíveis critérios de qualidade que poderemos utilizar para avaliar a qualidade de AVCE.

### Critérios de qualidade

Efetuada uma análise aos trabalhos elaborados na área de avaliação dos AVCE, encontramos um conjunto de trabalhos, que nos permitem apoiar a escolha das direções que foram colhidas durante esta investigação. O principal objetivo foi a captação da riqueza metodológica, procurando-se identificar quais as características ou necessidades dos AVCE, que se podem refletir na qualidade.

Através destes trabalhos, foi possível identificar, à luz da teoria, um conjunto de características, a serem observadas na avaliação deste tipo de ambientes. Realçamos três aspetos: técnico/funcional, pedagógico/didático e usabilidade, como poderão observar na figura 7.2. Pois a avaliação educacional, possui implicações pedagógicas que ultrapassam os aspetos técnicos e refletem visões relacionados com aspetos sociais, éticos e psicológicos.



**Figura 7.2.** Aspetos realçados na seleção de critérios e qualidade para AVCE

O aspeto técnico/funcional abrange o conjunto de atributos que estão relacionados com a qualidade intrínseca ao sistema, tais como, fiabilidade, segurança, funcionalidade, adaptação. Já o aspeto pedagógico/didático abrange um conjunto de atributos relacionado com o conteúdo, atividades, pedagogia e habilidades, socialização, interação e comunicação. Finalmente, o aspeto da usabilidade abrange os atributos ergonómicos da usabilidade, por exemplo, apreensibilidade, compreensibilidade, navegação, interface do utilizador, flexibilidade.

Estes aspetos deverão ser entendidos como um todo integrado, porque um ambiente virtual colaborativo educacional deverá:

- ✚ proporcionar um alto grau de interatividade, favorecendo o trabalho em equipa, adaptando-se às necessidades e preferências do utilizador;

- ✚ dar ao utilizador a sensação de presença, ser parte da atividade e disponibilizar um conjunto de atividades colaborativas, que promovam a aprendizagem;

- ✚ ajudar na inclusão de pessoas que poderão estar afastadas do processo de ensino/aprendizagem e,

- ✚ ser uma ferramenta de apoio ao professor no seu processo de ensino/aprendizagem; como alternativa dos métodos tradicionais.

Por outro lado, os estudos na área, tais como (Gabbard and Hix, 1998; Kalawsky, 1999; Nielsen, 1993; Kaur et al., 1999; Sadowski e Stanney, 2002; Tromp,2003; Maher,2003; Economides, 2005; Prasolova,2008; Freitas,2008; Tsiatsos, 2010), têm vindo a articular definições da área da engenharia de *software*, com as necessidades da área educacional, onde existem métodos, processos e ferramentas de avaliação, já validadas, de forma a contemplar critérios de qualidade e avaliação de ambientes virtuais colaborativos educacionais.

O conjunto de critérios de qualidade (ver anexo G) que selecionamos, foram organizados segundo os aspetos técnico/funcional, pedagógico/didático e usabilidade. Pretende-se com esta lista de critérios ajudar uma equipa de avaliadores de ambientes virtuais colaborativos educacionais, a selecionar o seu conjunto de requisitos de qualidade para o produto ou produtos a serem avaliados.

Inicialmente, este conjunto de critérios foi validado por um grupo de especialistas, constituído por um grupo de docentes que lecionam a unidade curricular do Conceção e Autoria de Aplicações Multimédia (CAMUL) e Aplicações Gráficas Avançadas (AGRAV) do Mestrado em Engenharia Informática, ramo de Sistemas Gráficos e Multimédia; um grupo do núcleo de investigação *GILT* (*Graphics, Interaction and Learning Technologies*), destacando-se a Doutora Paula Escudeiro, especialista na área da qualidade de *software*, que tem vindo ao longo de vários anos, a validar requisitos de qualidade para diversas áreas do conhecimento, principalmente para conteúdos digitais, *software* educativo, *serious games*, e em projectos Europeus, nomeadamente o SEGAN<sup>18</sup>, ICTWays<sup>19</sup>, GABALL<sup>20</sup>, MUTW<sup>21</sup> e PRAXIS<sup>22</sup>.

### Fatores

A framework QEF propõe a identificação de dimensões e indicadores (fatores) que permitem aferir a qualidade do *software*. A qualidade é medida num espaço tridimensional, onde cada dimensão irá agregar um conjunto de fatores relativamente aos quais interessa determinar o grau de desempenho do sistema. Um fator será um componente que representa o desempenho do AVCE de acordo com um determinado critério pré-estabelecido. A sua identificação tem como objetivo obter um agrupamento coerente relativo aos requisitos identificados.

Na figura 7.3 é apresentado um conjunto de possíveis fatores para os ACVE.

---

<sup>18</sup> **SEGAN** connects teachers, students, researchers and professionals interested in Serious Games. <http://seriousgamesnet.eu/>

<sup>19</sup> **ICTWAYS** rede tem como objetivo principal traçar um roteiro de implementação / utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino básico e secundário, de modo a avaliar a sua utilização e, assim, projetar diretrizes a fim de encontrar melhores práticas do uso das TIC no processo ensino-aprendizagem.. [http://ictways.eu/?page\\_id=506](http://ictways.eu/?page_id=506)

<sup>20</sup> **GABALL** project seeks to address the reinforcement of EU Micro and SME's managers' skills in the process of internationalization to internal and external markets (Brazil) through electronic business platforms. [http://gaball.eu/?page\\_id=7](http://gaball.eu/?page_id=7)

<sup>21</sup> **MUTW** (*Multinational Undergraduate Team Work*), is a curriculum development project funded by the European Union's Lifelong Learning Programme.

<sup>22</sup> European Center for Project Internship Excellence, Rede global de empregabilidade para os profissionais da engenharia formados na Europa



**Figura 7.3.** Fatores possíveis para um AVCE

**F1. Navegação** - O fator de navegação é um fator que influencia a qualidade dos AVCE, o qual depende de uma combinação de características decorrentes do ambiente, utilizador, tarefas, estratégia de navegação, ajudas de navegação e controlo de navegação. Para uma navegação eficiente, é importante que o utilizador seja capaz de ele mesmo se orientar no espaço, ser capaz de construir um mapa cognitivo do ambiente, ou seja, a navegação eficiente é a consequência de um rápido e direto processo de navegação, que leva em consideração os atributos do ambiente que foram modelados (Volbracht & Domik, 2000). O processo deverá disponibilizar ao utilizador a sua estratégia de navegação preferida e tornar disponíveis ajudas de navegação e controlos de navegação.

**F2. Interação** - Quando se fala de aprendizagem colaborativa, como uma atividade que implica a construção do conhecimento de forma coletiva, podemos perceber facilmente que um AVCE deve incorporar um conjunto de atividades nas quais os participantes possam construir o seu modelo de conhecimento, expressando, criticando, e partilhando cada elemento desse modelo. Assim o fator de interação passa a desempenhar um papel fundamental, e talvez um dos fatores mais importantes a ter em consideração nos ACVE na medida em que através da interação se estabelece uma ligação de troca, cooperação e aprendizagem entre os participantes.

**F3. Comunicação** – Nos AVCE destaca-se a aprendizagem colaborativa, que se fundamenta com a participação ativa dos participantes. Esta tem como principal característica a possibilidade de contato com um grupo diversificado de colegas, onde todos podem colaborar na construção do conhecimento de um determinado

assunto. Esta colaboração implica que no ambiente exista mecanismos que favoreçam a comunicação.

**F4. Conteúdos Didáticos** – A qualidade de conteúdos didáticos é um fator de extrema importância, pois dela pode depender a consecução dos objetivos fundamentais para uma aprendizagem capaz de converter a informação em conhecimento (Pinto, 2007). Se considerarmos que “o conhecimento deve preceder a ação e que a ação deve sempre estar ligada a um contexto e a objetivos concretos” (Castells, 2002), não será difícil compreendermos que os conteúdos educativos são uma peça chave para a sua credibilidade e para apoio da aprendizagem.

**F5. Aprendizagem** – O processo de aprendizagem é um processo através do qual a informação se transforma em conhecimento, e o conhecimento não é o mesmo que memória (Winn, 1997). Os alunos devem aprender sem memorizar, criar representações mentais do contexto no qual estão envolvidos. Um AVCE deve ser um ambiente que forneça aos alunos oportunidades de aprendizagem, através de um conjunto de atividades, tais como, atividades de simulação, colaboração e experiências sociais. Esta aprendizagem deve ser ativa, onde os alunos estão envolvidos ativamente no processo de aprendizagem, tornando-se esta também uma aprendizagem imersiva. Numa experiência interativa os estudantes têm de ser responsáveis, precisam de colaborar e resolver os problemas. O processo de aprendizagem deverá criar competências de ordem mais elevada do pensamento (Robbins et al. 2007). Assim, qualquer ACVE deve disponibilizar recursos para a realização de tarefas de forma colaborativa, esclarecimento de dúvidas e informações.

**F6. Socialização** – A socialização de um sistema de aprendizagem colaborativa é uma extensão do ambiente de aprendizagem colaborativa que passa a dar lugar a um espaço social. Na aprendizagem colaborativa, a aquisição de conhecimentos, habilidades ou atitudes não é um processo inerentemente individual, mas resulta da interação do grupo. Este tipo de aprendizagem implica que os participantes estejam agregados a grupos de trabalho, onde uns podem ajudar os outros a compreender os conceitos básicos, a trabalharem juntos, onde o intercâmbio de papéis desempenhados no grupo adiciona um valor ao trabalho, aprendam a falar, a ouvir, a expor e a pensar com os outros. Este conceito de

socialização, permite que alunos mais tímidos consigam relacionar-se mais abertamente com os outros, facilitando a sua integração na sociedade.

**F7. Facilidade de uso** – Qualquer aplicação deve permitir que toda a informação disponível seja facilmente acedida, uma vez que não se deve exigir do aluno grandes conhecimentos de informática prévios, mas permitir que qualquer aluno (participante) seja capaz de desenvolver as suas atividades. Para isto a estruturação da aplicação deve ser ponderada, desde a organização do conteúdo organizacional, colocação de imagens e gráficos, qualidade dos audiovisuais, a estratégia de instrução a ser utilizada e o tipo de tarefas disponíveis e acessibilidade.

**F8. Flexibilidade**- A flexibilidade evidencia a capacidade do *software* se adaptar às necessidades e preferências do utilizador. Assim, um AVCE deve disponibilizar um conjunto de meios para que este possa facilmente integrar-se com outros recursos, incluir um percurso que possa ajudar a resolver problemas e permitir modificar alguns parâmetros, a fim de ter em conta as exigências das tarefas requeridas pelas suas estratégias. Deve permitir que a interface se adapte às variadas ações dos participantes.

**F9. Consistência** – Consistência refere-se à homogeneidade e à coerência na escolha das alternativas durante o desenvolvimento de uma aplicação. Contextos ou situações similares devem ser tratadas ou apresentadas similarmente. Um AVCE consistente facilita o reconhecimento, a aprendizagem, a localização das informações, tornando-se mais previsível, diminuindo erros e as dificuldades de compreensão.

**F10. Segurança** – A deteção de falhas de segurança que possam comprometer a fidelidade das informações contidas num AVCE, é um fator a ponderar na sua conceção.

**F11. Acessibilidade** – A Acessibilidade pode ser definida como a capacidade do meio de proporcionar a todos uma igual oportunidade de utilizar e aceder à informação, de uma forma direta, imediata e que seja acedida com coesão, clareza e objetividade. Quando o domínio de estudo é a educação, a acessibilidade não pode ser ignorada, devido à possibilidade de existirem indivíduos com necessidades educativas especiais nas turmas regulares. Neste caso um ACVE

deverá englobar princípios relacionados com fatores que podem possibilitar e estimular a inserção de pessoas no mundo digital e, que dizem respeito à disposição e apresentação da informação e facilidades de navegação.

### **Dimensões**

As dimensões propostas para o espaço de qualidade dos AVCE poderão ser: Domínio Técnico/Funcional; Domínio Pedagógico/Didática e Domínio Ergonómico, que como mostra a figura 7.4.



**Figura 7.4.** Dimensões para o universo dos ACVE.

A dimensão do domínio Técnico/Funcional reflete as características ligadas com o aspeto técnico/funcional anteriormente descrito. A dimensão ergonómica aborda o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários à conceção de instrumentos, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficácia (Fialho e Santos, 1995). Pode-se dizer de forma simplificada que a ergonomia trata dos conhecimentos científicos do homem e da sua aplicação na conceção e construção de artefactos que garantam a facilitação de um desempenho global em determinado sistema, ou seja, das condições que afetam diretamente uma situação de trabalho nos aspetos técnicos, económicos e sociais. Finalmente, a dimensão Pedagógica/Didática tem como propriedade do processo pedagógico, o requisito de aprendizagem colaborativa que propicia espaços nos quais se dá a discussão entre os alunos no momento de explorar conceitos que interessa aprender procurando combinar uma determinada situação com interações sociais que podem contribuir para a aprendizagem individual ou em grupo.

A escolha destas dimensões baseou-se com as normas de referência ISO 9126 (Scarlet *et al*, 2000). As normas ISO 9000 representam um *standard* internacional para a avaliação de software, cujo objetivo consiste em fornecer bases sólidas e elementares que permitem avaliar a qualidade do *software* produzido. Embora este *standard* não seja responsável pela identificação de requisitos ideais para os AVCE, define, no entanto, um modelo de qualidade aplicável a qualquer tipo de *software*. Além disso, estas dimensões e os fatores foram concebidos de forma a abranger ao máximo todos os aspetos que poderão ser considerados ao avaliar a qualidade dos AVCE. O desdobramento destes atributos na aplicação da *framework* QEF, fica a cargo da equipa de avaliação que irá escolher de entre os critérios apresentados anteriormente, critérios satisfatórios para cada um dos fatores apresentados. Por exemplo, o critério “é fácil os utilizadores se moverem e posicionarem-se eles mesmos no ambiente virtual” pode ser associado ao fator navegação, que pertence à dimensão ergonómica.

Após termos identificadas as dimensões, fatores e requisitos de qualidade para os AVCEs, e de acordo com a *framework* QEF deveremos efetuar um agrupamento entre estes três elementos. Este agrupamento advém do fato desta *framework* avaliar o *software* num espaço tridimensional ortogonal, onde cada dimensão agrega um conjunto de fatores, aos quais interessa determinar o grau de desempenho do sistema em estudo. Os fatores são representados por um conjunto de critérios de qualidade definidos para o hipotético, sistema ideal representado no espaço de qualidade (Escudeiro, 2008).

Na tabela 7.1 podemos observar as possíveis dimensões para um AVCE, agregadas aos respetivos fatores, os quais por sua vez estão agregados a um conjunto de critérios.

**Tabela 7.1.** Agregação entre Dimensões/Fatores/Requisitos

<b>Dimensão Ergonómica</b>	
<b>Fator</b>	<b>Requisito</b>
<b>F1.</b> Navegação	O ambiente contém um mapa relativa à estrutura e organização do ambiente (Darken e Sibert, 1996 ; Michailidou and Economides, 2003)?
	A navegação é intuitiva e facilmente memorizável (Stanney et al, 2003); Economides,2005); Butkutė et al., 2010); Prasolova, 2003)?
	O ambiente permite que o utilizador seja capaz de regressar ao ponto anterior sem se desorientar (Sutcliffe and Gaut, 2004)?
	O ambiente permite ao utilizador aprender de forma fácil como a navegação é realizada dentro deste. (facilita a aquisição do conhecimento) (Darken e Sibert, 1996)?
	O ambiente inclui sugestões visuais e ajudas de navegação (labels, landmarks, mapas,...) (Darken e Sibert, 1996)?
	O utilizador movimenta-se no ambiente para obter visões e adquirirem um mapa mental exato do que se passa à sua volta (Sutcliffe and Gaut, 2004;Tromp et al., 2003)?
	O ambiente fornece informação ao utilizador sobre “onde estou”, “ onde quero ir? como faço para chegar lá (Wickens e Baker, 1995)?
	A navegação do sistema é transparente e permite o utilizador controlar as suas ações (Escudeiro, 2007)?
<b>F2.</b> Comunicação	O ambiente permite que os utilizadores comuniquem entre si, através de chat, com ajuda de um microfone em tempo real, áudio conferência, vídeoconferência, reuniões no espaço virtual (Prasolova, 2003)?
<b>F3.</b> Interação	Pode o utilizador determinar o caminho para se movimentar (Tromp et al., 2003)?
	O ambiente disponibiliza ferramentas de interação proporcionando alguma forma de comunicação? (chat, fórum, mensagem ou e-mail, comunidades) (Tromp et al, 2003; Kurilovas, 2005; Butkutė et al., 2010;Dillenburg and Teixeira, 2010)?
	É fácil selecionar, mover e alterar os atributos básicos dos objetos (Kalawsky, 1999, Michailidou and Economides, 2003)?

<b>Dimensão Ergonómica</b>	
<b>Fator</b>	<b>Requisito</b>
<b>F3.</b> Interação	Os pontos de seleção dos objetos são óbvios, claros e é fácil selecionar múltiplos objetos (Mades and MosShell, 1995, Stanney et al., 2003)?
	O movimento do utilizador está controlado para apoiar o desempenho de uma série de tarefas e sequência de tarefas (Jacob et al., 1994)?
	O movimento do utilizador é apropriado à tarefa (Kalawsky, 1999)?
	O utilizador pode alternar facilmente entre as visões de objetos compartilhados, outras localidades/objetos de interesse e o (s) outro(s) utilizador(es) (Tromp et al., 2003)?
	O aluno é incentivado a adquirir competências (Michailidou and Economides, 2003)?
	É dado ao aluno oportunidade de selecionar informações que lhe permita relacionar informações que são importantes para o tipo de atividade que está envolvido (Prasolova, ??
	O ambiente permite que os utilizadores realizem mais do que uma atividade ao mesmo tempo. (Butkute and Lapin, 2008)?
	O utilizador pode decidir que ação deve tomar e como (Sutcliffe and Kaur, Tromp et al., 2003)?
	O utilizador controla eficazmente a performance de uma série de tarefas e sequência de tarefas de forma apropriada para a realização destas (Stanney et al, 2002)?
	É fácil os utilizadores moverem-se e posicionarem-se eles mesmos no ambiente virtual (Tromp et al, 2003)?
<b>Dimensão Pedagógica</b>	
<b>Fator</b>	<b>Requisito</b>
<b>F4.</b> Conteúdos Didáticos	A informação existente no ambiente está consistente com o assunto abordado (Escudeiro et al, 2007)?
	O texto está legível, não contém erros ortográficos, e as frases estão bem construídas (Michailidou and Economides, 2003)?
	O conteúdo corresponde ao objetivo da aprendizagem e está de acordo com os perfis dos estudantes (Michailidou and Economides, 2003)?

<b>Dimensão Pedagógica</b>	
<b>Fator</b>	<b>Requisito</b>
<b>F4.</b> Conteúdos Didáticos	O conteúdo está suportado por diferentes tipos de media (vídeo, som, imagens, etc) (Michailidou and Economides, 2003)?
	Os conteúdos estão relacionados com situações e problemas de interesse (Michailidou and Economides, 2003)?
	A visualização da informação é consistente (cores, forma, tipografia, etc) (Vuntz, 2007)?
	Está claro como os recursos visuais se relacionam com o assunto e que eles ajudam a entendê-lo (Pasteur, 2009)
	O conteúdo está de acordo com as características dos estudantes (Oliveira et al, 2001, Escudeiro, 2007)?
	O conteúdo está organizado em tópicos ou estrategicamente estruturado para atender a um objetivo de comunicação (Vuntz,2007)
	Os conteúdos e as mensagens não são negativos nem tendenciosos e não há discriminação por razões de classe social, crenças, religião (Michailidou and Economides, 2003, Escudeiro, 2007))?
<b>F5.</b> Aprendizagem	O ambiente possui uma área para as tarefas realizadas e deve estar estruturada, possivelmente hierarquicamente, de modo a refletir a divisão do trabalho e recursos a estruturar pelos membros do grupo (Prasolova, 2003; Kurilovas, 2005)?
	A composição do grupo não é demasiado grande, é heterogéneo e homogéneo em relação à idade, experiência e conhecimentos técnicos (Meirinhos, 2007)?
	O ambiente permite associar objetos a pessoas para fornecer a consciência da participação e trajetórias de aprendizagem, ou seja, atividades, funções, responsabilidades divisão de recursos e associações. (Prasolova, 2003; Kurilovas, 2005)?
	Existem diferentes tipos de tarefas relacionadas com as ações para proporcionar a consciencialização sobre as atividades em curso (Prasolova, 2003; Kurilovas, 2005)?
	As tarefas estão projetadas de acordo com o grupo de utilizadores definidos (Prasolova, 2003; Stanney et al, 2003; Economides, 2005)?

<b>Dimensão Pedagógica</b>	
<b>Fator</b>	<b>Requisito</b>
<b>F5.</b> Aprendizagem	As tarefas a executar seguem uma ordem pré-definida, ou seja, primeiro são apresentadas tarefas simples e, em seguida adicionadas elementos com maior complexidade, de forma a manter os alunos interessados no que estão a praticar (Herrington and Oliver, 2000)?
	As tarefas são suficientemente complexas para que o aluno possa explorar os desafios, novas ideias e conhecimento (Gul et al, 2008)?
	As respostas às ações são dadas em tempo suficiente (Held&Durlach, 1992)?
	Possibilita ao professor monitorizar se a aprendizagem está a ocorrer e como está ocorrendo (Kurilovas, 2005)?
	As tarefas a executar seguem uma ordem pré-definida, ou seja, primeiro são apresentadas tarefas simples e, em seguida adicionadas elementos com maior complexidade, de forma a manter os alunos interessados no que estão a praticar (Herrington and Oliver, 2000)?
	As tarefas são suficientemente complexas para que o aluno possa explorar os desafios, novas ideias e conhecimento (Gul et al, 2008)?
	As respostas às ações são dadas em tempo suficiente (Held&Durlach, 1992)?
	Possibilita ao professor monitorizar se a aprendizagem está a ocorrer e como está ocorrendo (Kurilovas, 2005)?
<b>F6.</b> Socialização	O ambiente permite que o aluno navegue facilmente para outros grupos da comunidade como meio de manter o contacto social (Prasolova and Divitriini, 2003)?
	O espaço de informação está estruturado baseado numa metáfora, ajudando os utilizadores do ambiente a comunicar uns com os outros e facilitar uma compreensão partilhada através de uma comunicação eficaz (Dillenbourg, 2000)?

<b>Dimensão Técnico/funcional</b>	
<b>Fator</b>	<b>Requisito</b>
<b>F7.</b> Facilidade de uso	O ambiente permite ao utilizador atuar e explorar de maneira natural e não restrita as ações do ambiente (Sutcliffe and Gaut, 2004)?
	Os efeitos das ações do utilizador sobre os objetos virtuais são imediatamente visíveis e estão de acordo com as leis físicas e expectativas percetuais do utilizador (Sutcliffe and Gaut, 2004)?
	O envolvimento do utilizador no ambiente é o mais natural possível (Sutcliffe and Gaut, 2004)?
	A resposta do sistema às ações do utilizador é previsível e informativa (Tromp et al, 2003)?
	O ambiente possui uma imagem gráfica (realismo) que permite aumentar o sentido de presença do utilizador (Kalawsky, 1999)?
	O ambiente é simples, controlado e divertido de forma a manter os alunos interessados na realização de uma tarefa (Wilhelm, 2008)?
	O ambiente possui diferentes partes para se jogar diferentes papéis, ou seja, existem lugares de acesso à informação, reuniões, trabalho, etc.(Prasolova and Divitrine, 2003)
<b>F8.</b> Flexibilidade	O ambiente é confortável para ser usado a longo prazo e permite que seja usado por utilizadores com diferentes perfis (Michailidou and Economides, 2003; Pinelle et al, 2008)?
	O ambiente permite ao utilizador configurá-lo em termos de áudio, vídeo (Pinelle et al, 2008)?
	O ambiente fornece instruções suficientes, formação e ajuda sobre o ambiente (Pinelle et al, 2008)?
	O ambiente permite a ligação a outros sistemas externos, tais como, moodle, internet, etc (Dillenburger and Teixeira, 2010)?
	O ambiente permite anotações textuais sobre ideias, opiniões (Schlemmer, 2000)?
	O ambiente proporciona uma sensação de presença social de forma a facilitar a participação (Prasolova and Divitrini, 2003)

<b>Dimensão Técnico/funcional</b>	
<b>Fator</b>	<b>Requisito</b>
<b>F8.</b> Flexibilidade	O ambiente “deixa vestígios” sobre as atividades realizadas pelos utilizadores, para mais tarde se poder refletir sobre elas (Prasolova and Divitrini, 2003)?
	Pode o utilizador dizer algo quando existe alguma desatenção por parte dos outros utilizadores (Tromp et al, 2003)?
<b>F9.</b> Consistência	Os efeitos das ações do utilizador sobre os objetos virtuais são imediatamente visíveis e estão de acordo com as leis físicas e expectativas percetuais do utilizador (Sutcliffe and Gaut, 2004)?
	O ambiente impede que o utilizador cometa erros. Contudo se existirem erros o sistema deteta e avisa.(Butkute and Lapin, 2008, Silva2011)
	O ambiente ajuda a avaliar a influência das ações anteriores em relação às atuais (Butkute and Lapin, 2008)?
	São consistentes os nomes/informação e a estrutura (Lee, 2007)?
	A metáfora está de acordo com as tarefas do ambiente (Paiva, 2010)?
<b>F10.</b> Segurança	O ambiente prevê espaços de privacidade (atende a interrupções e distrações possíveis) (Prasolova, 2004)?
	Pode o utilizador obter uma visão geral do espaço partilhado e de todos os utilizadores dentro deste espaço (Tromp et al, 2003)?
	São os canais de comunicação eficazes ( Prasolova, 2003)?
	O ambiente tem capacidades reativas (as entradas do utilizador são detetadas e modifica-se instantaneamente o AVCE e as ações sobre ele – ambiente dinâmico (Prasolova, 2003).
<b>F11.</b> Acessibilidade	O ambiente possui um mecanismo de sintetizador de voz (www.w3.org)?
	O ambiente disponibiliza um discurso pré-gravado para traduzir o texto em Língua Gestual? (www.w3.org)?
	O ambiente assegura que todas as informações fornecidas com cor possam também estar disponíveis sem cor? (www.w3.org)?

Dimensão Técnico/funcional	
Fator	Requisito
F11. Acessibilidade	O ambiente assegura que os botões com grafismos estejam identificados com texto? (www.w3.org)?
	O ambiente disponibiliza em agente para ajudar o utilizador na exploração do ambiente (Dijk, et al. 2003)?
	O ambiente permite a inclusão de dispositivos hápticos para facilitar o utilizador a navegar no ambiente. (Rodrigues, 2006)?

### Especificar nível de pontuação

Após identificarmos os critérios, os fatores e as dimensões, é necessário que a equipa de avaliadores atribua pesos aos respetivos critérios e fatores. Assim, para que qualquer critério a analisar no *software* seja mais ou menos relevante para o sistema, um valor de referência deve ser adotado pelo avaliador. Este valor de referência pode variar de critério para critério. Para a determinação deste valor, é tomado como base uma escala que a equipa de avaliadores deverá primeiramente definir. A figura 7.5 apresenta uma possível escala a ser utilizada.



**Figura 7.5.** uma possível escala de atribuição de pesos aos critérios de qualidade, segundo Escudeiro, 2008.

No entanto, para os fatores estes pesos tomam como referência o número de critérios do fator de entre o total de critérios da dimensão a que pertence o fator. A contribuição do fator na dimensão é representada por um número real de entre 0 e 1, indicando a relevância do fator na dimensão. Por exemplo, suponhamos que a dimensão ergonómica é composta pelos fatores interação e navegação, cada um constituído por 2 e 3 critérios, então o peso a atribuir ao fator interação será de  $2/5$ , e ao fator de navegação será de  $3/5$ , que corresponderá respetivamente a 40% e 60%.

### **C. Projetar a avaliação**

Uma vez identificado o núcleo do modelo, isto é, após termos identificado as dimensões, fatores, critérios e os pesos de relevância de cada critério e fator para o produto a desenvolver ou produto final, deveremos documentar os procedimentos a serem utilizados pela equipa de avaliadores, para se realizar as medições contidas na especificação da avaliação. Podemos definir um plano que descreva os recursos necessários para realizar a avaliação, bem como as tarefas a executar.

### **D. Executar a avaliação**

Esta etapa dá início ao processo de avaliação propriamente dito, ou seja, corresponde ao passo de medição do processo de avaliação como citado na *framework* QEF (este passo vai de encontro à norma ISO 9126). O seu principal propósito é fornecer resultados quantitativos referentes ao produto a avaliar, que sejam compreensíveis, aceitáveis e confiáveis pelos avaliadores.

O primeiro passo desta etapa consiste na atribuição de um valor que corresponde à percentagem de cumprimento dos testes efetuados para cada critério. Esta percentagem poderá ir de 0% a 100%.

Na tabela 7.2, apresenta-se a estrutura de uma folha de cálculo para o registo das percentagens de cumprimento para cada um dos requisitos e para o cálculo do valor da qualidade.

**Tabela 7.2.** Estrutura de uma folha de cálculo para o registo das percentagens e cálculo do valor a qualidade

q	D	Qi	Dimensão	Qi	$p_{ij}$ (peso do Factor $J$ na Dim $i$ ) $[0, 1]$	Factor	$p_{ik}$ (peso do Requisito $k$ no Factor $J$ ) $\{2, 4, 6, 8, 10\}$	Requisito	pc, % de cumprimento do Requisito $k$ $[0, 100]$	
						F1. Navegação	10	O ambiente contém um mapa sobre a sua representação visual.		
							10	O ambiente prevê um agente pedagógico com o propósito de guiar os utilizadores ao longo do sistema.		
							10	A navegação é intuitiva e facilmente memorizável.		
							10	O ambiente permite que o utilizador seja capaz de regressar ao ponto anterior sem se desorientar.		
							10	O ambiente permite ao utilizador aprenda de forma fácil . (facilita a aquisição do conhecimento)		
							10	O ambiente inclui sugestões visuais e ajudas de navegação (labels, landmarks, mapas....)		
							10	O utilizador movimenta-se sobre o ambiente para obter visões e adquirir um mapa mental do que se passa à sua volta.		
							10	O ambiente fornece informação ao utilizador sobre "onde estou", " onde quero ir? como faço para chegar lá?		
							10	A navegação do sistema é transparente que permite o utilizador controlar as suas ações		
							10	Pode o utilizador determinar o caminho para se movimentar		
			Ergonomia			F2. Interação	10	O ambiente disponibiliza ferramentas de interação proporcionando alguma forma de comunicação? (chat, fórum, mensagem ou e-mail, comunidades)		
								10	É fácil de seleccionar, mover e alterar os atributos básicos dos objetos.	
								10	Os pontos de seleção dos objectos são óbvios, claros e é fácil seleccionar múltiplos objetos	
								10	O movimento do utilizador está controlado para apoiar o desempenho de uma série de tarefas e sequência de tarefas	
								10	O utilizador pode alternar facilmente entre as visões de objetos compartilhados, outras localizações/ objetos de interesse e ou outro(s) utilizador(es).	
								10	É dado ao aluno oportunidade de seleccionar informações que lhe permita relacionar informações que são importantes para o tipo de atividade que está envolvido	
								10	Permite que os utilizadores realizarem mais do que uma atividade ao mesmo tempo.	
								10	O utilizador pode decidir que ação deve tomar e como?	
								10	O utilizador controla eficazmente a performance de uma serie de tarefas e sequência de tarefas de forma apropriada para a sua realização	
								10	É fácil os utilizadores moverem-se e posicionarem-se no ambiente virtual.	
			F3. Comunicação			10	O ambiente permite que os utilizadores comuniquem entre si, através de chat, com ajuda de um microfone em tempo real, áudio conferência, vídeo conferência, reuniões no espaço virtual.			
							10	O ambiente disponibiliza ferramentas de interação proporcionando alguma forma de comunicação?		

q	D	Qi	Dimensão	Qi	Pi (peso do Factor / na Dim) [0,1]	Factor	Pi <sub>k</sub> (peso do Requisito k no Factor j) (2, 4, 6, 8, 10)	Requisito	P <sub>C<sub>k</sub></sub> % de cumprimento do Requisito k [0,100]
							10	A informação existente no ambiente está consistente com o assunto abordado.	
							10	O texto é legível, não contém erros ortográficos, e as frases estão bem construídas	
							10	O conteúdo corresponde ao objetivo da aprendizagem e está de acordo com os perfis dos estudantes.	
							10	O conteúdo está suportado por diferentes tipos de media multimédia (vídeo, som, imagens, etc)	
						F4. Conteúdos Didáticos	10	Os conteúdos estão relacionados com situações e problemas de interesse.	
							10	A visualização da informação é consistente (cores, forma, tipografia, etc)	
							10	Está claro como os recursos visuais se relacionam com o assunto e que eles ajudam a entendê-lo	
							10	O conteúdo está organizado em tópicos ou estrategicamente estruturado para atender a um objetivo de comunicação	
							10	O ambiente suporta mecanismos que permitam ao utilizador rever os diferentes conteúdos	
							10	Os conteúdos e as mensagens não são negativos nem tendenciosos e não há discriminação por razões de classe social, crenças, religião.	
							10	O ambiente possui uma área para as tarefas realizadas e deve estar estruturada, possivelmente hierarquicamente, de modo a refletir a divisão do trabalho e recursos a estruturar pelos membros do grupo.	
							10	A composição do grupo não é demasiado grande, é heterogéneo e homogéneo em relação à idade, experiência e conhecimentos técnicos	
			Pedagógico				10	O ambiente permite associar objetos a pessoas para fornecer a consciência da participação e trajetórias de aprendizagem, ou seja, atividades, funções, responsabilidades divisão de recursos e associações	
							10	Existem diferentes tipos de tarefas relacionadas com as ações para proporcionar a consciencialização sobre as atividades em curso.	
							10	As tarefas estão projetadas de acordo com o grupo de utilizadores definidos.	
						F5. Aprendizagem	10	As tarefas a executar seguem uma ordem pré-definida, ou seja, primeiro são apresentadas tarefas simples e, em seguida adicionadas elementos com maior complexidade, deforma a manter os alunos interessados no que estão a praticar.	
							10	As tarefas são o suficientemente complexas para que o aluno possa explorar os desafios e novas ideias e co-nhecimento	
							10	As respostas às ações são dadas em tempo suficiente.	
							10	O ambiente possui uma estrutura dinâmica, para refletir e facilitar a mudança nos grupos envolvidos e trajetória de aprendizagem.	
							10	O ambiente "deixa vestígios" sobre as atividades realizadas pelos utilizadores, para mais tarde se poder refletir sobre elas	
							10	O aluno é incentivado a adquirir competências	
							10	Possibilita ao professor monitorizar se a aprendizagem está ocorrendo e como está ocorrendo.	
							10	O ambiente permite que o aluno navegue facilmente para outros grupos da comunidade como meio de manter o contacto social.	
						F6. Socialização	10	O ambiente proporciona uma sensação de presença social de forma a facilitar a participação	
							10	O espaço de informação está estruturado baseado numa metáfora, ajudando os utilizadores do ambiente a comunicar uns com os outros e facilitar uma compreensão partilhada através de um comunicação eficaz.	

q	D	Qi	Dimensão	Qi	Pi (peso do Factor J na Dim i) [0,1]	Factor	Pi <sub>ik</sub> (peso do Requisito k no Factor J) (2, 4, 6, 8, 10)	Requisito	Pi, % de cumprimento do Requisito k [0,100]
							10	O ambiente permite ao utilizador atuar e explorar de maneira natural e não restrita as ações do ambiente.	
							10	Os efeitos das ações do utilizador sobre os objetos virtuais são imediatamente visíveis e estão de acordo com as leis físicas e expectativas perceptuais do utilizador	
							10	A resposta do sistema às ações do utilizador é previsível e informativa	
							10	O ambiente possui uma imagem com qualidade que permite aumentar o sentido de presença do utilizador	
						F7. Facilidade de uso	10	O ambiente é simples, controlado e divertido de forma a manter os alunos interessados na realização de uma tarefa.	
							10	O ambiente possui diferentes partes para se jogar diferentes papéis, ou seja, existem lugares de acesso à informação, reuniões, trabalho, etc.	
							10	O ambiente permite ao utilizador atuar e explorar de maneira natural e não restrita as ações do ambiente.	
							10	Os efeitos das ações do utilizador sobre os objetos virtuais são imediatamente visíveis e estão de acordo com as leis físicas e expectativas perceptuais do utilizador	
							10	O envolvimento do utilizador no ambiente é mais natural quanto possível	
							10	O ambiente é confortável para ser usado a longo prazo e permite que seja usado por utilizadores com diferentes perfis.	
							10	O ambiente permite ao utilizador configurá-lo em termos de áudio.	
							10	O ambiente fornece instruções suficientes, formação e ajuda sobre o ambiente.	
						F8. Flexibilidade	10	O ambiente permite a ligação a outros sistemas externos, tais como, moodle, internet, etc.	
							10	O ambiente permite anotações textuais sobre ideias, opiniões	
							10	O ambiente proporciona uma sensação de presença social de forma a facilitar a participação	
							10	O ambiente "deixa vestígios" sobre as atividades realizadas pelos utilizadores, para mais tarde se poder refletir sobre elas	
							10	Pode o utilizador dizer algo quando existe alguma desatenção por parte dos outros utilizadores	
							10	Os efeitos das ações do utilizador sobre os objetos virtuais são imediatamente visíveis e estão de acordo com as leis físicas e expectativas perceptuais do utilizador	
							10	O ambiente impede que o utilizador cometa erros. Contudo se existirem erros o sistema deteta e avisa.	
						F9. Consistência	10	O ambiente ajuda a avaliar a influência das ações anteriores em relação às atuais.	
							10	São consistentes os nomes/informação e a estrutura	
							10	A metáfora está de acordo com as tarefas do ambiente.	
							10	O ambiente prevê espaços de privacidade (atende a interrupções e distrações possíveis)	
						F10. Segurança	10	Pode o utilizador obter uma visão geral do espaço partilhado e de todos os utilizadores dentro deste espaço	
							10	São os canais de comunicação eficazes	
							10	O ambiente tem capacidades reativas (as entradas do utilizador são detetadas e modifica-se instantaneamente o AVCE e as ações sobre ele – ambiente dinâmico.	

Após o seu término, será despoletado um mecanismo automático de cálculo da qualidade do sistema. Serão aplicadas a fórmulas deduzidas pela *framework* QEF (ver secção 3.6). No final, obteremos o valor quantitativo da qualidade que será analisado na etapa seguinte.

## **E. Analisar resultados da avaliação**

Esta etapa dá origem a duas subetapas, que são independentes. Esta independência está relacionada com o tipo de avaliação, isto é, o controlo para a garantia da qualidade pode ser realizado em duas circunstâncias:

- ✚ se é um produto final ou;
- ✚ se é um produto em desenvolvimento.

No primeiro caso, o processo de avaliação consiste somente em avaliar o resultado obtido da qualidade e efetuar o julgamento dos resultados, ou seja, interpretar a medida (ou medidas) em relação a um modelo pré-estabelecido. Este julgamento consiste em determinar se o produto é o mais adequado para os objetivos educacionais traçados pelo pedagogo e se foi desenvolvido com a finalidade de levar o aluno a construir determinado conhecimento relativo a um conteúdo didático. Isto é, o ambiente deverá ser um veículo de expansão do pensamento e da criatividade. Ambiente deve permitir que, (Oliveira, 2001):

- ✚ o processo de ensino-aprendizagem seja um processo dinâmico e ativo;
- ✚ o próprio aluno seja o construtor do seu conhecimento;
- ✚ o professor seja o facilitador do processo de aquisição do conhecimento do aluno.

No segundo caso, a avaliação que é aplicada ao longo do processo de desenvolvimento de um produto, tem um julgamento que consiste em analisar o resultado obtido nas suas diversas fases de produção. Procura-se avaliar de que forma o *software* está a ser desenvolvido, identificando-se deficiências e limitações na sua aplicabilidade. Assim, é possível precocemente, corrigir as falhas que eventualmente ocorram (Azevedo B, 1997).



# 8

## Casos de Estudo

*“Um estudo de caso consiste na imaginação  
do caso e na invenção do estudo”.*

-- (Kemmis, 1980, citado por Bassey, 1999: 61)

---

Neste capítulo apresentamos casos de estudo que visam ilustrar o uso do modelo de desenvolvimento para ambientes virtuais colaborativos educacionais, descrito no capítulo seis, e a aplicação do modelo de avaliação apresentado no capítulo sete. No total, apresentamos dois casos de estudo dedicados ao desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais, onde se aplicam os modelos propostos.

---

## 8.1. Introdução

Nesta tese é abordada a necessidade da existência de um modelo para desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais e a importância da qualidade destes ambientes. No capítulo 6 argumentamos que o modelo deverá impor um processo disciplinado no desenvolvimento, tornando o ambiente mais previsível e mais eficiente. No capítulo 7 apresentamos uma abordagem para a avaliação de AVCEs, que pode ser utilizada em duas perspectivas, ou seja, ao longo do seu processo de desenvolvimento ou na seleção de ambientes disponíveis no mercado.

Para demonstrar a aplicabilidade do que anteriormente foi referido, decidimos apresentar dois casos de estudos, que visam ilustrar como o modelo de desenvolvimento se comporta num contexto de desenvolvimento real. Estes casos de estudos consistiram na realização de dois protótipos de ambientes virtuais colaborativos educacionais para alunos do segundo ciclo do ensino básico e ensino superior e foram desenvolvidos na plataforma Opensim, escolha baseada no estudo efetuado no capítulo 3, seção 3.6. Para a sua realização propusemos uma abordagem de desenvolvimento estruturada que culminou no modelo proposto, fornecendo as principais ideias para o desenvolvimento dos ambientes, e estes por sua vez, numa experiência valiosa para melhorar e dar forma ao projeto final da tese.

A partir destes casos de estudo pretendemos que os AVCEs concebidos com a aplicabilidade destes modelos possa contribuir para “promover, nos alunos, o desenvolvimento integrado e equilibrado das capacidades, cognitivas, afetivas, sociais e psicomotoras através de experiências significativas e enriquecedoras da sua estrutura pessoal, possibilitando, de forma progressiva, a aquisição de conhecimento e a valorização de si próprios como pessoas e como intervenientes críticos na sociedade” (Alonso, 2004).

Um resumo dos casos de estudo pode ser encontrado na tabela de 8.1

**Tabela 8.1.** Casos de estudos desenvolvidos

	<b>Nome do Projeto</b>	<b>Descrição</b>
<b>Caso de estudo 1</b>	Sólidos Geométricos	Desenvolvimento de um protótipo de um AVCE para alunos do quinto ano do segundo ciclo do ensino básico, cujo tema a abordar faz parte do conteúdo programático da disciplina de matemática.
<b>Caso de estudo 2</b>	ISEP Virtual	Desenvolvimento de um protótipo referente ao ISEP com o intuito de dar a conhecer a instituição e permitir ao mesmo tempo que docentes e alunos possam assistir a aulas que possam estar a decorrer num determinado instante, realizar atividades e dialogar uns com os outros.

Durante o desenvolvimento dos casos de estudo, o autor desta tese assumiu o papel de cliente, especialista no domínio, especialista na definição de critérios de qualidade, conjuntamente com o grupo de especialistas referenciados anteriormente, programador (no primeiro caso de estudo), utilizador da solução atual e utilizador final da solução proposta. A isto, soma-se o papel de professor e investigador, para orientar os alunos na aplicação do modelo proposto. Durante este processo deu-se mais atenção a umas atividades do que a outras, aquelas que estão mais focadas nas tarefas e interação com os objetos, pois os casos de estudo estão direcionados para a construção e avaliação de ambientes virtuais colaborativos educacionais.

Para a definição das tarefas a concretizar partiu-se de uma estratégia temporal bem definida, que incorporou os seguintes passos:

- ✚ estudo do modelo proposto para o desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais;

- ✚ concretização dos casos de estudo conciliada com a análise e conceção dos ambientes virtuais (nos seus aspetos socioeducativos, organizacionais e tecnológicos), o desenvolvimento e implementação do sistema (numa perspetiva mais tecnológica) e a sua avaliação (numa vertente mais socioeducativa);

- ✚ avaliação quantitativa dos AVCEs, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento e análise de resultados obtidos através de questionários;

- ✚ análise estatística dos dados.

## 8.2. Parâmetros dos Casos de Estudo

Para efetivar a avaliação dos casos de estudos desenvolvidos, recorreu-se à *Framework* de avaliação quantitativa QEF (Escudeiro P., Bidara J., 2006). A *framework*, segundo a autora é particularmente adequado a situações em que:

- ✚ é necessário medir quantitativamente a qualidade do ambiente desenvolvido;

- ✚ os requisitos têm de ser testados progressivamente no decurso do desenvolvimento das aplicações;

- ✚ é importante obter um valor numérico para refletir a qualidade do ambiente a ser avaliado.

Não sendo possível controlar totalmente as experiências, por exemplo selecionando aleatoriamente amostras para o estudo, por razões meramente administrativas, mas também para manter a equiparação de condições entre todos os elementos da população alvo, optou-se pela posição de observador.

Deste modo, num primeiro momento, decidimos analisar e avaliar a situação em estudo, com o objetivo de definirmos uma teoria de suporte aos processos de implementação. A revisão de literatura conexa e a realização de conversas com especialistas na área permitiu organizar e definir pontos fulcrais para o estudo. Como resultado, a principal questão em investigação foi definida como sendo:

“Como se adapta o modelo iterativo de desenvolvimento de AVCEs às principais características destas aplicações e em que medida uma avaliação ao longo do seu processo de desenvolvimento contribui para que sejam um recurso pedagógico para o ensino presencial, podendo ser utilizadas durante a aula ou fora dela?”.

Estes casos de estudo incorporam ainda o estudo de sub-questões, que pela sua natureza se integram no esforço de investigação da questão principal, a saber:

✚ Como reagem os alunos à disponibilização de um ambiente desenvolvido com o modelo proposto e em que medida afeta os seus padrões de comportamento de aprendizagem?

✚ De que forma a disponibilização destes ambientes no meio escolar, contribuem para utilização e satisfação dos alunos?

As situações usadas nos casos de estudo não pretendem ser per si objeto de estudo deste trabalho, mas sim exemplos de aplicação. Neste contexto há que salientar que a criação de ambientes virtuais colaborativos educacionais é um processo complexo e multidisciplinar, que engloba pelo menos as componentes de sociologia e tecnologia. A componente de sociologia avalia as relações entre os participantes no desenvolvimento do ambiente, a forma como se organizam em torno de objetivos comuns que visam os interesses do grupo, como dependem entre si para realizar as tarefas e a necessidade de comunicarem entre si, ao passo que a componente de tecnologia garante o suporte tecnológico necessário para a criação do ambiente.

### **8.3. Caso de Estudo 1: Sólidos Geométricos**

Este caso de estudo consistiu no desenvolvimento de um protótipo de um ambiente virtual colaborativo educacional para dar suporte a uma aula de Matemática para os alunos do quinto ano do segundo ciclo do ensino básico. O tema a abordar faz parte do conteúdo programático da referida unidade curricular – Sólidos Geométricos.

Com este projeto pretendeu-se criar um ambiente simples, em que a interação fosse intuitiva, permitindo deste modo aos utilizadores que participam nas experiências acostumarem-se ao ambiente criado com base no modelo.

Ao mesmo tempo, pretendíamos que os utilizadores pudessem imergir num ambiente virtual tridimensional, de modo que os objetos invadissem o espaço real do utilizador e este por sua vez, representado por um avatar, interagisse com os objetos no mesmo espaço.

### 8.3.1. Processo de desenvolvimento

Após a identificação dos requisitos principais a partir dos objetivos que a aplicação devia cumprir, fixou-se um prazo de três meses para a apresentação de uma proposta que fosse útil na sala de aula, em várias perspetivas:

- ✚ como uma ferramenta que pudesse trazer o mundo para a aula;

- ✚ que suportasse as atividades e,

- ✚ que abrisse a aula para o mundo.

- ✚ Isto porque,

- ✚ trazer o mundo para a aula, permite o acesso, a partir da aula, a várias fontes de informação e comunidades *online*;

- ✚ dar suporte a atividades na aula pela possibilidade de permitir avaliações e a realização de atividades inovadoras e,

- ✚ por último, abrir a aula para o mundo, pelo fácil acesso á informação, visualização e contato com os outros.

Uma pequena parte deste prazo foi dedicado ao estudo do problema, em que a equipa de desenvolvimento se familiarizou com este, aprofundando exigências e apresentando soluções. Isto tomou forma através de sessões de *brainstorming* em que se procurou identificar as necessidades essenciais para o desenvolvimento do sistema, tipo de tarefas de acordo com os objetivos da aprendizagem e interações esperadas que permitisse obter um ambiente adequado a este público-alvo. Todo o produto de reflexão e do trabalho desenvolvido foi incluído num documento (ver anexo B) que dará como concluída a fase de conceção, a qual servirá como ponto de partida para a próxima fase – A Fase de Análise.

Seguindo o modelo proposto, a fase de análise começa por centrar-se nas funcionalidades, em termos de operações e condições do sistema deixando de lado os detalhes da plataforma em que se vai desenvolver o ambiente. A partir da informação do documento anteprojecto, decidimos dividir o espaço em três áreas principais: espaço de debate, informação e de realização de atividades, como podemos observar na figura 8.1.



**Figura 8.1.** Cenários dos diferentes espaços do ambiente a desenvolver

A área de debate tem como objetivo permitir que os professores possam esclarecer alguns conceitos aos alunos e/ou proporem algo que esteja relacionado com o tema, levando os alunos a refletir, debater e a extrair conclusões. Esta área possui mobiliário apropriado e um quadro onde se poderá colocar questões, esquemas e vídeos.

A área de informação apresentará todos os conteúdos didáticos a abordar. Ela possui um conjunto de painéis que apresentam os conceitos relacionados com o tema e alguns sólidos em 3D, onde o aluno poderá com um simples clicar do rato aceder à informação específica do sólido em questão. Finalmente, a área de atividades terá como objetivo principal apresentar um conjunto de atividades que permita aos alunos a consolidação dos conceitos aprendidos. Algumas das atividades podem ser acedidas

por hiperligações a ferramentas de colaboração que se encontram na Web, tal como, o Scribblar<sup>23</sup>.

Esta divisão permitiu-nos identificar e detalhar os casos de uso. A partir destes identificamos uma lista de operações para criarmos um primeiro diagrama de análise. Paralelamente foram esboçados os cenários que ilustram os elementos que compõem o ambiente, como podemos verificar no anexo C.

Após a construção dos artefactos da fase de análise, avançou-se para a fase de projeto, com o objetivo de determinar de que forma podemos facilitar a interação entre o utilizador e o ambiente. Tivemos a preocupação de construir atividades que considerassem o desafio, a curiosidade, o controlo e a fantasia, como as mostradas na figura 8.2. Assim, foi preciso detalhar as técnicas de interação associadas às atividades de aprendizagem, esboçando-se o diagrama de colaboração, diagrama de sequência, pormenorizados no anexo C.



**Figura 8.2.** Cenário de algumas atividades a realizar pelos utilizadores.

<sup>23</sup> [www.scribblar.com](http://www.scribblar.com) - Scribblar é uma ferramenta que nos permite criar e partilhar um "whiteboard" online.

Para uma melhor compreensão das decisões tomadas, decidimos avançar com a criação do primeiro protótipo do ambiente que, à medida que ia sendo refinado, foi avaliado através de um conjunto de requisitos de avaliação, já pré-definidos na fase inicial do projeto e que serão apresentados na próxima seção.

Esta avaliação teve como objetivo analisar se os requisitos estavam a ser cumpridos. Foi através da aplicação da *framework* QEF (Escudeiro P., Bidarra J., 2006), que conseguimos saber quais os requisitos que ainda não tinham sido cumpridos, levando-nos a refinar alguns dos pontos efetuados nas fases anteriores.

A figura 8.3 mostra-nos todo o processo de desenvolvimento efetuado para a aplicação Sólidos Geométricos.

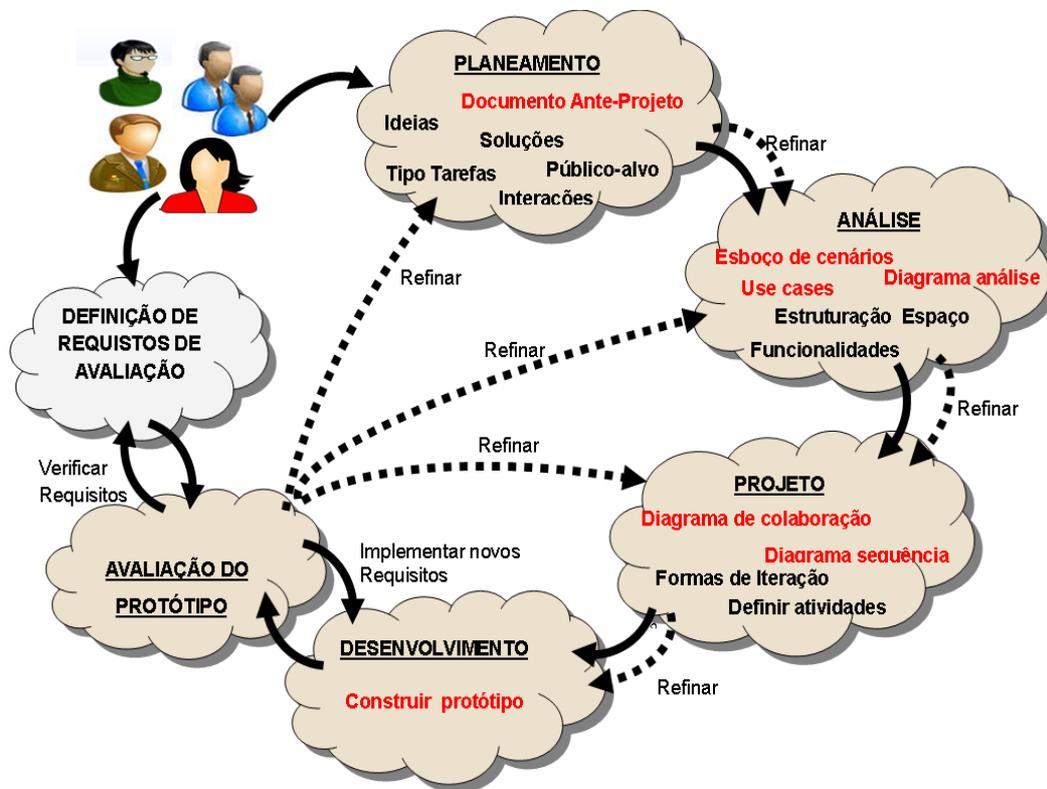
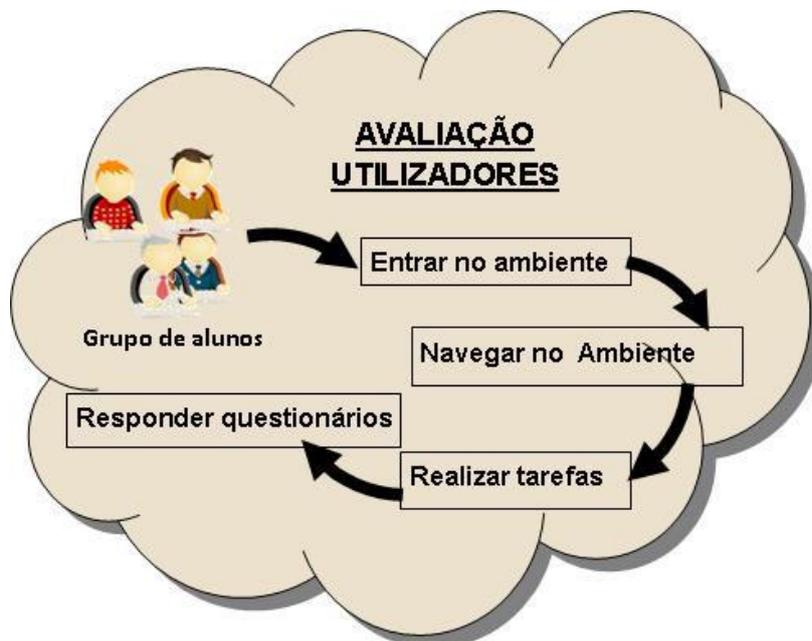


Figura 8.3. Processo de desenvolvimento do Ambiente Sólidos Geométricos.

Findo o cumprimento destes requisitos de avaliação, decidimos efetuar um novo processo de avaliação ao ambiente, como podemos observar na figura 8.4.



**Figura 8.4.** Processo de avaliação do ambiente com utilizadores finais.

Esta avaliação consistiu em disponibilizar o ambiente a um grupo de crianças, com idade compreendida entre os 10 e 11 anos, a quem se pediu para realizarem uma série de tarefas de pesquisa e atividades individuais e colaborativas. Finalmente, os alunos preencheram um questionário onde registaram as suas impressões sobre o uso do sistema, especialmente sobre a usabilidade e utilidade do ambiente, satisfação e motivação.

No anexo C poder-se-á encontrar todo o processo de desenvolvimento do ambiente Sólidos Geométricos.

### **8.3.2. Análise dos resultados experimentais**

Na sequência deste estudo, e como anteriormente referimos, inicialmente foram identificados os requisitos de avaliação para o sistema a desenvolver, o qual foi submetido a processos de validação e avaliação, durante o ciclo de desenvolvimento, nas suas diversas fases. Esta avaliação destina-se a estabelecer condições de funcionamento e a consolidar os objetivos previstos para os sistemas a construir.

Os requisitos foram, após validação, agrupados em 10 fatores, de forma a obter-se um agrupamento coerente. Estes, por sua vez, foram agrupados em 3 dimensões, como podemos observar na tabela 8.2.

**Tabela 8.2.** Dimensões, fatores e requisitos para o ambiente Sólidos Geométricos

Dimensão	Fator	Requisito
Ergonómica	F1. Navegação	A navegação é intuitiva e facilmente memorizável?
		O ambiente permite que o utilizador seja capaz de regressar ao ponto anterior sem se desorientar?
		O ambiente permite ao utilizador aprender de forma fácil como a navegação é realizada dentro deste?
		O ambiente inclui sugestões visuais e ajudas de navegação (labels, landmarks, mapas,...)?
		O utilizador movimenta-se no ambiente para obter visões e adquirirem um mapa mental exato do que se passa à sua volta?
		A navegação do sistema é transparente que permite o utilizador controlar as suas ações?
		Pode o utilizador determinar o caminho para se movimentar?
	F2. Interação	O ambiente disponibiliza ferramentas de interação proporcionando alguma forma de comunicação? (chat, fórum, mensagem ou e-mail, comunidades)?
		É fácil de selecionar, mover e alterar os atributos básicos dos objetos?
		Os pontos de seleção dos objetos são óbvios, claros e é fácil selecionar múltiplos objetos?
		O movimento do utilizador está controlado para apoiar o desempenho de uma série de tarefas e sequência de tarefas?
		O movimento do utilizador está apropriado com a tarefa?
		O utilizador pode alternar facilmente entre as visões de objetos compartilhados, outras localidades / objeto de interesse e o (s) outro (s) utilizador (es)?
		É dado ao aluno oportunidade de selecionar informações que lhe permita relacionar informações que são importantes para o tipo de atividade que está envolvido?

Dimensão	Fator	Requisito
Ergonómica	F2. Interação	O utilizador pode decidir que ação deve tomar e como?
		O utilizador controla eficazmente a performance de uma serie de tarefas e sequência de tarefas de forma apropriada para a realização destas?
		É fácil os utilizadores se moverem e posicionarem-se eles mesmos no ambiente virtual?
	F3. Comunicação	O ambiente permite que os utilizadores comuniquem entre si, através de Chat, fórum, voz?
		O ambiente permite que os utilizadores efetuem reuniões no espaço virtual?
		O utilizador comunica com o ambiente através de CHAT e menus de diálogo?
Pedagógico	F4. Conteúdos Didáticos	A informação existente no ambiente está consistente com o assunto abordado?
		O texto é legível, não contém erros ortográficos, e as frases estão bem construídas?
		O conteúdo corresponde ao objetivo da aprendizagem e está de acordo com os perfis dos estudantes?
		O conteúdo está suportado por diferentes tipos de média multimédia (vídeo, som, imagens)?
		Os conteúdos estão relacionados com situações e problemas de interesse?
		A visualização da informação é consistente (cores, forma, tipografia, etc)?
		O conteúdo está organizado em tópicos ou estrategicamente estruturado para atender a um objetivo de comunicação?
	F5. Aprendizagem	O ambiente possui uma área para as tarefas realizadas e deve estar estruturada, possivelmente hierarquicamente, de modo a refletir a divisão do trabalho e recursos a estruturar pelos membros do grupo?

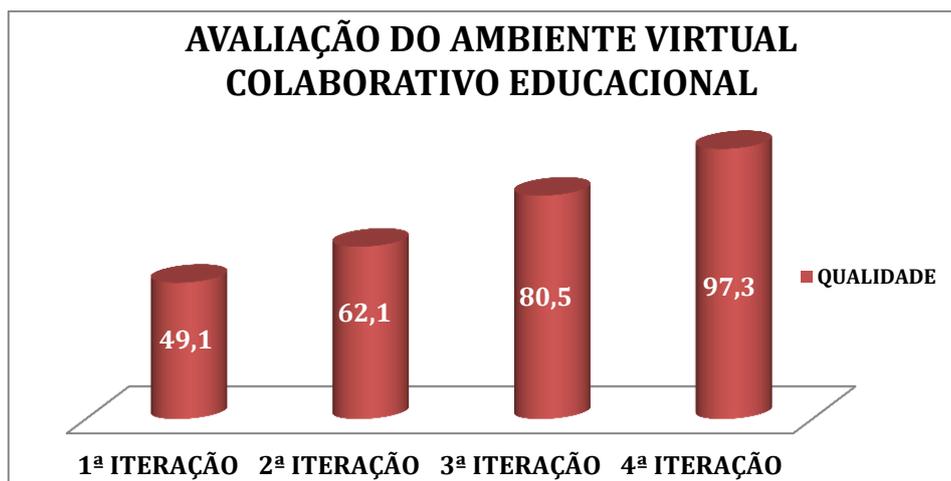
Dimensão	Fator	Requisito
Pedagógico	F5. Aprendizagem	O ambiente permite associar objetos a pessoas para fornecer a consciência da participação e trajetórias de aprendizagem, ou seja, atividades, funções, responsabilidades divisão de recursos e associações?
		Existem diferentes tipos de tarefas relacionadas com as ações para proporcionar a consciencialização sobre as atividades em curso?
		As tarefas estão projetadas de acordo com o grupo de utilizadores definidos?
		As respostas às ações são dadas em tempo suficiente?
		Possibilita ao professor monitorizar se a aprendizagem está ocorrendo e como esta ocorrendo?
	F6. Socialização	O sistema permite que o aluno navegue facilmente para outros grupos da comunidade como meio de manter o contacto social?
		O espaço de informação está estruturado baseado numa metáfora, ajudando os utilizadores do ambiente a comunicar uns com os outros e facilitar uma compreensão partilhada através de um comunicação eficaz?
	Técnico/Funcional	F7. Facilidade de uso
O ambiente é simples, controlado e divertido de forma a manter os alunos interessados na realização de uma tarefa?		
O ambiente possui diferentes partes para se jogar diferentes papéis, ou seja, existem lugares de acesso à informação, reuniões, trabalho, etc?		
F8. Flexibilidade		O ambiente é confortável para ser usado a longo prazo e permite que seja usado por utilizadores com diferentes perfis?
		O ambiente fornece instruções suficientes, formação e ajuda sobre o ambiente?
		O ambiente permite a ligação a outros sistemas externos?
		O ambiente proporciona uma sensação de presença social de forma a facilitar a participação?

Dimensão	Fator	Requisito
	F9. Consistência	Os efeitos das ações do utilizador sobre os objetos virtuais são imediatamente visíveis e estão de acordo com as leis físicas e expectativas perceptuais do utilizador?
		O ambiente impede que o utilizador cometa erros. Contudo se existirem erros o sistema deteta e avisa?
		São consistentes os nomes/informação e a estrutura?
	F10. Segurança	Pode o utilizador obter uma visão geral do espaço partilhado e de todos os utilizadores dentro deste espaço?
		São os canais de comunicação eficazes?
		O ambiente tem capacidades reativas (as entradas do utilizador são detetadas e modifica-se instantaneamente o AVCE e as ações sobre ele – ambiente dinâmico)?

A partir daqui foi criada uma folha de cálculo, com uma estrutura pré-definida que nos facilitou a recolha dos dados obtidos em cada iteração no processo de desenvolvimento do ambiente.

No Anexo E-E1 estão representados os resultados obtidos, sob a forma de percentagem, para cada iteração.

Efetuada uma análise estatística dos resultados, obtivemos o gráfico 8.1 que nos demonstra a importância de avaliarmos os AVCEs ao longo do seu processo de desenvolvimento.

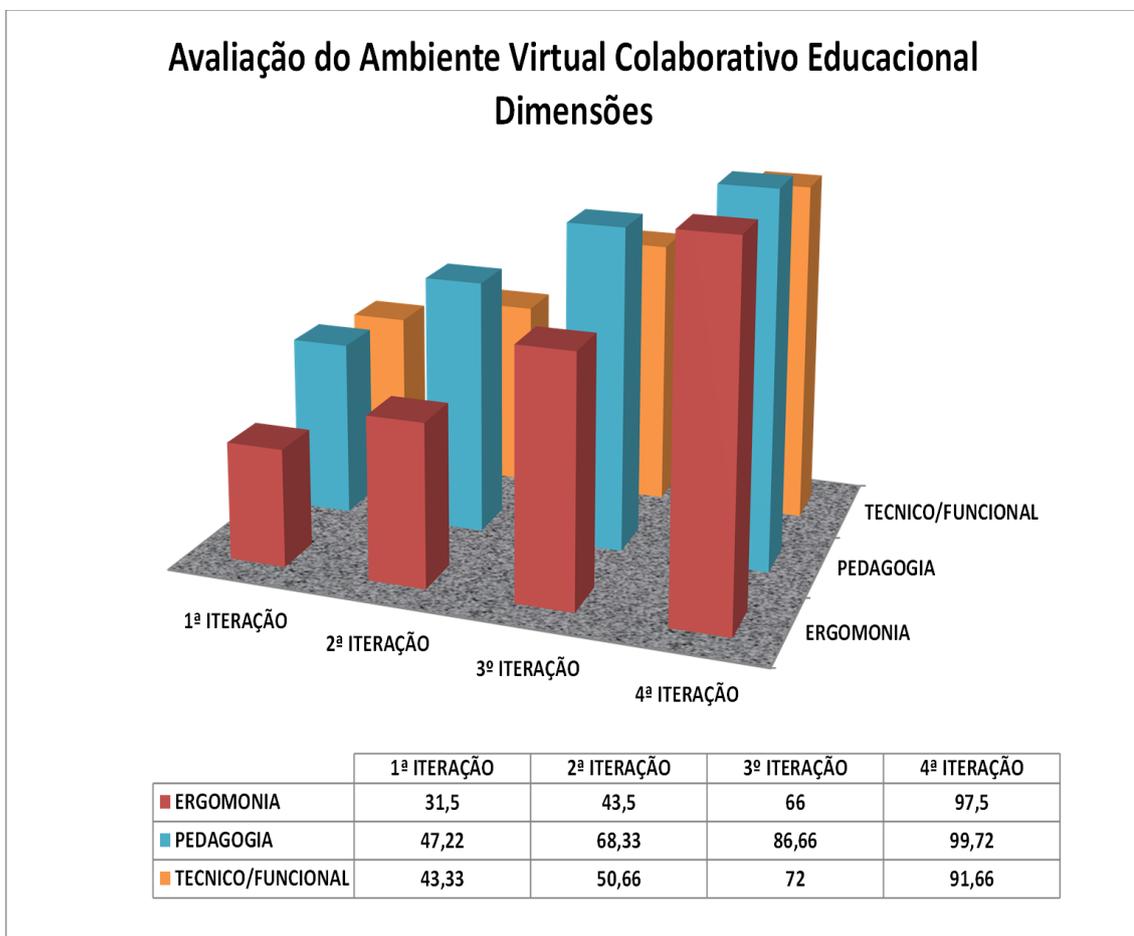


**Gráfico 8.1.** Percentagem da qualidade do AVCE obtida ao longo do seu processo de desenvolvimento.

A partir deste gráfico podemos observar que à medida que o protótipo ia evoluindo para um produto final, a qualidade aumentava. Este fato deve-se ao cumprimento de um maior número de requisitos de qualidade que se considerou para o nosso sistema ideal (o nosso sistema ideal é aquele que cumpre na totalidade todos os requisitos).

Na quarta iteração não obtivemos o valor de 100% devido à forma como se configurou o OpenSim e às limitações ao nível de *hardware*, da máquina que serviu como posto de trabalho. Este valor veio a ser confirmado através dos valores obtidos para a dimensão técnico/funcional, como poderemos observar no gráfico 8.1.

Para uma avaliação mais precisa decidimos analisar a qualidade do ambiente em termos das suas dimensões, chegando aos valores apresentados no gráfico 8.2.



**Gráfico 8.2.** Percentagem da qualidade das dimensões obtida para o AVCE

A alta percentagem obtida na dimensão pedagógica, a partir da primeira iteração, deveu-se à equipa de desenvolvimento dar uma maior importância aos cumprimentos

dos requisitos relacionados com o fator dos conteúdos didáticos e da aprendizagem. Os autores consideram que estes fatores são importantes porque levam a mudanças na forma como o aluno compreende os conceitos (alteram as suas estruturas cognitivas). Conteúdos e atividades devem ser preparados com ênfase no “aprender a aprender” e na autoaprendizagem. Encontrar o equilíbrio na forma de apresentar o conteúdo e o conceito a ser transmitido é um grande desafio, pois trabalha-se com estímulos que vão além da visão (Mulbert e Matuzawa, 2011).

Numa segunda fase de avaliação o protótipo foi colocado à disposição de uma turma do 5º ano, constituída por 30 alunos, da Escola EB 2/3 de Gondomar, que no final da sua utilização responderam a um pequeno questionário.

Por questões éticas requereu-se a autorização da instituição onde a investigação decorreu e teve-se o cuidado de se salvaguardar os interesses e direitos de todos os intervenientes no estudo, tendo-se informado os alunos e solicitado a sua colaboração e autorização para a recolha de todos os dados que iríamos efetuar através do preenchimento do questionário.

Este questionário foi estruturado e orientado para a análise do grau de satisfação do aluno/ambiente (ver anexo D). Pretendíamos recolher dados que nos permitissem analisar com rigor a reação dos alunos ao ambiente, grau de satisfação e o grau de aquisição de conhecimento. Isto levou-nos à conceção de um questionário formado por um conjunto de questões que foram selecionadas por mim e pela professora de matemática da escola onde decorreu o teste. A cada questão foi atribuída uma escala que permitisse uma avaliação quantitativa e fosse a mais adequada ao público-alvo.

Os dados recolhidos foram estruturados de uma forma organizada, permitindo realizar uma triangulação da informação, que nos facilitasse a confirmação dos pressupostos inicialmente estabelecidos, e posteriormente foram armazenados em folhas de cálculo desenhadas de acordo com os objetivos traçados. No anexo E-E2 encontra-se os resultados individuais dos questionários.

Para analisar os dados estabelecemos uma fórmula para determinar um resultado percentual para cada escala do questionário. Isto pareceu-nos necessário por julgarmos que um resultado percentual por escala, além de valores percentuais parciais por questão, daria uma visão melhor da utilidade do ambiente.

A fórmula para calcular o valor percentual por escala é a seguinte:

$$X(b) = \frac{\sum_{i=1}^n f(i)}{k * n} x 100$$

onde,

$X(b)$  – é o valor médio por escala.

$b$ - representa a escala do questionário (sim, não ou outra)

$n$  – número total de questões do questionário.

$k$  - número total de inquéritos respondidos.

$f(i)$  – representa as frequências absolutas da escala.

Para calcularmos os valores percentuais para cada questão, foi usada a seguinte formula:

$$F_{Qib} = \sum_{j=1}^k \frac{f_{jb}}{k} x 100$$

onde,

$F_{Qib}$  – representa o valor percentual correspondente a cada questão para cada escala.

$b$  -representa a escala do questionário.

$q_i$  – representa  $i$ -ésima questão

$f_{ib}$  - representa o número de vezes que o valor de determinada escala por questão é observada.

$k$  – número de inquéritos que responderam à questão  $q_i$ ,

Na Tabela 8.3. podemos observar as frequências absolutas obtidas na análise dos questionários.

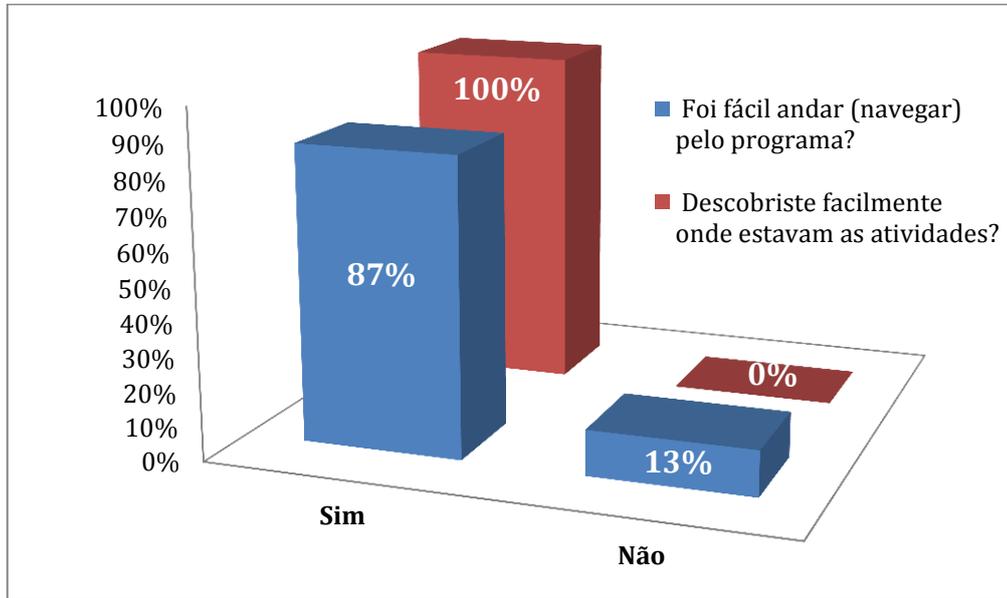
**Tabela 8.3.-** Frequências absolutas de cada questão

Questões	Respostas		
	1. Idade	<b>10 Anos</b>	<b>11 Anos</b>
12		18	
2. Género	<b>Masculino</b>	<b>Feminino</b>	
	9	21	
3. Sabes usar o computador?	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	
	30	0	
4. Foi fácil andar (navegar) pelo programa?	26	4	
5. Descobriste facilmente onde estavam as atividades?	30	0	
6. Sentiste dificuldade a resolver as atividades?	4	26	
7. Gostaste de conversar (comunicar) com os outros colegas?	27	3	
8. Gostaste de te ver representado no programa através de um personagem (avatar)?	29	1	
9. Gostaste de usar o programa?	30	0	
10. Gostarias de utilizar mais vezes estes ambientes nas próximas aulas?	30	0	
11. Ao caminhares no programa do que gostaste mais?	<b>Ver a informação</b>	<b>Ver o vídeo</b>	<b>Resolver atividades</b>
	0	9	21
12. Em que outras disciplinais gostarias de realizar atividades como estas?	<b>Ciências da natureza</b>		14
	<b>História e Geografia de Portugal</b>		8
	<b>Português</b>		2
	<b>Inglês</b>		6
	<b>Matemática</b>		0

Através da análise do aspeto de utilização do ambiente, permitiu-nos retirar algumas conclusões sobre a usabilidade, navegabilidade, realização de atividades e saber a opinião geral dos alunos.

Conforme se observou ao longo da sessão, a maior parte dos alunos utilizou facilmente o ambiente virtual de aprendizagem. Foram poucos os alunos que pediram ajuda para conseguirem aceder às diferentes áreas do ambiente. A maioria soube onde encontrar aquilo que era necessário para ajudar a resolver as atividades.

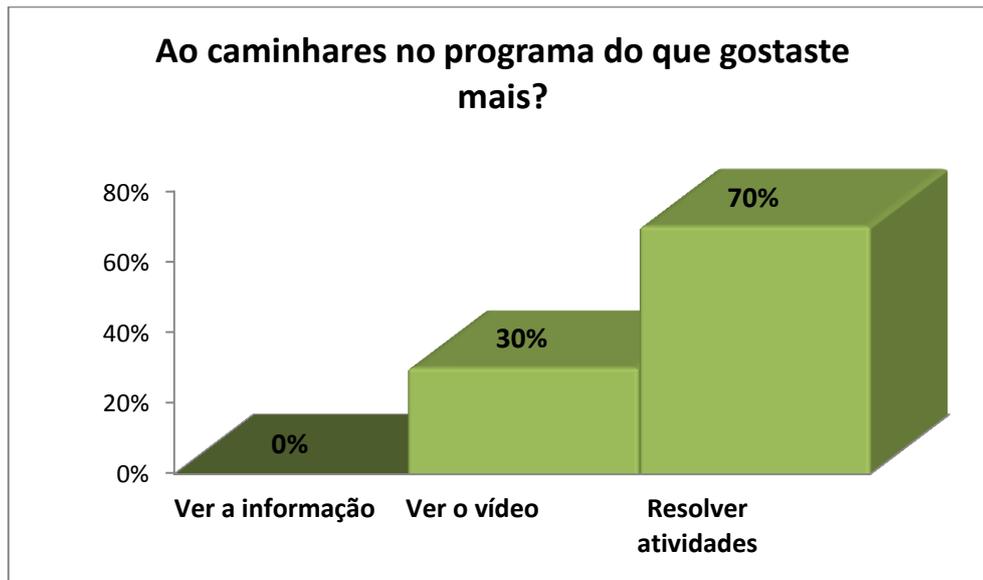
Com efeito, também os dados recolhidos através do questionário confirmam que a maioria dos alunos considerou fácil navegar no ambiente (87%) e encontrar as atividades (100%). Os restantes 13% tiveram algumas dificuldades, as quais foram ultrapassadas com ajuda dos docentes presentes na sessão. (gráfico 8.3).



**Gráfico 8.3.** Aspecto de utilização ao nível da usabilidade e navegabilidade do AVCE

Fazendo uma análise destes dados, os alunos ao longo da sessão foram comentando que gostavam do aspeto gráfico, este era simples, apelativo e acessível; que o texto apresentado era bastante simples e, mostraram através do comentário: “Rosa Reis voa que chegas mais depressa ao vídeo e às atividades” era o meio mais rápido para se atingir os objetivos propostos.

Quando inquiridos sobre o que mais gostaram quando navegaram ao longo do ambiente, e recorrendo aos dados apurados através do questionário, verificou-se que 70% referiu ter gostado mais de resolver as atividades e que 30% gostaram de ver o vídeo.

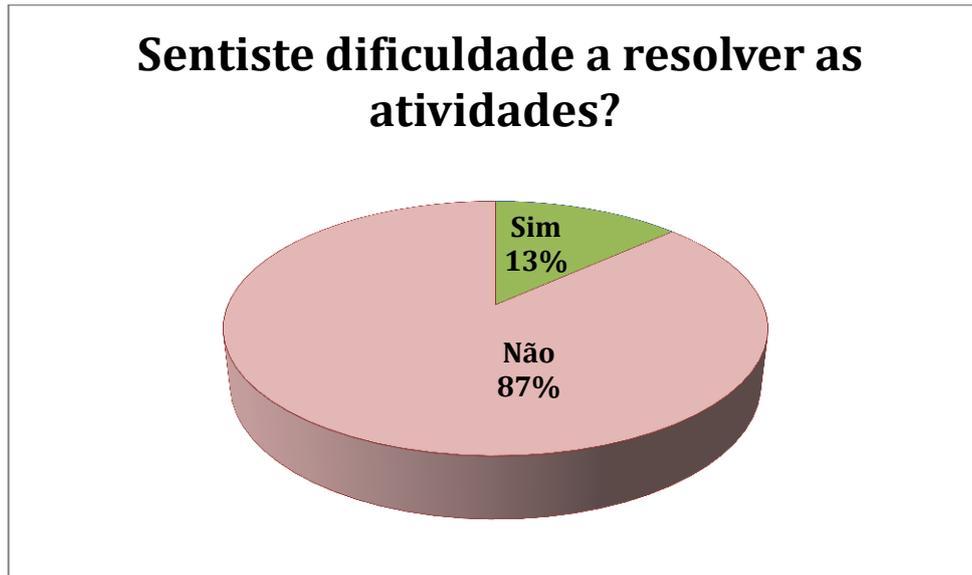


**Gráfico 8.4.** O que gostaram mais no AVCE.

Com efeito, estes dados vêm, de certa forma, corroborar que o computador gera um grande interesse para os alunos motivarem-se e realizarem as atividades. Em ambientes virtuais, o aluno interage através de um conjunto de recursos, que possibilitam a potencialização do desenvolvimento da aprendizagem, sendo que estes recursos variam de ambiente para ambiente<sup>24</sup>.

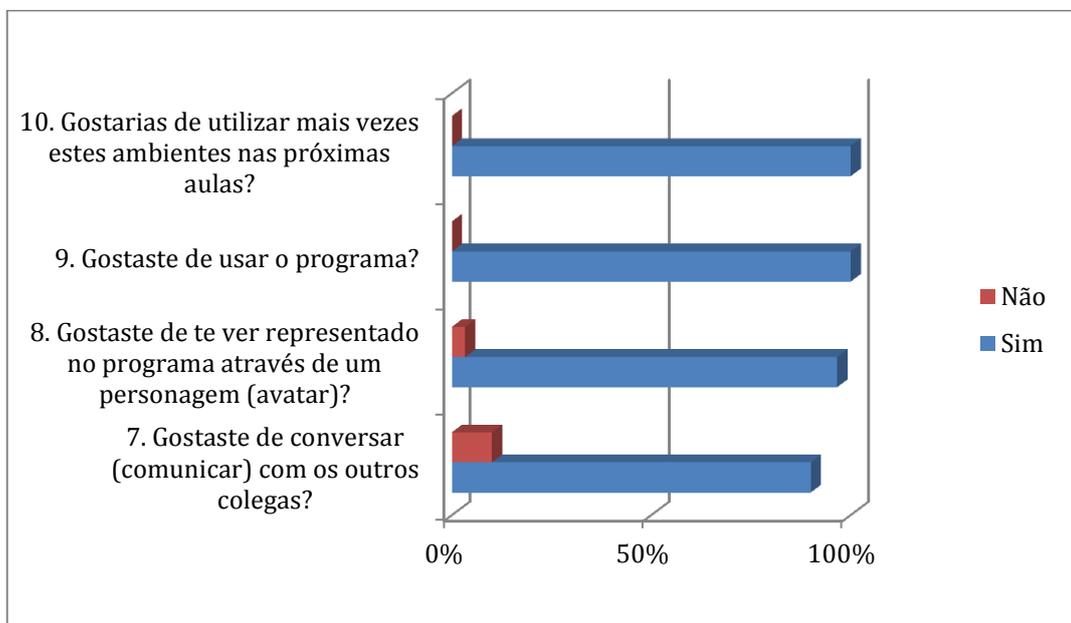
No que concerne, à realização das atividades a maioria (87%) dos alunos não sentiram dificuldades na sua resolução (gráfico 8.5). Somente 13% sentiram dificuldades em resolver os exercícios, mas por razões de aprendizagem nas matérias expostas e não terem seguido as instruções iniciais para acederem aos conteúdos sobre os sólidos geométricos.

<sup>24</sup> <http://metodologia.wikispaces.com/Teorias>

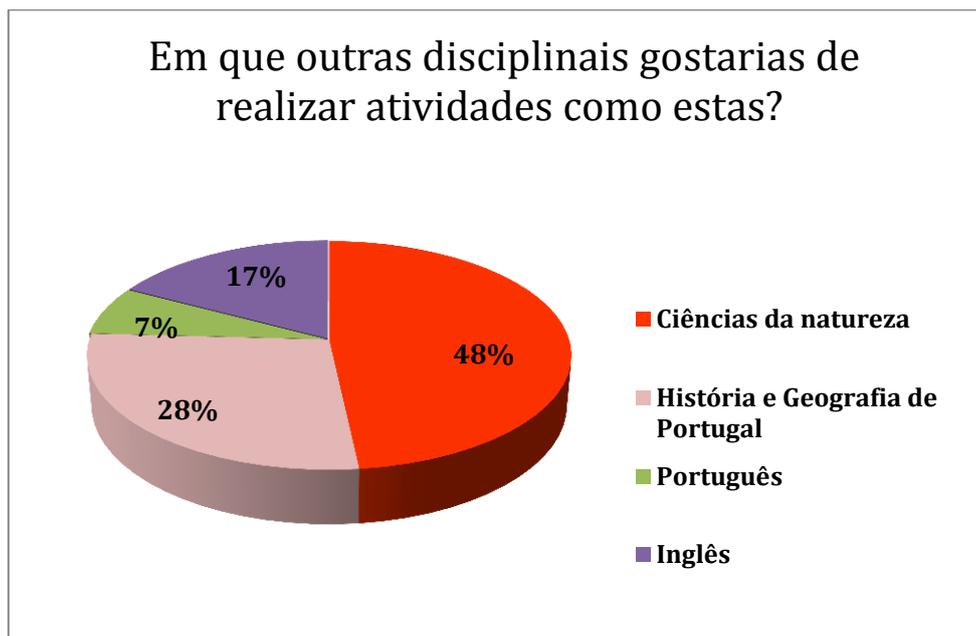


**Gráfico 8.5.** Opinião relativa às atividades do AVCE.

Por fim, e no que respeita a apresentação dos dados relativos à componente da opinião geral do protótipo, as opiniões registadas foram de certo modo consensuais, pois todos referiram que gostavam de usar mais vezes este ambientes e utilizá-los nas diferentes unidades curriculares, como podemos observar nos gráficos 8.6 e 8.7



**Gráfico 8.6.** Opinião geral sobre o ambiente



**Gráfico 8.7.** Que outras unidades curriculares gostariam de usar estes ambientes.

Em suma, pelo que observamos no que diz respeito às atitudes e opiniões dos alunos face à utilização do ambiente e pelos resultados obtidos dos questionários, podemos concluir que a maioria se sentiu motivada durante a período da sessão, tendo vários alunos no final da sessão, manifestado a vontade em continuar a utilizar o ambiente após o término do estudo, perguntando-me como poderiam aceder ao ambiente a partir de casa.

Pelo que ficou exposto, e apesar dos indicadores serem bastante positivos no que refere à adoção de ambientes virtuais colaborativos como complemento ao ensino presencial, estamos cientes que mais testes deverão ser efetuados, pois estes dados não são relevantes estatisticamente. Contudo, este estudo permitiu obter alguns dados qualitativos relevantes no que concerne à utilização e satisfação com os ambientes virtuais colaborativos para a educação.

A partir da análise dos dados extraídos dos registos dos professores ao longo da sessão podemos caracterizar o ambiente criado na sala de aula. Os alunos colaboraram entre si, estiveram empenhados quer na procura de recursos para atingir os objetivos propostos, quer na realização das tarefas. A colaboração surgiu, a partir do que se observou e analisou, através da colaboração coletiva que se gerou em alguns momentos de aula, particularmente na necessidade de se esclarecer dúvidas sobre alguns conceitos e, da colaboração inerente à participação no espaço virtual no

que diz respeito às conversas que se estabeleceram através do canal de comunicação do OpenSim.

A motivação, também foi um fator que nos ressaltou à vista. Este fator foi evidente na quantidade de alunos que estiveram envolvidos na resolução das atividades propostas, e que rapidamente se prontificavam a ajudar os colegas com mais dificuldades. No final da sessão, quiseram saber como poderiam aceder ao ambiente a partir de casa.

#### **8.4. Caso de Estudo 2: ISEP VIRTUAL**

Com este segundo projeto pretendeu-se implementar um protótipo designado de ISEP Virtual, com o objetivo de demonstrar a aplicabilidade do modelo em ambientes virtuais tridimensionais, como descrevemos no capítulo quatro. A ideia de construir o campus a 3D, no qual se navega à procura de informação, serviços e atividades, previamente concebidas, tem como objetivo criar novos desafios, utilizando para isso ambientes cativantes que são do domínio dos jovens.

Não querendo desviar-nos do conceito de colaboração, quisemos dar a este protótipo características colaborativas, ou seja, construir um mundo virtual colaborativo. Assim, conseguimos desenvolver competências de interação, que segundo Benford e colaboradores (citado em Parsons et al., 2000) encontram-se alicerçadas nas várias características que permitem definir os mundos virtuais colaborativos. A primeira das características, a navegação-encontra-se relacionada com o facto de cada participante guiar e visualizar o seu próprio ponto de vista através do mundo virtual. Ao nível da personificação, cada participante é representado diretamente por um avatar, com o qual pode interagir, ou seja, manipular diretamente os objetos virtuais dentro do mundo. No que diz respeito à comunicação, os participantes podem trocar mensagens quer de vídeo, quer de texto ou de voz. Estas características são importantes pois permitem a apresentação mais “real” de situações sociais já que os participantes podem interagir e comunicar entre eles de vários modos criando, assim, uma interação mais dinâmica e flexível (Cruz et al, 2011).

Dentro deste contexto, decidiu-se construir um projeto onde fosse possível:

- ✚ Apresentar o campus de forma que abra novas portas no que toca à visualização, planeamento e divulgação do espaço físico do Instituto Superior de

Engenharia do Porto. A partir do modelo 3D, podemos oferecer à comunidade acesso à “estrutura física” do campus, onde o utilizador pode navegar virtualmente pelo ambiente e ter uma ideia de localização e funcionamento do campus.

✚ Os alunos de qualquer curso, poderão assistir a aulas, dialogar com o professor e seus colegas, realizar atividades e até mesmo aceder aos Serviços Académicos da escola, em tempo real.

✚ Os professores tenham a oportunidade de introduzir material didático, dar aulas, reunir-se com os alunos para esclarecimento de dúvidas e observar como os seus alunos realizam as tarefas que lhe estão afetas.

### 8.4.1. Processo de desenvolvimento

O processo de desenvolvimento deste projeto foi dividido em duas partes. Na primeira parte, após a apresentação do problema, a equipa de desenvolvimento, durante dois meses efetuou um estudo preliminar da plataforma OpenSim e do modelo proposto. Após este estudo e sabendo quais eram os objetivos do projeto, foi necessário definir inicialmente a arquitetura do sistema, como é mostrado na figura 8.5 e, construir o modelo tridimensional do campus pelo fato de não existir nenhum modelo 3D dos edifícios.

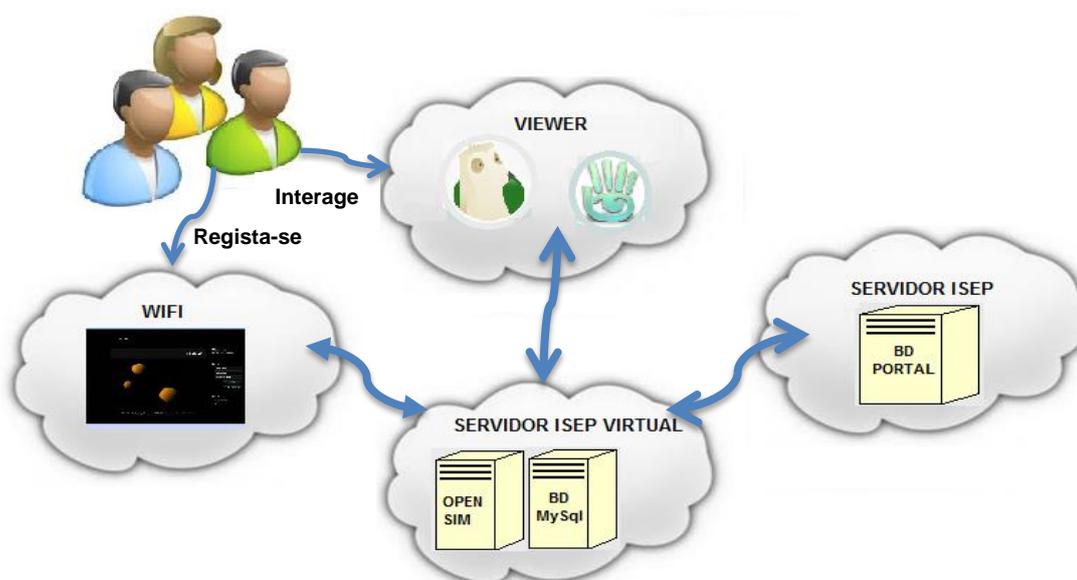


Figura 8.5. Arquitetura do protótipo ISEP VIRTUAL.

Como pode ser observado na figura 8.4, a arquitetura o sistema é constituída por quatro componentes principais, que passamos a descrever:

✚ **VIEWER** – permite que os utilizadores interajam com o ambiente. Os utilizadores podem conectar-se com o mundo utilizando um determinado *viewer*, por exemplo, *Hippo*, *Meerkat*, *Imprudence*, etc.

✚ **WIFI** - Este componente providencia uma aplicação Web para a gestão de registos de utilizadores, como mostrado na figura 8.6. O WIFI não necessita de um servidor web adicional, porque é carregado automaticamente pelo servidor ISEP Virtual quando é ativado. Utiliza como intermediário o OpenSim, implicando que qualquer alteração feita na base de dados do sistema não afetará a WIFI. Os dados dos utilizadores são registados na base de dados MySql.

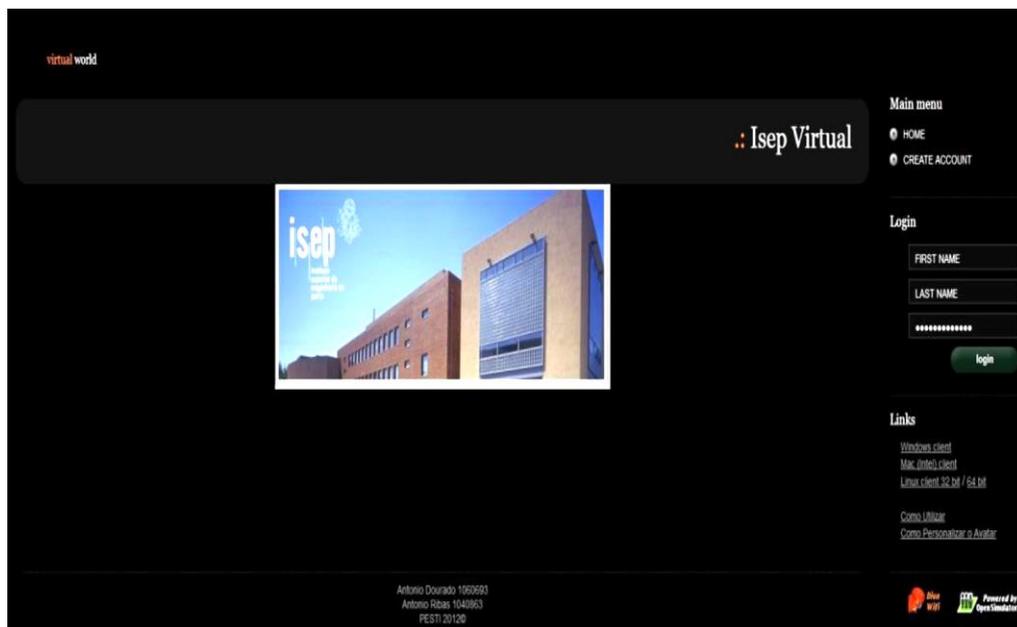


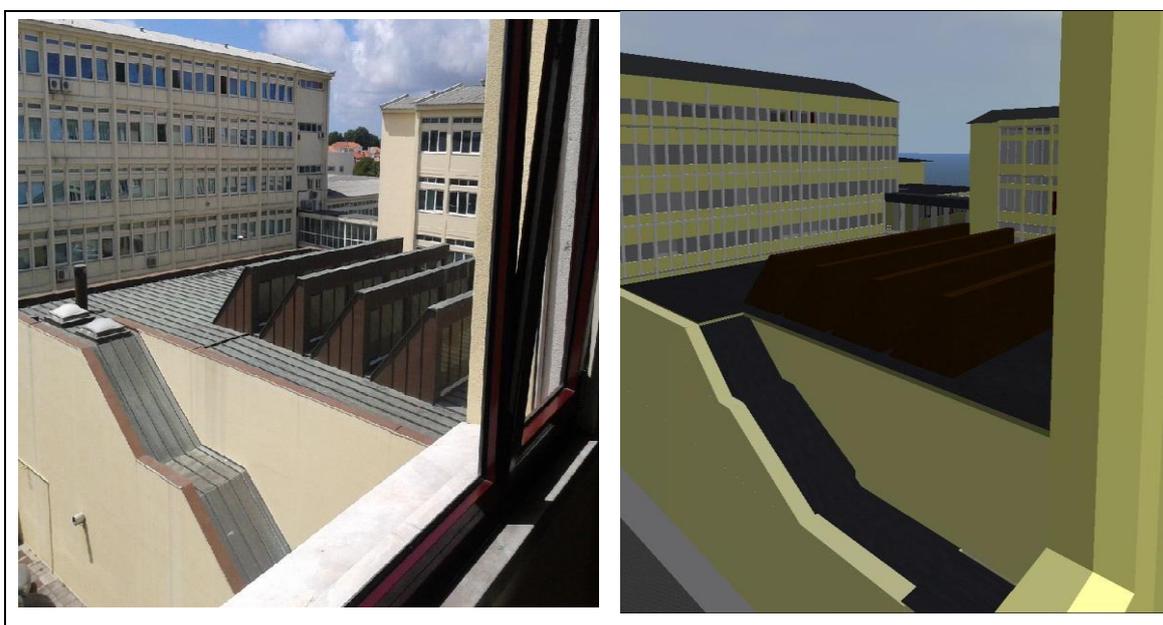
Figura 8.6. Página principal do registo de utilizadores no ISEP Virtual.

✚ **Servidor ISEP VIRTUAL** – Este componente contém o OpenSim e a base de dados MySql. Estes componentes foram instalados numa máquina virtual.

✚ **Servidor ISEP** - É um componente externo, através do qual se comunica com a base de dados do portal do ISEP. A inclusão deste componente na arquitetura do

sistema deve-se ao fato de o ambiente permitir aos utilizadores assistir a aulas que estão a decorrer num determinado dia e determinada hora, em tempo real.

Relativamente ao modelo tridimensional do Instituto, os dados para a sua elaboração foram obtidos a partir de duas fontes: de uma planta de implantação do Instituto e de fotos tiradas do Instituto para se ter uma melhor visualização e localização dos objetos internos do ambiente. O produto final destes edifícios criou um ambiente virtual, o mais aproximado possível com a realidade, como podemos ver na figura 8.7.



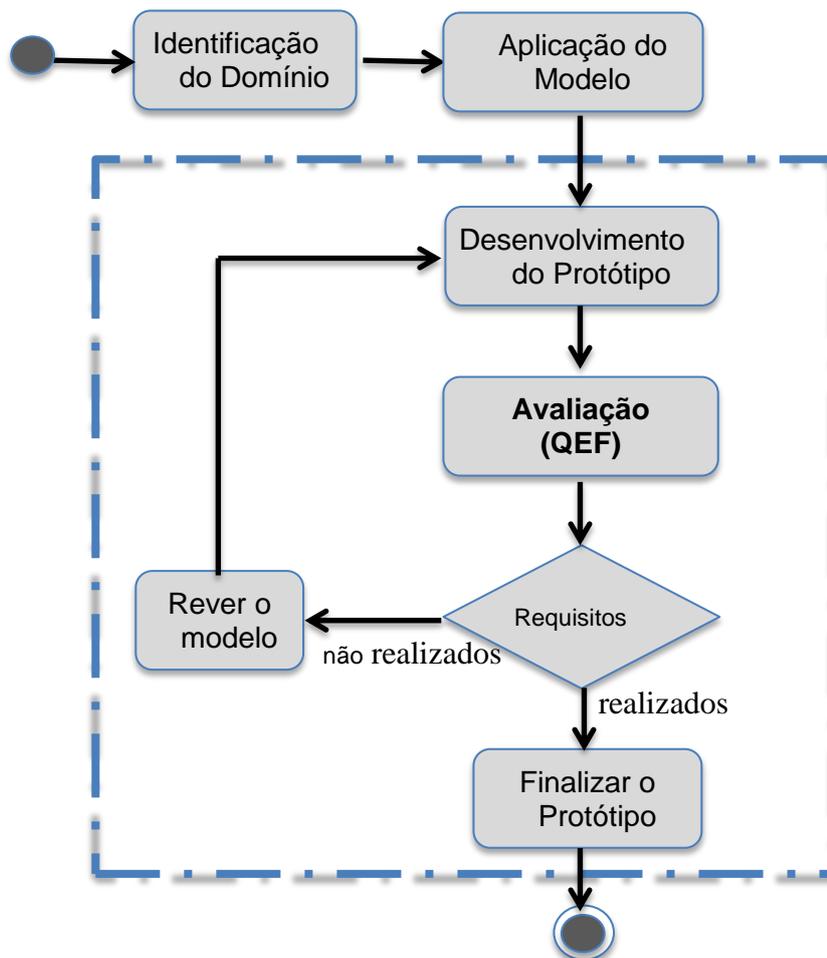
**Figura 8.7.** Perspetiva real e virtual, vista da janela da sala B408

Todos os requisitos específicos da proposta foram incluídos num documento que reflete todo o estudo inicial realizado por todos os elementos da equipa de desenvolvimento, o qual servirá de ponto de partida para o início da segunda parte do projeto, ou seja, para o início do processo de desenvolvimento do ambiente.

Como no projeto Sólidos Geométricos, começamos também por identificar e detalhar os casos de usos que nos permitiram estruturar o ambiente. Após este passo, foram identificadas um conjunto de tarefas e uma lista de operações que nos permitiu criar o primeiro esboço do diagrama de análise.

Posteriormente, avançou-se para a fase de projeto, onde se aborda a forma concreta na qual os utilizadores fazem uso das técnicas de interação associadas às operações. Como esta fase avançou foi possível começar a implementar o ambiente para se poder corrigir falhas relativas á opinião dos especialistas e devido ao não cumprimento dos requisitos do sistema.

Seguindo o modelo proposto, o ambiente foi avaliado ao longo do seu ciclo de vida de desenvolvimento, conforme descreve o diagrama de atividades da figura 8.8.



**Figura 8.8.** Diagrama de atividades relativo à avaliação do projeto ISEP Virtual.

A avaliação do projeto requereu numa primeira fase a definição um conjunto de requisitos de qualidade baseados na lista de critérios definidos no capítulo sete, os quais posteriormente foram agrupados em dimensões e fatores como demanda a *framework* QEF. No entanto, antes de se iniciar a fase de avaliação, a equipa de

especialistas em qualidade de *software* validou os requisitos com o objetivo de se detetar a necessidade de alterações. Esta validação obrigou que a equipa se reunisse várias vezes em sessões brainstorming, levando a um ajuste de alguns critérios referentes aos aspetos pedagógicos (atividades e interação) e aos aspetos técnicos (tempo de resposta, interface), resultando na grelha de avaliação apresentada na tabela 8.4.

**Tabela 8.4.** Grelha de Avaliação para o ISEP virtual.

<b>Ergonomia</b>
<b>F1. Navegação</b>
O ambiente contém um mapa sobre a sua representação visual?
O ambiente prevê um agente pedagógico com o propósito de guiar os utilizadores ao longo do sistema?
A navegação é intuitiva e facilmente memorizável?
O ambiente permite que o utilizador seja capaz de regressa ao ponto anterior sem se desorientar?
O ambiente permite ao utilizador aprender de forma fácil como a navegação é realizada dentro deste. (facilita a aquisição do conhecimento)?
O ambiente inclui sugestões visuais e ajudas de navegação (labels, landmarks, mapas,...)?
O utilizador movimenta-se sobre o ambiente para obter visões e adquirirem um mapa mental exato do que se passa à sua volta?
O ambiente fornece informação ao utilizador sobre “onde estou”, “ onde quero ir? como faço para chegar lá?
A navegação do sistema é transparente que permite o utilizador controlar as suas ações?
Pode o utilizador determinar o caminho para se movimentar?
<b>F2. Interação</b>
O ambiente disponibiliza ferramentas de interação proporcionando alguma forma de comunicação (chat, fórum, mensagem ou e-mail, comunidades)?
É fácil de selecionar, mover e alterar os atributos básicos dos objetos?
Os pontos de seleção dos objetos são óbvios, claros e é fácil selecionar múltiplos objetos?

<b>F2. Interação</b>
O movimento do utilizador está controlado para apoiar o desempenho de uma série de tarefas e sequência de tarefas?
O movimento do utilizador está apropriado com a tarefa?
O utilizador pode alternar facilmente entre as visões de objetos compartilhados, outras localidades / objeto de interesse e o (s) outro(s) utilizador(es)?
O aluno é incentivado a adquirir competências?
É dado ao aluno oportunidade de selecionar informações que lhe permita relacionar informações que são importantes para o tipo de atividade que está envolvido?
Permite que os utilizadores realizarem mais do que uma atividade ao mesmo tempo?
O utilizador pode decidir que ação deve tomar e como?
O utilizador controla eficazmente a performance de uma serie de tarefas e sequência de tarefas de forma apropriada para a realização destas?
É fácil os utilizadores se moverem e posicionarem-se eles mesmos no ambiente virtual?
<b>F3. Comunicação</b>
O ambiente permite que os utilizadores comuniquem entre si, através de chat, com ajuda de um microfone em tempo real, áudio conferência, vídeo conferencia, reuniões no espaço virtual?
O ambiente disponibiliza ferramentas de interação proporcionando alguma forma de comunicação?
<b>Pedagógico</b>
<b>F4. Conteúdos Didáticos</b>
A informação existente no ambiente está consistente com o assunto abordado'
O texto é legível, não contém erros ortográficos, e as frases estão bem construídas?
O conteúdo corresponde ao objetivo da aprendizagem e está de acordo com os perfis dos estudantes?
O conteúdo está suportado por diferentes tipos de media multimédia (vídeo, som, imagens, etc)
Os conteúdos estão relacionados com situações e problemas de interesse.
A visualização da informação é consistente (cores, forma, tipografia, etc)
Os recursos visuais relacionam-se com o assunto e que ajudam a entendê-lo?

<b>F4. Conteúdos Didáticos</b>
O conteúdo está de acordo com as características dos estudantes?
O conteúdo está organizado em tópicos ou estrategicamente estruturado para atender a um objetivo de comunicação?
O ambiente suporta mecanismos que permitam ao utilizador rever os diferentes conteúdos?
Os conteúdos e as mensagens não são negativos nem tendenciosos e não há discriminação por razões de classe social, crenças, religião?
<b>F5. Aprendizagem</b>
O ambiente possui uma área para as tarefas realizadas e deve estar estruturada, possivelmente hierarquicamente, de modo a refletir a divisão do trabalho e recursos a estruturar pelos membros do grupo?
A composição do grupo não é demasiado grande, é heterogéneo e homogéneo em relação à idade, experiência e conhecimentos técnicos?
O ambiente permite associar objetos a pessoas para fornecer a consciência da participação e trajetórias de aprendizagem, ou seja, atividades, funções, responsabilidades divisão de recursos e associações?
Existem diferentes tipos de tarefas relacionadas com as ações para proporcionar a consciencialização sobre as atividades em curso?
As tarefas estão projetadas de acordo com o grupo de utilizadores definidos?
As tarefas a executar seguem uma ordem pré-definida, ou seja, primeiro são apresentadas tarefas simples e, em seguida adicionadas elementos com maior complexidade, de forma a manter os alunos interessados no que estão a praticar?
As tarefas são o suficientemente complexas para que o aluno possa explorar os desafios e novas ideias e conhecimento?
As respostas às ações são dadas em tempo suficiente?
O ambiente possui uma estrutura dinâmica, para refletir e facilitar a mudança nos grupos envolvidos e trajetória de aprendizagem?
O ambiente “deixa vestígios” sobre as atividades realizadas pelos utilizadores, para mais tarde se poder refletir sobre elas?
Possibilita ao professor monitorizar se a aprendizagem está ocorrendo e como esta ocorrendo?

<b>F6. Socialização</b>
O ambiente permite que o aluno navegue facilmente para outros grupos da comunidade como meio de manter o contacto social?
O ambiente proporciona uma sensação de presença social de forma a facilitar a participação?
O espaço de informação está estruturado baseado numa metáfora, ajudando os utilizadores do ambiente a comunicar uns com os outros e facilitar uma compreensão partilhada através de uma comunicação eficaz?
<b>Técnico/Funcional</b>
<b>F7. Facilidade de Uso</b>
O ambiente permite ao utilizador atuar e explorar de maneira natural e não restrita as ações do ambiente?
Os efeitos das ações do utilizador sobre os objetos virtuais são imediatamente visíveis e estão de acordo com as leis físicas e expectativas perceptuais do utilizador?
O envolvimento do utilizador no ambiente é mais natural quanto possível?
A resposta do sistema às ações do utilizador é previsível e informativa?
O ambiente possui uma imagem com qualidade que permite aumentar o sentido de presença do utilizador?
O ambiente é simples, controlado e divertido de forma a manter os alunos interessados na realização de uma tarefa?
O ambiente possui diferentes partes para se jogar diferentes papéis, ou seja, existem lugares de acesso à informação, reuniões, trabalho, etc?
O ambiente permite ao utilizador atuar e explorar de maneira natural e não restrita as ações do ambiente?
Os efeitos das ações do utilizador sobre os objetos virtuais são imediatamente visíveis e estão de acordo com as leis físicas e expectativas perceptuais do utilizador
O envolvimento do utilizador no ambiente é mais natural quanto possível'
<b>F8. Flexibilidade</b>
O ambiente é confortável para ser usado a longo prazo e permite que seja usado por utilizadores com diferentes perfis?
O ambiente permite ao utilizador configurá-lo em termos de áudio?

<b>F8. Flexibilidade</b>
O ambiente fornece instruções suficientes, formação e ajuda sobre o ambiente?
O ambiente permite a ligação a outros sistemas externos, tais como, moodle, internet, etc?
O ambiente permite anotações textuais sobre ideias, opiniões?
O ambiente proporciona uma sensação de presença social de forma a facilitar a participação?
O ambiente “deixa vestígios” sobre as atividades realizadas pelos utilizadores, para mais tarde se poder refletir sobre elas?
Pode o utilizador dizer algo quando existe alguma desatenção por parte dos outros utilizadores?
<b>F9. Consistência</b>
Os efeitos das ações do utilizador sobre os objetos virtuais são imediatamente visíveis e estão de acordo com as leis físicas e expectativas perceptuais do utilizador?
O ambiente impede que o utilizador cometa erros. Contudo se existirem erros o sistema deteta e avisa?
O ambiente ajuda a avaliar a influência das ações anteriores em relação às atuais?
São consistentes os nomes/informação e a estrutura?
A metáfora está de acordo com as tarefas do ambiente?
<b>F10. Segurança</b>
O ambiente prevê espaços de privacidade (atende a interrupções e distrações possíveis)?
Pode o utilizador obter uma visão geral do espaço partilhado e de todos os utilizadores dentro deste espaço?
São os canais de comunicação eficazes?
O ambiente tem capacidades reativas (as entradas do utilizador são detetadas e modifica-se instantaneamente o AVCE e as ações sobre ele – ambiente dinâmico)

A escolha dos requisitos que compõem a grelha de avaliação advém de o ambiente ISEP Virtual:

✚ ser um ambiente com retorno visual, onde o utilizador pode explorar o campus do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Neste ambiente o utilizador pode

conhecer o espaço apresentado, onde pode encontrar edifícios, e visitar o seu interior. Este conhecimento espacial é promovido através da disponibilização de movimentos eficientes e confortáveis que tornam a navegação numa atividade fácil para que os utilizadores possam focar-se na realização de tarefas mais importantes (Bownman, 2001).

✚ ser um ambiente direcionado para atividades pedagógicas com características colaborativas, onde o utilizador pode assistir a aulas, realizar atividades colaborativas com outros utilizadores do ambiente e até mesmo socializar – Ambiente aberto à comunidade académica.

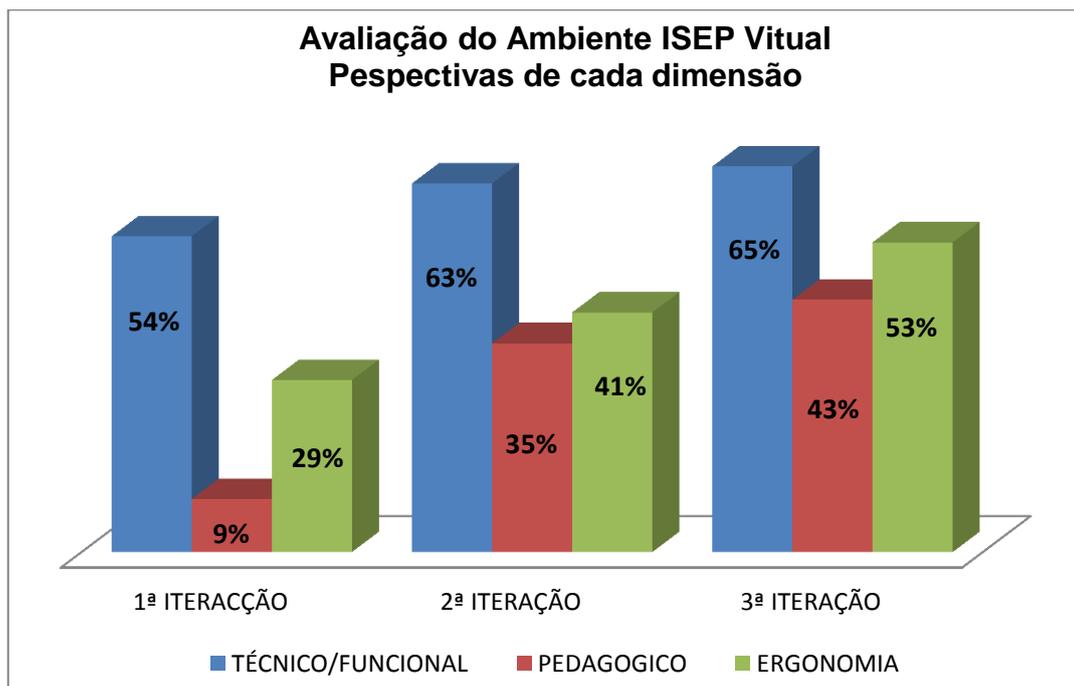
Além destes condicionalismos, características relacionadas com as tarefas, ambiente, utilizadores e sistema foram tidas em conta, uma vez que podem contribuir para afetar a motivação dos utilizadores no uso do ambiente.

#### **8.4.2. Análise dos resultados**

Os dados foram apurados com base em métodos estatísticos e o programa utilizado para o efeito foi o Excel, sendo um programa matemático de manipulação de dados bastante eficaz. Optámos por apresentar os resultados recorrendo a gráficos de barras referentes a cada uma das dimensões que compõem a grelha de avaliação, uma vez que este formato facilita a visualização dos resultados

Estes dados são analisados para identificar quais os requisitos que depreciam a performance do ambiente, resultando em observações. Por sua vez, estas observações foram utilizadas para se sugerir mudanças no projeto.

No gráfico 8.8 são exibidos os valores obtidos para cada uma das dimensões ao longo das diferentes iterações de avaliação efetuadas para o projeto.



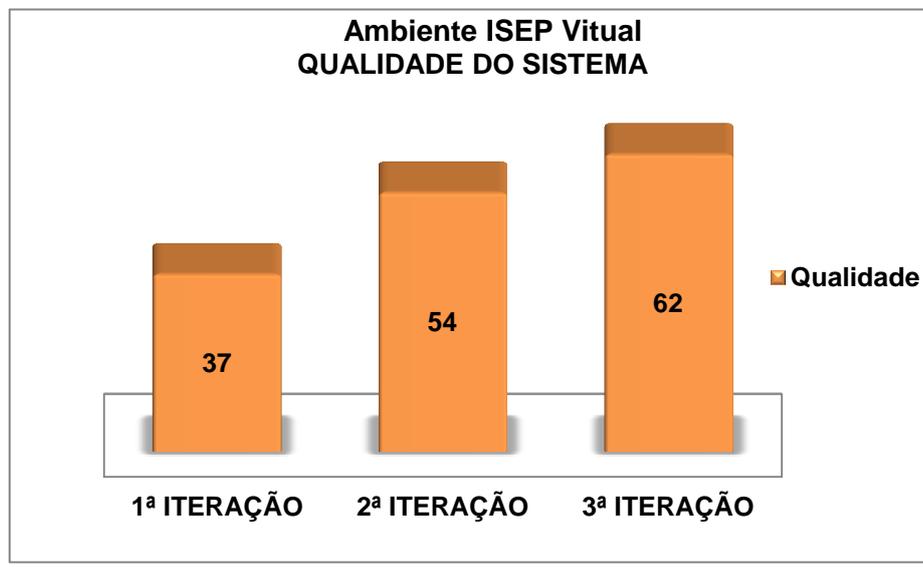
**Gráfico 8.8.** Percentagem da qualidade das dimensões obtida para o ISEP Virtual.

Mediante a leitura deste gráfico é possível verificar que o domínio técnico/funcional teve uma maior percentagem em relação à dimensão pedagógica e ergonomia. Tal fato advém de ser nossa preocupação construir o modelo tridimensional do campus o mais real possível.

Para o desenvolvimento deste modelo a equipa de programadores, constituída por dois alunos finalistas da licenciatura em Engenharia Informática, decidiu dividir o trabalho, com o objetivo de organizar a distribuição de tarefas e do tempo. Contudo, o processo de construção dos edifícios ocupou bastante tempo, porque o opensim por vezes não carregava corretamente todas as “*primitives*”<sup>25</sup> sendo necessário repetir o processo. Este contratempo levou a que o processo de avaliação ficasse aquém dos objetivos delineados pela equipa de desenvolvimento. A maior parte da implementação dos requisitos de qualidade ao nível das dimensões pedagógica e ergonomia ficaram por implementar e avaliar, daí a baixa percentagem que podemos observar no gráfico 8.3 para todas as dimensões. Isto, aconteceu porque o tempo que os alunos dispunham para a realização do projeto de final de curso, se esgotou.

<sup>25</sup> Primitives- objetos disponíveis no OpenSimulator. Ele suporta primitivas parametrizadas e primitivas esculpidas. Primitivas parametrizadas podem ser criados no mundo com a funcionalidade de criação. Primitivas Esculpidas são definidas por uma imagem de bitmap especial que pode ser criada com programas de modelagem 3D que suportam esculturas.

No entanto, podemos tirar algumas ilações relativas à aplicação do modelo de avaliação ao ISEP Virtual. Os resultados quantitativos (ver anexo F) obtidos no processo de avaliação ao longo do ciclo de desenvolvimento do ambiente, foi um fator de motivação para a equipa de programadores. Os programadores à medida que ultrapassavam cada fase de validação e avaliação, sentiam-se motivados para atingirem uma percentagem de cumprimento dos critérios de 100% em relação às especificações iniciais, ou seja, atingir o valor máximo da qualidade para o ambiente. Isto é verificado através do aumento do desempenho e, conseqüentemente da qualidade do ambiente ao longo do ciclo de desenvolvimento, apesar de ainda não cumprir em 100% o fim para o qual foi desenvolvido (ver gráfico 8.9).



**Gráfico 8.9.** Avaliação do ambiente ao longo do seu ciclo de vida de desenvolvimento.

A obtenção do valor quantitativo para a qualidade, interpretado como uma percentagem de cumprimento do ambiente real em relação ao ambiente definido como ideal, facilitou a compreensão dessa medida uma vez que nos ajudou a detetar desvios em relação aos objetivos iniciais, ou seja, minimizar os riscos associados ao desenvolvimento do sistema.





## Conclusões

*“Valeu a pena? Tudo vale a pena  
Se a alma não é pequena.”  
-- Fernando Pessoa, Mensagem*

---

Neste capítulo apresentamos as conclusões sobre o trabalho desenvolvido, avaliando o cumprimento dos objetivos propostos para esta tese. As suas principais limitações são também apresentadas e, no desfecho do capítulo são perspetivadas algumas linhas de trabalho futuro para o melhoramento e evolução do modelo proposto para apoiar o desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais em plataformas consideradas de mundos virtuais.

---

## 9.1. Conclusões

O objetivo primordial desta tese era definir um modelo iterativo de desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais que cobrisse todas as fases do ciclo de vida de *software*, ajudando uma equipa de desenvolvimento de *software* a estruturar todo o seu processo de conceção das suas aplicações. Como foi apresentado, o modelo proposto, apoiado por um modelo de avaliação, constitui uma solução para o problema apresentado, auxiliando a construir estruturas sólidas para o desenvolvimento de qualquer aplicação para a educação em suporte tecnológico, como é o caso dos ambientes virtuais colaborativos educacionais. A validação do modelo foi efetuada com base em experiências realizadas com um pequeno grupo de alunos, usando para o efeito dois casos de estudo. Os casos de estudo criados visaram, além da validação do modelo, demonstrar que avaliar um produto ao longo do seu processo de desenvolvimento, com base num conjunto de critérios de qualidade, permite-nos construir aplicações que ao ser usadas na educação, podem ajudar o aluno a construir o seu conhecimento e a modificar a compreensão de mundo elevando a sua capacidade de participar na realidade na qual está inserido (Ayres, 2009).

No sentido de atingir o objetivo principal desta tese, foram cumpridas as seguintes tarefas:

- ✚ Foi realizado um estudo sobre ambientes virtuais colaborativos e educacionais onde se descreveu as suas principais características, complementado com a definição dos principais conceitos relacionados com esta temática.

- ✚ Foi efetuado um estudo sobre mundos virtuais que identificou as suas principais características e os diferentes tipos de mundos virtuais. Neste estudo foi também efetuada uma análise comparativa entre vários mundos, baseada num conjunto de critérios de avaliação já definidos por investigadores da área. Esta análise permitiu selecionar um dos mundos virtuais que serviu de plataforma de desenvolvimento dos casos de estudos abordados nesta tese.

- ✚ Foi produzido um estudo do estado de arte sobre metodologias e modelos de avaliação em diversas áreas de investigação, tendo sido identificados trabalhos na área do desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos e educacionais. Este

estudo contribuiu para o levantamento dos problemas associados ao atual desenvolvimento de AVCE.

- ✚ Propôs-se um modelo para o desenvolvimento estruturado de AVCE, com suporte em conceitos base da *Engenharia de Software*.

- ✚ Com base no modelo de desenvolvimento, idealizou-se um modelo de avaliação que fosse aplicado ao longo do desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais, com o objetivo de se construir ambientes para a educação com qualidade.

- ✚ Criaram-se dois casos de estudo que demonstram a aplicabilidade do modelo e retratam duas situações inseridas no domínio em estudo. O primeiro caso de estudo serviu também para o planeamento e execução de experiências com um pequeno grupo de alunos, que nos permitiu avaliar o impacto dos ambientes no processo de ensino/aprendizagem.

Deste modo os objetivos parcelares definidos no capítulo introdutório foram atingidos com sucesso, tendo sido apresentadas algumas contribuições, nomeadamente artigos em conferências, para o desenvolvimento científico da área em que este trabalho se enquadra. Acreditamos que o modelo proposto é uma solução válida para apoiar as equipas de desenvolvimento a organizar e estruturar o desenvolvimento as suas aplicações como um processo iterativo em que vários conjuntos de fases se sucedem até se obter o produto final. O modelo permite que ao longo de cada iteração se obtenham versões cada vez mais completas, recorrendo à prototipagem para aumentar a implementação dos requisitos definidos inicialmente. Quanto mais requisitos incorporarem e quantas mais repetições do produto forem iguais entre si, mais qualidade tem o produto. Assim o modelo iterativo de desenvolvimento de ACVE tem associado um modelo de avaliação que assegura que os ambientes devem fazer o que é suposto que se faça e devem realizar as tarefas específicas corretamente e satisfatoriamente. Foi idealizado com o objetivo de monitorizar o trabalho e ajudar na revisão dos diagramas que se vão construindo ao longo do processo de desenvolvimento dos ambientes, de forma a assegurar que os requisitos estabelecidos sejam satisfeitos, assim como a consistência entre os próprios diagramas. Tem como fundamento a *framework QEF* que fornece um conjunto de

diretrizes que permitem avaliar a qualidade do *software* em termos quantitativos. A análise destes resultados quantitativos no processo de avaliação, ao longo do ciclo de desenvolvimento dos ambientes, foi um fator importante de motivação para a equipa de desenvolvimento. Verificou-se que à medida que ultrapassavam cada fase de verificação e validação, os elementos da equipa sentiam-se motivados a atingir o valor máximo da qualidade para o sistema que estavam a produzir, apesar de que se tratar ainda de um marco metodológico experimental totalmente desconhecido para eles.

O modelo iterativo de desenvolvimento para ambientes virtuais colaborativos educacionais e o modelo de avaliação propostos nesta tese completam-se entre si, fazendo com que haja um maior controle sobre os resultados obtidos, gerindo mudanças e fomentando um produto de qualidade. Isto, advém do facto de *processo de desenvolvimento* ser realizado em iterações, onde determinada atividade pode ser executada repetidas vezes, até que seja obtido o resultado desejado. O resultado desejado é um *software* de qualidade e de baixo custo. O modelo de qualidade reflete por si o problema da garantia da qualidade dos sistemas de *software* durante a sua construção.

Esta abordagem também difere de outras pesquisas e do trabalho desenvolvido no campo dos mundos virtuais para a colaboração, principalmente porque valorizou a importância da estruturação e formalização dos ambientes criados em plataformas de mundos virtuais. Enquanto muitos dos educadores e investigadores consideram ainda o meio como uma novidade e, portanto, consideram o problema central da conceção de ambientes e atividades algo irrelevante ou complexo para nem sequer o tentarem abordar, este trabalho foi desenvolvido baseado na crença de que também para a construção de ambientes virtuais colaborativos educacionais é necessário um conjunto coerente e coordenado de métodos e regras.

## 9.2. Publicações

No decorrer do trabalho desenvolvido nesta tese, tivemos a preocupação de disseminar o trabalho em eventos, como conferências e congressos nacionais e internacionais.

A participação nestes eventos tem permitido estar em contato com outros investigadores no campo das tecnologias de aprendizagem avançadas, onde recebemos valiosos comentários sobre o trabalho, e tem permitido disseminar o mesmo através das atas que se publicam nesses eventos. Estas publicações têm sido:

✚ Rosa Reis, Benjamin Fonseca, João Pavão, Leonel Morgado, Paulo Martins, “A Comparative Analysis of Social Virtual Worlds”, Edulearn2009, Barcelona, 5-8 Julho 2009.

✚ Rosa Reis, Benjamin Fonseca, Paula Escudeiro, “Análise Comparativa de Mundos Virtuais”, CISTI 2011, 6ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, Chaves, Portugal 15-18 Junho,2011 (2 citações).

✚ Rosa Reis, Benjamin Fonseca, Paula Escudeiro,” High-Level Model for Educational Collaborative Virtual Environments Development “, ICALT 2012, Rome, july 4-6, 2012. DOI: [10.1109/ICALT.2012.25](https://doi.org/10.1109/ICALT.2012.25), page: 356 – 358.

✚ Rosa Reis, Benjamin Fonseca, Paula Escudeiro,”Assessment Model for Educational Virtual Environments”, ICCSE2012 - 7th International Conference on Computer Science and Education, Melbourne, July 14-17, 2012, DOI: [10.1109/ICCSE.2012.6295359](https://doi.org/10.1109/ICCSE.2012.6295359), page: 1555 – 1559.

✚ Rosa Reis, Benjamin Fonseca, Paula Escudeiro, “Análise Comparativa de Mundos Virtuais TICAI 2013 - TICs Aplicadas a la enseñanza de la Ingeniería, 2013 (aceite para publicação).

### 9.3. Limitações do estudo

O trabalho realizado foi limitado em diferentes aspetos. Uma das limitações está na amostra da população que utilizou a validação do modelo. Somente um pequeno número de participantes esteve envolvido, tendo-se optado por uma amostragem constituída por alunos facilmente acessíveis, por razões de proximidade e por se tratar de um processo menos moroso. São necessários mais estudos para se validar se o modelo realmente preenche as expectativas. Por exemplo, deverão ser realizadas mais experiências para avaliar a aplicação do modelo no desenvolvimento de AVCE por diferentes equipas de desenvolvimento. Também dever-se-ão realizar mais experiências com grupos de utilizadores maiores e diversos, porque com a utilização de uma pequena amostra de utilizadores, apenas se pode aplicar estatísticas básicas. Isto pode levar a resultados imprecisos. Experiência em grande escala permite-nos usar técnicas de estatísticas mais precisas, que são mais adequadas para lidar com grandes conjuntos de dados.

Obviamente, as implementações dos protótipos que foram desenvolvidos para apoiar a nossa abordagem de modelação de AVCE são apenas provas de aplicação do modelo para a construção destes ambientes e precisam de ser melhoradas consideravelmente em termos de usabilidade. Isto é imperativo se quisermos que o sistema seja utilizado por uma grande audiência.

Outra das limitações desta investigação está relacionada com a modelação das atividades de colaboração. Para os dois casos de estudo apresentados o foco foi colocado na manipulação colaborativa não simultânea (colaboração assíncrona), isto é, só foram consideradas atividades colaborativas que permitem somente um utilizador realizar a tarefa e a colaboração caracteriza-se no momento em que este utilizador recebe orientações de um outro membro do grupo sobre como realizar a tarefa. Seria interessante considerar atividades que possam ser realizadas em simultâneo (colaboração síncrona), por um ou mais membros do grupo. Estes membros do grupo podem seleccionar ou anexar um mesmo objeto para a execução de uma atividade, simulando uma ação real onde duas pessoas atuam sobre um objeto ao mesmo tempo e de forma coordenada.

## 9.4. Linhas de orientação futura

O desenvolvimento de um trabalho como o que se propôs é uma tarefa ambiciosa e por definição incompleta, já que desde o início não se tem procurado uma solução fechada mas sim uma que se possa adaptar às mudanças que vão surgindo na área das tecnologias de aprendizagem avançadas. Assim, o desenvolvimento de atividades futuras baseadas no trabalho apresentado pode tomar vários rumos de ação:

- ✚ Realização de uma avaliação rigorosa da influência das aplicações desenvolvidas com base no modelo para sucesso ou insucesso dos alunos.

- ✚ Aplicação a outras áreas disciplinares para avaliação da importância do conhecimento prévio das ferramentas na utilização e eficácia do modelo.

- ✚ Seria desejável criar uma ferramenta Case que desse suporte ao desenvolvimento com o modelo proposto.

- ✚ Criação de um *site* que, sem ser uma ferramenta Case, possa servir de referência e guia para qualquer desenvolvimento que siga o modelo. Em caso de se desenvolver o *site* poder-se-ia combinar com uma funcionalidade que servisse de repositório público das diretrizes aqui propostas e qualquer outra adaptação que se desenvolva no futuro.

- ✚ Analisar e refletir de que forma os ambientes virtuais colaborativos educacionais concebidos com atividades colaborativas síncronas, contribuem para que os alunos aprendam melhor do que com ambientes concebidos com atividades assíncronas. Isto implicaria que fosse efetuado um estudo comparativo entre estes ambientes, de modo a se obter resultados mais conclusivos. Este resultado também permitiria detetar a necessidade de se introduzir melhorias no modelo de desenvolvimento proposto.

Ficam deste modo, apresentados os trabalhos futuros que podem contribuir para o desenvolvimento de ambientes virtuais colaborativos educacionais estruturados, não esquecendo que a imaginação e a criatividade das aplicações dependem da equipa de desenvolvimento e que o veredito final, justo ou não, diz respeito ao utilizador final.



# Referências

ABNT (2003): Engenharia de software - Qualidade de produto: NBR ISO/IEC 9126-1.

Adelina, M, P. (2009): Mundos Reais, Mundos Virtuais: Os jovens nas salas de chat. Disponível em: <<http://www.bocc.ubi.pt/pag/silva-adelina-mundos-reais-mundos-virtuais.pdf>> Acesso em 14/07/2013.

Alessi and Trollip (2001): Multimedia for Learning: Methods and Development, (2nd ed), Allyn & Bacon.

Ally, M. (2009): Introduction, In Ally, M. (Ed.) Mobile Learning: Transforming the Delivery of Education and Training, Edmonton: AU Press, pp. 1-8.

Alonso, Luísa (2004): Competências Essenciais no Currículo: Que Práticas nas Escolas?. Em atas do Seminário: Saberes Básicos de todos os cidadãos no séc. XXI, realizado em 11 de Março de 2004, pelo Conselho Nacional de Educação – Ministério da Educação, pp.145-174.

Amante, L. e Morgado L. (2001): Metodologia de Concepção e Desenvolvimento de Aplicações Educativas: O Caso dos Materiais Hipermídia. Discursos, III Série, n. especial, p.125-138, Universidade Aberta.

ANSI/IEEE (1990): Standard Glossary of Software Engineering Terminology, IEEE Std 610.12-1990, New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc..

Asensio, M., Hodgson, V. & Saunders, M. (2006): Developing an inclusive approach to the evaluation of networked learning: the ELAC experience, Proceedings of the Fifth International Conference on Networked Learning 2006, 10-12 April 2006, Lancaster University.

Ayres, D. (2009): *Software Educativo: Uma reflexão sobre a avaliação e utilização no ambiente escolar*. Acedido em 20 de Agosto de 2012, <http://www.redem.org/boletin/boletin310709f.php>

Azevedo, B.(1997): Tópicos em Construção de Software Educacional. Estudo dirigido.

Azpiazu J., Pedrinaci C., Aguado J., and Garcia-Alonso A., Bernaras A 2004): A new navigation paradigm for virtual reality: the guided visit through a virtual world, IEEE-VRIC 2004, Laval, France.

Barros (2008): Revista SER: Saber, Educação e Reflexão, Agudos/SP, ISSN 1983-2591 - v.1, n.2, Jul. - Dez./ 2008.

Bartle, . (2004): *Designing Virtual Worlds*. Indianapolis. IN: New Riders Publishing.

Beetham, H. (2004): Developing learning technology networks through shared representations of practice, Proceedings of the 9th International Improving Student Learning Symposium, 421-434, Oxford: OCSLD.

Benford S., Greenhalgh C., Bowers J., Snowdon D. and Fahlen L.E. (1995): User embodiment in collaborative virtual environments, In: *Human Factors in Computing Systems: CHI '95 conference*, Denver 1995; Proceedings. New York: ACM, pp. 242-249.

Betsy van Dijk, Riex op den Akker, Anton Nijholt, Job Zwiers (2003): Navigation Assistance in Virtual Worlds, *Informing Science Journal*, volume 6, 2003, pp 116-125.

Bloom, B.S. (1956): *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, Handbook 1: Cognitive Domain*. 1956, NY: McKay, ISBN: 978-0582280106.

Boruchovitch, E. (1999): Estratégias de aprendizagem e desempenho escolar: considerações para a prática educacional. *Psicologia: Reflexão e Critica* 12 (2).361-376.

Bowman, Doug A. et al. (2001): *An Introduction to 3-D User Interface Design. Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Cambridge, MA, v. 10, n. 1, p. 96-108, Feb. 2001.

Bray, d. (2006): *survez: Virtual Worlds and Augmented Reality, 1991 – Present*.  
Obtido em 27 Janeiro de 2011, de

[http://papers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm/SSRN\\_ID962728\\_code745562.pdf?abstractid=962727&mirid=3](http://papers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm/SSRN_ID962728_code745562.pdf?abstractid=962727&mirid=3)

Burigat S., Chittaro L.,(2007): Navigation in 3D virtual environments: Effects of user experience and location-pointing navigation aids, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 65, No. 11, pp. 945-958.

Cabero, J. (1998): Impacto de las nuevas tecnologías de la información y comunicación en las organizaciones educativas” . In M. Lorenzo & otros (coords.), *Enfoques en la organización y dirección de instituciones educativas formales y no formales (197-206)*. Granada: Grupo Editorial Universitario.

Capin T.K.,Thalmann D., (1999): A Taxonomy of Networked Virtual Environments.In *Proceedings of International Workshop on Synthetic - Natural Hybrid Coding and Three Dimensional Imaging (IWSNHC3DI'99)*.

Casanueva, J. S., & Blake, E. H. (2001): The effects of avatars on co-presence in a collaborative virtual environment .*Annual Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists (SAICSIT2001)*. Pretoria, South.

Castells, M. (2002). *A Era da Informação: Economia, Sociedade e Cultura, Vol. I, A Sociedade em Rede*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Castronova, E. (2005): *Synthetic Worlds*. Chicago: The University of Chicago Press.

Chittaro L., Leronutti L., Ranon R. (2004): Navigating 3D Virtual Environments by Following Embodied Agents: a Proposal and its Informal Evaluation on a Virtual Museum Application, *PsychNology Journal (Special issue on Human-Computer Interaction)*, Vol. 2, No 1., pp. 24-42.

Collins, S., Bentley, K., & Conto, A. (2008): *Virtual Worlds in Education*. Retrieved on January 20,2010 from [net.educause.edu/ir/library/pdf/DEC0801.pdf](http://net.educause.edu/ir/library/pdf/DEC0801.pdf)

Crossley, K. e Green (1990): *Le Design des Didacticiels: Guide Pratique pour la Conception de Scénarios Pédagogiques Interactifs*, ACL-Editions, Paris France.

Costa, F.A. (1998): *Concepção de sistemas de formação multimédia: elaboração de um Guião de Autor*, Acedido em 14/10/2009, no World Wide Web: <http://www.minerva.uevora.pt/simposio/comunicacoes/fcosta/guiautor.htm>.

Cruz, C., Araújo, I., Pereira, L., Martins, L .(2011): Um ambiente virtual colaborativo para alunos com perturbação do espetro autista. *Indagatio Didactica*, vol. 3 (2), junho 2011 ISSN: 1647-3582

Dang, N. , Chatelain, C., Pergadi J.,and Mestre,D. (2008): A Framework for Design and Evaluation of Collaborative Virtual Environments, Proceedings of the 3eme Joirnées de L'Assocoation Francaise de Realité Virtuelle, Bordeaux, France.

Darken, R.P., & Sibert, J.L. (1993): A toolset for navigation in virtual environments. In: Proceedings of UIST '93, Atlanta GA, pp. 157-165, ACM.

Darken R.P., Sibert J.L. (1996): Wayfinding strategies and behaviours in large virtual worlds. In: Human Factors in Computing Systems: CHI '96 conference, Vancouver 1996. Proceedings, New York: ACM, pp. 142-149.

Dijk, B., Akker, R., Nijholt, A., Zwiers, J.: Navigation Assistance in Virtual Worlds. Proceedings 2001 Informing Science Conference. Krakow, 2001

de Freitas, S., Jarvis, S. (2008): Towards a development approach for serious games. In T.M. Connolly, M. Stansfield, & E. Boyle (Eds) Games-based learning advancements for multi-sensory human-computer interfaces: Techniques and effective practices. IGI Global. Hershey, PA.

de Freitas, S., Rebolledo-Mendez, G., Liarokapis, F., Magoulas, G., Poulouvassilis, A. (2009): 'Developing an evaluation methodology for immersive learning experiences in a virtual world. In Rebolledo-Mendez, G., Liarokapis, F., de Freitas, S. (Eds) Proceedings of 2009 Conference in Games and Virtual Worlds for Serious Applications, IEEE pp 43-50.

Dias, A.J. (2006): E-assessment no Ensino superior: Constrangimentos e Potencialidades. Tese de mestrado. Departamento de Didática e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro.

Dodge, M and Kitchen, R. (2001): Mapping cyberspace. London: Routledge, Atlas of Cyberspace <http://www.cybergeography.org>

Ducheneaut, N. and Moore, R.J. (2004): The social side of gaming: a study of interaction patterns in a massively multiplayer online game, In conference proceedings on computer-supported cooperative work (CSCW 2004), pp. 360-369, Chicago, IL.

Drucker S.M., Zeltzer D. (1994): Intelligent camera control in a virtual environment, In: Graphics Interface '94 conference, Banff, Alberta, Proceedings. Toronto: Canadian Information Processing Society, pp. 190-199.

Economou, D., Mitchell, W.L., Pettifer, S.R., Cook, J., & Marsh, J. (2001): User-centred virtual actor technology. Proceedings of Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST'2001), pp. 323-332), New York: ACM.

Economides, A. A. (2005): Collaborative Learning Evaluation (CLE) framework. WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education, Issue 4, Vol. 2, pp. 339-346, WSEAS. ISSN: 1790-1979

Ellis, S. (1995): Origins and elements of virtual environments. In W. Barfield & T. Furness III (Eds.), Virtual Environments and Advanced Interface Design, pp. 14-57. Oxford: Oxford University Press.

Escudeiro, P. (2007): X-Tec Model and QEF Model: A case study. In T. Bastiaens & S. Carliner (Eds.), Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2007, pp. 258-265.

Escudeiro, P. (2008): Modelo de desenvolvimento de software educativo: uma proposta de implementação de um modelo de desenvolvimento de software educativo no sistema de Ensino Superior Português, Tese de doutoramento, Repositório aberto, <http://hdl.handle.net/10400.2/1748>

Esteves, M., Fonseca, B., Morgado, L., Martins, P. (2010): Improving teaching and learning of computer programming through the use of the second life virtual world. British Journal of Educational Technology.

Felder, R.M., Brent, R. (2005): Understanding Student Differences. J. Engr. Education, 94(1), 57-72. An exploration of differences in student learning styles, approaches to learning (deep, surface, and strategic), and levels of intellectual development, with recommended teaching practices to address all three categories.

Fencott C. (1999): Towards a Design Methodology for Virtual Environments. Workshop on User centered Design and Implementation of Virtual Environment,

Fencott, C. (1999): Towards a Design Methodology for Virtual Environments. Workshop on User Centered Design and Implementation of Virtual Environments, University of Teeside.

Fencott, C. (2003): Agencies of interactive digital storytelling, In Proceedings of TIDSE.

Fencott, C. (2004): Developing Future interactive Systems, Idea Group, Hershey, PS, Usa, Chapter A Methodology of Design for Virtual Environments, pp. 66-91.

Fialho, F., Santos, N. (1995): Manual de análise ergonômica no trabalho. Curitiba: Gênese.

Filippo, D., Raposo, A., Endler, M. & Fuks, H. (2007): Ambientes Colaborativos de Realidade Virtual e Aumentada. in: Realidade Virtual e Aumentada - Conceitos, Projeto e Aplicações, Cláudio Kirner e Robson Siscoutto (eds), Editora SBC – Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, ISBN 85-7669-108-6, Cap. 9, pp 169-192

Fowler, M., and Scott, K. (1997): UML Distilled: Applying the Standard Object Modeling Language. Addison Wesley, New York.

Freeman, L. C., and Freeman, S. C. (1980): A semi-visible college: structural effects on a Social Networks group. In M. M. Henderson, and M. J. MacNaughton (Eds.) Electronic Communication: Technology and Impacts. (pp. 77-85). Boulder, CO: Westview Press, Inc

Fuggetta a. (2000): Software Process: A Roadmap, in: Finkelstein, A. (ed.) The Future of Software Engineering.

Fuks, H., Raposo, A., Gerosa, M.A. e Lucena, C.J.P. (2005): Applying the 3C Model to Groupware Development. International Journal of Cooperative Information Systems (IJCIS), v.14, n.2-3, World Scientific, ISSN 0218-8430, pp 299-328

Gabbard, Joseph L. and Hix, Deborah (1998): Usability Engineering for Virtual Environments through a Framework of Usability Characteristics, 1998.

Geiger, C., Paelke, V., Reimann, C. and Rosenbach, W. (2001): Structured design of interactive virtual and augmented reality content, In Proceedings of the Structured Design of Virtual Environments and 3D-Components Workshop. Germany: Paderborn.

Gerhard M, Moore D, (1998): User Embodiments in Educational CVEs: Towards Continuous Presence, in Proceedings of the International Conference on Network Entities, (NETIES '98), Leeds, UK

Gibson, W. (1984): Neuromancer. New York, Ace Books.

Haguenauer J., Lopez F., Martins, F. (2003): Estudo Comparativo De Ambientes Virtuais De Aprendizagem. Revista Digital da CVA – RICESU. Colabora, Santos, v.2, n.5 - p. 47-55. Agosto 2003.

Helmer, J.: Second Life and Virtual Worlds, acessado em 30/3/2012, <http://www.scribd.com/doc/22558699/Second-Life-Virtual-World>

ISO 8402:1997 (NP EN ISO 8402) Gestão da qualidade e garantia da qualidade – Vocabulário.

ISO/IEC 9126-1 (2001): Software engineering – Product quality – Part 1: Quality model.

ISO/IEC 12207, Information technology - Software life cycle processes.

ISO/IEC 14598-6, Software engineering - Product evaluation - Part 6: Documentation of evaluation modules.

Jacobson Ivan (1994): Object Oriented Systems Engineering, Addison-Wesley.

Johnson, A., Moher, T., Ohlsson, S., & Gillingham, M. (1999): The round earth project: Collaborative VR for conceptual learning. IEEE Computer Graphics and Applications, 19, 60-69.

Jonassen, D., Davidson, M., Collins, M., Campbell, J. and Haag, B. B. (1995): Constructivism and computer-mediated communication in distance education, *The American Journal of Distance Education*, 9 (2), 17-25.

Joyce-Moniz, L. (1989): Preferências Metodológicas de candidatos a professores e professores do ensino básico. Dramatização videográfica de processos positivistas, fenomenológicos e construtivistas, e dialéctica de significações do ensino em professores, e candidatos a professores, do ensino básico. Relatório do Projecto 15/89 do I.I.E, não publicado. Instituto de Inovação Educacional.

Kan, S.(2 02): *Metrics and Models in Software Quality Engineering*. 1. ed. Boston: Addison-Wesley, 344.

Kalawsky, R. S. (1999): VRUSE - a computerised diagnostic tool: for usability evaluation of virtual/synthetic environment systems. *Applied Ergonomics*, 30, 11-25.

Kaur, K., Maiden, N., & Sutcliffe, A. (1999): Interacting with virtual environments: Na evaluation of a model of interaction, In *Interacting with Computers*, 11(4), 403-426.

Kirner, T. Martins V. (1999): A Model of Software Development Process for Virtual Environments: Definition and a Case Study, asset, pp.155, *IEEE Symposium on Application - Specific Systems and Software Engineering and Technology*.

Kolb (1994): *Experiential Learning: experience as the source of learning and development*, New Jersey, Prentice-Hall.

Kolbert, E. (2001): Pimps and Dragons, *the New Yorker*, from [http://www.newyorker.com/printable/?fact/010528fa\\_FACT](http://www.newyorker.com/printable/?fact/010528fa_FACT)

Konstantinidis, E. I., Luneski, A., Frantzidis, C. A., Nikolaidou, M. M., Antoniadou, M. H., & Bamidis, P.D. (2009): Information and communication technologies (ICT) for enhanced education of children with autism spectrum disorders. *The Journal on Information Technology in Healthcare*, 7(5), pp. 284-292.

Koster, R. (2004): Raph Koster's writings on game design. Retrieved on January 20,2010 from <http://www.legendmud.org/raph/gaming/index.html>

Li, F., Maher, M.L. (2000): Representing virtual places - A design model for metaphorical design", *ACADIA2000*.

Lopes, Sardinha (1999): 'A Cultura táctil e as imagens eletrónicas, *Real VS. Virtual*: 359-371.

McGowan, J. (2002): *Learning Styles Modality Preference Inventory*. Retrieved July 20, 2009 from <http://homepages.wmich.edu/~jmcgowan/CTE344/session3/Modalityinventory.pdf>

Maida, J. Aldridge, A., & Novak, J. (1997): Effects of lighting on human performance in training. In M- Smith, G. Salvendy, & R. Koubek (Eds.), *Design of computing systems: Social and ergonomic considerations*, pp- 877-880, Amsterdam: Elsevier.

Maher, M.L., Rosenman, M., Merrick, K. (2007): Agents For Multi-Disciplinary Design in Virtual Worlds, *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, Special Issue on Support for Design Teams*, Vol 21:1-11.

Maher, M.L. and Gero, J.S. (2002): Agents models of 3D virtual worlds, *ACADIA 2002: Thresholds*; California State Polytechnic University, Pomona, pp.127-138;

Maher, M.L., Smith, G.J. and Gero, J.S. (2003): Design agents in 3D virtual worlds, In: R. Sun (Editor), *IJCAI Workshop on Cognitive Modelling of Agents and Multi-Agent Interactions*, Acapulco, Mexico, pp.92-100.

Maher, M. L., Gu, N. and Li, F. (2001): Visualisation and object design in virtual architecture” in J. S. Gero, S. Chase and M. Rosenman (eds), *CAADRIA2001, Key Centre of Design Computing and Cognition*, University of Sydney, pp. 39-50.

Mannien, T. (2000): Interaction in Networked Virtual Environments as Communicative Action - Social Theory and Multi-player Games”, In proceedings of CRIWG2000 Workshop.

Markova, D. O (2000): *Natural é ser inteligente: padrões básicos de aprendizagem a serviço da criatividade e educação*. São Paulo: Summus.

Martínez, Ruth (2007): Before Teaching on Second Life Be a Student, Livingstone, D. and Kemp, J (eds), *Proceedings of the Second Life Education Workshop2007 – Part of the Second Life Community Convention*, Chicago, pp.67-71.

Mayes, J & de Freitas (2004): S. Review of e-learning theories, frameworks and models. Report for JISC, 2004. Available at [http://www.jisc.ac.uk/uploaded\\_documents/Stage%20%20Learning%20Models%20\(Vers%201\).pdf](http://www.jisc.ac.uk/uploaded_documents/Stage%20%20Learning%20Models%20(Vers%201).pdf)

Meirinhos, M., & Osório, A. (2009): Modelos de Aprendizagem em Ambientes Virtuais. *EDUSER: revista de educação* Vol 1.

McKeon & Wiche, S. *Life Across Boundaries* (2006): Design, Identity, and Gender in SL, (2006) (Acedido em 15/05/09) <http://www.mattmckeon.com/portfolio/second-life.pdf>

Menchaca, R., B. Ballares, R. Quintero and C. Carreto, (2005): Software Engineering, HCI Techniques and Java Technologies Joined to Develop Web-Based 3D Collaborative Virtual Environments, *Proceeding CLIHIC '05 Proceedings of the Latin American conference on Human-computer interaction*.

Michailidou, A. and Economides, A. (2003): Elearn: Towards a Collaborative Educational Virtual Environment, *Journal of Information Technology Education*, Volume 2, pp.131-152, ISSN 1547-9714.

Minken, I., Stenseth, B. E Vavik L. (1998): Educational Software, ULTIMA-Gruppen A/S, Haden, Norway

Molina, J. Vanderdonckt, F. Montero y P. González (2005): Towards Virtualization of User Interfaces based on UsiXML, *Proc. of ACM Web3D 2005 Symposium*, 10th Int.Conf. on 3D Web Technology, Bangor, Reino Unido, ACM, pp. 169-179.

Morgado, L.,Varajão, J., Coelho, D., Rodrigues, C., Sancin, C., & Castello, V. (2010): The Attributes and Advantages of Virtual Worlds for Real World Training. *Journal of Virtual Worlds and Education*. <http://www.jvwe.org/publications/jvwe-volume-one-number-one.pdf>

Mansoury, H., Kleinerman, F., Troyer, O. (2009): Detecting Inconsistencies in the Design of Virtual Environments over the Web using Domain Specific Rules. 1In *Web3D '09: Proceedings of the 14th International Conference on 3D Web Technology*, pages 101{109, New York, NY, USA, 2009. ACM.

Mülbert, A., Matuzawa, F.(2011): La transformación del proceso de diseño institucional: del impreso a la multimedia. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación*, 14 (1), (41-54). [en línea] Disponível em:

<http://www.utpl.edu.ec/ried/images/pdfs/volumen141/latransformaciondelproceso.pdf> (consulta 2011, 20 de outubro).

Nash, E.B., Edwards, G.W., Thompson, J.A., & Barfield, W. (2000): A review of presence and performance in virtual environments. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 12, pp. 1-41.

Nielsen, J. (1993): *Usability Engineering*, Morgan Kaufmann, Inc. San Francisco.

Oeiras, J. Y. Y., Rocha, H. V. (2000): Uma modalidade de comunicação medida por computador e suas várias interfaces, Documento disponível na World Wide Web em <URL:[http://www.ic.unicamp.br/~janne/joeiras\\_ihc2000.pdf](http://www.ic.unicamp.br/~janne/joeiras_ihc2000.pdf)>.

Oliveira, N (2001): Uma Proposta para a Avaliação de Software Educacional. *Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)*. Florianópolis, SC, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 105p.

Oliveira Neto, J. D, Santos, E.M. (2010): Analysis of the Methods and Research Topics in a Sample of the Brazilian Distance Education Publications, 1992-2007. *American Journal of Distance Education*, v. 24, p. 119-134.

Olivier, H. & Pinkwart, N. (2007): Collaborative Virtual Environments - Hype or Hope for CSCW?. Ifl Technical Report Series. Ifl-07-14. Department of Informatics. Clausthal University of Technology

Ondrejka, C (2006): Education Unleashed: Participatory Culture, Education, and Innovation in Second Life”. Chapter of book *The Ecology of Games: Connecting Youth, Games, and Learning*. MIT Press, p. 229–252, 2008.

Onyesolu, O. (2009): Virtual Reality Laboratories: An Ideal Solution to the Problems Facing Laboratory Setup and Management. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science. Vol I. Usa:San Francisco.

Paget, F. (2008): “Welcome to Virtual worlds”. Obtido em 10 de Junho 2010 de [http://www.mcafee.com7us/local\\_content/white\\_papers/threat\\_center/wp\\_welcome\\_to\\_virtual\\_worlds.pdf](http://www.mcafee.com7us/local_content/white_papers/threat_center/wp_welcome_to_virtual_worlds.pdf).

Parente, André. (1999): O hipertextual. Revista Famecos, nº 10: Porto Alegre, 1999

Parsons, S., Beardon, L., Neale, H., Reynard, G., Eastgate, R., Wilson, J., Cobb, S., Benford, S., Mitchell, P., & Hopkins, E. (2000): Development of social skills among adults with Asperger’s Syndrome using virtual environments: the “AS Interactive” project”. in Proceedings of 3rd Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc.Tech, 2000, p.163-170. Acedido em: 27/07/2012. Disponível em: [http://www.icdvrat.reading.ac.uk/2000/papers/2000\\_22.pdf](http://www.icdvrat.reading.ac.uk/2000/papers/2000_22.pdf)

Pellens, B., De Troyer, O., Kleinermann, F., Bille, W. (2007): Conceptual Modeling of Behavior in a Virtual Environment, Special issue: International Journal of Product and Development, Vol. 4, No. 6, pp. 626-645, Eds. Fischer X. and Bernard A., Publ. Inderscience Enterprises, ISBN 1477-9056.

Pereira, R. (200): Second Life: O Lazer em um ambiente de socialidade na Internet, Xv congresso Brasileiro de Ciências do Esporte. II congresso Internacional de Ciências do Esporte, Setembro 2007.

Petraglia, J. (1997): The rhetoric and technology of authenticity in education. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum. ISBN: 978-0805820423.

Pfleeger, S.L. (2001) Software Engineering: Theory and Practice. 2.ed. New Jersey: Prentice Hall, 657 p.

Pinto, M.. Evaluación de la cálibra de recursos electrónicos educativos para el aprendizaje significativo. Cadernos SACAUSEF, nº2, pp.25-43.2007. Disponível em <[http://www.crie.minedu.pt/files/@crie/1225103966\\_03\\_CADERNOII\\_p25\\_43\\_MP.pdf.pdf](http://www.crie.minedu.pt/files/@crie/1225103966_03_CADERNOII_p25_43_MP.pdf.pdf)>.

Prasolova-Førland, E., Divitini, M. (2003): Supporting Social Awareness: Requirements for Educational CVE. Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'03), Athens, Greece, 9-11 July 2003, eds. V. Devedzic, J. M. Spector, D. G. Sampson, Kinshuk. IEEE CS Press, pp. 366-367, ISBN 0-7695-1967-9.

Prasolova-Førland, E. (2008): Analyzing place metaphors in 3D educational collaborative virtual environments, *Computers in Human Behaviour*, 24(2), 185-204, March

Pressman Roger (2000): *Software Engineering*. Publisher: McGraw-Hill College, Series: McGraw-Hill Series in Computer Science. Language: English.

Ramos, E. M. F., Mendonça, I. (1991): O Fundamental na Avaliação da Qualidade do Software Educacional. Disponível em:  
<http://www.inf.ufsc.br/~edla/publicacoes.html> >

Reddy, M. (2001): Perceptually Optimized 3D Graphics. *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 21, No. 5, pp. 68-75. 2001.

Rymaszewski, Michael et al. (2007): *Second Life: guia oficial*, Tradução Abner Dmitruk, Editora Ediouro. Robbins, S.(2009):  
<http://spreadsheets.google.com/pub?key=pgKqGR6eOiPOKjMG9f856Sw>.

Robbins, S, Roby, T., Jonhson, C., (2007): *Second life and Virtual Worlds – An approach to active learning* (Podcast). Educause Learning Initiative, (2008) Annual Meeting.

Rodrigues, M. (2006): Um dispositivo háptico de auxílio à navegação para deficientes visuais. Recife. 2006. 63f. Monografia (Graduação em Ciência da 80 Comunicação). Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <<http://www.cin.ufpe.br/~tg/2005-2/cemr.pdf>>. Acedido em: 15 jun. 2013.

Roussos, M., Johnson, A., Leigh, J., Barnes, C., Vasilakis, C., & Moher, T. (1997): The NICE project: Narrative, immersive, constructionist / collaborative environments for learning in virtual reality. ED-MEDIA 97 & EDTELECOM 97 — World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia & World Conference on Educational Telecommunications, 917-922.

Roussou, M. (2004): *Learning by Doing and Learning through Play: An Exploration of Interactivity in Virtual Environments for Children*. ACM Journal of Computers in Entertainment, Volume 1, Issue 2: Educating Children Through Entertainment, ACM Press, New York, NY, USA.

Sadowski, W., & Stanney, K.M. (2002): Presence in virtual environments. In K. M. Stanney (Eds.), Handbook of virtual environments: Design, implementation and applications, pp. 791-806

Salzman, M., Dede, C., Loftin, R. & Chen, J. (1999): A model for understanding how virtual reality aids complex conceptual learning. Presence, 8 (3), 293-316.

Sanchez-Segura, A. de Antonio, and A. de Amescua: (2003) Senda: A whole process to develop virtual environments; In M.-I. Sanchez-Segura, editor, Developing Future Interactive Systems, pages 92-114, Idea Group Publishing

Santos, Maria Natividade; Lopes, Amélia, Rego, Belmiro (2010): A prática partilhada na comunidade RBEP através da plataforma, Acta do I Encontro @rcacomum. Universidade do Minho. ISBN 978-989-96590-01, pp. 164-172.

Stahl, M. (1988): Avaliação da Qualidade de Software Educacional; Relatórios Técnicos; Programa de Engenharia de Sistemas e Computação; COPPE/UFRJ; Rio de Janeiro.

Scalet et al, (2000): ISO/IEC 9126 and 14598 integration aspects, The Second World Congress on Software Quality, Yokohama, Japan.

Schlemmer, E.: Web 3.0, TMSF, Web 3D, ECODIS: um future muito presente na educação a distância? In: VI Conferência Internacional de TIC na Educação – Challenges 2009, Braga, Anais. Disponível em: <http://gpedunisinof.files.wordpress.com/2009/03/16.pdf>. Acesso em: set. 2011.

Second Life (2008a): New Policy Regarding In-World “Banks, On-line (2008-Abril-17): <http://blog.secondlife.com/2008/01/08/new-policy-regardingin-world-banks/>

Sei, (2002): Software Engineering Institute – SEI, CMMI for Systems Engineering/Software Engineering (CMMI-SE/SW), Staged Representation, Version 1.1, Technical report CMU/SEI-2002-TR-02. Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.

Seo, J., Kim, G. J. (2001): Design for presence: a structured approach to virtual reality system design, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, vol 11, no 4, 378- 403.

Silva, M. (2000): Sala de aula interativa. Rio de Janeiro: Quartet.

Silva, O. C (2003): Avaliação da qualidade microbiana em produto hepatoprotetor. 156 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Sivan, Y. (2008): Virtual Worlds Research : Pasr, Present & Future, vol1, nº1, ISSN:1941-84771, Julho 2008.

Swebok, (2004): Software Engineering Body of Knowledge – SWEBOK. Disponível em: <http://www.swebok.org>, 2004

Sternberg, R. and Grigorenko, E.L.(2003): Inteligência Plena: ensinando e incentivando a aprendizagem e a realização dos alunos. Porto Alegre: ARTMED.

Singer, M.J., Long, R., Stahl, J. and Kusumoto, L. (2007): Formative Evaluation of a Massively Multi-Player Persistent (MMP) Environment for Asymmetric Warfare Exercises, United States Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences.

Smith, G.J., Maher, M.L. and Gero, J.S (2003): Designing 3D virtual worlds as a society of agents, Digital Design: Research and Practice – Proceedings of 10th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures, pp.105-114.

Snowdon, D., Greenhalgh, C. and Benford, S. (1995): What You See is Not What I See: Subjectivity in Virtual Environments. In Frameworks for Immersive Virtual

Soares, C., Dias, P., Santos, B.: Mundos virtuais – comunidades online: estudo e comparação de algumas aplicações. Atas do 5º Congresso da Associação Portuguesa de Ciências da Comunicação 6 - 8 Setembro 2007, Braga: Centro de Estudos de Comunicação e Sociedade (Universidade do Minho)ISBN 978-989-95500-1-8

Souza, R. (2005): Uma Proposta Construtiva para a Utilização de Tecnologias na Educação. In R. Silva e A. Silva (Org.), Educação, Aprendizagem e Tecnologia – Um Paradigma para Professores do Século XXI, pp.121-138, Lisboa: Edições Sílabo

Spence, R. (1999): A framework for navigation. International Journal of Human-Computer Studies, 51, pp. 919-945.

Tromp J., Steed A., and Wilson J. (2003): Systematic Usability Evaluation and Design Issues for Collaborative Virtual Environments, Journal of Teleoperators and Virtual Environments, 12 (3), pp. 241-267

Troyer, O., Kleinerman, F., Pellens, B. and Bille, W. (2007): Conceptual Modelling for Virtual Reality, 26th International Conference on Conceptual modelling - Proceeding Series, Vol. 334, pp. 3-18.

Tsiatsos, T., Andreas, K., & Pomportsis, A. (2010): Evaluation Framework for Collaborative Educational Virtual Environments. Educational Technology & Society, 13 (2), 65–77.

Turani, A. and Calvo, R.A. (2007): Educational design patterns with Beehive, In Proceedings of the Conference on Education and Technology in the Middle East.

Vargas, A., Rocha, H.V. e Freire, F.M.P. (2007): Promídia: Produção de Vídeos Digitais no Contexto Educacional. Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação.

Viéville C., Peter Y. (2002): Learning activity modeling and management, International Conference on Computers in Education (ICCE'02).

Vygotsky, L. (1962): Pensamiento y lenguaje. Wiley and M.T.T. Press. Nueva York y Cambridge.

Vygostsky, L. (1991): La formación social de la mente. Martins Fontes S. Paulo, Brasil.

Vinson, N. (1999): Design guidelines for landmarks to support navigation in virtual environments. In: Proceedings of CHI '99, pp. 278-285, ACM.

VirtualWorldsNews.com (2007): Virtual Worlds Platform Matrix, On-line:  
<http://spreadsheets.google.com/pub?key=ppnM8o4SM2ttEabKCnRxcag>  
(consultado a 30-3-2010).

Volbracht, V., & Domik, G. (2000): Developing effective navigation techniques in virtual 3d environments. In: Mulder, J.D., & Van Liere, R., editors, Virtual Environments 2000: Proceedings of the Eurographics Workshop 2000, pp. 55-64, Springer.

Wagner, C. and Prasarnphanich, P. (2007): Innovating Collaborative Content Creation: The Role of Altruism and Wiki Technology, proceedings of Hawaii International Conference on Systems Sciences (HICSS-40)

Wendy A., Doug B., Jonh, C. (2001): Map-Based Navigation in a Graphical MOO, Designing Interactive systems Conference.

Wendy, A.W., (2008): Social software: Fun and games or business tools. J. InformSci., 34: 591-604.

Wenger, E. (1998): Communities of practice: Learning, meaning, and identity, Cambridge University Press.

Whitton, N., Hollinsst, P.(2008): Collaborative virtual gaming worlds in higher education. ALT-J, Research in Learning Technology Vol. 16, No. 3, September 2008, 221–229 ISSN 0968-7769.

Wilson, J. R., R. M. Eastgate, and M. D'Cruz (2002): Handbook of Virtual Environments, chapter 17, pages 353{378, Lawrence Erlbaum Associates.

Wooldridge, M. (1997): Agent based software engineering, IEE Proceedings on Software Engineering, 144(1:26-37).

W3C Web Accessibility Initiative. <http://www.w3c.org/wai>

Zabala, A. (1998): A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artmed.

# ANEXO A

## Quantitative Evaluation Framework (QEF)

## Quantitative Evaluation Framework of Educational Software

Paula Escudeiro<sup>1</sup>, José Bidarra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Informática, Instituto Superior de Engenharia do Porto,  
Rua Dr António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto, Portugal  
Tel. +351.22.834 05 00 Fax +351.22.832 11 59  
[pmo@isep.ipp.pt](mailto:pmo@isep.ipp.pt); paula@dei.isep.ipp.pt

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Exactas e Tecnologia, Universidade Aberta, Rua Escola  
Politécnica, 147, 1269-147 Lisboa, Portugal  
[bidarra@univ-ab.pt](mailto:bidarra@univ-ab.pt)

***Abstract:** In this paper we propose a Quantitative Evaluation Framework used to evaluate educational software systems built with X-TEC (Techno-Didactical Extension for Instruction/Learning Based on Computer) model, in order to validate and strengthen the potential quality of e-Learning systems.*

*The Quantitative Evaluation Framework and the Techno-Didactical Extension for Instruction/Learning Based on Computer model are based on the paradigms of software engineering applied to the construction of educational software.*

*The Quantitative Evaluation Framework evaluates the Educational software quality on a three dimensional space. Each dimension aggregates a set of factors. A given factor is a component that represents the system performance from a particular point of view.*

*The quality of a given system is defined in a tri-dimensional Cartesian quality space and measured, in percentage, relatively to a hypothetically ideal system, represented in our quality space.*

*This Quantitative Evaluation Framework may also be applied to evaluate other educational software allowing for a comparison between different tools.*

*This orientation is very important due to the high quality demand placed upon educational systems.*

### Introduction

Despite the theoretical benefits that e-learning systems can offer, difficulties can often occur when systems are designed without consideration of learner's characteristics (Fredman and Liu, 1996; Liang and McQueen, 1999).

In general, educational software systems are based on methodological approaches which are fundamentally concerned with processes or data.

The gap between the typical skills and terminologies of these two stages usually leads to a problem: the final product is far away from the initial requirements proposed by the author. Consequently, these approaches usually imply the high risk of obtaining low quality products. The X-TEC model tries to solve this problem (Escudeiro Paula and Bidarra José, 2006)

To evaluate the educational software systems based on X-TEC model we propose a generic Quantitative Evaluation Framework (QEF). This framework may also be applied to evaluate other Educational Software Development Models (ESDM), allowing for a direct comparison between different tools.

## Quantitative Evaluation Framework

Educational software quality is evaluated on a three dimensional space.

A dimension aggregates a set of factors. A factor is a component that represents the system performance from a particular point of view.

The dimensions of our Cartesian quality space are: Functionality (F); Efficiency (E) and Adaptability (A), represented in fig 1.

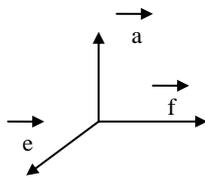


Fig 1: Cartesian quality space

For the evaluation of educational software systems based on the X-TEC model we propose a generic quantitative evaluation framework. This framework may also be applied to evaluate other Educational Software Development Models (ESDM), allowing for a direct comparison between distinct tools.

The quality  $q$ , of a given system is defined in our tri-dimensional Cartesian quality space,  $Q$ , and measured, in percentage, relatively to a hypothetically ideal system,  $I$ , represented

in our quality space by the coordinates (1, 1, 1).

## Quality dimensions

The quality space,  $Q$ , aggregates, in the dimensions – *Functionality; Efficiency and Adaptability* – a set of factors that measure the relevant characteristics of an ESDM.

The *Functionality* dimension reflects the characteristics of the educational software related to its operational aspects. It aggregates four factors: feasibility, inviolability, easy of use and integrity

The *Efficiency* dimension aggregates four factors: data structure, programming structure, learning objects, imperfections recovery.

Through this dimension we measure the system's ability for presenting different views on the course content with minimum effort.

The *Adaptability* dimension is the aggregation of five factors: flexibility modularity, reusability, scalability and maintainability. Through them we can measure to what extend the scenario and course content are efficacious – whether they are focused and able to present different instructional design theories and different learning environment in a common platform.

The quality for a given system coordinates may be obtained through the application of one of several aggregation forms. We will compute these coordinates as the average of the factors that contribute to it; the average is simple and gives the same relevance to all factors. Quality dimensions are based on the following factors:

<b><u>Functionality (F)</u></b>	<b><u>Efficiency (E)</u></b>	<b><u>Adaptability (A)</u></b>
• <u>Feasibility (Y)</u>	• Data Structure (D)	• Flexibility (B)
• Easy of use (O)	• Programming Structure (U)	• Modularity (M)
• Integrity (I)	• Learning Objects (L)	• Reusability (R)
• Inviolability (T)	• Imperfections recovery (I)	• Scalability (S)
		• Maintainability (N)

For each system being developed we will have to identify the importance of each factor to the dimension. The dimension coordinate is then computed as the weighted mean of these factors:

$$\text{Dimension}_i = \sum_n (p_n \times \text{factor}_n), \quad \sum_n (p_n) = 1 \text{ and } p_n \in [0,1]$$

Where:

n is the number of relevant factors for the dimension.

Each factor is evaluated by:

$$\text{Factor}_n = \frac{1}{\sum_m pr_m} \times \sum_m (pr_m \times pc_m)$$

Where:

M is the number of valid requirements for the factor.

pr<sub>m</sub> is the weight of the requirement m

pc<sub>m</sub> is the fulfillment percentage of the requirement m.

The dissimilarity between the system under evaluation and ideal system is measured by:

$$D = \sqrt{\sum_j \left(1 - \frac{Dim_j}{100}\right)^2}$$

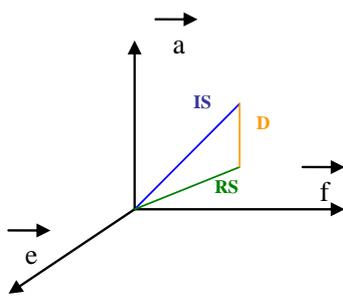
Finally the quality of the system is computed as:

$$Q = 1 - \frac{D}{\sqrt{n}}, \quad Q \in [0,1]$$

or

$$q = \left(1 - \frac{D}{\sqrt{n}}\right) * 100, \quad q \in [0,100]$$

The quality of a system is measured as the distance between the ideal system (projected system) and the real system (final system).



The system quality is in the inverse proportion of the distance between the Ideal System (IS) and the Real System (RS).

If  $D=0$  Then  $Q=1$

If  $D=\text{maxim}$ ,  $D_{\text{max}} = \sqrt{n}$   
Then  $Q=0$

The measure of the system quality is obtained from a six steps process:

- 1<sup>st</sup> – Requirement classification
- 2<sup>nd</sup> – Factor classification
- 3<sup>rd</sup> – Result evaluation
- 4<sup>th</sup> – Dimension performance
- 5<sup>th</sup> – Global deviation
- 6<sup>th</sup> – System quality

### 1- Requirement Classification

The ideal system has a set of requirements that indicates what the system must do.

We start by associating weights to requirements, [0,1] based on the relevance of the requirement for that particular dimension, according to:

- 10 – Fundamental

- 8 – Very Important
- 6 – Important
- 4 – Necessary
- 2 – Optional
- 0 – Irrelevant

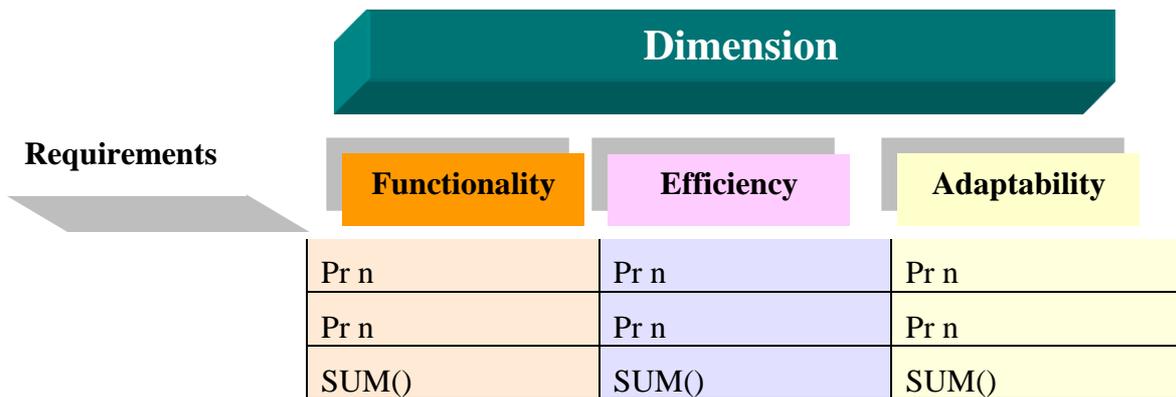


Fig 1: matrix of the dimension requirements

**2- Factor Classification**

Each factor contributes to the dimension value. This contribution is represented by a real number,  $P_n$ , between 0 and 1, indicating the relevance of the factor to the dimension. The dimension value is a weighted mean the factor that contributes to that dimension

$$\text{Dimension} = \sum_n (p_n \times \text{factor}), \sum_n (p_n) = 1 \text{ and } p_n \in [0,1]$$

**3- Result Evaluation**

It is very important to validate the requirements, so that system performance can be accurately evaluated.

The matrix in fig 2 shall be fulfilled during the evaluation process. Once it is completed the system quality is automatically computed.

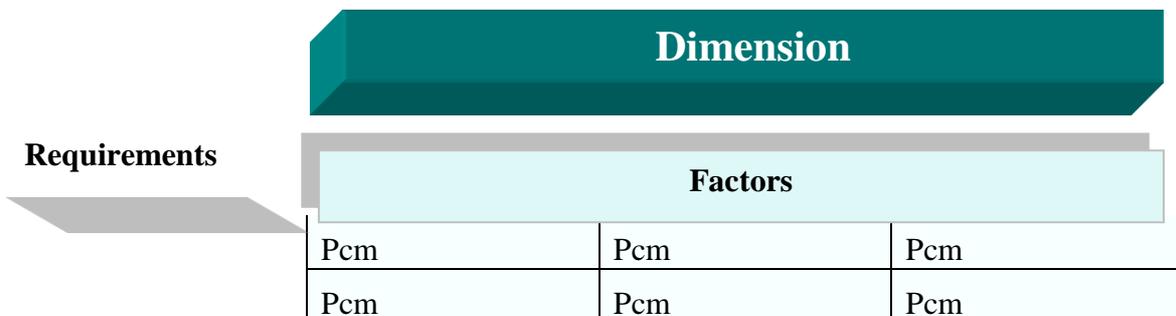


Fig 2: matrix of the factors

#### 4- Dimension Performance

The performance of a dimension is obtained through, the factors of each dimension.

$$\text{Factor} = \sum_m (pr_m * pc_m)$$

And the dimension performance is given by:

$$\text{Dimension} = \sum_n (p_n \times \text{factor}), \quad \sum_n (p_n) = 1 \text{ and } p_n \in [0,1]$$

#### 5- Global Deviation

The global deviation is obtained as the Euclidean distance between our system coordinates and the ideal system, whose coordinates are (1,1,1)

$$D = \sqrt{\sum_j \left(1 - \frac{Dimj}{100}\right)^2} \quad \text{Global deviation}$$

#### 6- System Quality

The system quality is computed by:

$$Q = 1 - \frac{D}{\sqrt{n}}, \quad Q \in [0,1]$$

$$q = \left(1 - \frac{D}{\sqrt{n}}\right) * 100 \quad q \in [0,100] \quad \text{System Quality}$$

We say that system quality is q% which means that the system is able to perform q% of its initial specifications.

### Conclusions

In this work we propose a method to measure quantitatively the quality of a given educational system.

Quality evaluation frameworks, like the one we propose here, are crucial to help validating educational systems and ensure that they are adequate and follow the original specifications, before using them in the learning environment.

We are already applying X\_TEC, for the development of educational software systems with our students, and using the quality evaluation framework to evaluate them. Our purpose is to realize the ability and applicability of our quantitative evaluation framework in real world solutions.

The QEF may also be applied to evaluate other Educational Software Development Models (ESDM), allowing for a direct comparison between different tools.

## References

- Allesi, S. e Trollip (1985), S. Computer Based Instruction: Methods and Development, Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1985
- Bates Tony, (2000) A. W. Tony Managing Technological Change: Strategies for College and University Leaders. San Francisco, 2000
- Bloom Bertram B. Mesia, and David R. Krathwohl, (1964) Bloom B. S. Taxonomy of Educational Objectives.,: The Affective Domain & The Cognitive Domain. New York: David McKay Co Inc.
- Booch, (1994). G. Booch, Object Oriented Analysis and Design With Applications, Second Edition, Benjamin/Cummings, Menlo Park, Califórnia, 1994.
- Clark 1994, Gery, (1994) Gery, GJ Making CBT happen. Boston: Weingarten.
- Clark, RE Media will never influence learning. Educational Technology Research and Development
- Coad and Yordon, (1991), OOA –Object Oriented Analysis, 2nd Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1991
- Crossley, K. e Green (1990), Le Design des Didacticiels: Guide Pratique pour la Conception de Scénarios Pédagogiques Interactifs. ACL-Editions, Paris France 1990
- Eckerson, Wayne W. (1995), "Three Tier Client/Server Architecture: Achieving Scalability, Performance, and Efficiency in Client Server Applications." Open Information Systems 10, 1 (January 1995): 3(20).
- Escudeiro, Paula; Bidarra José, (2006), X-TEC: Techno Didactical Extension for Instruction/Learning Based on Computer, Orlando, Florida, SITE 2006
- Gagné, Robert M. and Medsker, Karen L. (1996), The Conditions of Learning Training Applications. Florida: Harcourt Brace & Company.
- Jacobson, (1992), Object Oriented Systems Engineering, Addison-Wesley, 1992.
- Keller/Back (2004), Blended-Learning-Projekte im Unternehmen, Learning Center der Universität St. Gallen, St. Gallen, 2004
- Merrill, (1981), Instructional design in transition. In F. Farley & N. Gordon (Eds.), Psychology and education: The state of union
- Minken, I., Stenseth, B. E Vavik L., (1998), Educational Software. ULTIMA-Gruppen A/S, Haden, Norway, 1998
- Pressman Roger S., (2001), Pressman, Roger S. Software Engineering a Practitioner's Approach, 5 th Edition, McGraw-Hill Companies Inc, 2001
- Purinima Valiathan, (2005,) ASTD-Linking People, Learning & Performance. Learning circuits- American Society for Training & Development
- Rumbaugh et al, (1991),J. Rumbaugh, M. Blaha, W. Premerlani, F. Eddy, and W. Lorenson, Object Oriented Modeling and Design, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1991.
- Yourdon, (1998),E. Yourdon, Managing the System Life Cycle, 2nd Edition, Yourdon Press/prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1998.

**ANEXO B**  
**Documento**  
**Ante-Projeto**

## I. Documento de Ante-Projeto

### A. Introdução

O ambiente virtual colaborativo educacional designado por Sólidos Geométricos, tem como objetivo dar apoio a uma aula de matemática para alunos do 5º ano do 2º ciclo do ensino básico.

Este ambiente pretende ser um sistema que possa disponibilizar conhecimento sobre a temática – Sólidos Geométricos recorrendo à resolução de atividades interativas onde os alunos podem testar os conhecimentos adquiridos.

Os conteúdos programáticos desta temática foram concebidos com base na proposta do pelo Ministério da Educação, cujos objetivos gerais de aprendizagem devem permitir:

- Descrever sólidos geométricos e identificar os seus elementos.
- Compreender as propriedades dos sólidos geométricos e classificá-los.
- Identificar os elementos de um polígono, compreender as suas propriedades e classificar polígonos
- Relacionar o número de faces, de arestas e de vértices de uma pirâmide e de um prisma, com o polígono da base.
- Consolidar aprendizagens anteriormente realizadas.
- Identificar sólidos através de representações no plano e vice-versa.
- Identificar, validar e desenhar planificações de sólidos e construir modelos a partir destas planificações.
- Ter como base tarefas que proporcionem oportunidades para observar, analisar, relacionar e construir figuras geométricas e de operar com elas. Permitem a aprendizagem de conceitos geométricos de forma dinâmica e o aprofundamento da sua compreensão.
- Que os alunos sejam capazes de resolver problemas, comunicar e raciocinar matematicamente em situações que envolvam contextos geométricos.

### **Estudo de Viabilidade**

Após alguma reflexão sobre a ideia a desenvolver, a equipa de desenvolvimento reconheceu que este ambiente é considerado viável e não apresenta riscos, podendo trazer mais-valias para o processo de ensino aprendizagem. Assim, a equipa passou a descrever o sistema, abordando os seguintes requisitos:

- O ambiente irá ser estruturado em diferentes áreas de conhecimento.
- Integrará diferentes recursos de multimédia, tais como, imagens, vídeo relacionados com a temática, painéis de informação e ferramentas de comunicação (chat);
- Para minimizar os custos (torná-los a custo zero), quer para a equipa que o irá desenvolver quer para a escola onde irá ser testado, recorrer-se-á sempre a ferramentas de open source;
- Os cenários a desenvolver deverão ser simples e apelativos e deverão ter de acordo com o público-alvo;
- Promover-se-á o trabalho em grupo e o desempenho individual;
- Conterá um sistema de navegação para as várias áreas do ambiente, para que o aluno tenha a possibilidade de navegar e encontrar as informações de forma simples e intuitiva;

### **Viabilidade Económica**

Analisando a viabilidade económica da implementação do ambiente Sólidos Geométricos, chegou-se à conclusão que o este era aceitável uma vez que.

- A tecnologia a ser utilizada não irá permitir investimentos em novas tecnologias, já que se utilizará as que utilizamos no desenvolvimento de outros sistemas.
- As ferramentas de software serão sempre ferramentas de open source;

- Os custos serão de custo zero, porque os recursos humanos e de hardware serão recursos do próprio ISEP; A utilização do ambiente não envolve aumento de novos recursos humanos, pois irá ser utilizado pelos próprios professores.
- A manutenção do sistema será efetuada pela própria autora do ambiente.
- Apesar de ser necessária formação, esta prejudicará a viabilidade do projeto, por parte dos programadores, pois esta limitar-se-á ao tempo necessário para a familiarização com as ferramentas.
- Os utilizadores do ambiente apenas necessitarão de computadores. A própria escola possui uma sala de TICs equipada com bastantes computadores.

### **Viabilidade Técnica**

Após se ter analisado algumas sugestões surgidas ao longo das reuniões efetuadas, a solução técnica que melhor se adequa ao ambiente é:

- Utilização de um servidor, no qual será instalado OpenSim e a base de dados MySQL, para armazenar as informações dos utilizadores do ambiente.
- Varias máquinas clientes, onde se instalará o software cliente que irá permitir comunicar com o servidor OpenSim.
- Ligação à Internet com um IP público.

### **Equipa de Desenvolvimento**

Dado que este ambiente tem como principal objetivo, a avaliação do trabalho desenvolvido ao longo deste estudo, o número de elementos da equipa de desenvolvimento será reduzida. A equipa de desenvolvimento do ambiente irá ser composta por um professor de Matemática, que validará o conteúdo programático a apresentar, um professor de informática, que desempenhará o papel de engenheiro de *software*, um programador, uma equipa de especialistas de qualidade que validará os requisitos de qualidade para o ambiente e finalmente os alunos de uma turma do 5º ano da Escola EB 2/3 de Gondomar

**Público-alvo**

Qualquer aluno do 5º ano do 2º ciclo do ensino básico

**Cronograma**

ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	Instalação OpenSim	22 days	Mon 03-09-12	Tue 02-10
2	Estudo da Linguagem do OpenSIM (LSL)	40 days	Wed 03-10-12	Tue 27-11
3	Reunião inicial sobre escolha do tema	1 day	Fri 21-09-12	Fri 21-09
4	Elaboração do documento Ante-Projeto	22 days	Mon 24-09-12	Tue 23-10
5	Reunião intercalar	1 day	Thu 24-10-13	Thu 24-10
6	Definição dos critérios de qualidade	20 days	Tue 25-09-12	Mon 22-10
7	Reunião intercalar	1 day	Mon 15-10-12	Mon 15-10
8	Modelo de requisitos	2 days	Thu 25-10-12	Fri 26-10
9	Modelo de Análise	2 days	Mon 29-10-12	Tue 30-10
10	Modelo de interação	2 days	Wed 31-10-12	Thu 01-11

**B. Especificação do ambiente****C1. Especificação do modelo pedagógico**

Como este trabalho tem o seu foco nos ambientes virtuais educacionais colaborativos, o seu modelo pedagógico assentar-se-á no modelo colaborativo relacional - modelo de atividades colaborativas de trabalho e estudo que trás conotação numa aprendizagem com interação social entre os alunos, sendo estes estimulados a serem ativos e participativos. Logo, os objetos de aprendizagem neste ambiente permitirão o uso de metáforas, a aprendizagem por meio da descoberta e a compreensão e finalmente, a interação entre os sujeitos.

**C2. Especificação da estratégia de instrução e técnicas de aprendizagem**

O ambiente recorrerá a diferentes tipos de estratégias e técnicas de aprendizagem.

Relativamente ao tipo de estratégias o ambiente irá recorrer a exercícios repetitivos e a um tutorial. Quanto às técnicas de aprendizagem e dado à natureza do contudo a abordar, iremos recorrer à aprendizagem colaborativa e baseada em problemas.

#### C4. Definição das atividades de aprendizagem.

Na tabela a seguir, encontram-se especificadas as atividades para o ambiente proposto.

Tabela de Atividades de Aprendizagem

<b>Nome da atividade</b>	<b>Proposta da atividade</b>	<b>Tipo de estrutura de grupos</b>	<b>Recursos e Ferramentas</b>
<b>Palavras Cruzadas</b>	Deves ler com atenção as questões apresentadas e descobrir o nome dos sólidos geométricos	Grupo formado por dois alunos, que deverão comunicar entre si, através do canal de comunicação	As respostas estão descritas nos painéis de informação;  Ferramenta de comunicação: chat
<b>Descobre a planificação dos sólidos</b>	Analisa as figuras apresentadas e discute com o colega qual serão os sólidos geométricos; encontrem a solução  Socializem a solução final	Grupo de dois alunos que encontrarão uma solução  Colaborativamente	Disponibilizar Informações necessárias ao entendimento e solução do exercício  Ferramenta: material de apoio
<b>Identifica as figuras geométricas na figura</b>	Uma situação do mundo real relacionado com o domínio que está sendo trabalhado pela atividade de aprendizagem;  Observa a imagem com atenção;  Destaca as figuras que te chamam à atenção	Atividade a ser realizada em grupo de vários alunos (presença no mesmo espaço de vários avatares) que encontraram a solução; discutirão antes de a apresentar; escrevem a solução final	Ferramenta de apoio: chat

<b>Nome da atividade</b>	<b>Proposta da atividade</b>	<b>Tipo de estrutura de grupos</b>	<b>Recursos e Ferramentas</b>
<b>Realização de um teste</b>	Acede ao teste; Lê as questões; Encontra a solução; escreve a resposta	Esta atividade é uma atividade individual, cujo objetivo é testar os conhecimentos adquiridos por todos os intervenientes	Recursos: texto

### **C5. Conceção dos conteúdos**

Na tabela a seguir, encontram-se especificadas as atividades para o ambiente proposto.

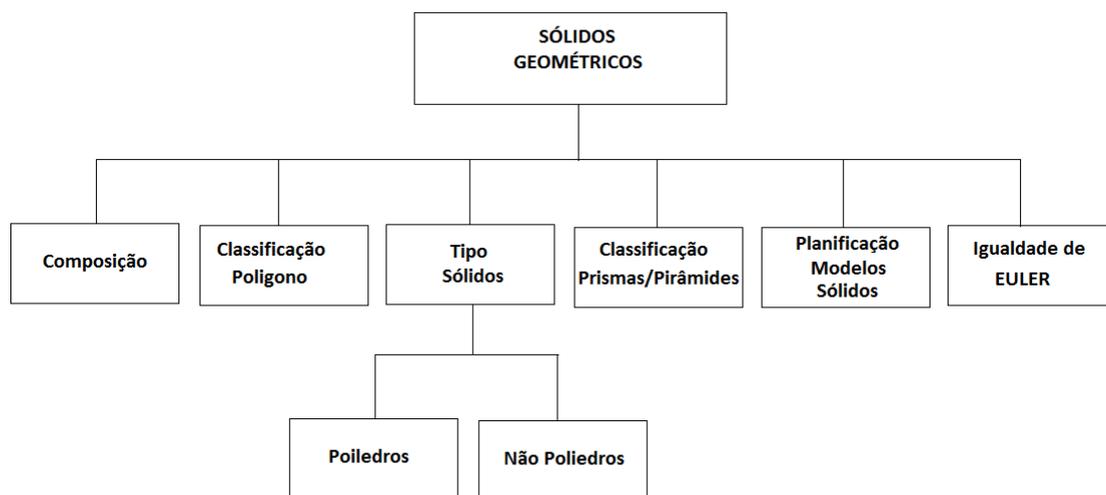
Tabela de Conteúdos Didáticos

<b>Sólidos Geométricos</b>		
<b>Unidade de aprendizagem</b>	<b>Descrição da unidade curricular</b>	<b>Tipo de Média</b>
Composição dos Sólidos Geométricos	Os sólidos geométricos são compostos de Faces; Arestas; Vértices  Exemplificação através de alguns sólidos	Texto  Imagens e animação
Classificação dos Polígonos	Definir polígonos  Polígono é uma figura plana formada por três ou mais segmentos de reta que se intersectam dois a dois  Polígonos podem ser: regulares e Não regulares	Texto  Imagens e animação

<b>Sólidos Geométricos</b>			
<b>Unidade de aprendizagem</b>		<b>Descrição da unidade curricular</b>	<b>Tipo de Média</b>
Tipo de Sólidos	Poliedros	Definir poliedros Limitados por apenas superfícies planas Exemplificação através de sólidos	Imagens
	Não Poliedros	Definir poliedros e não poliedros Limitados por superfícies curvas ou planas e curvas Exemplificação através de sólidos	Imagens
Classificação de Prismas e Pirâmides		Definir Prismas e Pirâmides Apresentar: ➤ o modelo ➤ Polígono de Base ➤ Nome do poliedro	Texto Imagens e animação
Planificação de modelos de sólidos		Apresentar várias planificações de sólidos e o respetivo modelo de sólido	Texto Imagens e animação
Igualdade de EULER		Apresentar a fórmula de Euler; Mostrar a aplicação da fórmula em vários sólidos	Texto Imagens

❖ Apresentar um vídeo sobre esta temática.

Mapa que apresenta as relações existentes entre as diferentes unidades de aprendizagem





## ANEXO C

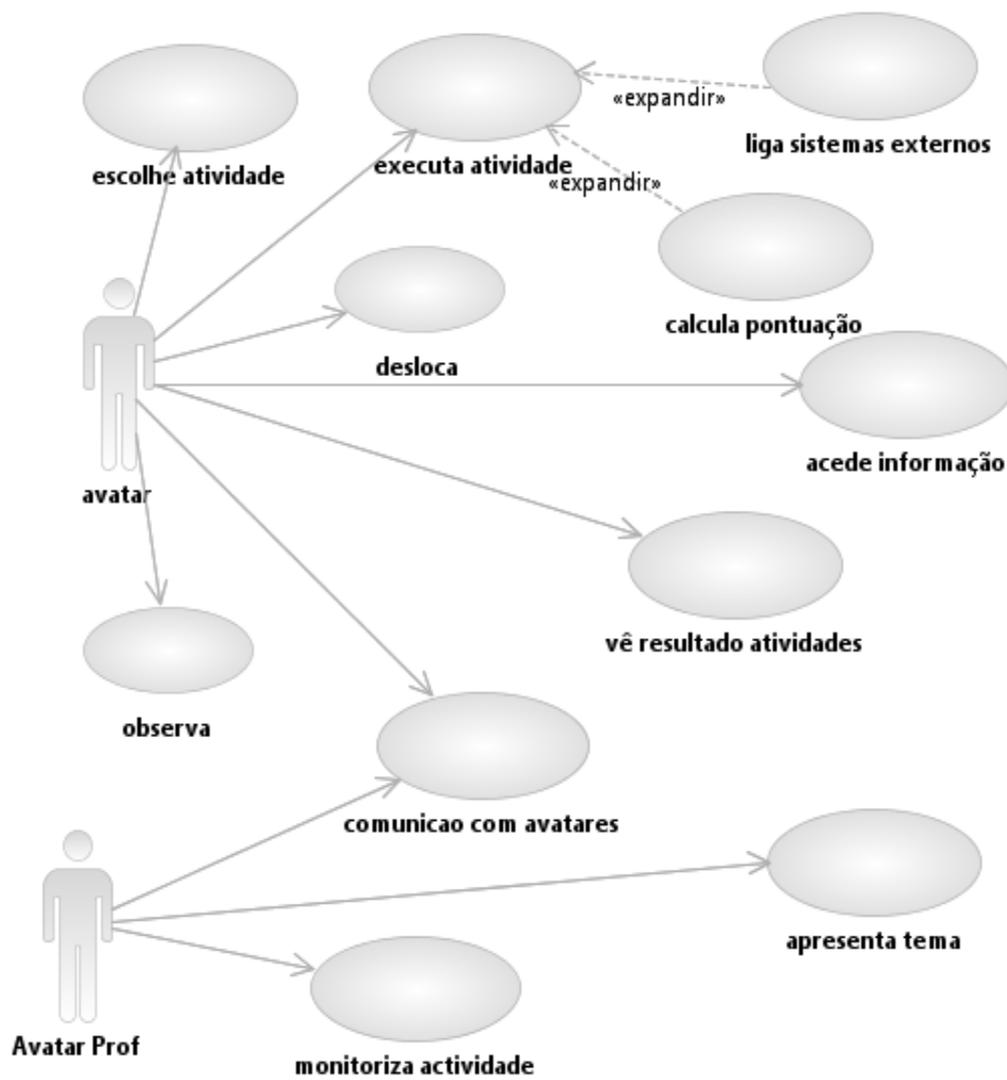
Modelação do ambiente

Sólidos Geométricos

Modelação do ambiente Sólidos Geométricos

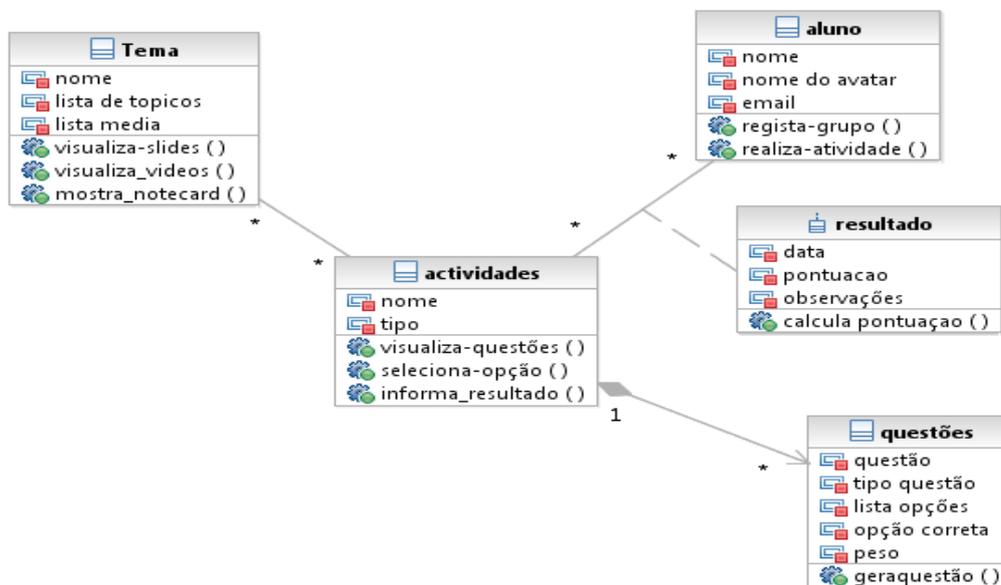
Modelo de Requisitos

1. Diagrama de Use Cases



## Modelo de Análise

### 2. Diagrama de Classes



### 3. Descrição de alguns cenários do ambiente

<b>Nome da atividade:</b> Sólidos Geométricos	
<b>Formas de apresentação:</b>	Texto (slides) Vídeo
<b>Esboço do cenário</b>	<p>Painel Apresentação</p> <p>Locutor (Avatar)</p> <p>Audiência (Avatares)</p>
<b>Personagens</b>	Locutor e Audiência
<b>Fala das personagens</b>	Avatar locutor fala para a audiência explicando o conceito de sólidos geométricos Audiência expõe questões via chat
<b>Ligações:</b>	-----

<b>Nome da atividade:</b> Palavras Cruzadas	
<b>Explicação:</b>	<p>Nesta atividade apresenta-se as perguntas referentes a sólidos e figuras geométricas e numa caixa de diálogo. O autor seleciona a opção correta. Se a palavra for correta apresenta-se essa palavra no painel.</p> <p>No final se o avatar não descobriu todas as palavras, apresenta-se a solução correta.</p>
<b>Esboço do cenário</b>	
<b>Exercício</b>	<p><b>Enunciado</b></p> <p>Para começares esta atividade deves clicar no painel.</p> <p>Após clicares no painel vão aparecer um conjunto de questões que deves analisar com cuidado.</p>
	<p><b>Questões</b></p> <p>4Hor.Tenho 6 seis faces, 12 arestas e 8 vértices, .....</p>
	<p><b>Respostas</b></p> <p>R4Hor) Cubo R32Hor ....</p>
<b>Feedback</b>	<p><b>Negativo :</b> Erraste!!! OHHHHH!!!</p> <p><b>Positivo:</b> Muito Bem 😊😊😊</p>
<b>Ligações:</b>	-----

## Modelo de Análise

### 4. Tabela de ação para as atividades do ambiente

Avatar (aluno)	Programa (ambiente)	Professor
Observa a imagem	Mostra a pergunta	Dá sugestões sobre a atividade
Seleciona a opção correta	Comunica com o avatar	
Escreve opção correta	Calcula pontuação	
Vê o resultado obtido	Informa se escolha errada ou correta	
Pede ajuda	Sugere na leitura sobre o tema	
Comunica por o ambiente	Envia emails	

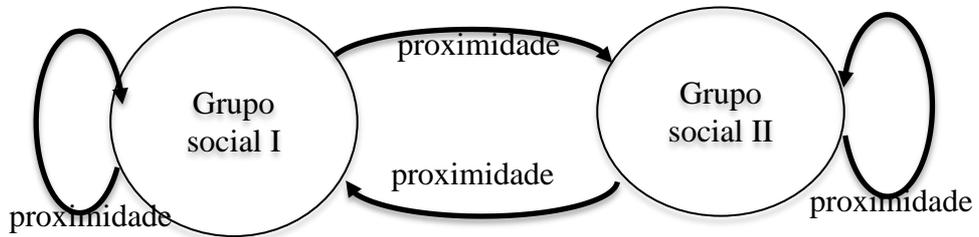
### 5. Diagrama de Colaboração

Organizando as ações pelos diferentes grupos sociais

Cada grupo define parcialmente a maneira como seus elementos interagem com outros elementos do grupo.

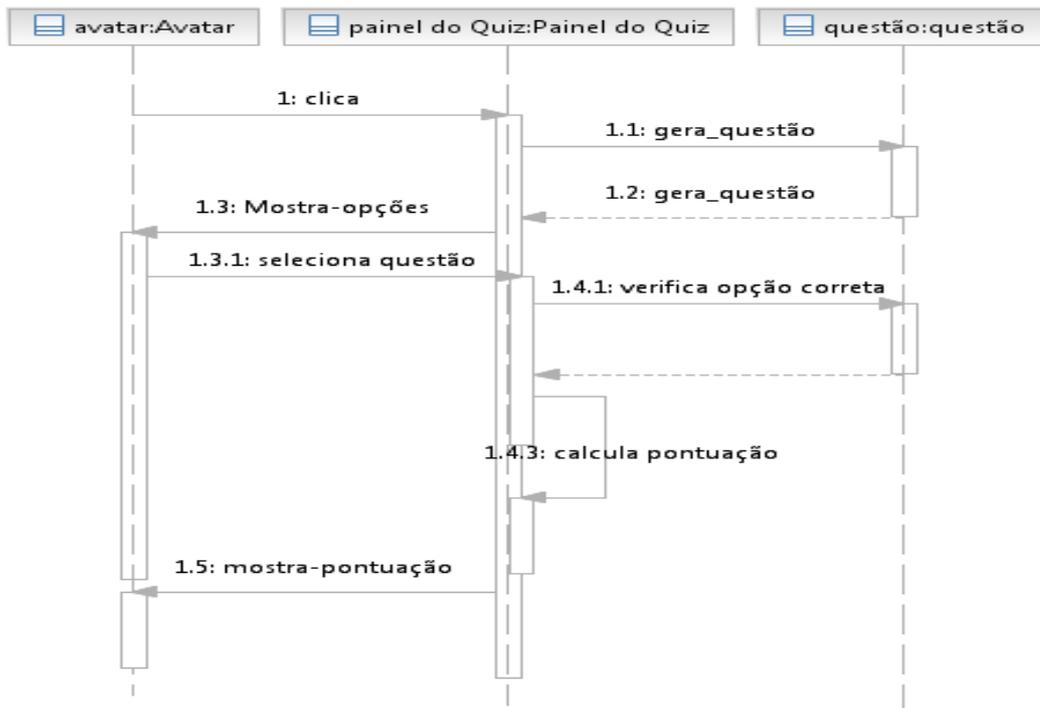
Tarefas	Grupo de social I (alunos)	Grupo de social II (professor)
<b>Funções</b>	Observa imagem	
	Escolhe/ escreve opção correta	
	Pede ajuda	Dá sugestão
	Comunica com ambiente e avatares	Comunica com avatares
<b>Serviços</b>	Mostra perguntas	Sugere nova leitura sobre o tema
	Informa sobre a escolha	Envia <i>emails</i>
<b>Restrições</b>	Só realiza o teste se uma vez Se pontuação em cada atividade for inferior a 50 pontos deve sugerir rever matéria relacionada com a atividade	

Gráfico de colaboração

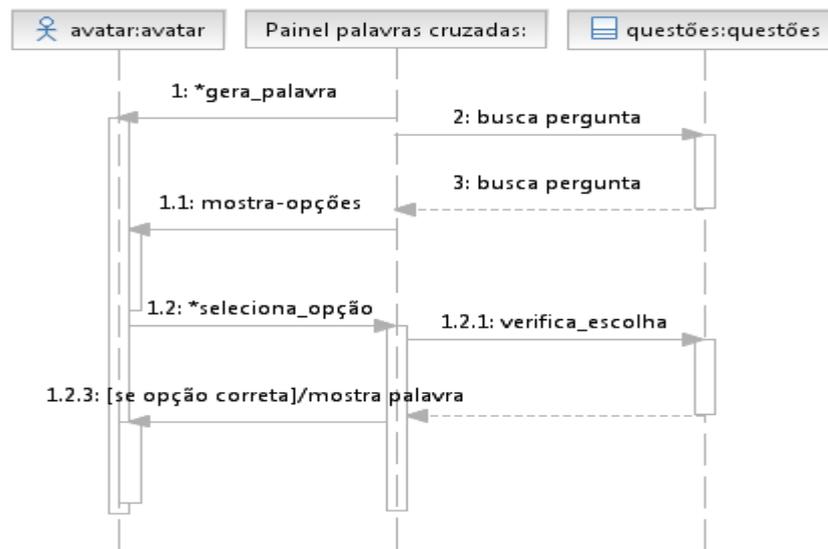


**6. Diagramas de Sequências**

6.1. Realização do QUIZ

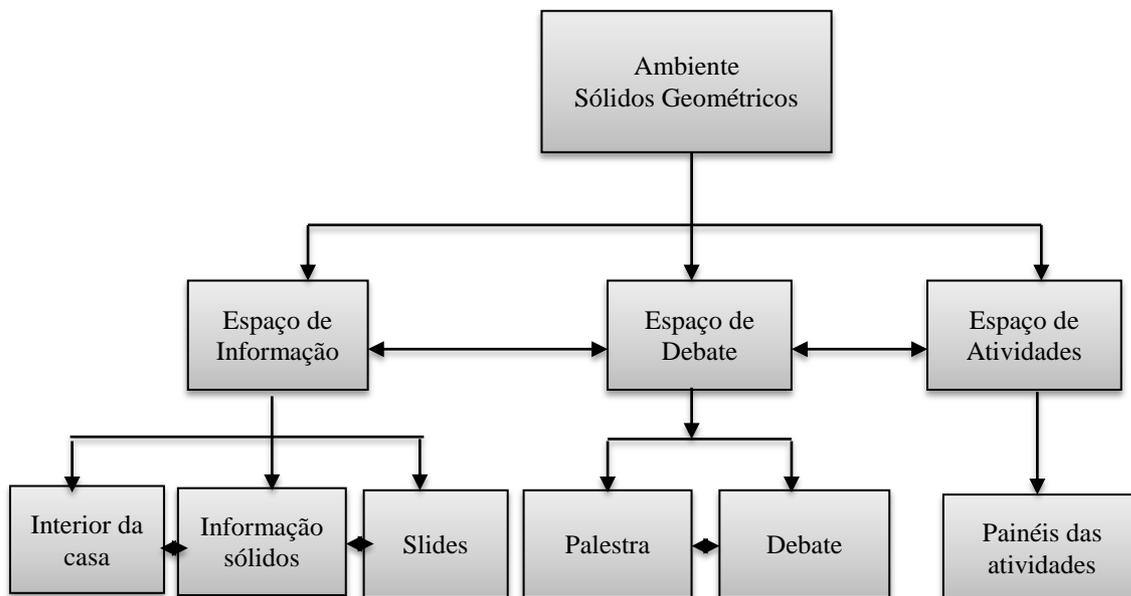


## 6.2. Palavras cruzadas



## Modelo de Navegação

### 7. Diagrama de Navegação





# ANEXO D

## Questionário

## QUESTIONÁRIO

Olá, agora que acabaste de utilizar o ambiente na tua aula, gostaria de saber a tua opinião sobre ele.

1. Idade:  anos
2. Género:  Masculino  Feminino
3. Sabes usar o computador?  
SIM  NÃO
4. Foi fácil andar pelo programa?  
SIM  NÃO
5. Descobriste facilmente onde estavam as atividades?  
SIM  NÃO
6. Ao caminhares no programa do que gostaste mais?  
Ver o vídeo  Fazer as atividades  a informação
7. Sentiste dificuldade em resolver as atividades?  
SIM  NÃO
8. Gostaste de conversar com os outros avatares?  
SIM  NÃO
9. Gostaste de te ver representado no ambiente pelo teu avatar  
SIM  NÃO
10. Gostaste de usar o programa?  
SIM  NÃO
11. Gostarias de utilizar mais vezes estes ambientes nas próximas aulas?  
SIM  NÃO

12. Em que outras disciplinas gostavas de usar este tipo de programas

- |                                  |                          |
|----------------------------------|--------------------------|
| Ciências da Natureza             | <input type="checkbox"/> |
| História e Geografia de Portugal | <input type="checkbox"/> |
| Inglês                           | <input type="checkbox"/> |
| Português                        | <input type="checkbox"/> |
| Matemática                       | <input type="checkbox"/> |

Obrigada por responderes a este questionário !!!! 😊😊😊😊



**ANEXO E**  
**Resultados da avaliação**  
**do ambiente**  
**Sólidos Geométricos**

## E1 - Resultados de cada iteração

Dimensão	Fatores	Requisitos	IT1	IT2	IT3	IT4	
Ergonomia	F1	A navegação é intuitiva e facilmente memorizável.	-	10	30	100	
		O ambiente permite que o utilizador seja capaz de regressar ao ponto anterior sem se desorientar.	30	30	50	100	
		O ambiente permite ao utilizador aprender de forma fácil como a navegação é realizada dentro deste.	50	50	60	100	
		O ambiente inclui sugestões visuais e ajudas de navegação (labels, landmarks, mapas,...)		50	80	100	
		O utilizador movimenta-se sobre o ambiente para obter visões e adquirirem um mapa mental exato do que se passa à sua volta.	100	100	100	100	
		A navegação do sistema é transparente que permite o utilizador controlar as suas ações	20	20	50	100	
		Pode o utilizador determinar o caminho para se movimentar	30	30	100	100	
		O ambiente disponibiliza ferramentas de interação proporcionando alguma forma de comunicação? (chat, fórum, mensagem ou e-mail, comunidades)	20	40	60	90	
		É fácil de selecionar, mover e alterar os atributos básicos dos objetos.	20	40	40	90	
		Os pontos de seleção dos objetos são óbvios, claros e é fácil selecionar múltiplos objetos			50	100	
	O movimento do utilizador está controlado para apoiar o desempenho de uma série de tarefas e sequência de tarefas			50	90		
	O movimento do utilizador está apropriado com a tarefa.			50	100		
	F2	O utilizador pode alternar facilmente entre as visões de objetos compartilhados, outras localidades / objeto de interesse e o (s) outro (s) utilizador (es).		40	40	40	100
		O aluno é incentivado a adquirir competências				40	100
		É dado ao aluno oportunidade de selecionar informações que lhe permita relacionar informações que são importantes para o tipo de atividade que está envolvido	20	60	80	100	
F3	O utilizador pode decidir que ação deve tomar e como?		100	100	100	100	
	O utilizador controla eficazmente a performance de uma série de tarefas e sequência de tarefas de forma apropriada para a realização destas				40	80	
	É fácil os utilizadores se moverem e posicionarem-se eles mesmos no ambiente virtual.	100	100	100	100		
	O ambiente permite que os utilizadores comuniquem entre si, através de CHAT	0	100	100	100		
	O utilizador comunica com o ambiente através de CHAT e menus de diálogo	100	100	100	100		
<b>Resultado final por Dimensão</b>			<b>31,5</b>	<b>43,5</b>	<b>66</b>	<b>97,5</b>	

Dimensão	Fatores	Requisitos	IT1	IT2	IT3	IT4	
Pedagógico	F4	A informação existente no ambiente está consistente com o assunto abordado.	100	100	100	100	
		O texto é legível, não contém erros ortográficos, e as frases estão bem construídas	100	100	100	100	
		O conteúdo corresponde ao objetivo da aprendizagem e está de acordo com os perfis dos estudantes.	100	100	100	100	
		O conteúdo está suportado por diferentes tipos de média multimédia (vídeo, som, imagens)	100	100	100	100	
		Os conteúdos estão relacionados com situações e problemas de interesse.	100	90	100	100	
		A visualização da informação é consistente (cores, forma, tipografia, etc)	100	100	100	100	
		O conteúdo está organizado em tópicos ou estrategicamente estruturado para atender a um objetivo de comunicação	100	100	100	100	
		O ambiente possui uma área para as tarefas realizadas e deve estar estruturada, possivelmente hierarquicamente, de modo a refletir a divisão do trabalho e recursos a estruturar pelos membros do grupo.			40	100	
		O ambiente permite associar objetos a pessoas para fornecer a consciência da participação e trajetórias de aprendizagem, ou seja, atividades, funções, responsabilidades divisão de recursos e associações			20	100	
		Existem diferentes tipos de tarefas relacionadas com as ações para proporcionar a consciencialização sobre as atividades em curso.			10	60	100
	F5	As tarefas estão projetadas de acordo com o grupo de utilizadores definidos.			100	100	100
		As respostas às ações são dadas em tempo suficiente.			30	60	95
		Possibilita ao professor monitorizar se a aprendizagem está ocorrendo e como esta ocorrendo.			100	100	100
		O sistema permite que o aluno navegue facilmente para outros grupos da comunidade como meio de manter o contacto social.			0		100
F6	O espaço de informação está estruturado baseado numa metáfora, ajudando os utilizadores do ambiente a comunicar uns com os outros e facilitar uma compreensão partilhada através de um comunicação eficaz.			0		100	
	<b>Resultado final por Dimensão</b>		47,2	68,3	86,67	99,72	

Dimensão	Fatores	Requisitos	IT1	IT2	IT3	IT4
Técnico/Funcional	F7	O ambiente possui uma imagem com qualidade que permite aumentar o sentido de presença do utilizador	20	100	100	100
		O ambiente é simples, controlado e divertido de forma a manter os alunos interessados na realização de uma tarefa.	30	30	60	100
	F8	O ambiente possui diferentes partes para se jogar diferentes papéis, ou seja, existem lugares de acesso à informação, reuniões, trabalho, etc.	100	100	100	100
		O ambiente é confortável para ser usado a longo prazo e permite que seja usado por utilizadores com diferentes perfis	40	40	80	100
		O ambiente fornece instruções suficientes, formação e ajuda sobre o ambiente	50	80	80	100
		O ambiente permite a ligação a outros sistemas externos, tais como, moodle, internet, etc.			60	100
		O ambiente proporciona uma sensação de presença social de forma a facilitar a participação	100	100	100	100
		O ambiente "deixa vestígios" sobre as atividades realizadas pelos utilizadores, para mais tarde se poder refletir sobre elas				20
	F9	Os efeitos das ações do utilizador sobre os objetos virtuais são imediatamente visíveis e estão de acordo com as leis físicas e expectativas perceptuais do utilizador			100	100
		O ambiente impede que o utilizador cometa erros. Contudo se existirem erros o sistema deteta e avisa.			60	60
São consistentes os nomes/informação e a estrutura		100	100	100	100	
A metáfora está de acordo com as tarefas do ambiente.		100	100	100	100	
F10	Pode o utilizador obter uma visão geral do espaço partilhado e de todos os utilizadores dentro deste espaço	100	100	100	100	
	São os canais de comunicação eficazes	10	10	10	100	
	O ambiente tem capacidades reativas (as entradas do utilizador são detetadas e modifica-se instantaneamente o AVCE e as ações sobre ele – ambiente dinâmico)			30	95	
<b>Resultado final por Dimensão</b>			44.33	50.67	72	91.67

**E2 - Resultados individuais dos questionários.**

QUESTÕES	1. Idade	2. Género	3. Sabes usar o computador?	4. Foi fácil andar pelo programa?	5. Descobriste facilmente onde estavam as atividades?	6. Ao caminhar no programa do que gostaste mais?	7. Sentiste dificuldade a resolver as atividades?	8. Gostaste de conversar com os outros colegas?	9. Gostaste de te ver representado no programa através de um personagem (avatar)?	10. Gostaste de usar o programa?	11. Gostarias de utilizar mais vezes estes programas nas próximas aulas?	12. Em que outras disciplinas gostarias de realizar atividades como estas
	ALUNOS											
A1	11	Masculino	Sim	Sim	Sim	Ver o vídeo	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Ciências da Natureza
A2	11	Masculino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Ciências da Natureza
A3	10	Feminino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Ciências da Natureza
A4	10	Masculino	Sim	Sim	Sim	Ver o vídeo	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Português
A5	11	Feminino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	História e Geografia de Portugal
A6	10	Feminino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Ciências da Natureza
A7	11	Feminino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Português
A8	11	Feminino	Sim	Sim	Sim	Ver o vídeo	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Inglês
A9	11	Feminino	Sim	Sim	Sim	Ver o vídeo	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Ciências da Natureza
A10	11	Masculino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Inglês

QUESTÕES	1. Idade	2. Genero	3. Sabes usar o computador?	4. Foi fácil andar pelo programa?	5. Descobriste facilmente onde estavam as atividades?	6. Ao caminhares no programa do que gostaste mais?	7. Sentiste dificuldade a resolver as atividades?	8. Gostaste de conversar com os outros colegas?	9. Gostaste de te ver representado no programa através de um personagem (avatar)?	10. Gostaste de usar o programa?	11. Gostarias de utilizar mais vezes estes programas nas próximas aulas?	12. Em que outras disciplinas gostarias de realizar atividades como estas
	A11	11	Masculino	Sim	Não	Sim	Ver o vídeo	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
A12	11	Masculino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Inglês
A13	11	Feminino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Ciências da Natureza
A14	10	Feminino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Ciências da Natureza
A15	11	Feminino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Inglês
A16	10	Feminino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	História e Geografia de Portugal
A17	10	Feminino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	História e Geografia de Portugal
A18	11	Masculino	Sim	Sim	Sim	Ver o vídeo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Ciências da Natureza
A18	10	Feminino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Ciências da Natureza
A20	10	Feminino	Sim	Não	Sim	Resolver as atividades	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	História e Geografia de Portugal

QUESTÕES	1. Idade	2. Género	3. Sabes usar o computador?	4. Foi fácil andar pelo programa?	5. Descobriste facilmente onde estavam as atividades?	6. Ao caminhar no programa do que gostaste mais?	7. Sentiste dificuldade a resolver as atividades?	8. Gostaste de conversar com os outros colegas?	9. Gostaste de te ver representado no programa através de um personagem (avatar)?	10. Gostaste de usar o programa?	11. Gostarias de utilizar mais vezes estes programas nas próximas aulas?	12. Em que outras disciplinas gostarias de realizar atividades como estas
A21	10	Feminino	Sim	Sim	Sim	Ver o vídeo	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	História e Geografia de Portugal
A22	11	Masculino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	História e Geografia de Portugal
A23	11	Feminino	Sim	Sim	Sim	Ver o vídeo	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Ciências da Natureza
A24	11	Feminino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Inglês
A25	10	Feminino	Sim	Não	Sim	Resolver as atividades	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Ciências da Natureza
A25	11	Feminino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	História e Geografia de Portugal
A27	10	Feminino	Sim	Não	Sim	Resolver as atividades	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	História e Geografia de Portugal
A28	11	Feminino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Ciências da Natureza
A29	10	Masculino	Sim	Sim	Sim	Ver o vídeo	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Inglês
A30	11	Feminino	Sim	Sim	Sim	Resolver as atividades	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Ciências da Natureza



ANEXO F  
Avaliação do ambiente  
ISEP virtual

Dime	Fact	peso Requi	Requisito	1IT	2IT	3IT
Ergonomia	F1. Navegação	10	O ambiente contém um mapa sobre a sua representação visual.	0	50	75
		10	O ambiente prevê um agente pedagógico com o propósito de guiar os utilizadores ao longo do sistema.	0	0	0
		10	A navegação é intuitiva e facilmente memorizável.	25	25	50
		10	O ambiente permite que o utilizador seja capaz de regressa ao ponto anterior sem se desorientar.	25	25	75
		10	O ambiente permite ao utilizador aprende de forma fácil como a navegação é realizada entro deste. (facilita a aquisição do conhecimento)	0	50	50
		10	O ambiente inclui sugestões visuais e ajudas de navegação (labels, landmarks, mapas,...)	0	0	10
		10	O utilizador movimenta-se sobre o ambiente para obter visões e adquirirem um mapa mental exato do que se passa à sua volta.	75	75	75
		10	O ambiente fornece informação ao utilizador sobre “onde estou”, “ onde quero ir? como faço para chegar lá?	0	0	0
		10	A navegação do sistema é transparente que permite o utilizador controlar as suas ações	0	25	50
	10	Pode o utilizador determinar o caminho para se movimentar	75	75	75	
	F2. Interação	10	O ambiente disponibiliza ferramentas de interação proporcionando alguma forma de comunicação? (chat, fórum, mensagem ou e-mail, comunidades)	100	100	100
		10	É fácil de selecionar, mover e alterar os atributos básicos dos objetos.	0	0	25
		10	Os pontos de seleção dos objectos são óbvios, claros e é fácil selecionar múltiplos objetos	50	50	50
		10	O movimento do utilizador está controlado para apoiar o desempenho de uma série de tarefas e sequência de	0	0	75

			tarefas			
Dime	Fact	peso Requi	Requisito	1IT	2IT	3IT
Ergonomia	F2. Interação	10	O movimento do utilizador está apropriado com a tarefa.	0	0	50
		10	O utilizador pode alternar facilmente entre as visões de objetos compartilhados, outras localidades / objeto de interesse e o (s) outro(s) utilizador(es).	50	50	50
		10	O aluno é incentivado a adquirir competências	0	25	25
		10	É dado ao aluno oportunidade de selecionar informações que lhe permita relacionar informações que são importantes para o tipo de atividade que está envolvido	0	25	25
		10	Permite que os utilizadores realizarem mais do que uma atividade ao mesmo tempo.	0	0	0
		10	O utilizador pode decidir que ação deve tomar e como?	50	75	75
		10	O utilizador controla eficazmente a performance de uma serie de tarefas e sequência de tarefas de forma apropriada para a realização destas	50	50	50
		10	É fácil os utilizadores se moverem e posicionarem-se eles mesmos no ambiente virtual.	100	100	100
	F3. Comunicação	10	O ambiente permite que os utilizadores comuniquem entre si, através de chat, com ajuda de um microfone em tempo real, áudio conferência, vídeo conferencia, reuniões no espaço virtual.	75	75	75
		10	O ambiente disponibiliza ferramentas de interação proporcionando alguma forma de comunicação?	25	100	100
Pedagógico	F4. Conteúdos Didáticos	10	A informação existente no ambiente está consistente com o assunto abordado.	0	25	50
		10	O texto é legível, não contém erros ortográficos, e as frases estão bem construídas	0	25	50
		10	O conteúdo corresponde ao objetivo da aprendizagem e está de acordo com os perfis dos estudantes.	0	25	25

Dime	Fact	peso Requi	Requisito	1IT	2IT	3IT
Pedagógico	F4. Conteúdos Didáticos	10	O conteúdo está suportado por diferentes tipos de media multimédia (vídeo, som, imagens, etc)	0	75	75
		10	Os conteúdos estão relacionados com situações e problemas de interesse.	0	25	50
		10	A visualização da informação é consistente (cores, forma, tipografia, etc)	0	50	50
		10	Está claro como os recursos visuais se relacionam com o assunto e que eles ajudam a entendê-lo	0	25	25
		10	O conteúdo está organizado em tópicos ou estrategicamente estruturado para atender a um objetivo de comunicação	0	0	50
		10	O ambiente suporta mecanismos que permitam ao utilizador rever os diferentes conteúdos	0	0	0
		10	Os conteúdos e as mensagens não são negativos nem tendenciosos e não há discriminação por razões de classe social, crenças, religião.	0	0	50
	F5. Aprendizagem	10	O ambiente possui uma área para as tarefas realizadas e deve estar estruturada, possivelmente hierarquicamente, de modo a refletir a divisão do trabalho e recursos a estruturar pelos membros do grupo.	0	50	50
		10	A composição do grupo não é demasiado grande, é heterogéneo e homogéneo em relação à idade, experiência e conhecimentos técnicos	0	50	50
		10	O ambiente permite associar objetos a pessoas para fornecer a consciência da participação e trajetórias de aprendizagem, ou seja, atividades, funções, responsabilidades divisão de recursos e associações	0	25	25
		10	Existem diferentes tipos de tarefas relacionadas com as ações para proporcionar a consciencialização sobre as atividades em curso.	0	25	25

Dime	Fact	peso Requi	Requisito	1IT	2IT	3IT
Pedagógico	F5. Aprendizagem	10	As tarefas estão projetadas de acordo com o grupo de utilizadores definidos.	0	50	50
		10	As tarefas a executar seguem uma ordem pré-definida, ou seja, primeiro são apresentadas tarefas simples e, em seguida adicionadas elementos com maior complexidade, deforma a manter os alunos interessados no que estão a praticar.	0	10	10
		10	As tarefas são o suficientemente complexas para que o aluno possa explorar os desafios e novas ideias e conhecimento	0	10	10
		10	As respostas às ações são dadas em tempo suficiente.	0	50	50
		10	O ambiente possui uma estrutura dinâmica, para refletir e facilitar a mudança nos grupos envolvidos e trajetória de aprendizagem.	0	25	25
		10	O ambiente “deixa vestígios” sobre as atividades realizadas pelos utilizadores, para mais tarde se poder refletir sobre elas	0	25	25
		10	O aluno é incentivado a adquirir competências	0	25	25
		10	Possibilita ao professor monitorizar se a aprendizagem está ocorrendo e como esta ocorrendo.	0	0	0
	F6. Socialização	10	O ambiente permite que o aluno navegue facilmente para outros grupos da comunidade como meio de manter o contacto social.	75	100	100
		10	O ambiente proporciona uma sensação de presença social de forma a facilitar a participação	75	100	100
		10	O espaço de informação está estruturado baseado numa metáfora, ajudando os utilizadores do ambiente a comunicar uns com os outros e facilitar uma compreensão partilhada através de um comunicação eficaz.	75	100	100

<b>Dime</b>	<b>Factor</b>	<b>peso Requi</b>	<b>Requisito</b>	<b>1IT</b>	<b>2IT</b>	<b>3IT</b>
<b>Técnico/Funcional</b>	<b>F7. Facilidade de uso</b>	10	O ambiente permite ao utilizador atuar e explorar de maneira natural e não restrita as ações do ambiente.	75	100	100
		10	Os efeitos das ações do utilizador sobre os objetos virtuais são imediatamente visíveis e estão de acordo com as leis físicas e expectativas percetuais do utilizador	50	75	100
		10	A resposta do sistema às ações do utilizador é previsível e informativa	75	75	100
		10	O ambiente possui uma imagem com qualidade que permite aumentar o sentido de presença do utilizador	100	100	100
		10	O ambiente é simples, controlado e divertido de forma a manter os alunos interessados na realização de uma tarefa.	75	75	75
		10	O ambiente possui diferentes partes para se jogar diferentes papéis, ou seja, existem lugares de acesso à informação, reuniões, trabalho, etc.	100	100	100
		10	O ambiente permite ao utilizador atuar e explorar de maneira natural e não restrita as ações do ambiente.	75	75	75
		10	Os efeitos das ações do utilizador sobre os objetos virtuais são imediatamente visíveis e estão de acordo com as leis físicas e expectativas percetuais do utilizador	50	50	75
		10	O envolvimento do utilizador no ambiente é mais natural quanto possível	100	100	100
	<b>F8. Flexibilidade</b>	10	O ambiente é confortável para ser usado a longo prazo e permite que seja usado por utilizadores com diferentes perfis.	50	50	50
		10	O ambiente permite ao utilizador configurá-lo em termos de áudio.	25	75	75
		10	O ambiente fornece instruções suficientes, formação e ajuda sobre o ambiente.	50	100	100

Dime	Factor	peso Requi	Requisito	1IT	2IT	3IT	
Técnico/Funcional	F8. Flexibilidade	10	O ambiente permite a ligação a outros sistemas externos, tais como, moodle, internet, etc.	100	100	100	
		10	O ambiente permite anotações textuais sobre ideias, opiniões	0	25	25	
		10	O ambiente proporciona uma sensação de presença social de forma a facilitar a participação	100	100	100	
		10	O ambiente “deixa vestígios” sobre as atividades realizadas pelos utilizadores, para mais tarde se poder refletir sobre elas	50	50	50	
		10	Pode o utilizador dizer algo quando existe alguma desatenção por parte dos outros utilizadores	100	100	100	
	F9. Consistência	10	Os efeitos das ações do utilizador sobre os objetos virtuais são imediatamente visíveis e estão de acordo com as leis físicas e expectativas percetuais do utilizador	50	75	75	
		10	O ambiente impede que o utilizador cometa erros. Contudo se existirem erros o sistema deteta e avisa.	25	50	50	
		10	O ambiente ajuda a avaliar a influência das ações anteriores em relação às atuais.	0	0	0	
		10	São consistentes os nomes/informação e a estrutura	75	75	100	
		10	A metáfora está de acordo com as tarefas do ambiente.	75	75	75	
	F10. Segurança	10	O ambiente prevê espaços de privacidade (atende a interrupções e distrações possíveis)	75	75	75	
		10	Pode o utilizador obter uma visão geral do espaço partilhado e de todos os utilizadores dentro deste espaço	100	100	100	
		10	São os canais de comunicação eficazes	0	50	100	
		10	O ambiente tem capacidades reativas (as entradas do utilizador são detetadas e modifica-se instantaneamente o AVCE e as ações sobre ele – ambiente dinâmico.	25	50	50	
	<b>Qualidade (%)</b>				<b>37</b>	<b>54</b>	<b>62</b>



**ANEXO G**  
**Requisitos de qualidade**  
**para AVCE**

<b>Requisitos</b>
1. O sistema permite testar a existência de outros avatares (participantes) (Heeter,1992)?
2. O ambiente permite um grau de realismo, mas o utilizador tem consciência que a realidade é virtual (Sutcliffe and Gaut, 2004)?
3. O ambiente permite ao utilizador atuar e explorar de maneira natural e não restrita as ações do ambiente (Sutcliffe and Gaut, 2004)?
4. Os efeitos das ações do utilizador sobre os objetos virtuais são imediatamente visíveis e estão de acordo com as leis físicas e expectativas perceptuais do utilizador (Sutcliffe and Gaut, 2004)?
5. Os objetos ativos estão devidamente assinalados e explicados para promover a aprendizagem (Tromp et al, 2003)?
6. O envolvimento do utilizador no ambiente é o mais simples possível (Sutcliffe and Gaut, 2004)?
7. O ambiente prevê a possibilidade de sugestões de tarefas, missões e regras aos utilizadores.(Shid and Yang, 2008)?
8. O ambiente permite ao utilizador procurar materiais que descrevem o cenário e o conteúdo (Araujo and Neto, 2010)?
9. O ambiente permite que os utilizadores comuniquem uns com os outros através de várias ferramentas (chat, Vídeo,.....) (Mehlecke and tarouco ,2003)?
10. O utilizador controla o comportamento do sistema (Tromp et al, 2003)?
11. A resposta do sistema às ações do utilizador é previsível e informativa (Tromp et al, 2003)?
12. O ambiente impede que o utilizador cometa erros. Contudo se existirem erros o sistema deteta e avisa.(Butkute and Lapin, 2008, Silva2011)
13. O utilizador é capaz de prever o resultado das suas ações (Witmer and Singer, 1998)
14. O ambiente ajuda a avaliar a influência das ações anteriores em relação às atuais (Butkute and Lapin, 2008)?
15. O ambiente permite que o utilizador seja capaz de aplicar o conhecimento adquirido e experiencia noutros ambientes. (Butkute and Lapin, 2008)?
16. O ambiente permite que os utilizadores realizem mais do que uma atividade ao mesmo tempo. (Butkute and Lapin, 2008)?
17. O ambiente possui uma imagem gráfica (realismo) que permite aumentar o sentido de presença do utilizador (Kalawsky, 1999)?
18. O ambiente responde às ações do utilizador (Tromp et al, 2003)?
19. O ambiente permite que os utilizadores se sintam como se fizessem parte do ambiente e não isolados dele.(Kalawsky, 1999)
20. A experiencia no ambiente deve ser consistente e similar às experiências no mundo real (Witmer and Singer, 1998)

<b>Requisitos</b>
21. O ambiente é confortável para ser usado a longo prazo e permite que seja usado por utilizadores com diferentes perfis (Michailidou and Economides, 2003; Pinelle et al, 2008)?
22. O ambiente permite ao utilizador configurá-lo em termos de áudio, vídeo (Pinelle et al, 2008)?
23. O ambiente fornece instruções suficientes, formação e ajuda sobre o ambiente (Pinelle et al, 2008)?
24. O ambiente permite a ligação a outros sistemas externos, tais como, moodle, internet, etc (Dillenburger and Teixeira, 2010)?
25. O ambiente permite anotações textuais sobre ideias, opiniões (Schlemmer, 2000)?
26. O envolvimento do utilizador com o sistema é suportado por vários tipos de ações (tarefas, espaços de trabalho) (Vosinakis et al., 2007)?
27. O ambiente proporciona uma sensação de presença social de forma a facilitar a participação (Prasolova and Divitriini, 2003)
28. O ambiente possui diferentes partes para se jogar diferentes papéis, ou seja, existem lugares de acesso à informação, reuniões, trabalho, etc.(Prasolova and Divitriine, 2003)
29. O ambiente “deixa vestígios” sobre as atividades realizadas pelos utilizadores, para mais tarde se poder refletir sobre elas (Prasolova and Divitriini, 2003)?
30. O ambiente é simples, controlado e divertido de forma a manter os alunos interessados na realização de uma tarefa (Wilhelm, 2008)?
31. O ambiente prevê espaços de privacidade (atende a interrupções e distrações possíveis) (Prasolova, 2004)?
32. O espaço possui objetos correspondem à sua função objetiva e propósito
33. Pode o utilizador obter uma visão geral do espaço partilhado e de todos os utilizadores dentro deste espaço (Tromp et al, 2003)?
34. Pode o utilizador dizer algo quando existe alguma desatenção por parte dos outros utilizadores (Tromp et al, 2003)?
35. São os canais de comunicação eficazes (Prasolova, 2003)?
36. São as ações dos utilizadores visíveis e reconhecíveis (Tromp et al, 2003)?
37. Os objetos necessários para uma determinada tarefa podem ser localizados (Tromp et al, 2003)?

<b>Requisitos</b>
38. O utilizador pode relembrar as regras das tarefas (Tromp et al., 2003)?
39. Uma vez que um utilizador encontra a ação correta na interface, o ambiente permite-lhe identificar qual o caminho correto para os efeitos que eles estão tentando produzir (Tromp et al, 2003)?
40. Uma vez realizada a ação o ambiente permite aos utilizadores entender o feedback produzido (Shih and Yang, 2008)?
41. Pode o utilizador reconhecer a identidade de outro utilizador e dizer aos outros que se encontram distantes (Tromp et al, 2003)?
42. Pode o utilizador lembrar os objetos importantes ou locais (Tromp et al,2003)?
43. Pode o utilizador efetivar a manipulação ou ação facilmente? (Tromp et al, 2003)?
44. A informação existente no ambiente está consistente com o assunto abordado (Escudeiro et al, 2007)?
45. O ambiente permite ao utilizador pesquisar e adquirir informação de forma fácil e intuitiva (Gildasio, 2009)
46. A metáfora está de acordo com as tarefas do ambiente (Paiva, 2010)?
47. A informação apresentada no ambiente não deve permitir que o utilizador se distraia com as atividades de outros utilizadores (Held&Durlach, 1992)?
48. O ambiente fornece respostas consistente às ações do utilizador (Pinelle et al, 2008)?
49. As respostas às ações são dadas em tempo suficiente (Held&Durlach, 1992)?
50. O ambiente suporta a aprendizagem colaborativa (Michailidou and Economides, 2003)?
51. O ambiente permite que os estudantes possam obter ajuda de forma a serem encorajados e motivados (Michailidou and Economides, 2003)?
52. O texto est legível, não contém erros ortográficos, e as frases estão bem construídas (Michailidou and Economides, 2003)?
53. O conteúdo está suportado por diferentes tipos de media (vídeo, som, imagens, etc) (Michailidou and Economides, 2003)?
54. O conteúdo corresponde ao objetivo da aprendizagem e está de acordo com os perfis dos estudantes (Michailidou and Economides, 2003)?

<b>Requisitos</b>
55. O professor pode participar e monitorizar as ações dos estudantes (Michailidou and Economides, 2003; Kurilovas, 2005; Shih and Yang, 2008))?
56. O ambiente permite que o professor ajude a criar as sequências de aprendizagem (Michailidou and Economides, 2003)?
57. O ambiente permite que os utilizadores comuniquem entre si, através de chat, com ajuda de um microfone em tempo real, áudio conferência, vídeoconferência, reuniões no espaço virtual (Prasolova, 2003)?
58. O ambiente suporta mecanismos que permitam ao utilizador rever os diferentes conteúdos (Carvalho Neto, 2009)?
59. As tarefas estão projetadas de acordo com o grupo de utilizadores definidos (Prasolova, 2003; Stanney et al, 2003; Economides, 2005)?
60. Os gráficos e as figuras estão coerentes não provocando a desorientação do estudante (Michailidou and Economides, 2003)?
61. Os conteúdos e as mensagens não são negativos nem tendenciosos e não há discriminação por razões de classe social, crenças, religião (Michailidou and Economides, 2003, Escudeiro, 2007))?
62. A informação encontra-se bem estruturada diferenciando adequadamente os objetivos, opiniões, recursos multimédia (Vuntz, 2007)?
63. Os conteúdos estão relacionados com situações e problemas de interesse (Michailidou and Economides, 2003)?
64. O ambiente suporta atividades de colaboração (Michailidou and Economides, 2003)?
65. A composição do grupo não é demasiado grande, é heterogéneo e homogéneo em relação à idade, experiência e conhecimentos técnicos (Meirinhos, 2007)?
66. O ambiente permite que o aluno navegue facilmente para outros grupos da comunidade como meio de manter o contacto social (Prasolova and Divitrini, 2003)?
67. O aluno tem consciência da existência de outros (Prasolova, 2003; Kurilovas, 2005)?
68. O aluno é incentivado a adquirir competências (Michailidou and Economides, 2003)?
69. O ambiente permite associar objetos a pessoas para fornecer a consciência da participação e trajetórias de aprendizagem, ou seja, atividades, funções, responsabilidades divisão de recursos e associações. (Prasolova, 2003; Kurilovas, 2005)?

<b>Requisitos</b>
70. O espaço de informação está estruturado baseado numa metáfora, ajudando os utilizadores do ambiente a comunicar uns com os outros e facilitar uma compreensão partilhada através de uma comunicação eficaz ( Dilenbourg, 2000)?
71. Existem diferentes tipos de tarefas relacionadas com as ações para proporcionar a consciencialização sobre as atividades em curso (Prasolova, 2003; Kurilovas, 2005)?
72. O ambiente possui uma estrutura dinâmica, para refletir e facilitar a mudança nos grupos envolvidos e trajetória de aprendizagem (Prasolova, 2003; Kurilovas, 2005)?
73. O ambiente possui uma área para as tarefas realizadas e deve estar estruturada, possivelmente hierarquicamente, de modo a refletir a divisão do trabalho e recursos a estruturar pelos membros do grupo (Prasolova, 2003; Kurilovas, 2005)?
74. As tarefas a executar seguem uma ordem pré-definida, ou seja, primeiro são apresentadas tarefas simples e, em seguida adicionadas elementos com maior complexidade, de modo a manter os alunos interessados no que estão a praticar (Herrington and Oliver, 2000)?
75. É dado ao aluno oportunidade de selecionar informações que lhe permita relacionar informações que são importantes para o tipo de atividade que está envolvido
76. São consistentes os nomes/informação e a estrutura (Lee, 2007)?
77. A informação apresentada é pertinente para a localização imediata dentro do ambiente (Almeida, 2000)?
78. A visualização da informação é consistente (cores, forma, tipografia, etc) (Vuntz, 2007)?
79. Está claro como os recursos visuais se relacionam com o assunto e que eles ajudam a entendê-lo (Pasteur, 2009)
80. O efeito das ações dos alunos são imediatamente visíveis aos outros alunos e estão conforme as leis físicas e as expectativas perceptuais (Sutcliffe and Gault, 2005)?
81. O conteúdo está de acordo com o curriculum (Michailidou and Economides, 2003)?
82. O conteúdo está de acordo com as características dos estudantes (Oliveira et al, 2001, Escudeiro, 2007)?
83. Ambiente está adequado para os objetivos pedagógicos do professor (Graebin, 2009)?
84. O conteúdo está organizado em tópicos ou estrategicamente estruturado para atender a um objetivo de comunicação (Vuntz,2007)

<b>Requisitos</b>
85. Os gráficos e imagens aparecem na altura devida (Michailidou and Economides, 2003)?
86. Os gráficos e as imagens incluem um texto alternativo que descreva completamente a imagem (Michailidou and Economides, 2003)?
87. O ambiente dá a oportunidade ao utilizador a possibilidade ligar e desligar o áudio e o vídeo (Michailidou and Economides, 2003)?
88. O áudio está legendado?
89. O ambiente permite que os alunos possam adquirir habilidades básicas e conhecimento sobre como utilizar o próprio ambiente (Tromp et al., 2003)?
90. As tarefas são suficientemente complexas para que o aluno possa explorar os desafios, novas ideias e conhecimento (Gul et al, 2008)?
91. O ambiente avalia as atividades realizadas pelos estudantes ou oferece possibilidades de se comentar as atividades de forma que o conhecimento adquirido seja fiável (Kurilovas, 2005)?
92. O ambiente possui recursos para a ação de articulação de informações? (links entre as informações inseridas) (Dillenburg and Teixeira, 2010)?
93. O ambiente possui espaços para a construção conjunta? (ferramenta wiki, outra) (Darken, 1996, Dillenburg and Teixeira, 2010)?
94. O ambiente disponibiliza ferramentas de interação proporcionando alguma forma de comunicação? (chat, fórum, mensagem ou e-mail, comunidades) (Tromp et al, 2003; Kurilovas, 2005; Butkutė et al., 2010; Dillenburg and Teixeira, 2010)?
95. Possibilita ao professor monitorizar se a aprendizagem está a ocorrer e como está ocorrendo (Kurilovas, 2005)?
96. Pode-se interpretar a identidade do utilizador, a função e comportamento dos objetos (Sutcliffe and Kaur, 2008)?
97. As ações efetuadas estão visíveis para os utilizadores (Sutcliffe and Kaur, 2008)?
98. Está claro para o utilizador qual a próxima ação a realizar (Sutcliffe and Kaur, 2008; Tromp, 2003)?
99. O ambiente contém um mapa relativa à estrutura e organização do ambiente (Darken e Sibert, 1996 ; Michailidou and Economides, 2003)?
100. O ambiente permite que o utilizador seja capaz de regressar ao ponto anterior sem se desorientar (Sutcliffe and Gaut, 2004)?

<b>Requisitos</b>
101. O ambiente permite ao utilizador aprender de forma fácil como a navegação é realizada dentro deste. (facilita a aquisição do conhecimento) (Darken e Sibert, 1996)?
102. A navegação é intuitiva e facilmente memorizável (Stanney et al, 2003); Economides,2005); Butkutė et al., 2010); Prasolova, 2003)?
103. O ambiente inclui sugestões visuais e ajudas de navegação (labels, landmarks, mapas,...) (Darken e Sibert, 1996)?
104. A interface é compreensível e é visível (Michailidou and Economides, 2003;Butkutė et al., 2010)?
105. O utilizador movimenta-se ao longo do ambiente de forma fácil e intuitiva (Butkutė et al., 2010)?
106. O utilizador movimenta-se no ambiente para obter visões e adquirirem um mapa mental exato do que se passa à sua volta (Sutcliffe and Gaut, 2004;Tromp et al., 2003)?
107. O ambiente fornece informação ao utilizador sobre “onde estou”, “ onde quero ir? como faço para chegar lá (Wickens e Baker, 1995)?
108. É fácil os utilizadores moverem-se e posicionarem-se eles no ambiente virtual (Tromp et al, 2003)?
109. A navegação do sistema é transparente e permite o utilizador controlar as suas ações (Escudeiro, 2007)?
110. O ambiente prevê um agente pedagógico com o propósito de guiar os utilizadores ao longo do sistema (Dijk et al, 2003, Michailidou and Economides, 2003)?
111. O ambiente tem capacidades reativas (as entradas do utilizador são detetadas e modifica-se instantaneamente o AVCE e as ações sobre ele – ambiente dinâmico (Prasolova, 2003)
112. O utilizador controla eficazmente a performance de uma série de tarefas e sequência de tarefas de forma apropriada para a realização destas (Stanney et al, 2002)?
113. É fácil selecionar, mover e alterar os atributos básicos dos objetos (Kalawsky, 1999, Michailidou and Economides, 2003)?
114. Os pontos de seleção dos objetos são óbvios, claros e é fácil selecionar múltiplos objetos (Mades and MosShell, 1995, Stanney et al., 2003)?
115. O ambiente permite ao utilizador visualizar os objetos em várias perspetivas sem dificuldade e os outros utilizadores são vistos no ambiente (Stanney et al.,2003)?

<b>Requisitos</b>
116. O movimento do utilizador está controlado para apoiar o desempenho de uma série de tarefas e sequência de tarefas (Jacob et al., 1994)?
117. O movimento do utilizador é apropriado à tarefa (Kalawsky, 1999)?
118. Pode o utilizador determinar o caminho para se movimentar (Tromp et al., 2003)?
119. Pode o utilizador executar o movimento e as ações de navegação (Tromp et al., 2003)?
120. O utilizador pode alternar facilmente entre as visões de objetos compartilhados, outras localidades/objetos de interesse e o (s) outro(s) utilizador(es) (Tromp et al., 2003)?
121. Pode o utilizador aproximar-se e orientar os objetos para poder realizar as ações necessárias (Tromp et al., 2003)?
122. O utilizador pode decidir que ação deve tomar e como (Sutcliffe and Kaur, , Tromp et al., 2003)?
123. O ambiente possui um mecanismo de sintetizador de voz (www.w3.org)?
124. O ambiente disponibiliza um discurso pré-gravado para traduzir o texto em Língua Gestual?(www.w3.org)?
125. O ambiente assegura que todas as informações fornecidas com cor possam também estar disponíveis sem cor? (www.w3.org)?
126. O ambiente assegura que os botões com grafismos estejam definidos com texto? (www.w3.org)?
127. O ambiente disponibiliza em agente para ajudar o utilizador na exploração do ambiente (Dijk, et al. 2003)?
128. O ambiente permite a inclusão de dispositivos hápticos para facilitar o utilizador navegar no ambiente. (Rodrigues, 2006)?

