

**UNIVERSIDADE ABERTA**



UNIVERSIDADE  
**AbERTA**  
[www.uab.pt](http://www.uab.pt)

**Contextos virtuais na aprendizagem da Informática. Um estudo  
na área de Redes de Computadores.**

**Tomás Francisco Lucas Selombo**

**Mestrado em Engenharia Informática e Tecnologia Web**

**2022**

**UNIVERSIDADE ABERTA**



UNIVERSIDADE  
**AbERTA**  
[www.uab.pt](http://www.uab.pt)

**Contextos virtuais na aprendizagem da Informática. Um estudo  
na área de Redes de Computadores.**

**Tomás Francisco Lucas Selombo**

**Mestrado em Engenharia Informática e Tecnologia Web**

**Dissertação orientada por:  
Professor Doutor Vitor José Crêspo Cardoso**

**07/2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus por ter-me suportado e permitido que no meio de tanta turbulência, pudesse terminar o curso.

À minha esposa e filhos por entenderem as minhas constantes ausências e indisponibilidade.

Ao Professor Doutor Vítor José Crêspo Cardoso pela orientação e pela enorme paciência, o meu muito obrigado.

Aos meus amigos, em particular ao Faustino Mouzinho (em memória) por todo o encorajamento e apoio incondicional, aos meus colegas, professores que direta ou indiretamente acompanharam-me nesta caminhada e contribuíram para que chegássemos ao fim de mais um ciclo de formação.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta dissertação aos meus queridos pais, Alexandre Lucas Selombo (em memória) e Maria Pungu que com amor, carinho e dedicação cuidaram de mim e educaram para a vida.



## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

### **STATEMENT OF INTEGRITY**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração da presente dissertação/tese. Confirmando que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri à prática de plágio ou a qualquer outra forma de falsificação de resultados.

Mais declaro que tomei conhecimento integral do Regulamento Disciplinar da Universidade Aberta, publicado no Diário da República, 2.<sup>a</sup> série, n.º 215, de 6 de novembro de 2013.

I hereby declare having conducted my thesis with integrity. I confirm that I have not used plagiarism or any form of falsification of results in the process of the thesis elaboration. I further declare that I have fully acknowledged Disciplinary Regulations of the Universidade Aberta (regulation published in the official journal Diário da República, 2.<sup>a</sup> série, N.º 215, de 6 de novembro de 2013).

Universidade Aberta, 25 de julho de 2022

Nome completo/Full name: Tomás Francsico Lucas Selombo

Assinatura/Signature:

---

## RESUMO

A prática da lecionação da disciplina de Redes de Computadores tem revelado algumas dificuldades sentidas pelos estudantes dos cursos de Engenharia Informática e afins. Nota-se uma gritante falta de motivação e baixo aproveitamento. Apontam-se como motivos, a falta de laboratórios especializados, o nível de abstração e pensamento lógico que determinados conteúdos da referida disciplina exigem, essencialmente em temas que visam, para além dos conhecimentos teóricos, também desenvolver competências práticas. A presente proposta teve como objetivo responder a estes desafios pela via da conceção de contextos virtuais em 2D/3D para a aprendizagem de redes de computadores, focando-se no tema do Encaminhamento IP. Para tal, criou-se, com recurso ao Unity 3D um jogo sobre a pilha de protocolos da arquitetura TCP/IP; um outro jogo sobre endereçamento IP, utilizando o recurso quizventure do Moodle; e um protótipo de um mundo virtual 3D sobre encaminhamento IP. O desempenho dos participantes durante a realização de atividades no Moodle, bem como a avaliação por eles feita aos contextos virtuais, levaram-nos a concluir que os contextos virtuais podem ser utilizados para minimizar a complexidade de alguns conteúdos e como alternativa à carência de laboratórios de especialidade.

Palavras — chave: Mundos Virtuais 3D, Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Gamificação, Ensino de Redes de Computadores, Laboratórios Virtuais.

## **ABSTRACT**

Computer networks subject teaching practice has revealed some difficulties felt by Computer Science courses students and related courses. There is a glaring lack of motivation and low achievement. The reasons for this are the lack of specialized laboratories, the level of abstraction and logical thinking that certain contents require, essentially in issues that aim, in addition to theoretical knowledge, also to develop practical skills. The present proposal aimed to respond to these challenges through 2D/3D virtual contexts design, for learning computer networks and focusing on IP Routing topic. To achieve this, was created a game based on the TCP/IP architecture protocols stack, in Unity 3D; another game about IP addressing using Moodle's quizventure feature and a prototype of a 3D virtual world about IP routing issue, also in unity 3D. Participants performance during activities in Moodle, as well as their assessment of virtual contexts, led us to conclude that games and virtual reality can be used to minimize the complexity of some contents in computer networks area and as an alternative to the lack of specialty laboratories.

Keywords: 3D Virtual Words, Virtual Reality, Augmented Reality, Gamification, Computer Networks Learning, Virtual Labs.

## INDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	iii
DEDICATÓRIA .....	iv
RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABELAS .....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS .....	xv
INTRODUÇÃO .....	2
Contexto/Enquadramento .....	2
Questões de investigação.....	4
Objetivos .....	4
Estrutura da dissertação .....	5
CAPÍTULO I: ESTADO DA ARTE .....	7
1.1. Aprendizagem através de jogos.....	7
1.2. Realidade Virtual e Aumentada no ensino Redes de Computadores...9	
1.3. Dificuldades na aprendizagem de Encaminhamento IP .....	12
1.4. Conceitos importantes sobre Encaminhamento IP .....	13
1.4.1. Modelos OSI e TCP/IP .....	14
1.4.2. Protocolos do Modelo TCP/IP .....	16
1.4.3. Routers: estrutura e funcionamento .....	21
1.4.4. Processo de encaminhamento de pacotes .....	24
1.5. Mundos Virtuais 3D e Metaverso .....	26
1.5.1. Características do Metaverso.....	27
1.6. Ambientes Virtuais na aprendizagem de Redes de Computadores ...29	
1.6.1. Ambiente TCN5.....	29
1.6.2. CyberCIEGE.....	31
1.6.3. NETSIM.....	32

1.6.4. Cisco ASPIRE .....	33
1.7.    Tecnologias para modelação e desenvolvimento .....	34
1.7.1. SketchUp .....	34
1.7.2. Makehuman.....	35
1.7.3. WebGL .....	36
1.7.4. UNITY 3D .....	37
1.7.5. Moodle.....	38
1.7.6. Linguagens de programação.....	38
1.8.    Resumo do Capítulo .....	40
CAPÍTULO II: METODOLOGIAS .....	42
2.1.    Metodologia Design-Based Research.....	42
2.1.1. Ciclo da metodologia Design Based Research .....	44
2.2.    Conetivismo .....	48
2.3.    Gamificação .....	49
2.4.    Fases de Desenvolvimento do Projeto .....	51
2.5.    Resumo do Capítulo .....	54
CAPÍTULO III: DESENHO E IMPLEMENTAÇÃO .....	56
3.1.    Definição dos cenários pedagógicos e mecânicas de jogo .....	56
3.1.1. Cenário geral do jogo sobre Pilha de protocolos TCP/IP .....	57
3.1.2. Cenário geral do jogo sobre Endereçamento IP .....	57
3.1.3. Cenários do Mundo Virtual sobre Encaminhamento IP.....	58
3.2.    Criação dos objetos 2D/3D nos vários contextos .....	61
3.2.1. Criação de objetos 3D no SketchUp .....	61
3.3.    Integração dos objetos 3D e desenvolvimento dos jogos no Unity.....	63
3.3.1. Desenvolvimento do Jogo sobre a Pilha de Protocolos TCP/IP.....	63
3.3.2. Desenvolvimento do Mundo Virtual sobre Encaminhamento IP .....	69
3.4.    Configuração do curso no Moodle e integração dos jogos .....	74
3.4.1. Implementação das estratégias de gamificação .....	76
3.5.    Resumo do Capítulo .....	79
CAPÍTULO IV: AVALIAÇÃO DOS CONTEXTOS VIRTUAIS .....	82

4.1. Análise e discussão dos resultados .....	84
4.2. Resumo do Capítulo .....	89
CAPÍTULO V: CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES .....	91
TRABALHOS FUTUROS.....	96
BIBLIOGRAFIA.....	98
ANEXOS.....	105

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Modelo OSI e Modelo TCP/IP .....	15
Figura 1.2: Arquitetura de um router .....	22
Figura 1.3: Arquitetura de implementação do TCN5 .....	30
Figura 1.4: Componentes e ferramentas do Jogo CyberCIEGE .....	31
Figura 1.5: Página inicial do NetSim .....	32
Figura 1.6: Jogo Cisco Aspire .....	33
Figura 1.7: Tela inicial do SkecthUp.....	35
Figura 1.8: Tela inicial do Makehuman.....	36
Figura 2. 1: Fases do processo DBR .....	46
Figura 2.2: Interação entre utilizadores, iMOOC e redes sociais .....	50
Figura 3.1: Storyboard do cenário 1 .....	59
Figura 3.2: Storyboard do cenário 2 .....	60
Figura 3.3: Storyboard do cenário 3 .....	61
Figura 3.4: Modelação inicial de um router .....	61
Figura 3.5: Router Modelado no SkecthUp .....	62
Figura 3.6: Conjunto de routers modelados no SketchUp.....	63
Figura 3.7: Tela Inicial do Jogo sobre Pilha de Protocolos TCP/IP .....	64
Figura 3.8: Camada de Internetwork ou Rede .....	65
Figura 3.9: Script para destruir objetos .....	66
Figura 3.10: Script para girar cubos de protocolos.....	66
Figura 3.11: Script Move Camera.....	67
Figura 3.12: Parte do script para mover a bola, pontuar e terminar jogo .....	68
Figura 3.13: Conjunto de routers integrados no Unity 3D .....	69
Figura 3.14: Avatar por dentro de um router .....	70
Figura 3.15: Avatar consultando a tabela de encaminhamento .....	70
Figura 3.16: Avatar selecionando protocolos .....	71
Figura 3.17: Script para ativar/desativar uma interface.....	72
Figura 3.18: Script para terminar/temporizar o jogo .....	73
Figura 3.19: Página inicial do minicurso.....	74

Figura 3.20: Barra de progresso instalada e configurada no Moodle.....	76
Figura 3.21: Mensagem de mudança de nível do LevelUp .....	77
Figura 3.22: Recursos do block game.....	78
Figura 3.23: IP Game - Quizventure.....	79

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 3.1: Programa do minicurso .....	75
Tabela 4.1: Questões constantes do questionário .....	83

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 4.1: Respostas a questão 1 .....	84
Gráfico 4.2: Respostas à questão 2 .....	85
Gráfico 4.3: Respostas a questão 3 .....	85
Gráfico 4.4: Respostas a questão 4 .....	87
Gráfico 4.5: Respostas a questão 5 .....	87
Gráfico 4.6: Respostas a questão 6 .....	88
Gráfico 4.7: Respostas a questão 7 .....	89

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

<b>2D</b>	Duas Dimensões
<b>3D</b>	Três Dimensões
<b>ARP</b>	Protocolo de Resolução de Endereços (Address Resolution Protocol)
<b>CCNA</b>	Cisco Certified Network Associate
<b>DOS</b>	Negação de Serviço (Denial of Service)
<b>DBR</b>	Design Based Research
<b>DSR</b>	Design Science Research
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>JSON</b>	JavaScript Object Notation
<b>LAN</b>	Rede Área Local (Local Area Network)
<b>MOOC</b>	Massive Open Online Course.
<b>MOODLE</b>	Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment
<b>PDU</b>	Protocol Data Unit
<b>RA</b>	Realidade Aumentada
<b>RC</b>	Redes de Computadores
<b>RARP</b>	Reverse Address Resolution Protocol
<b>RV</b>	Realidade Virtual
<b>TCN5</b>	Teaching Computer Networks
<b>TCP/IP</b>	Transfer Control Protocol / Internet Protocol
<b>TI</b>	Tecnologias de Informação
<b>UDP</b>	User Datagram Protocol
<b>VPN</b>	Virtual Private Network
<b>WebGI</b>	Web Graphics Library
<b>WAN</b>	Wide Area Network

# INTRODUÇÃO

## **INTRODUÇÃO**

As Tecnologias de Realidade Virtual e afins, têm sido muito utilizadas em várias áreas da vida e para diferentes propósitos, fundamentalmente, em áreas onde há necessidade de oferecer e promover experiências únicas aos seus utilizadores, recorrendo à simulação e criar a sensação de presença, num ambiente diferente do real.

Queiroz & Tori (2017), afirmam que a Realidade Virtual (RV) é um campo altamente interdisciplinar, complexo e com imensos desafios. Ao juntar-se à educação, segundo Choi (2019) esses desafios focam-se, fundamentalmente na construção de simuladores baseados em Realidade Virtual, que tendem a ser mais realistas, interativos e envolventes, tendo particular destaque sobre os vídeos instrutivos, pois proporcionam melhores experiências através da prática virtual.

### **Contexto/Enquadramento**

A disciplina de Redes de Computadores (RC) assume grande relevância nos currículos dos cursos de Informática/Engenharia Informática, tendo uma grande carga teórica e prática. Segundo Bazzaza & Salah (2015), nas primeiras aulas de RC, os estudantes, usualmente não têm as habilidades necessárias para configurar e instalar várias ferramentas de software e equipamentos de hardware, como switches e routers.

Geralmente, essas dificuldades são consequência do fraco domínio e percepção dos conceitos fundamentais desta disciplina, pois que, vários conceitos abordados exigem altos níveis de abstração e raciocínio por parte do estudante, principalmente os conceitos relacionados ao tema sobre Encaminhamento IP. O tema em causa, tem sido de difícil entendimento como consequência do fraco domínio dos temas anteriores, isto é, os temas sobre a arquitetura TCP/IP (Transfer Control Protocol/Internet Protocol — Protocolo de Controlo de Transmissão/Protocolo da Internet) e o sobre endereçamento IP.

Ren (2014) citado por Bostan (2015), afirma que para além do ensino teórico, o ensino da tecnologia utilizada nas RC deve incluir uma boa quantidade de estudos de casos práticos, pois, as aulas teóricas exigem compreensão lógica e procedimental, enquanto as aulas práticas exigem experimentações e implementações práticas, todavia, as aulas práticas geralmente requerem um ambiente de aprendizagem adequado, como um laboratório e problemas experimentais especialmente projetados. Além disso, ainda segundo Bostan (2015), praticar e adquirir experiência requer consideravelmente mais tempo do que o estudo teórico. Para realizar práticas é necessária a existência de laboratórios de especialidade, que por sua vez exigem um investimento avultado para a sua instalação e manutenção, concorrendo com o facto dos equipamentos poderem se tornar rapidamente obsoletos.

Face a problemática da falta de laboratórios de especialidade, os custos elevados para sua implementação e manutenção, tem-se recorrido às tecnologias da Realidade Virtual (RV) e aumentada (RA) para poder proporcionar aos estudantes uma visão mais clara sobre o funcionamento das redes de computadores e permitir que os conceitos mais abstratos, sejam melhor percebidos através da interação com objetos 2D/3D integrados em ambientes de realidade virtual.

Na opinião de Gardeli & Vosinakis (2019) as tecnologias de RV e RA oferecem recursos interessantes para auxiliar as atividades educativas disponibilizando, em função do objeto de estudo e da situação de aprendizagem pretendida, contextos virtuais mais puros e controlados, onde se exploram versões digitalmente aprimoradas do mundo físico, criando-se assim mais oportunidades para a computação física, o que vai permitir ao formando interagir com o mundo real, ao qual objetos sobrepostos ou compostos se combinam com a realidade.

Os mesmos autores sustentam que, a criação de conteúdos interativos baseados em RV/RA apoiam o processo de aprendizagem de várias maneiras, entre elas, o auxílio na aquisição de conhecimento procedimental, que se torna essencial para relacionar e entender os conceitos aprendidos. Neste contexto, também entra a gamificação, que é, segundo Costa (2019), uma estratégia que pode contribuir para

mudar o estado atual das coisas e proporcionar uma experiência de aprendizagem na escola muito mais divertida, interessante, atraente e, ao fazê-lo, mais bem-sucedida.

Em suma, as técnicas de Gamificação, Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (AR) se posicionam como estratégias atraentes e interessantes para melhorar e inovar, tendo o surgimento dessas técnicas beneficiado a educação e a sua aplicação fortaleceu os processos de ensino e aprendizagem em escolas e universidades (Gramajo, et al., 2018).

### **Questões de investigação**

Pretendeu-se durante o trabalho em causa, responder às seguintes perguntas de investigação:

1. É possível encontrar recursos 2D/3D para criar contextos virtuais no âmbito das Redes de Computadores?
2. Como utilizar um mundo virtual baseado em RV para desenvolver competências práticas no domínio das Redes de Computadores?

### **Objetivos**

O objetivo da investigação é: conceber contextos virtuais para auxiliar na aprendizagem de Redes de Computadores.

Como objetivos específicos tem-se:

1. Caracterizar o Processo de ensino e aprendizagem de Redes de Computadores;
2. Selecionar as Tecnologias de Realidade Virtual;
3. Identificar a metodologia a utilizar no projeto;
4. Criar os contextos virtuais;

5. Avaliar os contextos virtuais.

### **Estrutura da dissertação**

A dissertação está constituída por cinco (5) capítulos, tal como são abaixo descritos:

- Capítulo I: Estado da Arte — Neste capítulo fez-se o levantamento do estado da arte sobre realidade virtual, realidade aumentada e ensino das Redes de Computadores. Tendo-se destacado o surgimento e evolução da Realidade Virtual, Realidade Aumentada, gamificação, seu impacto nas diversas áreas da vida, incluindo a educação, principalmente no ensino das RC, que é o foco deste trabalho.
- Capítulo II: Metodologias — Foram neste ponto, descritas todas as metodologias aplicadas às diferentes fases do projeto. Este capítulo inclui metodologias relacionadas ao Processo de Ensino e Aprendizagem de Redes de Computadores, à investigação, modelação de jogos, bem como à de desenvolvimento do projeto.
- Capítulo III: Desenho e implementação — Contemplou a modelação, implementação e testes dos vários cenários que constituem os contextos virtuais para o ensino de Redes de Computadores.
- Capítulo IV: Avaliação — Objetivou submeter os vários contextos virtuais aos estudantes, para validação e obtenção de feedback.
- Capítulo V: Considerações Finais e Conclusões — Neste capítulo foram apresentados os resultados alcançados, nas diferentes fases da investigação, em função dos objetivos previamente estabelecidos.

# **CAPÍTULO I: ESTADO DA ARTE**

## **CAPÍTULO I: ESTADO DA ARTE**

Neste serão apresentadas e discutidas ideias de vários autores, sobre a utilização de tecnologias no ensino em geral e em particular no de Redes de Computadores, com foco nos protocolos que constituem a arquitetura TCP/IP, na estrutura de um router e suas funções. Incidir-se-á também sobre as tecnologias de Realidade Virtual e ainda, serão abordados assuntos relacionados às estratégias e métodos de ensino no âmbito das Redes de Computadores.

### **1.1. Aprendizagem através de jogos**

A utilização de jogos, de simuladores, laboratórios virtuais, ferramentas, entre outras metodologias acabam se tornando uma prática para minimizar as dificuldades de aprendizagem no âmbito das RC (Reis et al., 2020).

Wang (2017), afirma que o uso de elementos lúdicos pode oferecer uma ajuda alternativa para envolver os alunos em ambientes simulados. O mesmo autor acrescenta que, visualizar exposições com tecnologia de realidade mista oferece um complemento atraente para a ponte entre experiência e abstração, promovendo uma transferência de conhecimento viva e persistente, isso envolve:

- Centralização do currículo em problemas "autênticos" semelhante aos que são enfrentados em contextos do mundo real;
- Familiarização com o uso de objetos através da modelagem e visualização;
- Promoção do entendimento da história numa conjuntura que textos e imagens não possam alcançar;
- Aprimoramento da construção colaborativa dos alunos por meio de diferentes perspectivas sobre experiências compartilhadas;
- Superação de limitações, oferecendo experiências realistas em comparação com métodos de ensino convencionais.

Werbach & Hunter (2013) citados por Canals & Minguell (2018) organizam os elementos do jogo em três categorias: dinâmica, mecânica e componentes. A dinâmica está no mais alto nível de abstração. Os mais importantes são restrições, emoções, narrativa, progressão e relacionamentos. As mecânicas são os processos básicos que fazem a ação progredir e que levam o jogador a se envolver. Os autores citados, salientam dez (10) importantes mecânicas de jogo: desafios, sorte, competição, cooperação, feedback, aquisição de recursos, recompensas, transações, turnos e estados de vitória. Cada mecânica corresponde a maneiras de colocar em prática a dinâmica descrita acima. Por fim, os autores descrevem os componentes como elementos menos abstratos. Eles listam quinze componentes: conquistas, avatares, emblemas, missões heroicas, coleções, combate, desbloqueio de conteúdo, presentes, tabelas, níveis, pontos, missões, gráficos sociais, equipes e bens virtuais. Cada componente está vinculado a uma ou mais mecânicas.

Os jogos eletrônicos e as mecânicas neles implementadas, podem inspirar os estudantes a desenvolver novas ideias e conceitos, a estimular sua imaginação e a despertar sua curiosidade. Ainda, promove a exploração de conceitos e questões difíceis, tornando-se assim em ferramentas que ajudam os estudantes a explorar sistemas complexos e a experimentar diferentes possibilidades e resultados (Hofmann, 2009).

Uma das estratégias também tem sido utilizada para inspirar os estudantes através dos jogos e suas mecânicas é a gamificação. O termo gamificação nasceu em 2002 por Nick Pelling, referindo-se ao seu interesse em aplicar conceitos de jogos em interfaces de utilizador para tornar as transações eletrônicas mais agradáveis e rápidas. Na opinião de Canals & Minguell (2018) “a gamificação consiste em projetar experiências de aprendizado que podem ser vividas como um jogo”. Em outras palavras, a aprendizagem por via da gamificação não é puro jogo; mas a ideia é fazer com que o processo de aprendizagem pareça um jogo. Em contraste com a educação convencional ou tradicional, focada em aulas, palestras ou leitura de livros didáticos, a aprendizagem baseada em jogos pode criar nos alunos o desejo de participar ativamente das atividades de aprendizagem, ajudando-os à

descobrir informações, regras e ideias, em vez de memorizá-las rotineiramente (Wang, 2017), tal como enfatizam, mais uma vez, Canals & Minguell (2018), o principal na gamificação é garantir que o utilizador tenha a sensação de viver uma experiência de jogo, tornando-se assim, o verdadeiro protagonista da experiência.

Pode-se aqui, inferir que os jogos de realidade virtual, são recursos fundamentais para aprimorar a aprendizagem, principalmente no desenvolvimento de competências, também pode-se perceber pela sua definição, que a gamificação não é um jogo, mas a utilização dos recursos que um jogo oferece, no processo de aprendizagem.

## **1.2. Realidade Virtual e Aumentada no ensino Redes de Computadores**

O ensino ao nível da graduação requer que os alunos compreendam as teorias básicas dos assuntos sólidos, conhecimentos especializados e habilidades básicas, e tenham a capacidade de se envolver nesta investigação interdisciplinar (Xiong et al., 2010), em relação a isto, ainda segundo os mesmos autores, insere-se o Ensino Experimental em "Rede de Computadores", cujo objetivo é aumentar a compreensão e dominar o conhecimento teórico básico de RC, bem como o aprimoramento da capacidade prática e inovação de ensino dos alunos com base nos princípios, ressaltando a praticidade do conteúdo da experimentação.

Os modelos educativos atuais, não consistem apenas em lições em sala de aulas, mas também na utilização de plataformas de aprendizagem on-line, incluindo a utilização de tecnologia de realidade virtual, exploração imersiva do conhecimento, bem como das limitações de tempo e espaço (Yu-Che & Yi-Ru, 2019). A Realidade Virtual (RV) é uma tecnologia, que não apenas supera algumas das deficiências da tecnologia multimédia no processo de ensino, mas também altera o ambiente de estudo. Os alunos compreendem o significado do conhecimento abstrato e desfrutam de uma sala de aula gratuita, aberta e agradável por meio da interação com cenas virtuais (Liang, 2018).

Durante o processo de aprendizagem, os estudantes enfrentam enormes desafios, um destes desafios é aprender a lidar com os erros e a aprender com eles. Tal

como afirmam Atwater et al. (2020, p. 4) “Learning is about exploration and making mistakes.”<sup>1</sup>, isto quer dizer, que erros que os estudantes enfrentam são um elemento fundamental para a sua aprendizagem, pois, servem de reflexão e permitem em determinado momento, tomar decisões assertivas perante uma situação semelhante à da ocorrência do erro. É neste contexto, que se encaixam a realidade virtual e aumentada, os mundos virtuais e jogos, que podem, de certa forma, oferecer um ambiente de observação, exploração e experimentação que vão ajudar os estudantes a refletirem de forma mais eficiente sobre os seus erros e a terem a possibilidade de os testarem os seus conhecimentos, sem medo ou risco de danificarem um determinado equipamento.

Um ambiente de exploração e experimentação é imprescindível no processo de aprendizagem de RC, pois propiciam, de acordo Reis et al. (2020) condições favoráveis ao exercício de atividades práticas em disciplinas de RC, sendo essencial para o desenvolvimento de habilidades técnicas fundamentais dos estudantes, ainda neste domínio, Bazdresch (2018) afirma que as ferramentas de simulação, emulação e de realidade virtual são de extrema importância no processo de formação em RC, pois ajudam a compensar a falta de laboratórios, oferecendo uma experiência virtual de utilização de equipamentos especializados, dando, segundo Freina & Ott (2015) a possibilidade de visualizar e simular eventos que não são perceptíveis na vida real.

Ferreira et al. (2013) afirmam que as atividades práticas em disciplinas de RC constituem um ponto-chave na construção das competências do aluno. Muitas vezes, estes alunos não contam com um espaço físico que dê suporte ao desenvolvimento das práticas exigidas pela disciplina, seja pela falta de equipamentos ou por falta de horários para a grande demanda de alunos nas instituições, para além disso, tal como se pode concluir das ideias de (Ruiz-

---

<sup>1</sup> Tradução livre do autor: “Aprender é explorar e cometer erros” (Atwater et al., 2020, p. 4)

Martínez et al., 2013; Herpich, et al., 201), o preço alto dos equipamentos de redes e a sua obsolescência , para além do número limitado de equipamentos com os quais os estudantes podem trabalhar nos laboratórios, têm sido uns dos principais problemas no processo de aprendizagem de redes. Por isso, que Voss et al. (2014). propõem a utilização de laboratórios virtuais de redes, como uma forma de suprir a carência e ausência de laboratórios físicos de especialidade, pois, na opinião de Li, et al. (2015), neles é possível realizar experiências (virtuais) que produzem resultados excelentes tanto na eficácia do ensino quanto na eficiência da aprendizagem, experiências que minimizam os conflitos entre as horas limitadas e o vasto conhecimento, para além de ajudarem os alunos a compreender e desenvolver o seu conhecimento.

Em função das dificuldades mais frequentes na aprendizagem das RC, pode-se, como já afirmado pelos autores acima, recorrer à utilização de RV e AR, pois, podem estimular a aprendizagem, gerar eficiência e entusiasmo, quebrar os limites de tempo e espaço e até reduzir os custos de ensino (Yu-Che & Yi-Ru, 2019). Podem ainda, segundo Jantjies, Moodley, & Maart (2018), fornecer componentes práticos de recursos virtuais a um ambiente de ensino, permitindo que os alunos adquiram experiência prática como parte da consecução do objetivo de aprendizagem.

Assim, a RV configura-se com grandes vantagens para a aprendizagem: permite uma sensação direta de objetos e eventos fisicamente fora do nosso alcance, ainda oferece suporte a treinamento em ambiente seguro, evitando possíveis perigos e, pelo facto de integrar a abordagem de jogo, aumenta o envolvimento e a motivação do aluno, e em simultâneo, amplia a variedade de estilos de aprendizagem suportados (Freina & Ott, 2015; Zorzal et al., 2015), por isso, na visão Choi (2019) e de Carneiro et al. (2018) as tecnologias de RV, de RA imersivas e colaborativas tem potencial para oferecer abordagens alternativas, aumentar as oportunidades de prática, além de ajudar os estudantes a desenvolver habilidades de investigação, obter conhecimento mais acurado sobre o tópico explorado e melhorar habilidades espaciais trazendo imensos benefícios à educação.

### **1.3. Dificuldades na aprendizagem de Encaminhamento IP**

O processo de ensino e aprendizagem de RC é complexo, pois exige dos estudantes muita dedicação e um alto nível de abstração para poderem então assimilar os conceitos e desenvolver as competências fundamentais previstas, no âmbito das redes de computadores. Neste sentido, Herpich, et al. (2013) ressaltam que o ensino e aprendizagem de RC não é uma tarefa fácil, embora seja possível ensinar e aprender através de livros, conceitos e teorias, como normalmente a disciplina de RC é apresentada, a prática é um fator de grande relevância no processo educacional.

Em nosso entender, apesar de ser um fator extremamente importante para consolidação dos conhecimentos teóricos, a prática tem sido relegada, principalmente devido à falta de laboratórios de especialidade. Este facto, como já adiantado, compromete o sucesso do processo de aprendizagem, uma vez que os estudantes, não conseguem, apenas com aulas teóricas, adquirir competências práticas. Outra dificuldade referida por Kawanishi, Hori, & Imai (2014) é sobre a invisibilidade do comportamento e da estrutura lógica das redes, alegando que, alguns estudantes têm dificuldade de compreensão prática e gráfica de todos os processos relacionados à transmissão de dados numa rede. Os mesmos autores, defendem que, pelas suas experiências, é eficaz para os estudantes compreenderem o assunto alvo através de ferramentas de e-Learning com facilidade de visualização, sendo igualmente mais útil para os professores para ensinar alguns assuntos “invisíveis” (principalmente os conceitos mais abstratos).

Outras dificuldades dos estudantes, estão relacionadas à “pilha de protocolos TCP/IP”, isto é, os estudantes confundem as funções das camadas desta arquitetura, os protocolos que compõem cada camada e, também as funções específicas dos respetivos protocolos. Por sua vez, essa dificuldade tem como consequência a não percepção dos temas sobre endereçamento e encaminhamento IP, bem como, os sobre redes locais.

Em suma, quando os estudantes não tenham compreendido os temas sobre “Arquitetura TCP/IP” e sobre “Endereçamento IP”, ficam sem saber em que camada

TCP/IP estão a atuar, não conseguem configurar corretamente as rotas IP, já que, exigem que se tenha domínio de sub-redes (endereços de redes, máscaras e faixas de endereçamento), pois, o sucesso no tema “encaminhamento IP” é condicionado pelo domínio da estrutura protocolar TCP/IP e do tema “endereçamento IP”.

#### **1.4. Conceitos importantes sobre Encaminhamento IP**

Uma rede é um conjunto de dois ou mais dispositivos interligados entre si com fios (comunicação com fios) ou ondas de rádio (comunicação sem fios – Wireless), de modo que, possam comunicar entre si (Véstias, 2009). Ainda segundo o mesmo autor, é importante perceber que as redes têm vários níveis ou camadas, isto é, um conjunto de vários sistemas sobrepostos, tais como a cablagem, os esquemas de endereçamento ou aplicações, que devem trabalhar em conjunto de modo a poderem transmitir e receber dados.

É também importante, quando se está a fazer uma abordagem sobre Redes de Computadores, destacar sempre o modelo de referência OSI (Open Systems Interconnection) e a arquitetura TCP/IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol), pois são fundamentais para se perceber como funcionam as redes e os processos envolvidos na transmissão de dados. Kawanishi, Hori, & Imai (2014) são neste quesito mais específicos, afirmando que do ponto de vista da arquitetura e do comportamento da rede baseada em IP, o 'IP Routing' desempenha um papel importante para especificar a estrutura da rede e definir a transferência de pacotes de uma para outra, sendo por isso, das camadas mais úteis para aprender em RC. Modelos OSI e TCP/IP.

Assim, consideramos nós, em função dos objetivos do trabalho em causa e das ideias acima discutidas, fazer neste tópico, uma abordagem do modelo OSI, da arquitetura TCP/IP e dos protocolos mais importantes que os compõem, e só em seguida abordar em detalhe sobre encaminhamento IP.

### 1.4.1. Modelos OSI e TCP/IP

O Modelo de Referência OSI (Open Systems Interconnection) lida com a conexão de sistemas abertos, ou seja, sistemas que estão abertos para comunicação com outros sistemas (Sreenivasulu et al., 2018). Stallings (2007) ressalta que a principal motivação para o desenvolvimento do modelo OSI foi fornecer uma estrutura para padronização, salientando que no modelo, um ou mais padrões de protocolo podem ser desenvolvidos em cada camada, já que, o modelo define em termos gerais as funções a serem executadas naquela camada, facilitando assim o processo de criação de padrões de duas maneiras:

A possibilidade de os padrões serem desenvolvidos de forma independente e simultaneamente para cada camada, uma vez que, as funções de cada camada são bem definidas, acelerando o processo de criação de padrões;

As alterações nos padrões numa camada não precisam afetar o software já existente em outra camada, pois, os limites entre as camadas são bem definidos. Isso facilita a introdução de novos padrões.

O OSI é também visto como um modelo “descritivo” que fornece uma terminologia universal e contexto para discutir a operação do protocolo. Assim, TCP/IP e OSI são complementares, mas o TCP/IP tornou-se o modelo "prático" para protocolos de comunicação devido ao rápido progresso feito no desenvolvimento de protocolos no modelo TCP/IP e na implantação de tais protocolos por vários fornecedores (Alani, 2014).

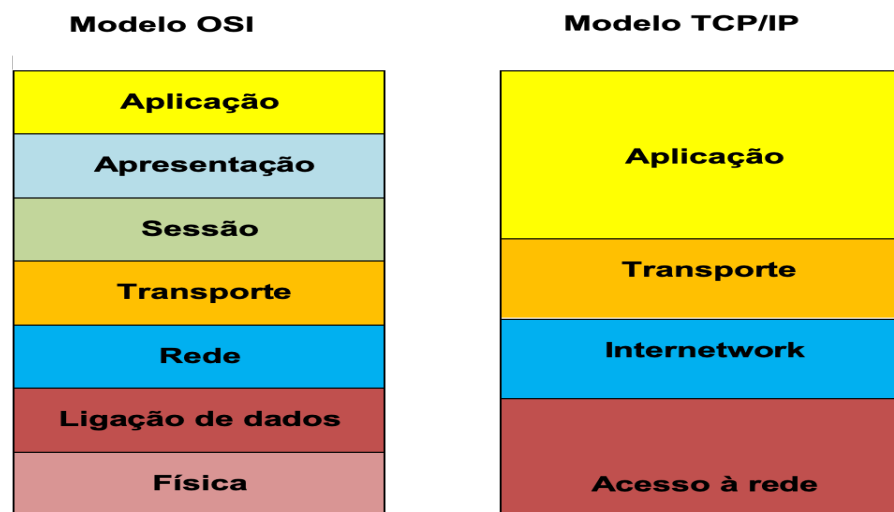
Muitas são as discussões entre o modelo OSI e arquitetura TCP/IP. Várias vezes os estudantes questionam, qual foi criada antes e quais são as reais diferenças, uma vez que, os seus protocolos parecem exatamente os mesmos, porém, Tanenbaum & Wetherall defende que:

“Os modelos de referência OSI e TCP/IP têm muito em comum. Ambos se baseiam no conceito de uma pilha de protocolos independentes. Além disso, as camadas têm praticamente as mesmas funcionalidades. Por exemplo, em ambos os modelos

estão presentes as camadas que englobam até a camada de transporte para oferecer um serviço de transporte de ponta a ponta, independente da rede, a processos que desejam se comunicar.” (Tanenbaum & Wetherall, 2011)

Ainda a respeito das camadas do modelo OSI e da arquitetura TCP/IP, Véstias (2009) afirma que algumas das suas camadas têm os mesmos nomes, porém, as camadas dos dois modelos não são exatamente correspondentes. Alani (2014) afirma que ao contrário do modelo OSI que possui 7 camadas, o modelo TCP/IP consiste em quatro camadas, isto é, a camada de acesso à rede (também conhecida como Host-to-Network), camada Internetwork (às vezes conhecida como camada Internet ou rede), camada de transporte e a camada de aplicação.

**Figura 1.1: Modelo OSI e Modelo TCP/IP**



Fonte: (Alani, 2014)

Os projetistas do OSI presumiram que este modelo e os protocolos desenvolvidos no mesmo viriam a dominar as comunicações entre computadores, eventualmente substituindo as implementações de protocolos proprietários e modelos de múltiplos fornecedores rivais, como TCP/IP, contudo isso não aconteceu. Embora muitos protocolos úteis tenham sido desenvolvidos no contexto do OSI, o modelo geral de sete camadas não floresceu. Em vez disso, a arquitetura TCP/IP tornou-se dominante (Stallings, 2007).

Nesta investigação, tendo em conta a similaridade das camadas do Modelo OSI e da arquitetura TCP/IP, e os objetivos da nossa investigação, nos limitaremos a apresentar apenas as camadas da arquitetura TCP/IP até a camada de Internet, pois é, nela que funcionam os protocolos de encaminhamento, que são em simultâneo, um conjunto de protocolos que embaraçam os estudantes durante a aprendizagem.

#### **1.4.2. Protocolos do Modelo TCP/IP**

Tal como já referenciado, o modelo TCP/IP tem uma arquitetura protocolar em camadas. Por isso, é sempre mais coerente e eficiente fazer a abordagem por camadas. Assim, passa-se nos parágrafos seguintes a apresentá-las.

##### **Camada de Acesso à Rede**

A camada de acesso à rede tem como função, a troca de dados entre um sistema final (servidor, estação de trabalho, etc.) e a rede à qual está conectado. O computador de envio deve fornecer à rede o endereço do computador de destino, para que a rede possa encaminhar os dados para o destino certo. O software específico usado nesta camada depende do tipo de rede a ser usada; diferentes padrões foram desenvolvidos para comutação de circuitos, comutação de pacotes (por exemplo, frame relay), LANs (por exemplo, Ethernet) e outros. Portanto, faz sentido separar as funções relacionadas ao acesso à rede numa camada separada (Stallings, 2007).

É responsabilidade desta camada garantir que os pacotes IP vindos da camada Internet sejam entregues num link físico e do outro lado, o contrário seja feito. O modelo TCP/IP não se importa com o tipo de tecnologia de rede local ou de longa distância utilizada, nem que tipo de meio, desde que essa rede seja capaz de entregar pacotes IP. Isso significa que as tecnologias LAN e WAN, como Ethernet, Fiber Distributed Data Interface (FDDI), Frame Relay e tecnologias sem fio de muitos tipos, podem ser utilizadas abaixo da camada Internet (Alani, 2014).

## **Camada de Internetwork**

Esta é a segunda camada do modelo TCP/IP, nesta camada funcionam vários protocolos de comunicação, dos quais, o mais importante é o protocolo IP, pois os restantes funcionam sobre o mesmo. Sreenivasulu et al. (2018) afirma que a camada de internetwork ou internet é encarregue, por criar na origem, um pacote a partir dos dados vindos de outro protocolo, tal pacote contém no seu cabeçalho, entre outras informações, os endereços lógicos ou IP de origem e de destino

De acordo com Véstias (2009) o Protocolo IP (Internet Protocol) é um protocolo sem ligação, significa que os pacotes podem seguir caminhos diferentes até ao destino. O endereço lógico, também designado endereço IP, é utilizado pelo protocolo IP para a transferência de pacotes. Os segmentos (PDU de camada de transporte) recebidos do protocolo TCP ou do UDP, quando necessário, são fragmentados para criar pacotes, sendo que, para cada pacote é adicionado o endereço IP de origem e de destino, de acordo com a informação recebida do protocolo de transporte. Para além das funções de endereçamento, o protocolo da Internet (IP), segundo Stallings (2007) é também usado nesta camada para fornecer a função de encaminhamento entre várias redes. Este protocolo é implementado não apenas nos sistemas finais, mas também nos routers (roteadores).

Alani (2014) detalha melhor, as principais operações realizadas pelo protocolo IP conforme definido pela RFC791, que são:

Definir um pacote e um esquema de endereçamento.

Transportar dados entre a camada de acesso à rede e a camada de transporte.

Fragmentar e remontar os pacotes, encaminhamento de saltos e destino.

Escolha a melhor rota para os dados da origem ao destino.

Ainda nesta camada, destacam-se os protocolos ARP e RARP. Segundo Alani (2014), o protocolo ARP faz a mediação entre a camada de internetwork e a

camada de acesso à rede. Por isso, às vezes o protocolo ARP é considerado um protocolo de suporte na camada de acesso à rede, e algumas vezes é considerado um protocolo de suporte na camada de internetwork. O protocolo RARP funciona de maneira semelhante ao ARP. A principal diferença é que o RARP é usado para fornecer os endereços de protocolo lógico (endereço IP) aos nós que possuem apenas endereços de hardware (Endereço MAC).

Nos casos em que dois dispositivos são conectados às redes diferentes, são necessários procedimentos (encaminhar) para permitir que os dados atravessem várias redes interconectadas (Stallings, 2007), sendo assim, uma das mais importantes funções da camada de Internetwork, tal como afirmam Tanenbaum & Wetherall (2011), é para além do endereçamento de pacotes, entregar pacotes IP onde eles são necessários.

Para cumprir com a tarefa de encaminhamento de pacotes, esta camada possui vários protocolos dinâmicos, pode-se aqui citar os protocolos RIP (Routing Information Protocol), OSFP (Opened Short Path First) que são abertos e alguns proprietários como o IGRP/EIGRP (Interior Gateway Routing Protocol/ Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) que são protocolos proprietários da Cisco Systems<sup>2</sup>.

### **Camada de transporte**

É responsabilidade da camada de transporte, assegurar a comunicação entre processos, isto é, a entrega de um pacote, parte de uma mensagem, de um processo para outro, tendo propósitos semelhantes aos do modelo OSI” (Alani, 2014; Forouzan, 2010). O modelo TCP/IP, ainda na opinião de (Alani, 2014) foi projetado para que a origem e o destino possam comunicar-se ponto a ponto, através do protocolo TCP que oferece comunicações orientadas à conexão ou do UDP, que é sem conexão. O protocolo TCP fornece uma forma de sequenciamento,

---

<sup>2</sup> Empresa americana de tecnologia que oferece soluções para redes e comunicações.

garantindo que no destino, os segmentos de dados possam ser reorganizados, caso cheguem em sequência diferente da ordem de envio.

De acordo Forouzan (2010) O modelo Internet especifica três protocolos na camada de transporte: UDP, TCP e SCTP. Kurose & Ross, 2012, afirmam que TCP é orientado à conexão, pois, antes que um processo possa começar a enviar dados para outro, os dois processos devem fazer o “handshake<sup>3</sup>”, ou seja, devem enviar alguns segmentos preliminares um ao outro para estabelecer os parâmetros de a transferência de dados , segundo Alani (2014) também devem estabelecer uma conexão entre a origem e o destino, e durante essa conexão, o protocolo TCP divide os dados em segmentos (PDU de camada de transporte) na origem e os remonta no destino. Qualquer segmento que não seja recebido, ou recebido com erro, é reenviado, por isso, o TCP é considerado um protocolo orientado a conexão.

O protocolo TCP fornece um serviço de controlo de fluxo para eliminar a possibilidade de o remetente estourar o buffer<sup>4</sup> do receptor. O controlo de fluxo é, portanto, um serviço de correspondência de velocidade - correspondendo a taxa na qual o remetente está enviando com a taxa em que o processo receptor está lendo (Kurose & Ross, 2012) e Forouzan (2010) sustenta que para além dos mecanismos de deteção e correção de erros, o TCP é também considerado fiável, porque possui mecanismos de confirmação para validar a chegada segura dos dados.

Como já dito acima, o UDP (User Datagram Protocol) é um protocolo de transporte sem conexão (connectionless) e não confiável. Ele implementa a comunicação entre processos, em vez da comunicação entre hosts (dispositivos), não adiciona nenhum controlo aos serviços de entrega do IP, inclusive, a verificação de erros é implementada de forma muito limitada” (Forouzan, 2010), portanto não são

---

<sup>3</sup> Handshake - Handshake ou aperto de mão é o processo pelo qual duas ou mais máquinas afirmam que reconheceram umas às outras e estão prontas para iniciar a comunicação

<sup>4</sup> Buffer - O buffer é uma área de armazenamento temporário, geralmente um bloco na memória, na qual os itens são colocados enquanto aguardam para serem transferidos.

garantidos os mecanismos de detecção e correção de erros, podendo ocorrer problemas de duplicação de segmentos e por isso, é mais adequado para um processo que requeira comunicação solicitação-resposta simples, sem grandes requisitos de controlo de erros e de fluxo ou que já tenha, em si, mecanismos internos de controlo de fluxo e de erros”.

O SCTP (Stream Control Transmission Protocol) é um novo protocolo que foi especificado, na sua maior parte, para atender aos requisitos das novas aplicações de Internet recentemente introduzidas. Essas novas aplicações, como o IUA (ISDN sobre IP), M2UA e M3UA (sinalização SS7 de telefonia), H.248 (media gateway control), H.323 (telefonia IP) e SIP (telefonia IP), precisam de serviços de transporte mais sofisticados que o TCP é capaz de fornecer, para tal, o SCTP combina as melhores características do UDP e do TCP, sendo por isso, um protocolo orientado à mensagem e confiável. Ele preserva os delimitadores de mensagens e deteta mensagens perdidas, duplicadas ou fora de ordem (Forouzan, 2010).

### **Camada de Aplicação**

A camada de aplicação contém a lógica necessária para suportar as várias aplicações de utilizador. Para cada tipo diferente de aplicação, como transferência de ficheiros, é necessário um módulo ou protocolo separado (Stallings, 2007). Por exemplo, para suporte à transferência de ficheiros é utilizado o protocolo FTP – File Transfer Protocol (Protocolo de Transferência de Ficheiros).

“A camada de aplicação permite ao utilizador, seja ele humano ou software, aceder à rede. Fornece interfaces com o utilizador e suporte para serviços como correio eletrónico, acesso e transferência de ficheiros, acesso a recursos do sistema, navegação na Web e gestão de redes” (Forouzan, 2010).

Alani (2014) afirma que o TCP/IP contém um grande grupo de protocolos de alto nível que cobrem uma ampla gama de aplicações e permitem que aplicações de utilizador tenham acesso à rede. Os mais comuns são o Hyper Text Transfer Protocol (HTTP); o File Transfer Protocol (FTP) – Protocolo para Transferência de Ficheiros; o Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) – Protocolo Simples para

Transferência de Mail; o Post Office Protocol 3 (POP3) – Protocolo de Recepção de Correio Eletrônico, Telnet – Protocolo para acesso remoto, e o Domain Name Service (DNS) – Protocolo para tradução de nomes de domínio.

Foram acima descritos alguns conceitos e protocolos que achamos serem os de maior relevância e o seu conhecimento ser importante para o desenvolvimento dos contextos virtuais previstos. Realçar que o domínio dos diferentes protocolos, suas funções e camadas a que pertencem, é fundamental para o desenvolvimento de competências essenciais, quer pelos profissionais de Redes de computadores na resolução de problemas causados pela indisponibilidade de determinado serviço de rede, quer para outros profissionais de Informática, principalmente os desenvolvedores web que têm de muitas vezes criar sistemas que utilizam os protocolos da camada de Aplicação do modelo TCP/IP, em que é, como já referido, basilar o conhecimento das funções de cada protocolo e os portos de comunicação que utilizam. Daí, os protocolos serem o foco principal deste trabalho de investigação.

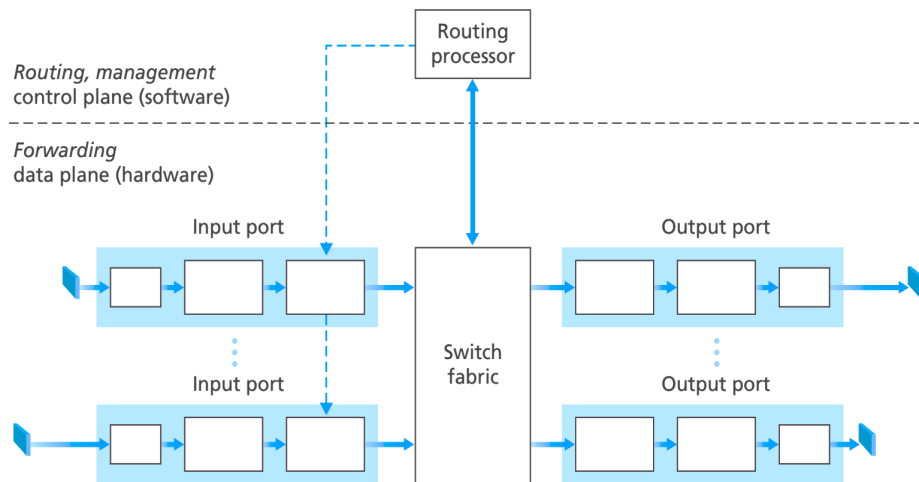
#### **1.4.3. Routers: estrutura e funcionamento**

Routers são equipamentos que operam na camada de internetwork. Segundo Stallings (2007), “um router é um processador que conecta duas redes e cuja função principal é retransmitir dados de uma rede para a outra na sua rota da origem ao sistema final de destino”.

“O router realiza um desencapsulamento parcial porque não precisa ler os dados até o formato da camada de aplicação. O router precisa apenas ler o cabeçalho da camada de rede para encaminhar os dados para o destino desejado” (Alani, 2014).

Como se pode observar na figura 1.2, os routers têm uma arquitetura própria. Do ponto de vista físico, um router possui vários componentes, cada um com funções específicas, que permitem que um determinado router possa executar as tarefas para as quais foi desenhado: funções de endereçamento, comutação e encaminhamento de pacotes IP.

**Figura 1.2: Arquitetura de um router**



Fonte: (Kurose & Ross, 2012)

Na figura 1.2, notam-se quatro componentes do router:

- **Input Port (Interfaces de entrada)** — Uma interface de entrada executa várias funções importantes. Ele executa a função da camada física de encerrar um link físico de entrada num router. Uma interface de entrada também executa funções de camada de link necessárias para interoperar com a camada de link do outro lado do link de entrada; isso é representado pelas caixas intermediárias nas interfaces de entrada e saída. Talvez, o mais crucial seja que a função de pesquisa também é executada na interface de entrada; isso ocorre na caixa mais à direita da interface de entrada. É aqui que a tabela de encaminhamento é consultada para determinar a interface de saída do router para a qual um pacote que chega será encaminhado por meio da malha de comutação (Kurose & Ross, 2012).
- **Switching fabric (Malha de Comutação)** — A malha de comutação conecta as portas de entrada do router às suas portas de saída. Essa malha de comutação está completamente contida no router, isto é, uma rede no interior de um router (Kurose & Ross, 2012).
- **Output Port (Interface de Saída)** — Uma interface de saída armazena pacotes recebidos da estrutura de comutação e os transmite no link de saída, executando

as funções necessárias da camada de link e da camada física. Quando um link é bidirecional (ou seja, transporta tráfego em ambas as direções), uma interface de saída será normalmente emparelhada com a interface de entrada para esse link na mesma placa de linha (uma placa de circuito impresso contendo uma ou mais interfaces de entrada, que está conectada para a tela de switching). • Processador de encaminhamento. O processador de encaminhamento executa os protocolos de encaminhamento, mantém as tabelas e as informações de estado do link anexadas e calcula a tabela de encaminhamento para o router (Kurose & Ross, 2012).

O encaminhamento de pacotes pode ser comparado a automóveis entrando e saindo de uma rotunda. Suponhamos que o cruzamento seja uma rotunda e que antes de um automóvel entrar na rotunda, um pouco de processamento é necessário - o automóvel para numa estação de entrada e indica o seu destino. Um atendente na estação de entrada procura o destino, determina a saída da rotunda que leva a esse destino e diz ao motorista qual saída da rotunda deve ser seguida. O automóvel, eventualmente, sai pela rampa de saída da rotunda prescrita, onde pode encontrar outros automóveis a sair (Kurose & Ross, 2012). Tendo em conta a figura 1.2, analogamente, pode-se afirmar que a estrada de entrada e a estação de entrada correspondem à interface de entrada (com uma função de pesquisa para determinar a porta de saída local); a rotunda corresponde à malha de comutação, e a interface de saída da rotunda, corresponde à interface de saída.

Ainda segundo (Kurose & Ross, 2012), muitas questões podem surgir, nesta analogia:

O que acontece se os automóveis chegarem muito rápido, porém o atendente da estação for lento?

Quão rápido o atendente deve trabalhar, para que não haja problemas na entrada?

Mesmo com um atendente extremamente rápido, o que acontecerá se os carros passarem pela rotunda lentamente?

E o que acontece se a maioria dos carros que entram quiserem sair da rotunda pela mesma saída?

Como a rotunda deve funcionar se quisermos atribuir prioridades a diferentes automóveis ou bloquear a entrada de certos automóveis?

Infere-se aqui, que é com essas questões que os projetistas de routers e os seus protocolos têm que lidar, ajustando os recursos de memória e processamento para garantir um funcionamento eficaz desses equipamentos, e assim, evitar bloqueios e congestionamentos no tráfego de pacotes.

Optou-se por descrever a estrutura de um router, pois prevê-se modelá-la e a posterior integrá-la no mundo virtual sobre encaminhamento IP, que eventualmente venha a ser criado como resultado deste trabalho. A ideia é que internamente o router modelado, possa refletir o máximo possível as características de um router real, isto é, possa integrar uma malha de comutação, portas de entrada e saída, bem como uma tabela de encaminhamento.

#### **1.4.4. Processo de encaminhamento de pacotes**

Encaminhamento significa colocar o pacote na sua rota até o destino. O processo de encaminhamento dá-se início quando um host (dispositivo) tem um pacote<sup>5</sup> para enviar ou quando um router recebe um pacote para ser encaminhado a um determinado destino (Sreenivasulu et al., 2018).

O processo de conduzir pacotes entre redes é designado de encaminhamento. Este processo é realizado fundamentalmente por routers. Quando um router recebe um pacote, uma das principais funções que um router realiza consiste em como fazer

---

<sup>5</sup> Unidade de Dados de Protocolo de camada 3, que contém fundamentalmente endereço um endereço IP de Origem e outro de destino.

chegar o pacote à rede destino, ou seja, por qual das suas interfaces deve encaminhar o pacote e para quem deve ser enviado (Véstias, 2009). Para que o processo de encaminhamento ocorra, é imprescindível uma prévia consulta à Tabela de Encaminhamento, que segundo Véstias (2009, p. 215) “A tabela de encaminhamento contém uma lista com a indicação do próximo router a quem deve ser entregue o pacote para chegar a cada uma das redes”. Ainda segundo o mesmo autor, o processo de encaminhamento de um pacote tem os seguintes passos:

O router recebe o pacote e verifica se contém erros CRC. Se estiver correto, verifica se o endereço físico destino coincide com o seu endereço físico. Se assim for, o router retira o pacote do encapsulamento nível 2 e guarda-o em memória RAM (Random Access Memory – Memória de Acesso Aleatório).

O router verifica se o pacote é destinado a si. Se for o caso, envia o pacote para o protocolo respetivo. Caso contrário, prossegue com o próximo passo.

O router verifica se a rede destino do endereço lógico está na tabela de encaminhamento. Em caso positivo, o pacote é enviado para a interface de saída respetiva com a indicação do próximo dispositivo a receber o pacote. Caso contrário, o pacote é descartado e o router envia uma mensagem ICMP para o dispositivo de origem a indicar, a razão pela qual, o pacote não pode ser encaminhado.

O router determina o endereço físico do próximo dispositivo a receber o pacote através da tabela de ARP ou usando um broadcast ARP.

O pacote é encapsulado numa trama com os novos endereços físicos e é enviado para a rede.

Neste trabalho limitar-nos-emos em criar um ambiente que simula o processo de encaminhamento estático, de modo, que os estudantes percebam os conceitos sobre rota, isto é, rede de destino, métrica e caminho mais curto. Também pretende-se apresentar alguns cenários onde os estudantes ou participantes sejam desafiados a colocar em prática os seus conhecimentos sobre endereçamento IP

e tipos de protocolos de encaminhamento, já que, são conceitos e competências que sem os quais é impossível compreender com profundidade os conceitos sobre encaminhamento, principalmente no que diz respeito à capacidade de análise e interpretação das rotas que constituem uma tabela de encaminhamento IP.

### **1.5. Mundos Virtuais 3D e Metaverso**

Numa altura que várias empresas como Facebook, Microsoft e outras planificam em lançar os seus metaversos, os termos “Mundos Virtuais” e “Metaverso”, começam a confundir-se. Por isso, achou-se necessário, neste trabalho, fazer uma breve discussão sobre os mesmos.

A definição de Mundo Virtual é de certa forma problemática, pois os vários autores consultados, não apresentam uma definição consensual. Neste trabalho optou-se por considerar as definições dadas por Dionisio, Burn, & Gilbert (2013) que definem Mundo Virtual, como “ambientes online persistentes ou simulações gerados por computador baseadas em objetos 3D, onde vários utilizadores remotos podem interagir em tempo real para fins de trabalho ou lazer” e também a definição de Girvan (2018) que considera um Mundo Virtual como “um ambiente persistente, simulado e imersivo facilitado por computadores em rede, fornecendo avatares a vários utilizadores e ferramentas de comunicação com as quais vão atuar e interagir no mundo e em tempo real.”

A palavra Metaverso significa literalmente um universo além do mundo físico. É originária da junção do prefixo “meta” (que significa “além”) e do sufixo “verso” (abreviatura de “universo”) para referir-se a um mundo gerado por computador, distinguindo-o das conceções metafísicas ou espirituais de domínios além do mundo físico, referindo-se a um ambiente digital tridimensional totalmente imersivo, em contraste com um conceito mais inclusivo de ciberespaço que, reflete a totalidade do espaço online partilhado em todas as dimensões de representação (Dionisio, Burn, & Gilbert, 2013).

Neal Stephenson é considerado um dos idealizadores do Metaverso, foi ele quem o imaginou, tanto na forma quanto na operação, essencialmente um mundo virtual

extremamente grande e densamente povoado que opera, não como um ambiente de jogo com parâmetros e objetivos específicos, mas como uma cultura digital aberta que opera em paralelo com o domínio físico (Dionisio, Burn, & Gilbert, 2013). Mas, esse conceito evoluiu e o metaverso hoje utiliza uma analogia ao do universo físico, começa com mundos virtuais separados ou Meta - Mundos (análogos aos planetas físicos individuais) sem recursos de trânsito entre mundos.

Duan, Li, & Fan (2021) afirmam que embora o metaverso seja um mundo virtual, considerado como centrado no ser humano, ele de fato mostra um impacto significativamente positivo no mundo real. Esse impacto, ainda segundo os mesmos autores é especialmente em termos de:

**Acessibilidade** — o metaverso pode fornecer grande acessibilidade para atender a diferentes requisitos sociais, muitos eventos podem ser convertidos para a forma virtual, com suporte do metaverso;

**Diversidade** — várias atividades podem ser encontradas e realizadas no metaverso, como educação, compras, campanha política, arte;

**Igualdade** — todos podem controlar os avatares personalizados e exercer seu o poder para construir uma sociedade justa e sustentável;

**Humanidade** — o metaverso pode ser uma excelente abordagem para comunicação e proteção cultural.

### 1.5.1. Características do Metaverso

Na opinião de Dionisio, Burn, & Gilbert (2013) um Metaverso possui características próprias, dentre as quais citamos as seguintes:

**Realismo** — Esse termo é usado para significar, neste contexto, realismo imersivo. Característica que é percebida com base no grau em que transporta um utilizador para esse ambiente e na transparência da fronteira entre as ações físicas do utilizador e as do seu avatar. O realismo no Metaverso é buscado a serviço do envolvimento psicológico e emocional do utilizador no meio ambiente.

**Ubiquidade** — A noção de ubiquidade em mundos virtuais deriva do critério principal de que um Metaverso deve fornecer um ambiente para a cultura humana e interação que seja psicologicamente atraente para o utilizador, tal como no mundo físico. O mundo real é onipresente de várias maneiras. Em primeiro lugar, é literalmente onipresente - inevitavelmente vivemos, nos movemos e interagimos com ele o tempo todo, em todas as situações. Em segundo lugar, a nossa presença no mundo real é ubiquamente manifesta, isto é, nossa identidade e persona são, em circunstâncias normais, universalmente reconhecíveis, por meio da nossa incorporação física (rosto, corpo, voz, impressões digitais, retina), mas aumentadas por um pequeno universo de artefactos, como a nossa assinatura, documentos importantes (certidões de nascimento, passaportes, licenças).

**Interoperabilidade** — é a capacidade de sistemas distintos de trocarem informações ou interagir uns com os outros de forma contínua e, quando possível, de forma transparente. Quando aplicada especificamente a mundos virtuais, a interoperabilidade pode ser vista apenas como a tecnologia necessária para a ubiquidade. É a interoperabilidade que coloca o M maiúsculo no metaverso: assim como a Internet é nascida de padrões em camadas que permitem redes e sub-redes heterogêneas se comunicarem de forma transparente, o mesmo acontecerá com um Metaverso que apenas emergirá se os padrões correspondentes também permitirem que mundos virtuais heterogêneos díspares troquem ou transportem objetos, comportamentos e avatares sem problemas.

**Escalabilidade** — Os mundos virtuais têm preocupações de escalabilidade semelhantes à de outras tecnologias. Um Metaverso totalmente realizado deve fornecer um meio para a cultura e interação humanas, a escalabilidade pode, portanto, ser a característica do mundo virtual mais desafiadora de todas, já que o mundo físico é de escala enorme e potencialmente infinita em muitos níveis e dimensões. Em muitos aspetos, o problema de escalabilidade do mundo virtual é paralelo ao problema de renderização de gráficos de computador: o que se vê no mundo real é o resultado de uma constante atualização de inúmeras interações entre fótons e materiais governados pelas leis da física, algo que os computadores podem apenas aproximar e nunca absolutamente replicar. Os mundos virtuais

acrescentam outras dimensões a essas interações, com o fator social humano desempenhando um papel importante.

Assim, tendo em conta as características apresentadas, pode-se inferir que, para que um mundo virtual seja considerado metaverso, deverá cumprir um conjunto de critérios, dentre os quais, os mais importantes são os relacionados ao nível de realismo, à ubiquidade, interoperabilidade e escalabilidade, que tornam o Metaverso num mundo além da realidade virtual a que estamos acostumados a lidar.

## **1.6. Ambientes Virtuais na aprendizagem de Redes de Computadores**

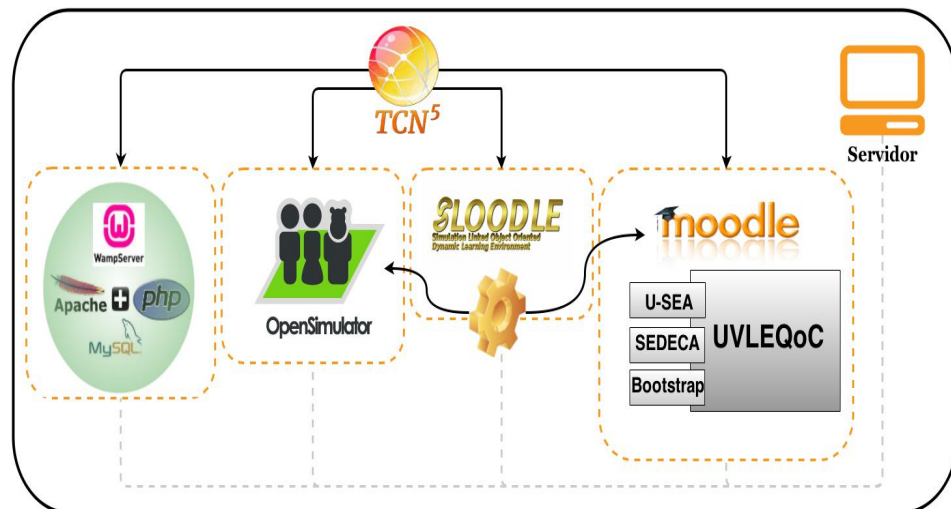
É notável a utilização de laboratórios virtuais para auxiliar na aprendizagem de várias disciplinas da Informática, fundamentalmente, as com maior pendor prático e técnico. A disciplina de Redes de Computadores, não foge à regra, pois, é imprescindível, que para além dos conhecimentos teóricos, sejam também trabalhados com profundidade o desenvolvimento de competências práticas. Tais competências, estão geralmente relacionadas à criação de projetos redes, configuração e resolução de problemas. Assim, são abaixo, listadas alguns ambientes que têm sido utilizadas na aprendizagem de Redes de Computadores.

### **1.6.1. Ambiente TCN5**

O TCN5 (Teaching Computer Networks in a Free Immersive Virtual Environment) foi projetado e construído especialmente para o ensino de Redes de Computadores. Disponibiliza equipamentos e ferramentas de última geração, permitindo aos professores lecionar aulas práticas muito as situações reais de trabalho que os alunos irão enfrentar fora do ambiente académico (Voss et al., 2013). O TCN5 é composto por bancadas com computadores, para além de racks com diversos equipamentos de rede: routers, switches e outros. Tem a vantagem de apresentar um modelo de implementação análogo a de um laboratório real, ou

seja, caso o aluno/instrutor queira realizar algumas configurações nesses equipamentos, ele deve aceder a um dos computadores disponíveis nas bancadas, verificar se está com o cabo conectado à sua porta serial (RS-232) e através do software simulador realizar a configuração dos mesmos (Voss et al., 2013).

**Figura 1.3: Arquitetura de implementação do TCN5**



Fonte: (Voss, et al., 2014)

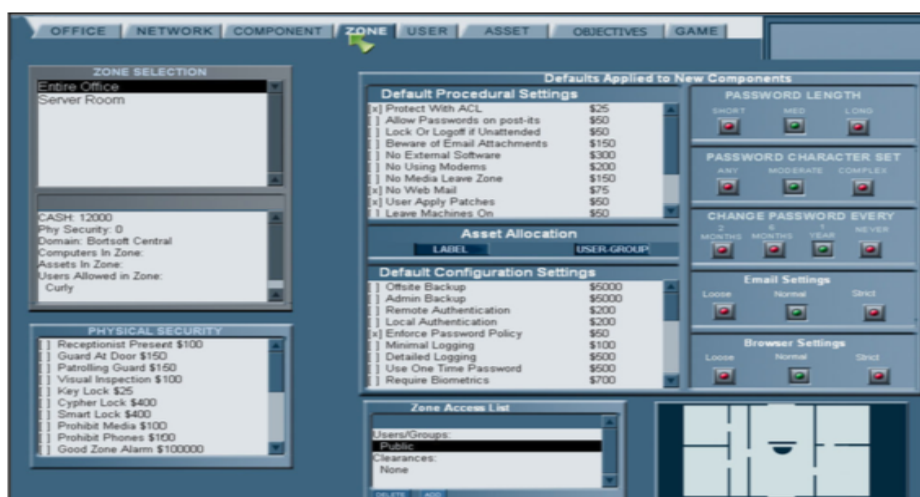
Os elementos constantes da arquitetura do TCN OpenSim permitem realizar a criação do mundo virtual, onde são inseridos todos os objetos desejados. O jogo integrado o Moodle por ser uma solução de código aberto, que fornece um espaço de interação entre alunos e professores, possibilitando que diversos recursos questionários, glossário, chat e tarefas sejam utilizados, o Sloodle foi utilizado para integrar o OpenSim e o Moodle e facilitar que as atividades no Moodle sejam realizadas pelos estudantes, mesmo estando “imersos” no mundo virtual. O WampServer e suas tecnologias (Apache, PHP e MySQL) permitem implementar o ambiente virtual imersivo, criando um servidor local web para execução da aplicação e armazenar as informações numa base de dados (Voss, 2014).

## 1.6.2. CyberCIEGE

Trata-se de um jogo patrocinado pela Marinha americana. O mesmo conta com um ambiente interativo onde o utilizador tem como finalidade abordar aspetos de segurança em organizações de TI, através da gestão de recursos e de políticas de segurança da informação. O utilizador é exposto a diversos cenários, cada qual com as suas tarefas e objetivos, onde o jogador precisa ter um prévio conhecimento dos conceitos de RC para então poder solucioná-los (Herpich, et al., 2013).

“Os elementos do CyberCIEGE são: mecanismo de simulação, linguagem de definição de cenário, ferramenta de desenvolvimento de cenários, registos de avaliação dos alunos e vídeos explicativos. O objetivo principal deste jogo é proporcionar medidas de segurança necessárias na tentativa de proteger a organização de TI. O CyberCIEGE possui firewall configuráveis, VPNs, mecanismos de controlo de acesso entre outros. Neste jogo são simulados diferentes tipos de ataques, tais como: cavalos de Troia, denial of service (DoS), exploit, vírus, entre outros.” (Herpich, et al., 2013)

**Figura 1.4: Componentes e ferramentas do Jogo CyberCIEGE**



Fonte: (Herpich, et al., 2013)

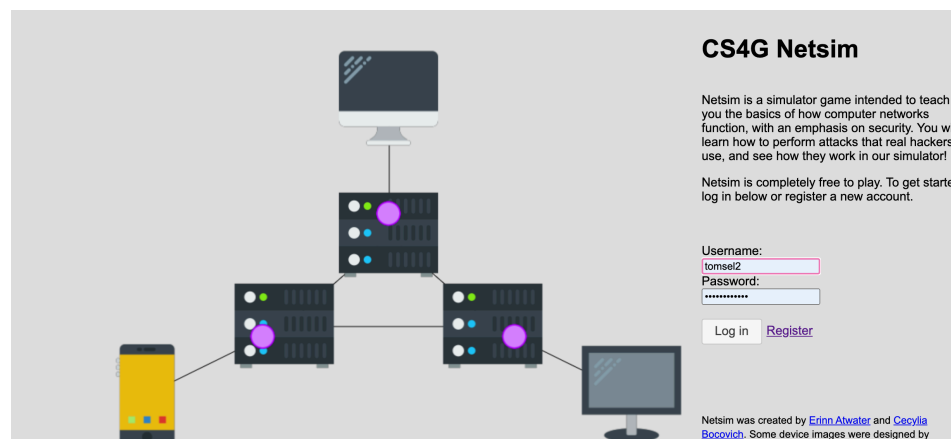
“A organização do CyberCIEGE é baseada em cenários, onde são abordados tópicos relacionados à segurança de redes de computadores, abrange uma visão geral, onde o aluno precisa manter a segurança e disponibilidade da Rede de

Computadores, através de configurações nos equipamentos” (Herpich, et al., 2013). O jogo está disponível para download em <https://nps.edu/web/c3o/downloads>, disponibilizado em apenas versões de teste para Windows. Para beneficiar-se de uma licença definitiva, as instituições de ensino devem solicitar por e-mail.

### 1.6.3. NETSIM

NetSim é uma aplicação web que implementa um simulador de rede real, com gamificação implementada, dando aos jogadores a capacidade de criar pacotes arbitrários e injetá-los na rede. A intenção do jogo é despertar o interesse pela ciência da computação, especialmente RC e segurança, incentivando os alunos a se tornarem “hackers” num jogo realista. O jogo em causa inclui objetivos referentes à falsificação de um endereço de origem (IP Spoofing), para roubar dados ou induzir um ataque smurf<sup>6</sup> para realizar uma negação de serviço distribuída (Atwater et al., 2017).

Figura 1.5: Página inicial do NetSim



Fonte: (Atwater et al., 2017).

---

<sup>6</sup> Um tipo de ataque de negação de serviço distribuído (DDoS), no qual o invasor tenta inundar um servidor com pacotes ICMP (Internet Control Message Protocol).

O jogo foi programado em javascript. Os scripts de dispositivo também são escritos em javascript, que tem implementado um método simples que define como lidar com os pacotes recebidos. Os links são definidos pelos dispositivos que conectam e os pacotes podem ser escritos como objetos JSON simples, especificando quando na simulação eles devem ser iniciados e quais devem ser os cabeçalhos dos pacotes (Atwater et al., 2017).

Pode-se aceder ao NetSim e jogá-lo online, através do endereço <https://netsim.erinn.io/>, para tal, será pedido que crie uma conta, de maneira intuitiva e fácil.

Após registar-se, o utilizador é encaminhado para uma página com vários módulos para simular situações reais de RC e segurança. Esses módulos englobam contextos básicos relacionados a testes de rede (comandos ping e traceroute), um módulo que mostra o funcionamento de modems, dos routers e do processo de encaminhamento de pacotes, ataques como man-in-the-middle, de spoofing, negação de serviço (Basic DOS, Distributed DOS e ataque Smurf).

#### **1.6.4. Cisco ASPIRE**

Cisco Aspire é um jogo criado pela empresa americana Cisco, cujo objetivo é preparar os alunos para o exame de certificação CCNA. São disponibilizadas uma série de tarefas técnicas que o aluno deve concluir para passar para o nível seguinte. Após terminar cada nível, o aluno recebe o prémio e obtém uma nova tarefa (Zhamanov & Sakhiyeva, 2015).

**Figura 1.6: Jogo Cisco Aspire**



Fonte: (Zhamanov & Sakhiyeva, 2015)

## **1.7. Tecnologias para modelação e desenvolvimento**

Para desenvolvimento do jogo sobre protocolos de rede e do mundo virtual foram seleccionadas várias tecnologias. Foram essencialmente seleccionadas tendo como critério único a em conta a experiência de utilização do autor. Assim, passa-se em seguida, a descrever as tecnologias em causa.

### **1.7.1. SketchUp**

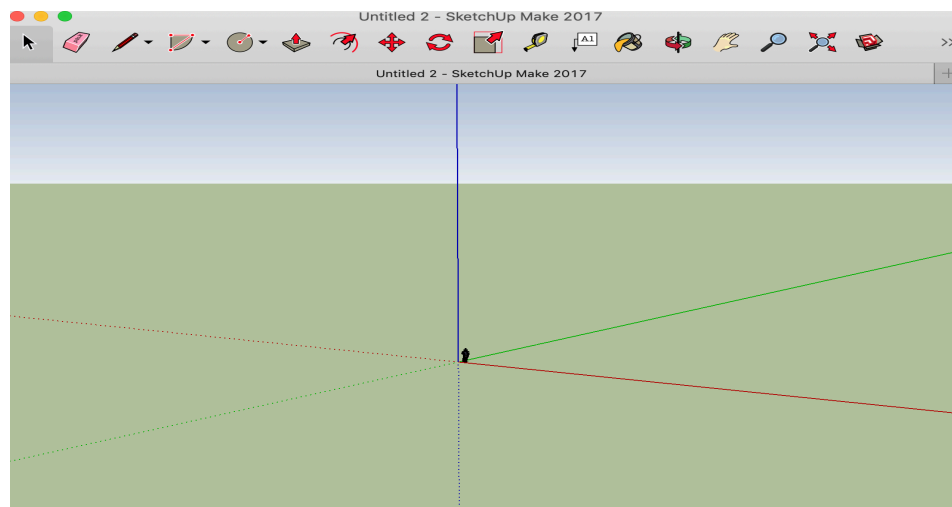
O SketchUp foi projetado para ser um software fácil, que utiliza um paradigma que permite aos utilizadores esboçar as suas ideias de forma simples e rápida. Para criar uma linha, basta arrastar com o mouse; o software automaticamente o endireita e o anexa a outras linhas do projeto. As linhas podem ser feitas em superfícies que podem ser empurradas e puxadas para criar objetos 3D (Murdock, 2009).

O SketchUp tem como objetivo a criação de objetos volumétricos e qualquer outra representação 3D para diferenciados profissionais, e o que desperta à atenção, é o facto de se conseguir facilmente projetar e construir modelos tridimensionais, a fim de representar-se qualquer ideia que seja (Cavassani, 2017).

O SketchUp tem a experiência de anos de designers incluídos no seu design e, com essa inteligência, muitas vezes pode prever o que se está a tentar fazer. Tem vários processos automatizados, deixando assim, os utilizadores mais livres para se focarem no design (Murdock, 2009).

Neste trabalho, o SketchUp será utilizado para criar objetos 3D, fundamentalmente routers e as diferentes conexões entre os mesmos.

**Figura 1.7: Tela inicial do SkecthUp**

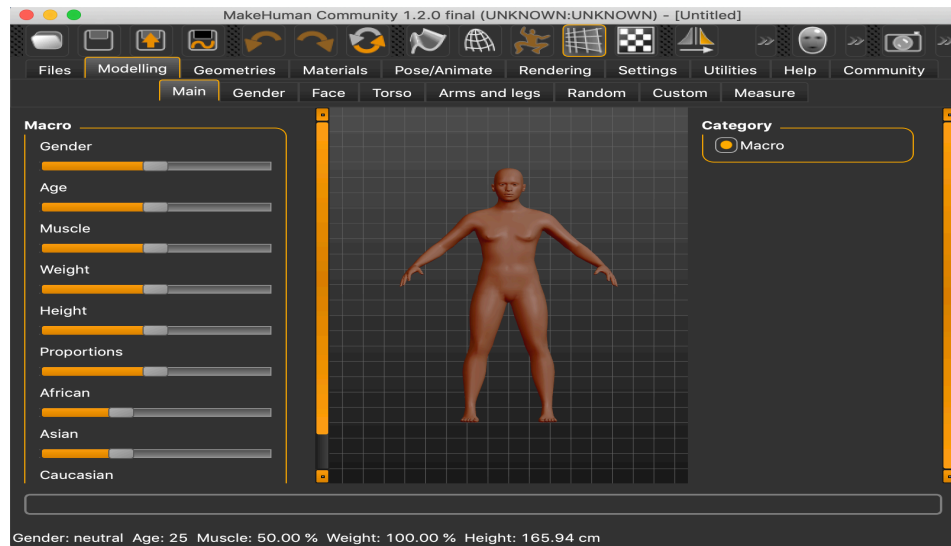


### **1.7.2. Makehuman**

O Makehuman é um software de código aberto, geralmente utilizado para criar modelos humanos virtuais em 3D com aparência realista, focando em detalhes de metamorfose. O Makehuman é uma ferramenta de modelagem humana virtual paramétrica orientada para o design (jogos) baseada em templates (Briceno & Paul, 2018).

Neste trabalho, o Makehuman será utilizado para criar humanoides (avatars) e as suas respetivas emoções, que a posterior serão integrados no Unity 3D para representar os diferentes participantes em simultâneo, no jogo.

**Figura 1.8: Tela inicial do Makehuman**



### 1.7.3. WebGL

WebGL é uma versão Web do OpenGL ES 2.0, implementado como API de programação para JavaScript e construída sobre OpenGL. A WebGL é baseado em padrões abertos e gratuitos, amplamente adotados e suportado por todos os principais navegadores (Internet Explorer, Firefox, Chrome e Safari) em desktops e plataformas móveis, (Cardoso, 2015).

A WebGL foi criada para permitir a integração de conteúdos 2D/3D em plataformas Web, inclui código de controle escrito em JavaScript e código de GLSL (OpenGL ES Shading Language) sendo executado diretamente na Unidade de Processamento Gráfico (UPG ou GPU), facto que permite economizar vários recursos do computador (Carson, 2020).

Cardoso (2015) afirma que a WebGL é caracterizada pela sua leveza, rapidez, capacidade de fornecer uma API 3D consistente e multiplataforma, por isso, é a tecnologia de eleição para implantação de jogos e ambientes virtuais dinâmicos em diversas plataformas: desktop, mobile e Web. Essas mesmas características, na opinião de (Carson, 2020) permitem à WebGL fornecer aos desenvolvedores um

meio para geração de gráficos bidimensionais e tridimensionais dentro de uma canvas HTML padrão, sem plug-ins adicionais.

Vai-se, neste projeto, aproveitar as vantagens do WebGL para poder disponibilizar os jogos e mundo virtual a ser criados na web, isto é, após serem criados serão exportados para o formato WebGL e alojados na internet e, assim permitir que os recursos 2D/3D criados possam ser integrados e executados na web, sem limitações.

#### **1.7.4. UNITY 3D**

O Unity 3D é multiplataforma e os jogos nele desenvolvidos podem ser implantados em absolutamente qualquer plataforma de forma transparente, está entre as principais ferramentas do mundo usadas para desenvolver videogames, animações e simulações (Finnan, 2018) . O Unity 3D oferece uma versão gratuita para que os desenvolvedores possam lançar jogos feitos com o Unity Personal sem pagar pelo software, embora existam versões pagas para desenvolvimento de jogos para fins comerciais (Unity3D, 2020).

O Unity 3D é um motor de jogos, ele pode criar experiências AR e VR poderosas e eficientes. O Unity 3D tem uma API de script C # e integração integrada com o Visual Studio. O Unity também oferece JavaScript como linguagem de script e MonoDevelop como IDE para aqueles que desejam uma alternativa ao Visual Studio (Unity3D, 2020).

O Unity 3D usa uma abordagem baseada em componentes designada de prefabs (pré-fabricados) para desenvolvimento de jogos e permitir a construção de objetos e ambientes com mais eficiência e os escalar mais rapidamente (Unity3D, 2020; Finnan, 2018). O Unity 3D é multiplataforma, e segundo Cardoso (2015), é o primeiro editor 3D a ter um implementador WebGL completo.

Neste trabalho, o Unity 3D será utilizado como o mecanismo de realidade virtual 3D para criar um cenário tridimensional realístico e imersivo. Também será utilizado

para exportação dos jogos/mundo virtual em WebGL para posterior alojamento na web.

#### **1.7.5. Moodle**

O Moodle é um LMS (Learning Management System – Sistema de Gestão de Aprendizagem) que foi desenvolvido em 2001, baseado na abordagem construtivista e construcionista social para a educação. Foi desenvolvido sob os termos de uma GNU General Public License (GPL), o que significa que quaisquer alterações podem ser feitas na fonte código, desde que a licença original não seja alterada. A plataforma Moodle, apresenta as seguintes características: facilidade de uso, acessibilidade e flexibilidade, permite interação síncrona e assíncrona, e o conteúdo que se desenvolve podem ser reutilizados (Kasim & Khalid, 2016).

O Moodle dispõe de plugins adicionais que trazem recursos e funcionalidades suplementares, dentre os quais salientam-se os plugins de Jogo, que podem ser encontrados no menu “Adicionar uma atividade ou recurso” e oito tipos diferentes de jogos podem ser criados. Esses jogos extraem as perguntas de um glossário ou de um questionário do tipo resposta curta, portanto, inicialmente, elas devem ser criadas (Vijayakumar, 2020).

#### **1.7.6. Linguagens de programação**

**Linguagem C#** (lê-se C Sharp): é uma linguagem de programação multi paradigma, de tipagem forte, imperativa, declarativa, funcional, genérica, orientada a objetos e a componentes. Foi projetada para uma ampla gama de aplicativos corporativos que são executados em .NET (P & .Y, 2018). Vários softwares podem ser criados baseados na linguagem C# e na plataforma .NET, tais como: aplicativos de desktop, aplicativos da web, jogos, aplicativos móveis e muitos mais (AL-Bastami & Naser, 2017).

O C# fornece construções de linguagem para oferecer suporte direto a esses conceitos, tornando o C# numa linguagem muito natural, capaz de criar e usar componentes de software, possuindo inúmeros recursos do C# para a construção

de aplicações robustas e duráveis: “o Garbage collection que recupera automaticamente a memória ocupada por objetos não utilizados; o exception handling (tratamento de exceções) que fornece uma abordagem estruturada e extensível para detecção e recuperação de erros, o type-safe design (design de tipo seguro) da linguagem torna impossível a leitura de variáveis não inicializadas, para indexar matrizes além dos seus limites ou para realizar conversões de tipo não verificadas” (Hejlsberg, et al., 2008) .

No projeto em causa, será utilizada a linguagem C# para criação de scripts, que serão fundamentais para definir a lógica, as regras e o comportamento do jogo, isto é, transformar cenários estáticos e sem vida com objetos, num ambiente dinâmico. Em suma, o C# é linguagem adotada para implementação das simulações interativas.

**HTML5:** é uma abreviação de Hypertext Markup Language, ou seja, Linguagem de Marcação de Hipertexto. O HTML5 é a nova versão do HTML4. É uma tecnologia compatível com várias plataformas, pois, o HTML5 oferece suporte ao desenvolvedor para usar os sensores do dispositivo móvel, um framework para aplicações web móvel, com a grande vantagem de os utilizadores poderem usar o HTML5 sem que seja necessário instalar o aplicativo (Dangkham, 2018). Será utilizada para se fazer eventuais ajustes ao layout da página principal do Moodle, de modo a torná-la mais atrativa.

**CSS (Cascading Style Sheets ou Folhas de Estilo em Cascata):** “é um mecanismo para controlar o estilo (fontes, cores e espaçamento) para renderização de HTML. Uma folha de estilo é composta de regras, cada uma das quais se aplica a um elemento HTML e controla um determinado aspeto da sua renderização” (Shklar & Rosen, 2009, p. 15). Li & Zhang (2019) afirmam, que o CSS, na sua versão 3 (CSS3) pode ser utilizado de forma flexível para implementar websites usando padrões de design responsivos. Se o sistema ou a versão do navegador do dispositivo de terminal for compatível, o CSS3 pode realizar ajustes na especificação da imagem segundo o tamanho da tela do hardware, no layout da

página de forma adaptativa com base o tamanho do hardware e ainda, ocultar alguns módulos desnecessários em função do tamanho da tela do hardware.

### **1.8. Resumo do Capítulo**

Neste capítulo fez-se uma abordagem sobre as principais dificuldades e desafios atinentes ao processo de ensino e aprendizagem de redes de computadores, particularmente dos conceitos sobre arquiteturas (OSI e TCP/IP) e sobre encaminhamento IP (estático e dinâmico), que se têm constituído difíceis de aprender pelos estudantes. Assim, optou-se por fazer uma discussão sobre as camadas do modelo OSI vs TCP/IP, das partes que constituem um router e o funcionamento das mesmas, pois espera-se modelar tais conceitos e integrá-los ao mundo virtual e jogos a serem criados. Ainda se fez uma apresentação dos desafios e impacto da RV e RA na aprendizagem de RC, uma descrição dos principais ambientes de aprendizagem criados para fins de auxiliar o aprendizado de redes de computadores e das prováveis tecnologias a serem utilizadas para criação dos contextos virtuais. Também se fez uma abordagem sucinta das principais tecnologias utilizadas para criação de ambientes de Realidade Virtual.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGIAS**

## **CAPÍTULO II: METODOLOGIAS**

Neste capítulo serão descritas as metodologias adotados durante as fases de investigação, conceção do ambiente virtual e avaliação da proposta. Assim, abordar-se-á a metodologia de investigação baseada em design, descrevendo-se a sua origem, foco e procedimentos. Também serão abordados os métodos de gamificação e conectivismo cujos princípios e ideias serão integradas nos jogos a desenvolver.

### **2.1. Metodologia Design-Based Research**

Herbert Simon no seu livro “The Sciences of the Artificial<sup>7</sup>”, publicado em 1981, fez uma distinção clara entre as ciências naturais, como anatomia, astronomia e física, e as ciências artificiais, ou ciências do design, como engenharia, design de produto, tecnologia da informação e instrução, surgindo assim o termo “Design Science” e a metodologia DSR (Design Science Research) (Wyk & Villiers, 2014).

Nas ciências naturais, as teorias e fórmulas explicam como os fenómenos naturais ocorrem, enquanto as ciências do design se relacionam com os fenómenos criados pelo homem, onde as teorias e modelos são definidos por leis prescritivas, surgindo assim várias metodologias, dentre as quais a metodologia DSR (Design Science Research). A metodologia DSR, tem como principal foco, criar e avaliar novos e aprimorados artefactos de TI, como soluções para problemas organizacionais e gerar novos conhecimentos para o corpo de evidências científicas (Adikari, McDonald e Campbell, 2011) citado (Wyk & Villiers, 2014).

A metodologia DSR é cada vez mais utilizada em estudos de tecnologia educacional, especialmente para estudos sobre o desenvolvimento de e-learning e

---

<sup>7</sup> A ciência do artificial

e-training, e nesse contexto, o termo utilizado é Design-Based Research (DBR) (Wyk & Villiers, 2014).

A metodologia DBR tem as suas raízes nas ciências do design, como engenharia e design de produto, onde processos iterativos e baseados em contexto são seguidos para criar produtos utilizáveis (Wyk & Villiers, 2014). É importante salientar, que esta metodologia pode ajudar a criar e ampliar o conhecimento sobre o desenvolvimento e sustentação de ambientes de aprendizagem inovadores (Bell et al. 2003).

Na opinião de Obrenović (2011), a metodologia DBR complementa os métodos de investigação existentes na sua capacidade de empregar numa quantidade maior o conhecimento e as habilidades implícitas e intuitivas de designers e utilizadores.

Segundo Wyk & Villiers (2014), a metodologia DBR tem o seu foco em:

- Resolução de problemas complexos;
- Produzir artefactos autênticos;
- Gerar resultados duais.

Wang e Hannafin (2005) citado por Wyk & Villiers (2014) afirmam que o DBR tem um papel importante a desempenhar no desenvolvimento de ambientes de aprendizagem aprimorados por tecnologia, que incorporam no ensino para a aquisição de habilidades e conhecimentos, uma variedade de ferramentas e recursos tecnológicos.

Como metodologia de investigação, DBR é, portanto, uma metodologia de investigação recente, sistemática e flexível, voltada para a melhoria das práticas educacionais (MacDonald, 2008) citado por (Wyk & Villiers, 2014). Para Reeves (2008) também citado por (Wyk & Villiers, 2014) os métodos DBR unem teoria e prática à medida que revelam relações entre teoria educacional, artefactos projetados e a prática, desta forma, auxilia no melhoramento da investigação

educacional para produzir benefícios e impacto perceptíveis sobre os profissionais, enquanto é socialmente responsável.

Numa investigação do tipo DBR, o investigador visa dar contribuições práticas e científicas ao projetar e criar intervenções eficazes ou artefactos autênticos para resolver problemas do mundo real, cuja aplicação direta da teoria não é suficiente para resolver (De Villiers, 2012) citado por (Wyk & Villiers, 2014).

O processo DBR difere da investigação experimental, pois se baseia em ambientes autênticos com complexidades e dinâmicas, enquanto as experiências de laboratório são realizadas em ambientes controlados. Ao contrário das experiências, o DBR é caracterizado por revisões iterativas e flexíveis do projeto de investigação (Hoadley, 2004) citado por (Wyk & Villiers, 2014).

A investigação Baseada em Design (DBR) é uma estrutura teórica para garantir a eficácia das intervenções educacionais através de recursos tecnológicos, sistemas instrucionais e materiais curriculares (Salomon, 1996) citado por (Tseng, Yang, & Yeh, 2016).

A metodologia DBR concentra-se em projetar e explorar toda a gama de inovações definidas: artefactos e também aspetos menos concretos, como estruturas de atividades, instituições e currículos. O DBR vai além de meramente projetar e testar intervenções específicas. As intervenções incorporam afirmações teóricas específicas sobre ensino e aprendizagem e refletem um compromisso com a compreensão das relações entre teoria, artefactos projetados e prática.

### **2.1.1. Ciclo da metodologia Design Based Research**

De acordo Villiers (2005) citados por Wyk & Villiers (2014), o ciclo DBR compreende as seguintes etapas:

1. Análise prática de problemas por investigadores em colaboração com profissionais.

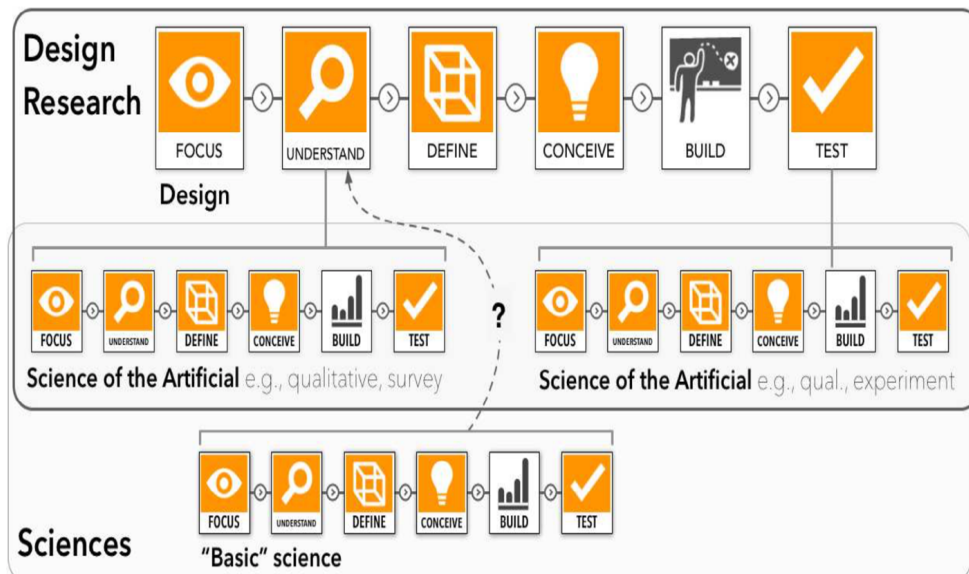
2. Criação de soluções baseadas em princípios de design existentes e inovações tecnológicas.
3. Ciclos iterativos de teste e refinamento de soluções, na prática. Reflexão para produzir princípios de design e aprimorar a implementação da solução.

Cada etapa pode resultar no refinamento das etapas e processos anteriores. Os resultados são princípios / diretrizes de design que podem ser implementados por outros investigadores em contextos semelhantes (Wyk & Villiers, 2014). Portanto, a metodologia DBR fornece aos investigadores e professores uma estrutura holística para examinar e contabilizar os vários fatores que derivam em resultados de aprendizagem promissores com intervenções educacionais específicas (Tseng, Yang, & Yeh, 2016).

Easterday, Lewis, & Gerber (2014) definem DBR como um processo que integra design e métodos científicos para permitir que investigadores criem produtos úteis e teorias eficazes para resolver problemas individuais e coletivos de educação. Também apresentam o DBR como um processo, que inclui um conjunto de processos recursivamente aninhados. Produtos podem ser utilizados como componentes no design de outro produto, como uma intervenção educacional, isto é, ao projetar um ambiente de aprendizagem, podemos conduzir outros processos de sub-design (como um estudo qualitativo ou um experimento) como parte do processo DBR.

Na figura 2.1, está definido o DBR como um processo iterativo de 6 fases: Foco (FOCUS), Compreensão (UNDERSTAND), Definição (DEFINE), Conceção (DESIGN), Construção (BUILD) e Teste (TEST), em que outros processos científicos são recursivamente aninhados

**Figura 2.1: Fases do processo DBR**



Fonte: (Easterday, Lewis, & Gerber, 2014)

A primeira fase, “**Foco**” é vocacionada a delimitar o público-alvo, o tópico e o escopo do projeto. O público-alvo é a quem o produto atende, incluindo alunos e outras partes afetadas. O tópico especifica o problema geral que o produto deve abordar. O escopo especifica as restrições e a escala do projeto (Easterday, Lewis, & Gerber, 2014).

A segunda fase do DBR, “**Compreensão**” é destinada à investigação do problema através de métodos empíricos e fontes secundárias, e sintetiza esse conhecimento numa forma que pode ser facilmente usada posteriormente no processo. Os métodos empíricos incluem técnicas rápidas centradas no ser humano, como observação, entrevistas, investigação, análise de dados, etc. A revisão de fontes secundárias concentra-se em: investigações que ajudam a compreender o problema, como modelos de aprendizagem e contextos culturais; análise de soluções atuais para problemas semelhantes ou relacionados; e identificação dos princípios de design. Os dados empíricos devem ser sintetizados por meio de métodos como a identificação de temas, a construção de modelos gráficos e a criação de personas do aluno (Easterday, Lewis, & Gerber, 2014).

Na fase de “**Definição**” são definidas metas e avaliações. Problemas indeterminados, que não tem solução, são convertidos em problemas que podem ser resolvidos (Buchanan, 1992) citado por (Easterday, Lewis, & Gerber, 2014), isto é, uma meta é selecionada entre o número infinito e desconhecido de metas que podem ser definidas.

Na fase de “**Conceção**” cria-se um projeto ou uma representação não funcional, simbólica ou gráfica destinada a atingir o objetivo. A distinção entre a fase de conceção e construção é a de existência de um plano conceitual restrito, apenas baseado no conhecimento do projetista e a de um protótipo concreto, que é pelo menos, parcialmente funcional (Easterday, Lewis, & Gerber, 2014).

Na fase de “**Construção**” é implementada a solução. A implementação pode ser de menor ou maior fidelidade dependendo da etapa do projeto e da questão que se deseja testar, que pode ser sobre um aspecto particular da intervenção educacional, ou se a intervenção educacional tal como concebida pode atingir o seu objetivo (Easterday, Lewis, & Gerber, 2014).

Na fase de “**Teste**” é avaliada a eficácia da solução criada. O teste inicial dos planos produzidos na fase de conceção concentra-se em questões de relevância e consistência e, posteriormente, na praticidade esperada. Alguns consideram a fronteira entre a avaliação formativa e a sumativa o ponto em que termina a investigação em design e começam as ciências do artificial, ou, neste caso, avaliações rigorosas testando fortes afirmações causais dos princípios de design (Simon 1996) citado por (Easterday, Lewis, & Gerber, 2014).

Na visão de (Easterday, Lewis, & Gerber, 2014), as fases acima apresentadas não são realizadas numa sequência linear, mas sim de forma iterativa, isto é, pode-se concluir, durante a fase de construção determinado jogo, que o mesmo não seja atraente para os alunos, portanto, é possível voltar a fase de compreensão para melhor perceber-se o problema, evitando-se assim a projeção de soluções inadequadas.

Como os contextos que se prevê criar são considerados artefactos, então, neste trabalho, optou-se pelo método DBR. O método DBR será utilizado fundamentalmente para a conceção e desenvolvimento do Mundo Virtual sobre encaminhamento IP, assim como para avaliação do protótipo derivado deste processo.

## **2.2. Conetivismo**

As principais teorias de aprendizagem (Behaviorismo, cognitivismo e construtivismo) surgiram numa época em que o aprendizado não era afetado pela tecnologia. As tecnologias têm mudado a forma como vivemos, nos comunicamos e aprendemos. No entanto, as necessidades e teorias de aprendizagem que descrevem os princípios e processos de aprendizagem devem refletir os ambientes sociais subjacentes (Siemens, 2004).

Além de ser utilizada para projetar e desenvolver oportunidades de aprendizagem, o conetivismo, como uma teoria, oferece aos proponentes uma explicação para os resultados que estão sendo observados, proporcionando uma ampla consciência e aceitação do papel das redes na aprendizagem e, significativamente, o impacto positivo dos princípios de rede, como autonomia e interatividade (Downes, 2019).

Ainda de acordo Siemens (2004), “as ferramentas definem e moldam o nosso pensamento”. O mesmo acrescenta que o know-where (saber onde<sup>8</sup>) tem sido um complemento para o Know-how (saber) e know-what (saber o quê), desta forma, o conetivismo permite a integração de princípios explorados pelas teorias do caos, rede, complexidade e auto-organização, considerando a aprendizagem como um processo que ocorre em ambientes nebulosos de elementos essenciais em mudança - não inteiramente sob o controlo do indivíduo.

---

<sup>8</sup> Compreensão de onde encontrar o conhecimento necessário

Dos vários princípios do conetivismo abordados por Siemens, neste trabalho destacam -se os seguintes:

A aprendizagem como processo de conexão de nodos (ou nós) ou fontes de informação especializadas.

E o facto de a aprendizagem pode residir em dispositivos não humanos.

A aprendizagem baseada na teoria do conetivismo, introduz a ideia de que “aprender é a conectar-se”. Com o apoio a recursos de aprendizagem, organização de atividades diversas, serviço de divulgação de informações pode-se não só promover o desenvolvimento de atividades e aprendizagem ao longo da vida, mas também melhorar as habilidades de aprendizagem baseada na web (Wei & Jianping, 2011), neste sentido, (Dahdouh, Osório e Caires 2015) citados por (Downes, 2019) afirmam que não faz sentido considerar-se a aprendizagem apenas como uma construção interna do conhecimento, porém, sugerem que também deve ser considerado conhecimento, aquilo que os alunos podem aprender através de uma rede externa.

Com base nas ideias acima apresentadas e nos princípios conetivistas destacados neste trabalho, pretende-se incorporá-las nos jogos e assim, transformá-los em ambientes conetivistas, onde os estudantes podem conectar-se e então aprender através da interação com os objetos 3D presentes e com os outros estudantes. Para tal, é fundamental que os contextos a serem implementados possam ser multiutilizador, e garantir que os estudantes se possam comunicar e aprender colaborativamente.

### **2.3. Gamificação**

A aprendizagem ativa e as abordagens baseadas em problemas que envolvem trabalho de laboratório são amplamente reconhecidas como técnicas eficazes de ensino em engenharia (Feisel e Rosa, 2003) citados por (Bazdresch, 2018).

Na educação, a gamificação tem-se apresentado como uma estratégia de aprendizagem ativa, que proporciona aos participantes motivação, paixão para

estudar e a envolvê-los no processo de ensino e aprendizagem, oferecendo ferramentas necessárias para colocá-los no centro da ação docente e torná-los protagonistas da sua própria aprendizagem (Zhamanov & Sakhiyeva, 2015; Canals & Minguell, 2018).

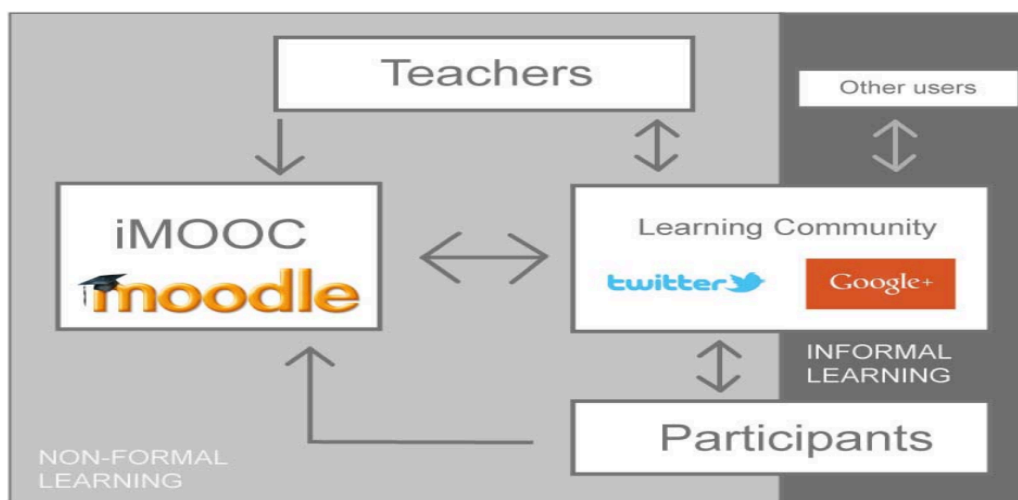
Ainda de acordo Zhamanov & Sakhiyeva (2015), a gamificação pode ser aplicada na educação seguindo cinco etapas:

- Perceber o público-alvo e o contexto. Definição de idade, habilidades, habilidades de aprendizagem dos participantes.
- Definir objetivos de aprendizagem. Definição de metas que devem ser alcançadas pelos participantes durante o curso.
- Estruturar a experiência, isto é, definir os estágios e marcos que permitirão que os instrutores sequenciem o conhecimento e quantifiquem o que os alunos precisam aprender e atingir ao final de cada fase ou marco.

A figura 2.2 apresenta recursos que combinam os elementos ativos do processo de aprendizagem os MOOC (Massive Open Online Course - Curso Online Aberto e Massivo), redes sociais e a gamificação. Ficando claro que o uso de plataformas como o Moodle e seus recursos combinados com as redes sociais permitem gamificar a aprendizagem, tornar o ambiente de aprendizagem em uma plataforma conetivista e assim garantir uma aprendizagem mais eficaz. Neste contexto, Gené, Núñez, & Blanco (2014) fundamentam a estrutura da figura 2.2, afirmando que um curso possui uma camada "tecnológica" que inclui uma plataforma MOOC que hospeda o curso e as plataformas sociais onde as interações entre os participantes ocorrem, bem como a geração de conteúdo.

Os mesmos autores, afirmam que os MOOCs possuem uma camada designada "estratégia formativa" associada ao design instrucional do curso e, finalmente, a camada "cooperativa" que representa a parte mais conetivista do curso, sendo agregada de gamificação e que interage com outras camadas, de modo a fomentar a motivação dos estudantes.

**Figura 2.2: Interação entre utilizadores, iMOOC e redes sociais**



Fonte: (Cruz-Benito et al., 2017)

Em suma, nos contextos virtuais a serem concebidos, serão utilizadas várias técnicas de gamificação, tais como: missões, pontos, níveis e recompensas (medalhas e outras). A ideia é criar um ambiente para que os alunos se envolvam mais, que os incentive a ter um desempenho melhor e assim garantir maior eficácia no processo de aprendizagem. Para tal, os contextos virtuais serão a posterior, integrados no Moodle, onde também serão aproveitados os recursos de gamificação que o mesmo oferece.

#### **2.4. Fases de Desenvolvimento do Projeto**

Em seu artigo “Designing Adaptable Virtual Reality Learning Environments” (Saunier, Barange, & Blandin, 2016) apontam para a importância de se ter em conta a modelação do cenário pedagógico durante a conceção de mundos virtuais. Os mesmos autores afirmam que na modelação de cenários pedagógicos destacam-se dois tipos de métodos: 1) métodos de projeto para a atividade de aprendizagem; 2) métodos de operacionalização da atividade de aprendizagem. Dentre os métodos de desenho dos cenários de aprendizagem, podemos citar o LDL (Learning Design Language) tem como foco a gestão de conteúdo, permitindo descrever e projetar situações de aprendizagem colaborativa, e o ISIS (Intenções,

Estratégias e Situações Interacionais) que está enraizado em trabalhos anteriores sobre situações de aprendizagem ativa e propõe uma identificação específica das dimensões intencionais, estratégicas, táticas e operacionais de um cenário de aprendizagem.

No design de um ambiente virtual, também devem ser tidos em conta alguns elementos de UX (User eXperience – experiência do utilizador). (Kauhanen, et al., 2017) sugerem a se ter em conta os seguintes elementos:

- **Imersão:** qualidade objetiva, definindo-a como “o nível objetivo de fidelidade sensorial que um sistema de RV oferece”.
- **Presença:** Como resposta subjetiva do utilizador à imersão produzida pela tecnologia, geralmente definida como a sensação psicológica de estar no ambiente: é uma propriedade emergente baseada na base imersiva dada pela tecnologia”;
- **Desorientação:** Sensação de perda do “senso de localização”, que “pode fazer com que os utilizadores fiquem frustrados, percam o interesse”. Os autores sugerem que se tenha bastante cuidado com este elemento, pois pode afetar os utilizadores negativamente devido à imersão profunda em que podem estar totalmente absortos;
- **Senso de Controlo:** pode ser explicado como um sentimento de que as suas ações têm as consequências que eles esperavam. Na RV, o senso de controlo reduzido tem efeitos negativos, pode levar à frustração dos utilizadores, quando uma interação não funciona como eles esperavam;
- **Agradabilidade:** é uma valência emocional positiva, que pode estar associada a muitos fatores experienciais positivos, como satisfação, alegria, relaxamento e fascínio.
- **Exploração:** é outro aspeto importante a ser considerado no design de conteúdo de RV. Em comparação com a mídia mais tradicional, a capacidade de mergulhar num novo mundo ou ambiente que os utilizadores

normalmente não conseguiriam experimentar é das maiores vantagens da RV.

Tendo em consideração os aspetos acima abordados e o conjunto de conceitos e protocolos de rede, apresentados no Capítulo I, definimos as seguintes fases do projeto:

**Fase 1. Definição dos cenários pedagógicos e mecânica de jogo:** Nesta fase serão elaborados os cenários (pedagógicos) que irão descrever a experiência de aprendizagem, e a mecânica dos jogos que serão mais voltados à pontuações, feedbacks e recompensas extrínsecas,

**Fase 2. Criação dos objetos 2D/3D e integração nos vários contextos:** Esta fase contemplará a criação de todos os elementos 2D/3D fundamentais para os cenários previstos, isto é, incluirá a implementação da solução como previsto pela fase de Construção do processo DBR e ter-se-á em conta os aspetos de imersão, senso de controlo, agradabilidade e outros. Ainda nessa fase, serão integrados no Unity 3D os objetos criados e assim criar os diferentes jogos.

**Fase 3. Configuração do Moodle:** Nesta fase, será feita a configuração da plataforma Moodle num provedor de hospedagem online, também será criado o curso, a estruturação dos conteúdos e de algumas atividades.

**Fase 4. Integração dos ambientes virtuais no Moodle:** Após configuração é imperioso integrar os contextos virtuais, de modo a se tirar proveitos de todos os recursos que o Moodle possui, essencialmente os de gamificação como pontos, níveis e recompensas.

**Fase 5. Avaliação dos contextos virtuais:** Após os estudantes terem contacto com os vários contextos virtuais, serão então convidados a procederem à avaliação dos mesmos, através de instrumentos de recolha de dados, tal como como sugere a fase de Teste, do processo DBR.

## **2.5. Resumo do Capítulo**

Neste capítulo foram apresentadas as metodologias inerentes ao desenvolvimento da investigação e dos mundos virtuais, no geral. Pelo importante papel importante que desempenha no desenvolvimento de ambientes de aprendizagem aprimorados por tecnologia, optou-se por se utilizar a metodologia de investigação Baseada em Design - DBR (Design Based Research), pois complementa os métodos de investigação existentes na sua capacidade de empregar numa quantidade maior o conhecimento e as habilidades táticas, implícitas e intuitivas de designers e utilizadores.

Para a aprendizagem ao nível do mundo virtual, teve-se em conta a teoria de aprendizagem conetivista, uma vez que ajuda, não só a promover o desenvolvimento de atividades e aprendizagem ao longo da vida, mas também a melhorar as habilidades de aprendizagem baseada na web, que combinada com os princípios e ferramentas de gamificação proporcionam aos participantes motivação e paixão para estudar. Também os envolve no processo de ensino e aprendizagem, oferecendo as ferramentas necessárias para colocá-los no centro da ação docente e torná-los protagonistas da sua própria aprendizagem.

Para modelação dos contextos virtuais, decidiu-se ter em conta a modelação dos cenários pedagógicos e os elementos de UX (User eXperience – experiência do utilizador) tais como: imersão, presença, orientação, senso de controlo, agradabilidade e exploração.

O processo de elaboração dos contextos virtuais, contará com cinco (5) fases: definição do cenário pedagógico e mecânica de jogo, criação dos objetos 3D, configuração do Moodle, integração dos mundos virtuais e avaliação dos ambientes virtuais.

## **CAPÍTULO III: DESENHO E IMPLEMENTAÇÃO**

## **CAPÍTULO III: DESENHO E IMPLEMENTAÇÃO**

O presente capítulo faz uma abordagem detalhada sobre as fases de concepção dos ambientes virtuais, que resultaram nos artefactos que visam dar resposta às questões de investigação levantadas, de modo a cumprir com os objetivos de investigação definidos.

Foram neste capítulo realizadas as fases de definição de cenários, de modelação dos objetos, integração no Unity 3D e no Moodle, que culminaram com criação de três contextos virtuais no âmbito da aprendizagem das redes de computadores, os cenários em causa estão todos voltados para aprimorar os conhecimentos do estudantes sobre os protocolos que compõem as diferentes camadas da arquitetura TCP/IP, no geral, e de forma específica sobre o protocolo IP (Internet Protocol) onde se estuda as questões relacionadas a endereçamento e encaminhamento IP.

Assim, foi criado o **jogo sobre a Pilha de protocolos TCP/IP** cujo objetivo é fazer com que os estudantes ou participantes possam aprender/testar os seus conhecimentos sobre os diferentes protocolos que compõem a arquitetura TCP/IP; também foi criado um **jogo quizventure sobre Endereçamento IP**, onde os participantes podem de forma interativa testar os conhecimentos que possuem sobre endereçamento IP versão 4 e cálculos de sub-redes. O terceiro contexto é um protótipo de um **Mundo virtual 3D sobre encaminhamento IP** com o objetivo de simular uma rede com vários routers interligados entre si, onde os participantes podem viajar entre os diferentes routers, explorar as características e as partes que os compõem, e realizar algumas tarefas/missões que lhe são apresentadas.

Em seguida, passa-se ao detalhe das fases de desenvolvimento dos jogos, bem como a apresentação dos recursos produzidos durante cada fase.

### **3.1. Definição dos cenários pedagógicos e mecânicas de jogo**

Neste ponto, serão apresentados os cenários previstos, bem como uma descrição das mecânicas de jogo a serem criadas, fundamentalmente para o caso do Mundo

Virtual sobre Encaminhamento IP. Os outros contextos virtuais não serão aqui tão detalhados por terem sido construídos de forma intuitiva e por isso, não careceram de uma análise de requisitos e modelação rigorosas. Optou-se por fazer uma modelação baseada em cenários com recursos a storyboards para a posterior, facilitar o desenvolvimento do mundo virtual.

### **3.1.1. Cenário geral do jogo sobre Pilha de protocolos TCP/IP**

O jogo é sobre as cinco camadas da arquitetura protocolar TCP/IP e seus diversos protocolos. A ideia do jogo é proporcionar aos estudantes um ambiente que lhe vai ajudar a saber melhor os protocolos que constituem determinada camada. Em cada camada estarão vários protocolos representados sob a forma de cubos, em que alguns pertencem a camada específica e outros nem sequer existem como protocolos. O utilizador será desafiado a identificar, em cada camada, que protocolos pertencem à uma determinada camada e quais não. Para jogar, os utilizadores usarão as teclas de direção para controlar a bola, movimentando-a em direção aos cubos protocolares e deverão colidir com os mesmos para eliminar os cubos que não pertencem à camada TCP/IP em causa. Caso ele acerte, o cubo de protocolo visado desaparece, caso colida com um cubo errado, então, o cubo em causa mudará a sua cor para “vermelha”. A medida que for acertando, o utilizador vai pontuando. Prevê-se aqui também, definir um tempo máximo para realização do jogo e um limite de erros, que fim dos mesmos o jogo termina (game over).

### **3.1.2. Cenário geral do jogo sobre Endereçamento IP**

O objetivo do jogo em causa é estimular os estudantes a testarem/treinarem os seus conhecimentos sobre endereçamento IP (versão 4), especificamente os conhecimentos sobre estrutura de um endereço IP, classes de endereçamento e máscaras de sub-redes. A ideia é gamificar um conjunto de questões sobre endereçamento IP através de um jogo baseado na utilização de naves. As naves em causa deverão ser destruídas quando representarem a resposta correta de uma determinada questão. Sempre que o estudante acertar a determinada questão, irá pontuar e passar automaticamente para outra questão. Quando a nave que

representa o jogador não acerta e é atingido por outras naves por mais de duas vezes, o jogo termina.

### **3.1.3. Cenários do Mundo Virtual sobre Encaminhamento IP**

Mundo virtual consistirá numa rede de routers interligados entre si, que será fundamentalmente modelada a estrutura interior de um router, tendo em conta os elementos que o constituem (abordados no tópico 1.4.3). O Mundo Virtual em causa tem como objetivo o aprimoramento dos conhecimentos sobre encaminhamento IP, por parte dos estudantes. Neste jogo, os estudantes recebem missões em que são desafiados a atingir determinado destino, a partir do ponto em que se encontram (geralmente o interior de um router). Para tal, eles devem atempadamente analisar a tabela de encaminhamento que lhes é apresentada que depois de a analisarem, poderão então identificar a rota e a interface<sup>9</sup> física que devem seguir, em função do endereço IP que lhes é mostrado na missão recebida.

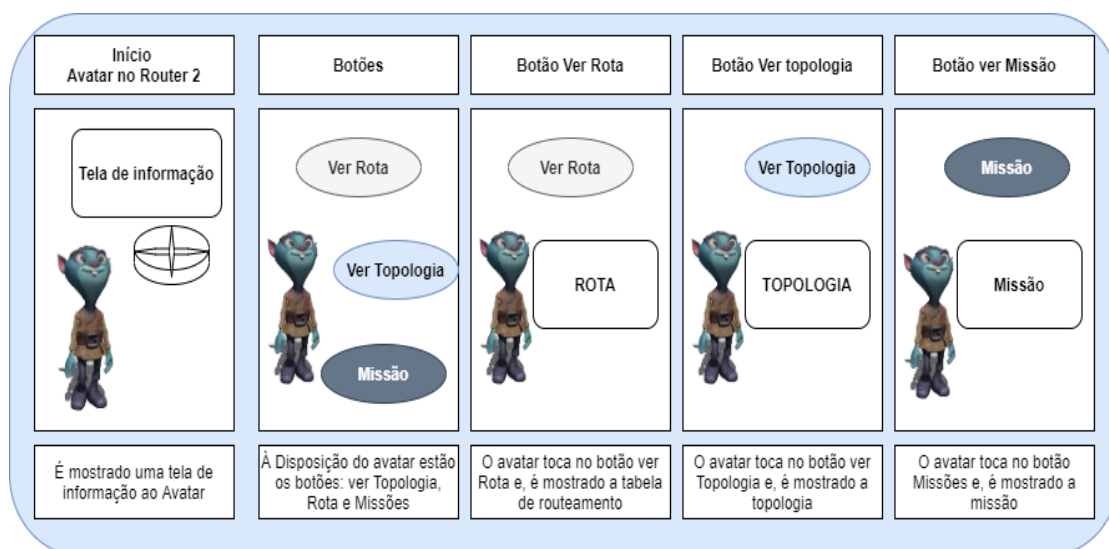
Estão previstos os seguintes principais cenários:

**Cenário 1:** O avatar aparece inicialmente no interior do “Router 2” e, se caminhar um pouco, automaticamente lhe será mostrada uma tela com instruções breves sobre o jogo. Segundos depois a tela de informação desaparecerá, o avatar terá à sua disposição os seguintes botões “Ver Rotas” que lhe mostrará a tabela de encaminhamento, o botão “Ver Topologia” que lhe mostrará a sua localização dentro da rede e “Missões” que lhe dará uma tarefa para executar, dentro de um determinado prazo.

---

<sup>9</sup> Porta de rede ou componente de hardware que interliga um computador/router à uma rede de computadores.

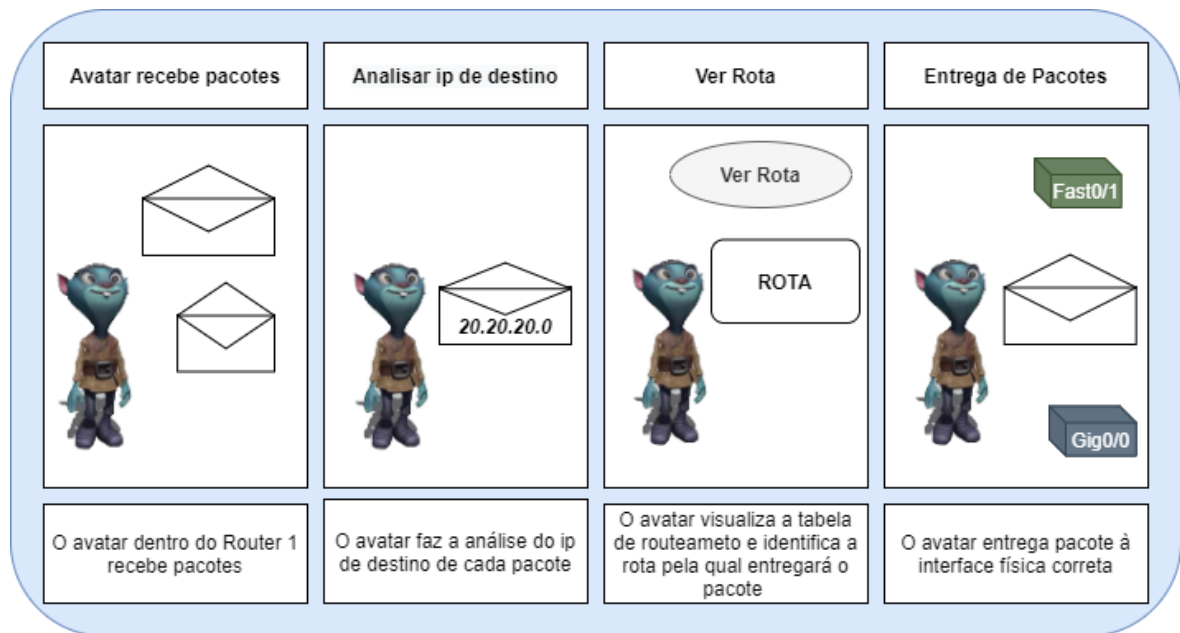
**Figura 3.1: Storyboard do cenário 1**



Neste cenário, em funções dos botões disponíveis, o utilizador será orientado a solicitar primeiramente uma missão, que a receberá logo que colidir com o botão “Missões”, em seguida deverá visualizar a tabela de encaminhamento através do botão “ver rotas” e seguir então pela interface física correta. Que logo em seguida estará perante o cenário 2, que está relacionado ao botão “missões”.

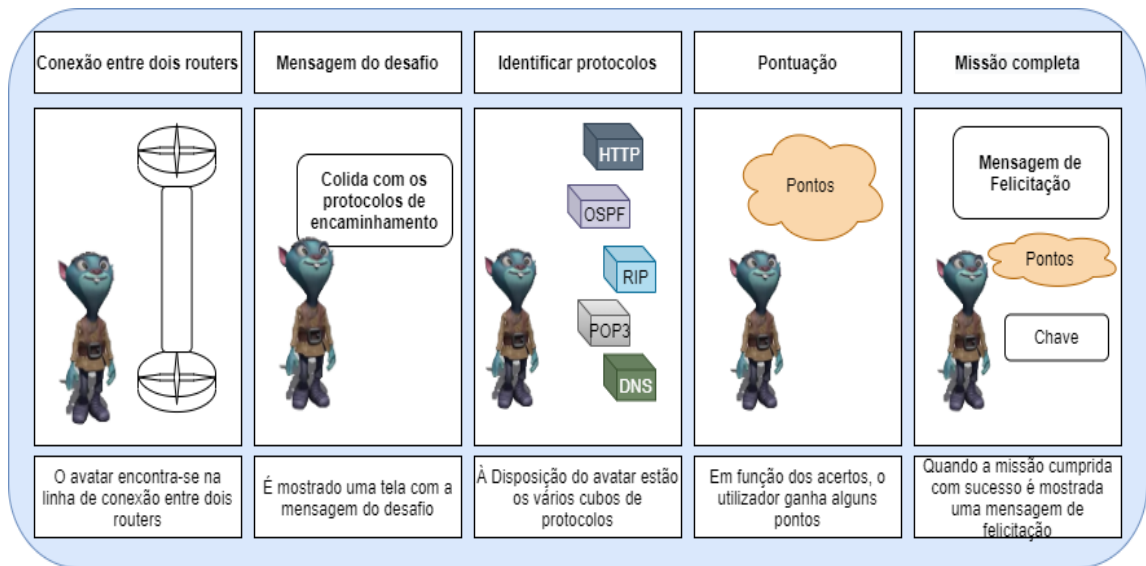
**Cenário 2:** O avatar no interior de qualquer router, após colidir com o botão “missões”, recebe um pacote que deverá informá-lo o IP de destino a deve ser encaminhado. Para o efeito, o avatar deverá antes, analisar a tabela de encaminhamento, que é visualizada através do botão “Ver Rotas”. Como já referido, após colidir com o botão citado, ser-lhe-á apresentada uma tabela de encaminhamento, onde o avatar poderá ver todos os destinos alcançáveis através do router em causa. Para tal, será necessária uma análise das diferentes rotas, para que possa então saber que interface física deverá usar para atingir o destino. Ao sair pela interface, entrará em ação o cenário 3, que se refere ao desafio de identificar e colidir com protocolos de encaminhamento, na linha de conexão entre os dois routers.

**Figura 3.2: Storyboard do cenário 2**



**Cenário 3:** O Avatar entra na linha de conexão entre dois routers, em seguida é desafiado a fazer um exercício sobre a identificação de protocolos de encaminhamento e terá em sua disponibilidade vários cubos de protocolos, em cada acerto receberá uma pontuação, se identificar todos os protocolos será mostrado uma mensagem com o texto “Parabéns” e os pontos acumulados, logo aparecerá uma chave para ativar a interface do router diretamente conectado e assim, aceder ao respetivo router de destino.

**Figura 3.3: Storyboard do cenário 3**



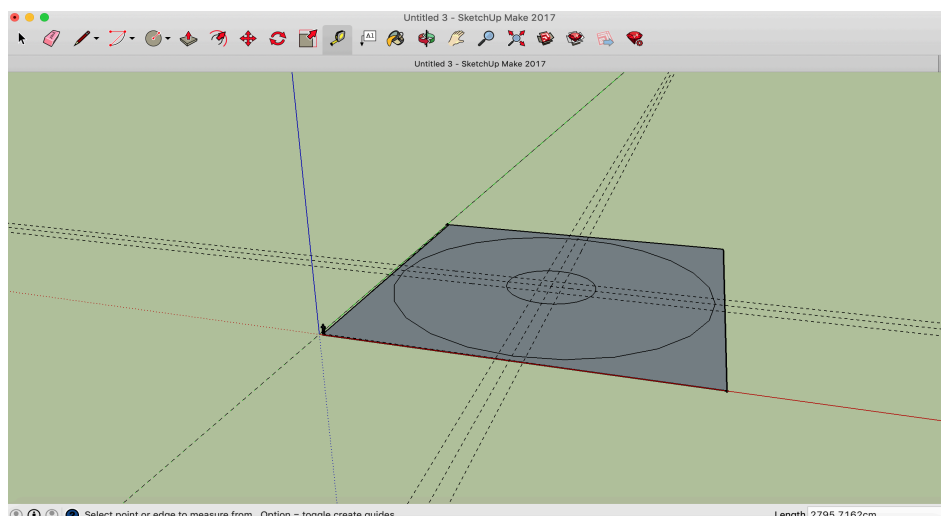
### 3.2. Criação dos objetos 2D/3D nos vários contextos

Neste tópico, serão apenas apresentados os objetos 2D/3D criados para serem integrados no Mundo Virtual sobre encaminhamento IP, já que os outros contextos, não precisaram ou melhor para o jogo sobre a Pilha de Protocolos TCP/IP, os recursos do Unity 3D foram por si só suficientes para o modelar e desenvolvê-lo integralmente, e para o jogo sobre “Endereçamento IP” apenas recorreu-se ao recurso QuizVenture do Moodle.

#### 3.2.1. Criação de objetos 3D no SketchUp

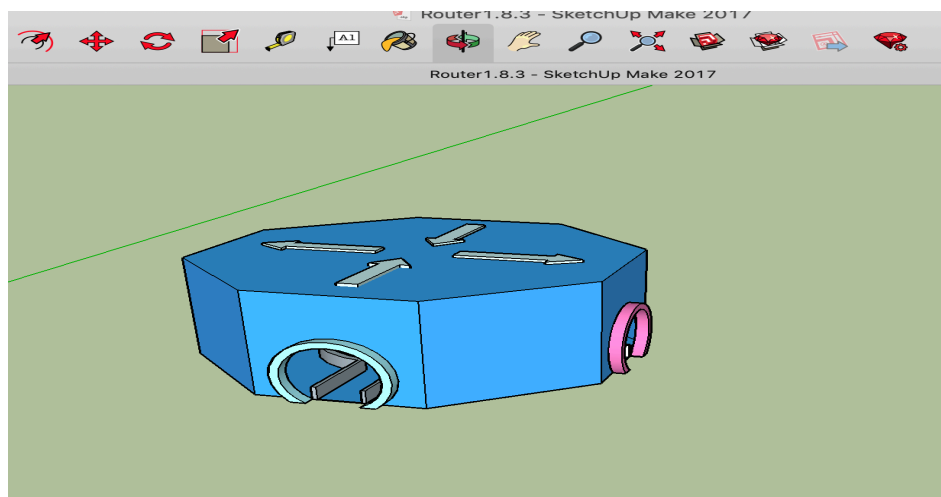
No SkecthUp foram criados os routers e as conexões entre os respetivos routers, que serão utilizados para simular um ambiente de interligação de redes, com diferentes tipos de mídia, tal como mostram as figuras 3.4, 3.5 e 3.6.

**Figura 3.4: Modelação inicial de um router**



Na figura 3.3. apresenta-se a fase inicial da modelação de um router. Optou-se por modelá-los, pois a nível do Data Warehouse do SketchUp não foi possível encontrar um modelo que se adequava aos objetivos do projeto em causa.

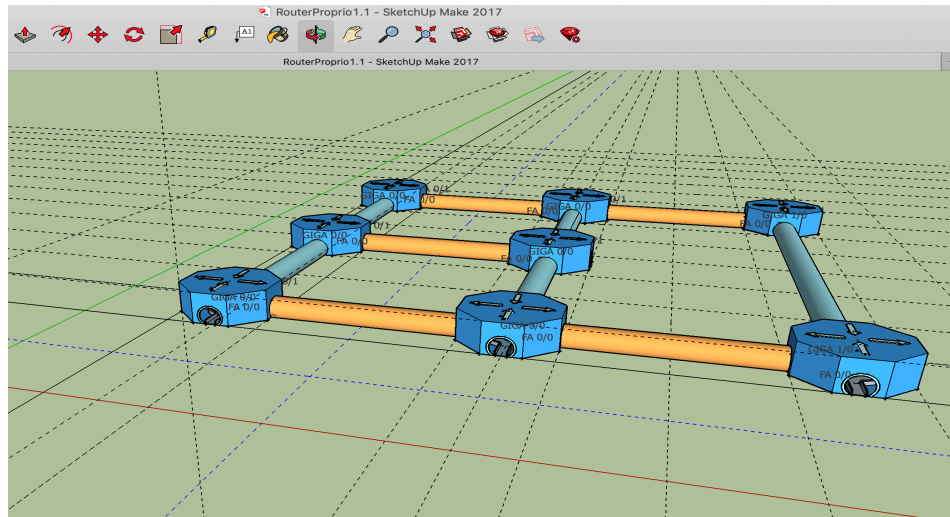
**Figura 3.5: Router Modelado no SkecthUp**



A figura acima ilustra um router devidamente modelado, onde se pode ver os seguintes elementos: as interfaces ou portas, e uma estrutura interna para emular o switch (malha) e o processador de um router real. O router foi modelado, de forma que os estudantes o possam facilmente reconhecer pelas suas características, isto

é, facilmente poderão identificar as interfaces de rede, a tabela de encaminhamento e outros recursos disponíveis.

**Figura 3.6: Conjunto de routers modelados no SketchUp**



Na figura acima, tem-se uma topologia completa de routers interligados entre si, para posterior integração no Unity 3D. Uma vez integrados no Unity, serão também inseridos outros objetos, tais como: tabelas de encaminhamento, cubos (3D) representantes de protocolos de rede, botões, mapa da topologia de rede e outros.

### **3.3. Integração dos objetos 3D e desenvolvimento dos jogos no Unity**

No Unity 3D foram criados os contextos “Pilha de protocolos TCP/IP” e o “mundo virtual 3D” para simulação de uma rede de routers, ambos disponibilizados no minicurso sobre “Endereçamento e encaminhamento IP” (<http://ar-vr.isced-huila.ed.ao/>), especificamente, nas atividades 1 e 3 respectivamente (ver tabela 3.1).

#### **3.3.1. Desenvolvimento do Jogo sobre a Pilha de Protocolos TCP/IP**

Como já referido, o jogo sobre a Pilha de Protocolos TCP/IP foi totalmente modelado e desenvolvido no Unity 3D. Foi construído a base de recursos 3D do Unity, isto é, através da utilização de cubos, esferas e planos, bem como a utilização de scripts em C# para definir a lógica ou comportamento do jogo, tais

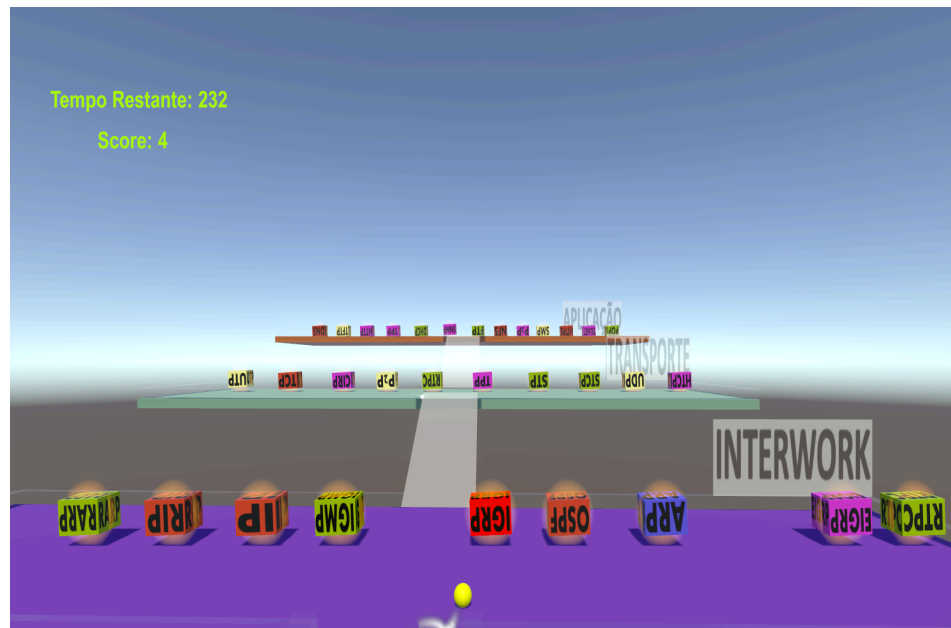
como: a movimentação e a colisão entre os objetos do jogo, a pontuação e limitação do tempo de jogo. O jogo consiste em utilizar as teclas de direção para controlar a bola, movimentando-a em direção dos cubos que se deseja eliminar em cada camada.

**Figura 3.7: Tela Inicial do Jogo sobre Pilha de Protocolos TCP/IP**



A figura 3.7 mostra a tela inicial do jogo sobre a pilha de protocolos TCP/IP. Logo no início do jogo são apresentadas num objeto 2D as instruções básicas para utilização do jogo. O jogo em causa permitirá aos participantes exercitarem e testarem os seus conhecimentos sobre a estrutura protocolar da arquitetura em causa. Os participantes são desafiados a eliminar em cada uma das camadas, os cubos de protocolos que não fazem parte da camada em que se encontra. Para o efeito, os participantes devem movimentar a bolinha de cor amarela que se vê na figura, e em cada camada, ir colidindo com os cubos de protocolo que considerarem não pertencerem à camada. Após isso, poderão livremente ir para outra camada e repetir o processo. Salientar que foram modeladas as cinco camadas da arquitetura TCP/IP: a camada de acesso à rede, de internetwork ou rede, a camada de transporte e a camada de aplicação.

**Figura 3.8: Camada de Internetwork ou Rede**



Na figura 3.8, pode-se observar que a bola já se encontra na camada de internetwork ou rede, onde também serão em função do conhecimento do participante, eliminados os protocolos que não fazem parte desta camada. Caso ele acerte, o cubo de protocolo visado desaparece, caso colida com um cubo errado então o cubo em causa transforma-se em cor “vermelha” como é o caso do cubo que representa o protocolo IGRP (Interior Gateway Routing Protocol).

Para melhorar a interação do jogo e criar um ambiente agradável ao utilizador foi necessário automatizar algumas tarefas no Unity 3D, através da utilização de scripts.

Para o jogo sobre a “Pilha de Protocolos TCP/IP” foram criados vários Scripts, dentre os quais destacamos: “DestroiObjecto”, “giraltem”, e o “MoveBola”. O Script “DestroiObjecto” (figura 3.9), foi utilizado para que os objetos (cubos) que representam os diferentes protocolos da pilha protocolar TCP/IP, desapareçam sempre que colidirem com a bolinha.

**Figura 3.9: Script para destruir objetos**

```
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 public class DestroiObjecto : MonoBehaviour {
6
7     // Use this for initialization
8     void Start () {
9         Invoke ("ApagaObjecto", 1.5f);
10    }
11
12    // Update is called once per frame
13    void ApagaObjecto () {
14        Destroy (this.gameObject);
15    }
16 }
17
```

Outro script implementado é o script designado “Giraltém” (figura 3.10), cujo objetivo é dar um movimento giratório, em torno do seu eixo, aos cubos que representam os diferentes protocolos da pilha protocolar TCP/IP, tal como mostra a figura 3.8.

**Figura 3.10: Script para girar cubos de protocolos**

```
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 public class GiraItem : MonoBehaviour {
6
7     // Use this for initialization
8     void Start () {
9     }
10
11    // Update is called once per frame
12    void Update () {
13        transform.Rotate (new Vector3 (15,30,45) * Time.deltaTime);
14    }
15 }
```

Foi também implementado o script “MoveCamera” (figura 3.11) visando garantir que a câmera siga a “bolinha rolante” ou avatar, enquanto, vai colhendo, no seu trajeto todos os cubos que representam os protocolos que o participante tenha sido desafiado a encontrar.

**Figura 3.11: Script Move Camera**

```
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 public class MoveCamera : MonoBehaviour {
6     public GameObject ObjectoBolinha;
7     private Vector3 posicaoInicial;
8
9     // Use this for initialization
10    void Start () {
11        posicaoInicial = transform.position - ObjectoBolinha.transform.position;
12    }
13
14    // Update is called once per frame
15    void LateUpdate () {
16        transform.position = ObjectoBolinha.transform.position + posicaoInicial;
17    }
18 }
```

Figura 3.12: Parte do script para mover a bola, pontuar e terminar jogo

```
void Start () {  
    rb = GetComponent <Rigidbody> ( );  
    textoFinal. text = "";  
    textoPontos.text = textoPontos.text + pontos.ToString ( );  
    audioSource = GetComponent<AudioSource>();  
    alive = true;  
    StartCoroutine("LoseTime");  
}  
  
void FixedUpdate () {  
    Vector3 move = new Vector3 (Input.GetAxis("Horizontal"), 0,  
Input.GetAxis("Vertical"));  
    rb.AddForce (move*velocidade);  
    countdownText.text = ("Tempo Restante: " + timeLeft);  
  
    if (timeLeft <= 0)  
    {  
        StopCoroutine("LoseTime");  
        countdownText.text = "Tempo Terminado!";  
        Invoke ("TerminarJogo", 3);  
    }  
}
```

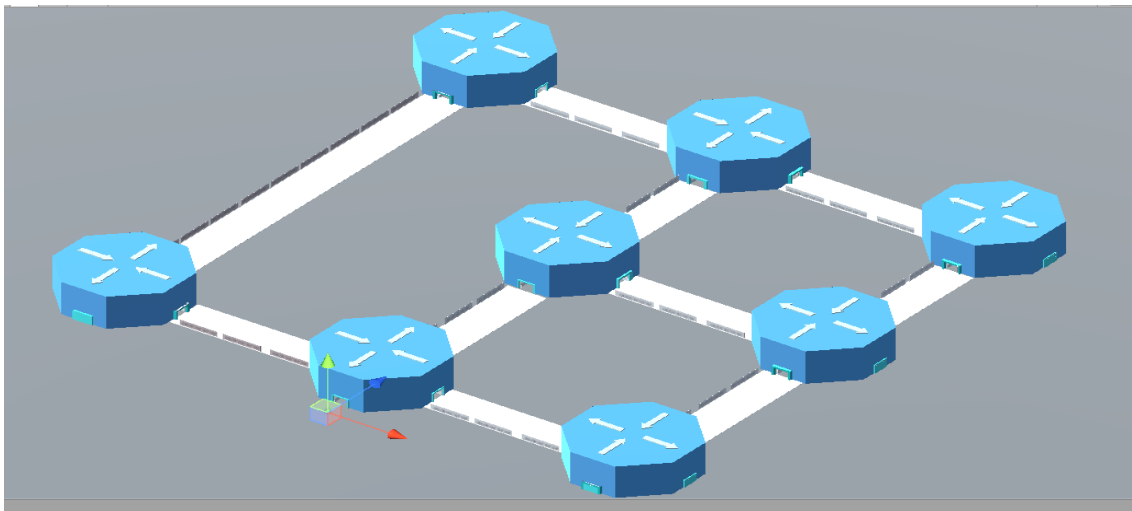
O script acima para além de definir o movimento da bola, também define o comportamento dos objetos 3D com os quais a bola colidirá, bem como a pontuação do jogo e o tempo de duração do jogo.

### 3.3.2. Desenvolvimento do Mundo Virtual sobre Encaminhamento IP

O mundo virtual foi criado para emular uma rede de routers, foi construído utilizando os objetos 3D criados no ScketchUp e avatares criados no Makehuman e integrados no Unity 3D. Para além dos já mencionados, foram também utilizados vários componentes 2D/3D disponíveis no Unity, tais como cubos, planos, materiais e outros.

A figura 3.13, mostra um conjunto de routers interligados, já importados e integrados no Unity 3D.

**Figura 3.13: Conjunto de routers integrados no Unity 3D**



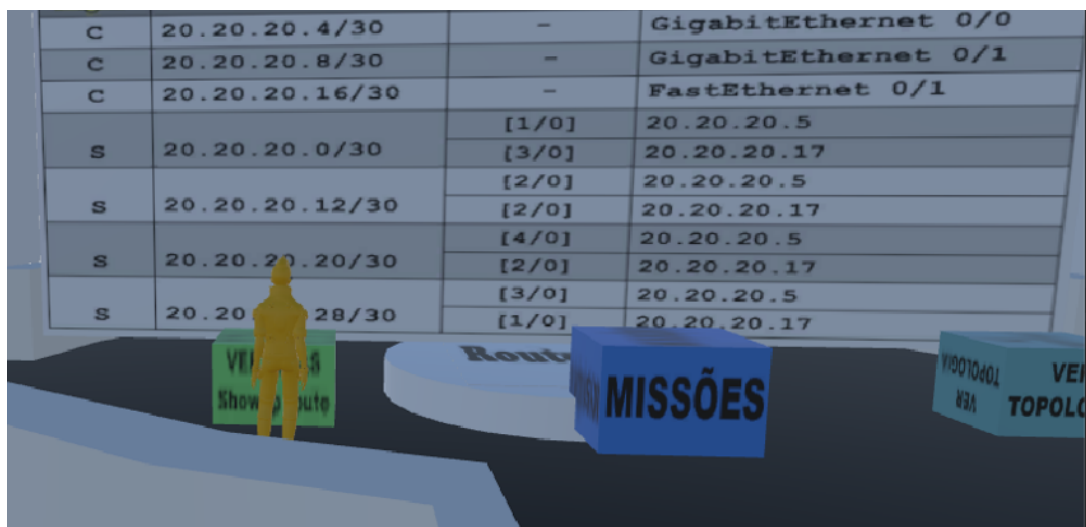
De salientar que a medida que se foi trabalhando na integração dos objetos 3D e das dificuldades de manipulá-los a nível do Unity 3D, surgiu a necessidade de voltar a modelar alguns e adequá-los à estrutura e formato que facilmente podiam ser ajustados no Unity 3D. Assim, os modelos de routers e as respetivas topologias foram sofrendo alterações, tendo-se optado por fazer parte da modelação no próprio Unity 3D.

**Figura 3.14: Avatar por dentro de um router**



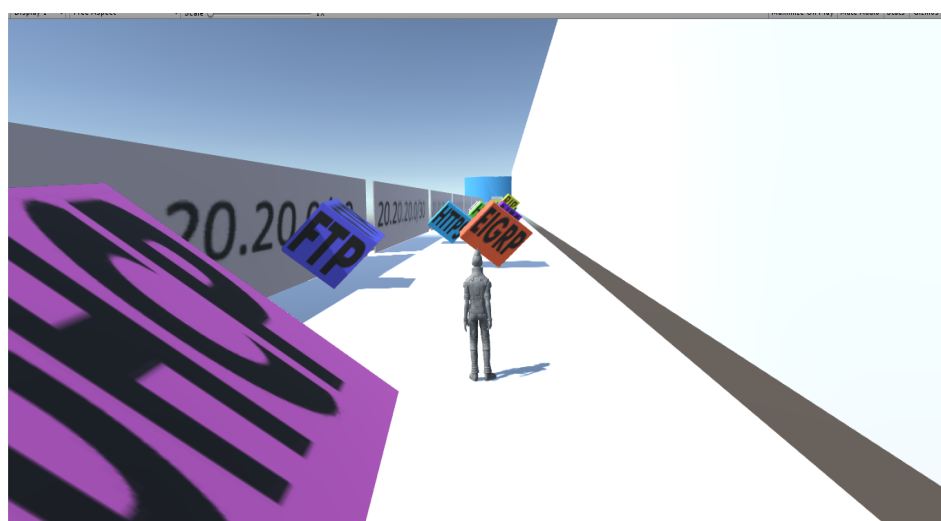
A figura 3.14, ilustra o interior de router criado no SretchUp e integrado no Unity 3D, com um avatar no interior do router um (Router 1), onde o mesmo pode aceder às informações da (interfaces físicas e IP do respetivo router), consultar a tabela de encaminhamento disponível ou resolver os desafios (missões) que lhe forem atribuídas.

**Figura 3.15: Avatar consultando a tabela de encaminhamento**



A figura 3.15 mostra a fase em que o avatar, após ter selecionado o botão “Ver Rotas”, que a posterior lhe é apresentada a tabela de encaminhamento com todas as possíveis rotas, que poderá seguir após receber terminada missão. Neste caso específico, os participantes são desafiados a melhorar as suas competências no âmbito da análise de uma tabela de encaminhamento: identificar rotas, próximos saltos, identificar o caminho mais curto para atingir um determinado destino e a interface física pela qual deverão sair.

**Figura 3.16: Avatar selecionando protocolos**



Na figura 3.16 o avatar está no trecho de conexão entre dois routers. Durante a passagem por este trajeto, o avatar é desafiado a identificar um conjunto de protocolos de determinada camada da arquitetura TCP/IP. Neste caso, específico, foi desafiado a fazê-lo com os protocolos de camada da camada de Internet (IP, ARP, RARP, RIP, OSPF, EIGRP e outros). A medida que o avatar for identificando os protocolos, receberá determinada pontuação em função dos acertos ou erros. Neste contexto do jogo, aproveitam-se os erros que o aluno for cometendo, para que reflita sobre as suas próprias decisões e as aprimore num próximo desafio.

Para melhorar a experiência, foram criados alguns scripts. Vários dos scripts são análogos aos utilizados no jogo sobre a Pilha de Protocolos TCP/IP, por exemplo os scripts para contagem de pontos, para temporização do jogo e outros. Porém, o Mundo Virtual sobre Encaminhamento IP tem características que impuseram ao

autor a criação de scripts específicos, como os scripts para desativar e voltar a ativar uma determinada interface física, o script para mostrar/ocultar a tabela de encaminhamento, o mapa da topologia da rede e outros. Assim em seguida, apresentam-se alguns dos scripts utilizados para codificação do Mundo Virtual.

**Figura 3.17: Script para ativar/desativar uma interface**

```
Users > macbook_pro > Downloads > DefesaFinal > EncaminhamentoFinal1 > Assets > Script > DesactivaGig00.cs
1  using System.Collections;
2  using System.Collections.Generic;
3  using UnityEngine;
4
5  public class DesactivaGig00 : MonoBehaviour
6  {
7      //Obs: Este código está na chave1
8      public GameObject Giga00;
9      private void OnCollisionEnter(Collision Objecto)
10     {
11         if (Objecto.gameObject.CompareTag("Player"))
12         {
13             //Vai destruir a chave
14             Destroy(this.gameObject);
15             //Vai desactivar o objecto Gig0/0
16             DesligarObjecto();
17             //Após do 10 seg, volta a activar
18             Invoke("LigarObjecto", 10);
19         }
20     }
21
22
23     void LigarObjecto()
24     {
25         Giga00.gameObject.SetActive(true);
26     }
27     void DesligarObjecto()
28     {
29         Giga00.gameObject.SetActive(false);
30     }
31 }
```

O script da figura 3.17 é chamado sempre que o avatar colidir com uma interface, permitindo que o a avatar atravesse a interface em causa, no instante que a interface é ocultada e algum tempo depois volta a ser ativada.

Figura 3.18: Script para terminar/temporizar o jogo

```
1 using System;
2 using System.Collections;
3 using System.Collections.Generic;
4 using UnityEngine;
5 using UnityEngine.UI;
6
7 public class GameOver : MonoBehaviour
8 {
9     int ValorInicialDaContagemRegressiva = 180;
10    public Text Temporizador;
11    void Start()
12    {
13        TemporizDaCotangemRegressiva();
14    }
15
16    void TemporizDaCotangemRegressiva()
17    {
18        if (ValorInicialDaContagemRegressiva > 0)
19        {
20            TimeSpan periodTempo = TimeSpan.FromSeconds(ValorInicialDaContagemRegressiva);
21            Temporizador.text = "Tempo Restante: " + periodTempo.Minutes + ":" + periodTempo.Seconds;
22            //Debug.Log("Temporizador : " + ValorInicialDaContagemRegressiva);
23            ValorInicialDaContagemRegressiva--;
24            Invoke("TemporizDaCotangemRegressiva", 1.0f);
25        }
26        else
27        {
28            Temporizador.text = "Game Over! ";
29            //Debug.Log("Game Over");
30            Time.timeScale = 0;
31            GetComponent<AudioSource>().Play();
32            GameObject.FindGameObjectWithTag("Camera").GetComponent<AudioSource>().Stop();
33        }
34    }
35    void Update()
36    {
37    }
38 }
39 }
```

Na figura 3.18, consta o script para temporizar o jogo, que se passados dois minutos, o avatar não realizar a missão que lhe for atribuída, então o mesmo receberá uma mensagem de jogo terminado (game over).

No geral, foram vários scripts criados no mundo virtual em causa, e foram apresentados neste relatório uma parte deles, espera-se no futuro, talvez o transformar num código de acesso livre e então disponibilizar os scripts todos num repositório.

Após concebidos e implementados no Unity 3D, o jogo sobre a pilha de protocolos TCP/IP e o mundo virtual sobre encaminhamento IP foram exportados para o formato WebGL, de modo, a permitir que fossem alojados num servidor web e pudessem ser executados a partir de qualquer navegador.

### 3.4. Configuração do curso no Moodle e integração dos jogos

Neste tópico serão, sucintamente, apresentados os passos seguidos, para configuração e integração do mundo virtual no Moodle. O Moodle, na sua versão 3.7 (três ponto sete) foi instalado na Hostinger, aproveitando o facto da instituição onde o autor do trabalho, dispor de um espaço neste provedor. Para tal foi criado um subdomínio (<http://ar-vr.isced-huila.ed.ao>) no domínio principal da instituição.

**Figura 3.19: Página inicial do minicurso**



Para que os utilizadores possam ter sucesso na utilização do mundo virtual, era imprescindível que se criasse um minicurso que aborda os conhecimentos prévios necessários para se poder entender o jogo e cumprir com êxito as tarefas que lhes serão atribuídas.

Achou-se necessário, antes de avançar com a estruturação dos conteúdos no Moodle, criar um plano dos tópicos a serem lecionados. Assim o curso em causa está estruturado para ser feito em 10 horas, prevendo os seguintes tópicos, segundo a tabela 3.1.

**Tabela 3.1: Programa do minicurso**

<b>Atividade</b>	<b>Tópico</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Duração</b>
1	Tópicos sobre arquitetura de Redes	Rever os conceitos e conjunto de protocolos que compõe as arquiteturas OSI e TCP/IP	2 horas
2	Tópicos sobre endereçamento IP	Revisar os conceitos sobre IP, classes de endereçamento e sub-redes IP.	3 horas
3	Tópicos sobre encaminhamento IP	Conhecer os diferentes tipos de encaminhamento IP (estático e dinâmico), bem como criar competências no âmbito da análise de uma tabela de encaminhamento.	3 horas
3.1	Acesso ao mundo virtual	Consolidar os conhecimentos sobre encaminhamento IP	2 horas

Cada tópico está estruturado com uma apresentação resumo sobre o tema em questão e com o teste para avaliação dos conhecimentos. O acesso ao mundo virtual está condicionado à realização das atividades 1, 2, e 3.

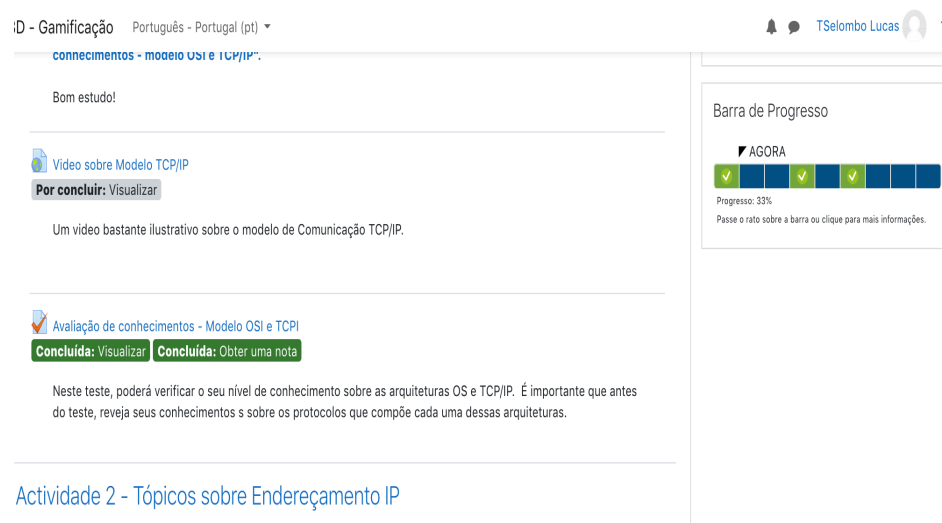
### 3.4.1. Implementação das estratégias de gamificação

Para melhorar a experiência de utilização do Moodle por parte dos participantes como do professor, foram instalados e configurados vários recursos (Plugins disponíveis no Moodle) que visam motivar, dar feedback aos alunos e que também facilitem o trabalho do professor do ponto de vista da monitorização das atividades do curso.

#### Barra de progresso

Foi implementado este recurso do Moodle para que os participantes do curso pudessem ter uma visão clara sobre o seu progresso. Isto é ter informação gráfica e em tempo real sobre as atividades já concluídas e as que tem por concluir. A barra de progresso foi configurada, de forma que a cor verde significa que a atividade já foi concluída e azul, por concluir. O professor, também consegue ter uma visão geral dos participantes que concluíram ou não as atividades programadas, pois, “a Barra de Progresso serve para os professores monitorarem as atividades a serem executadas pelos alunos. Os professores podem seleccionar as atividades ou recursos que desejam monitorar” (Moodle, 2021).

Figura 3.20: Barra de progresso instalada e configurada no Moodle



The screenshot shows a Moodle course page for 'ID - Gamificação' in Portuguese. The main content area contains two activities: a video titled 'Video sobre Modelo TCP/IP' with a 'Por concluir: Visualizar' button, and a quiz titled 'Avaliação de conhecimentos - Modelo OSI e TCP/IP' with 'Concluída: Visualizar' and 'Concluída: Obter uma nota' buttons. On the right side, a 'Barra de Progresso' widget is visible, showing a progress bar with 7 segments: 3 green (completed) and 4 blue (pending). Below the bar, it indicates 'Progresso: 33%' and provides instructions to click on the bar for more information.

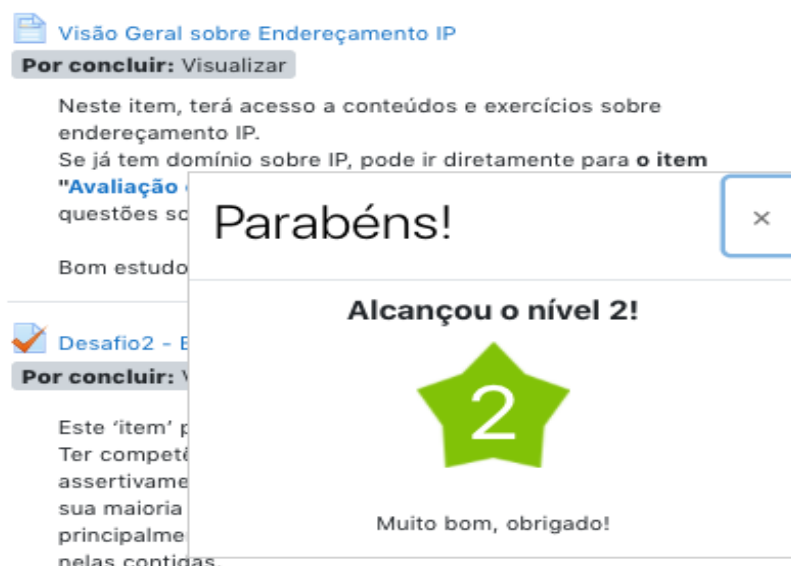
## Level UP

Instalou-se e configurou-se o Level UP por ser um recurso baseado nos princípios da gamificação, onde são utilizadas as dinâmicas de jogos para incentivar e motivar os alunos a realizar as atividades programadas no Moodle.

O Level UP permite que, ao concluir determinada atividade, lhe sejam atribuídos pontos de experiência como recompensa e após atingir determinada pontuação, ele suba de nível até que se alcance o objetivo definido pelo professor (Moodle, 2021).

**Figura 3.21: Mensagem de mudança de nível do LevelUp**

### Actividade 2 - Tópicos sobre Endereçamento IP



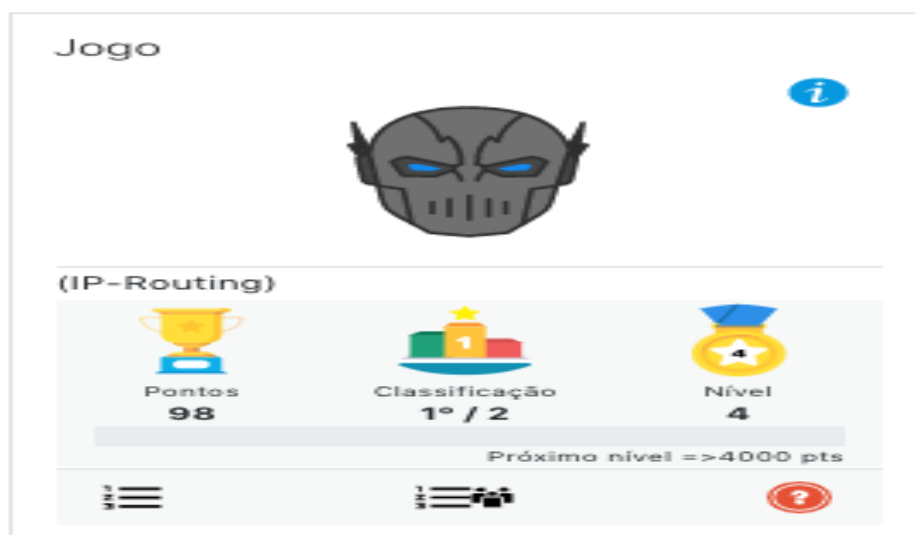
## Block Game

“O objetivo do plugin Block Game é aplicar técnicas de gamificação à plataforma Moodle de uma forma simples e descomplicada. Com o plugin é possível aplicar várias técnicas de gamificação” (Moodle, 2021).

Este plugin oferece um conjunto de recursos de gamificação que oferecem uma experiência educacional única na utilização do Moodle. Esses recursos vão desde

a possibilidade de utilizar um avatar, definição de um ranking que permitirá saber a classificação individual do aluno na plataforma ou curso e a lista de classificados. Ainda possui também os bônus do dia e de emblema, que o jogador receberá diariamente se aceder à plataforma e /ou ao concluir o curso.

**Figura 3.22: Recursos do block game**



Na figura 3.22, pode-se identificar os recursos citados: avatar, o sistema de pontos, a classificação do aluno, o nível que se encontra e outros.

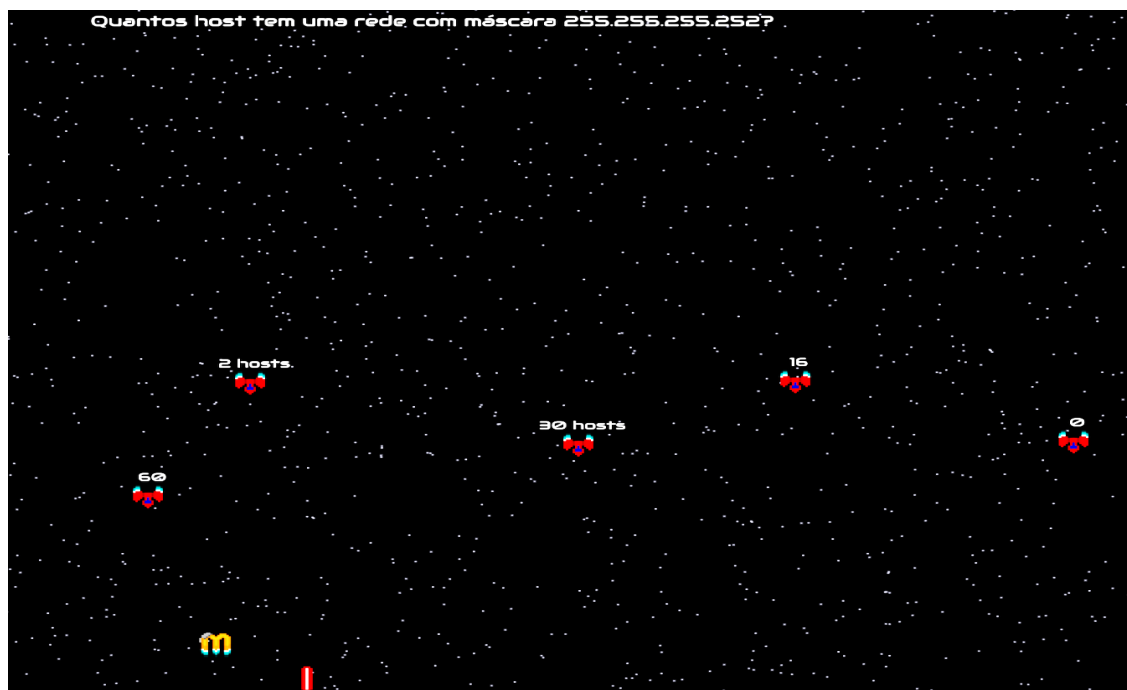
### **QuizVenture e criação do jogo sobre endereçamento IP**

Quizventure é um módulo de atividade que carrega perguntas do tipo múltipla escolha, adicionadas a um questionário, a um ambiente 2D. As respostas possíveis vêm como naves espaciais, podendo o jogador derrubar as naves que representam as opções corretas (Moodle, 2021).

Neste trabalho, foi utilizado este jogo na atividade 2 (<http://ar-vr.isced-huila.ed.ao/mod/quizgame/view.php?id=30>) do minicurso, para que os estudantes pudessem colocar em prática os seus conhecimentos sobre endereçamento IP: Classes de endereçamento, estrutura de um endereço IP e máscaras de sub-redes de classe C. Para tal, foram-lhes colocadas várias questões com respostas fechadas (figura 3.18). Para que a atividade em causa seja dada como concluída,

o jogador deve, no mínimo alcançar 1000 (mil) pontos.

**Figura 3.23: IP Game - Quizventure**



### **3.5. Resumo do Capítulo**

O Capítulo III abordou todo o processo de Desenho e Implementação dos vários contextos virtuais previamente definidos para esta investigação. Foram descritos os passos dados para o desenvolvimento dos jogos sobre a Pilha de Protocolos TCP/IP, sobre Endereçamento IP e o Mundo Virtual 3D sobre encaminhamento IP. Foram neste capítulo, destacados as fases previstas na metodologia DBR, desde a definição dos cenários de cada jogo, a modelação dos objetos que exigiam, a sua integração no Unity 3D e a consequente disponibilização dos referidos contextos virtuais no Moodle, tendo-se aproveitado os vários recursos de gamificação disponíveis no Moodle, como o LevelUP, a barra de Progresso, o Block Game e o Quizventure, que possibilitaram tornar o curso mais atrativo e interativo.



## **CAPÍTULO IV: AVALIAÇÃO**

## **CAPÍTULO IV: AVALIAÇÃO DOS CONTEXTOS VIRTUAIS**

Foram objeto de avaliação, os seguintes contextos virtuais criados durante esta investigação:

1. O jogo virtual 3D sobre Pilha de Protocolos TCP/IP;
2. O jogo QuizVenture sobre endereçamento IP;
3. O protótipo do Mundo Virtual 3D sobre Encaminhamento IP.

Participaram do processo de avaliação 17 (dezassete) estudantes do total de 25 (vinte e cinco) que se inscreveram no minicurso, cuja faixa etária é entre os 18 a 22 anos de idade. Os inscritos são na sua maioria estudantes do curso de Ensino da Informática, do Instituto Superior de Ciências da Educação da Huíla e uma minoria do Curso de Engenharia Informática do Instituto Superior Politécnico Independente – Cristo Rei, estudantes do terceiro ano, ambas instituições do ensino superior situadas na cidade do Lubango, província da Huíla, Angola.

Foi aplicado um inquérito com 7 (sete) questões, disponibilizado na página do minicurso no Moodle. O referido questionário era automaticamente desbloqueado após os participantes realizarem as atividades prévias programadas, para garantir que respondessem às questões, apenas aqueles participantes que de facto tivessem realizado as atividades, pois, estariam em melhores condições de o fazer.

A avaliação contou com apenas uma primeira fase, onde foram avaliados aspetos como imersão, agradabilidade, interação e impacto na aprendizagem.

Cada uma das questões colocadas tinha um objetivo específico bem definido, como mostra a tabela 4.1:

**Tabela 4.1: Questões constantes do questionário**

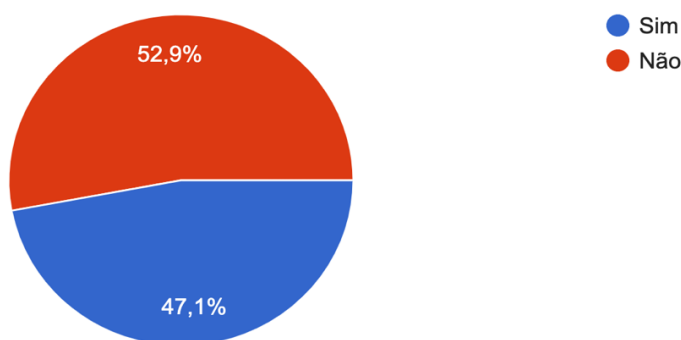
<b>Número</b>	<b>Questão</b>	<b>Objetivo</b>
Q1	Já alguma vez frequentou um curso online?	Traçar o perfil dos participantes em relação a frequência de cursos online.
Q2	Qual é o seu nível de satisfação em relação ao minicurso?	Verificar o nível de satisfação dos participantes, pós jogo.
Q3	De que jogo mais gostou de fazer?	Recolher indicadores sobre os jogos que precisavam de melhorias imediatas.
Q4	Foi fácil utilizar os jogos?	Avaliar a facilidade e adaptabilidade dos jogos disponibilizados.
Q5	No geral, como avalia o nível de interação dos jogos	Saber até que ponto a interação foi um fator importante para os participantes.
Q6	Como avalia o impacto dos jogos efetuados na sua aprendizagem?	Avaliar se de certa forma os participantes melhoraram os seus conhecimentos.
Q7	Como avalia o nível de imersão dos jogos do minicurso?	Avaliar o nível de imersão dos jogos.

#### 4.1. Análise e discussão dos resultados

O questionário teve, como já mencionado acima, um total de 7 (sete) questões fechadas e com objetivos bem definidos (ver anexo II).

**Gráfico 4.1: Respostas a questão 1**

1. Já alguma vez frequentou um curso online?  
17 respostas

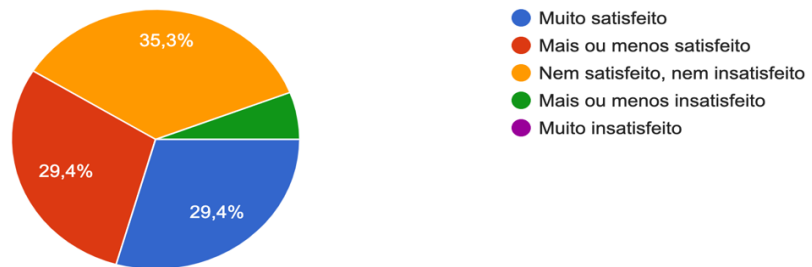


Essa questão foi colocada aos participantes para ter-se, de certa forma, o perfil dos participantes do minicurso, principalmente no aspeto relacionado à frequência de um curso online, pois, aqueles que já tenham frequentado um, possivelmente apresentariam menos dificuldades na exploração do Moodle e das atividades e recursos disponibilizados no curso. Com se pode observar no gráfico, 52,9% dos participantes afirmou nunca ter frequentado um curso online. Neste contexto, pode-se inferir que esses estudantes tenham enfrentado algumas dificuldades na utilização da plataforma e levado mais tempo a adaptar-se.

## Gráfico 4.2: Respostas à questão 2

2. Qual é o seu nível de satisfação em relação ao mini curso?

17 respostas

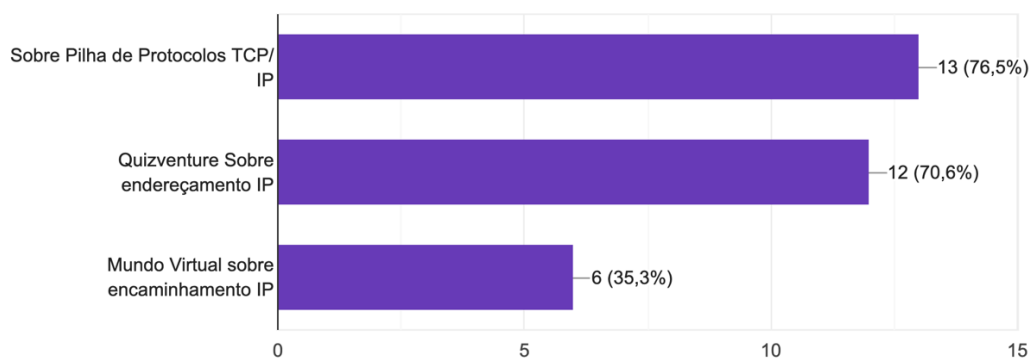


Os dados constantes do gráfico 4.2, levam-nos a concluir que o nível de satisfação é bom, pois temos a maior percentagem distribuída entre as respostas “Muito Satisfeito” que corresponde a 29,4% e “Mais ou menos satisfeito”, que também corresponde a 29,4%, perfazendo um total de 58,8%, contra os 35% que se mostraram praticamente neutros. Porém, há uma minoria que representa 5,9% que se mostrou insatisfeito com o curso, confirmando assim o desafio que se tem de melhorar os jogos e a estruturação do curso em próximos trabalhos.

## Gráfico 4.3: Respostas a questão 3

3. De que jogo mais gostou de fazer?

17 respostas

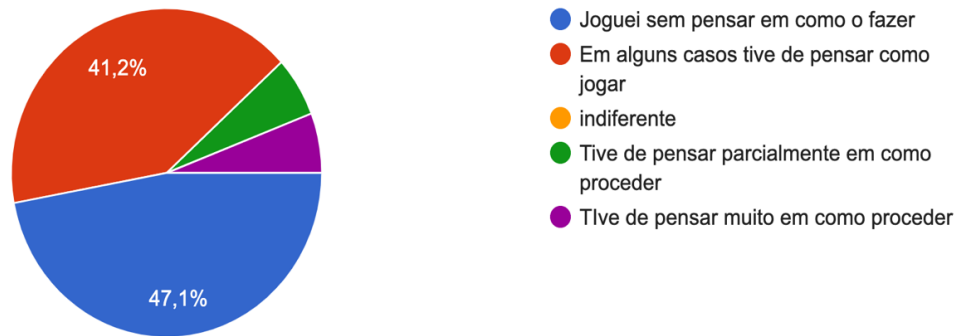


No gráfico 4.3, nota-se que, na opinião dos participantes, os jogos carecem de melhorias, principalmente, o mundo virtual 3D sobre encaminhamento IP que é ainda um protótipo onde várias ideias não foram implementadas, daí ser compreensível, o fato de ter a percentagem mais baixa (35,3%), se comparada aos anteriores. Fica assim, o desafio de implementar novos cenários e recursos para que o mundo virtual seja mais atrativo. Os outros jogos estão numa escala positiva, isto é, 76,5% para o jogo sobre a pilha de Protocolos TCP/IP e 70,6% para o quizventure sobre endereçamento IP.

#### Gráfico 4.4: Respostas a questão 4

4. Foi fácil utilizar os jogos?

17 respostas

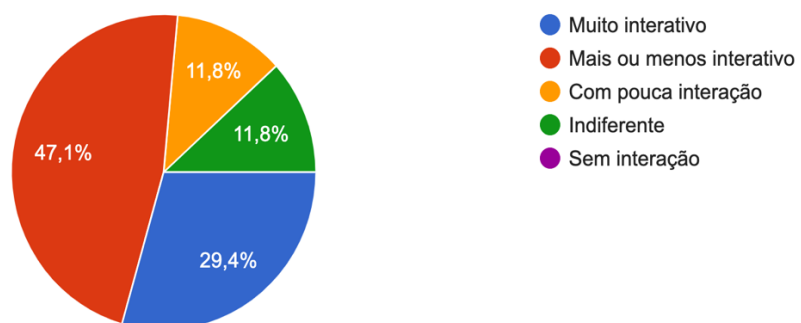


A questão 4, cujos resultados estão representados no gráfico 4.4, tinha como objetivo avaliar a facilidade de uso dos jogos. Esperava-se que os participantes utilizassem os jogos de forma intuitiva, sem ter que pensar muito em como e onde começar. Os dados do gráfico, revelam-nos que 88,3% dos participantes, representados pelas respostas “joguei sem pensar em como o fazer” e “em alguns casos tive de pensar como jogar” utilizou os jogos de maneira intuitiva.

#### Gráfico 4.5: Respostas a questão 5

5. No geral, como avalia o nível de interação dos jogos?

17 respostas

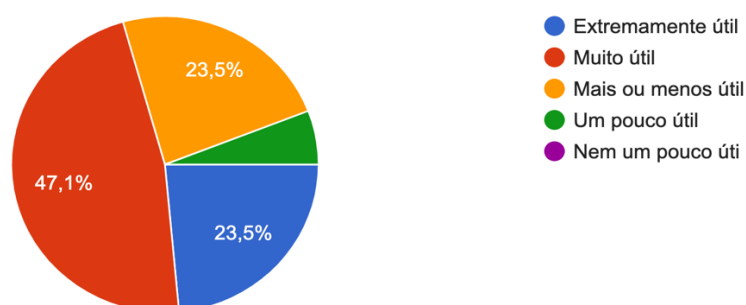


Pelos dados ilustrados no gráfico 4.5, as respostas a questão 5 5, levam-nos a concluir que os jogos possuem um nível de interação aceitável para jogos, pois se vê também, neste caso que a maior percentagem recai para as respostas “Muito interativo” que representa 29,4% e “mais ou menos interativo” que representa 47,1%, perfazendo um total de 76,5%, que se encontra numa escala positiva e assim pode-se considerar, como já dito, de aceitável quanto ao quesito interação.

#### Gráfico 4.6: Respostas a questão 6

6. Como avalia o impacto dos jogos efetuados na sua aprendizagem?

17 respostas

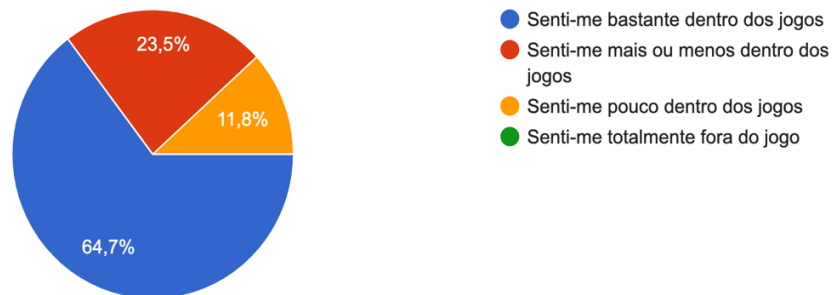


O Propósito da questão 6, era recolher dados sobre a opinião dos participantes, na utilização dos jogos para solidificarem os conhecimentos que possuíam no âmbito das RC e também de gerarem novas aprendizagens através dos atos reflexivos impostos pelos jogos. Pelo gráfico 4.6, é possível perceber que a maioria achou ser muito útil, como espelham as percentagens representadas pelas respostas “extremamente útil” com 23,5% e “Muito útil” com 47,1%, o que perfaz de 70,6%.

### Gráfico 4.7: Respostas a questão 7

7. Como avalia o nível de imersão dos jogos do mini curso?

17 respostas



Avaliar a imersão de um jogo, é de certa forma, difícil. As respostas fechadas para esta questão, foram escritas numa linguagem simples e mais perceptível a participantes leigos, facilitou saber se os participantes se sentiram absorvidos, presentes e se tiveram emoções positivas durante a utilização dos jogos. Como se pode ver no gráfico 4.7, a maior percentagem (64,7%) é atribuída à resposta “senti-me bastante envolvido nos jogos” o que nos leva a concluir que o nível de imersão dos jogos, é no geral aceitável.

#### 4.2. Resumo do Capítulo

No capítulo IV foram apresentados e analisados os resultados do questionário feito aos participantes. No total, responderam ao questionário 17 (dezassete) dos 25 (vinte e cinco) participantes inscritos no curso. O questionário visou recolher a opinião dos participantes sobre aspetos inerentes a agradabilidade, imersão, interação apresentada pelos vários jogos ou contextos virtuais disponibilizados no minicurso, no Moodle, bem como, o impacto dos referidos jogos na solidificação dos conhecimentos de redes e/ou na aprendizagem de novos conceitos, no contexto das redes de computadores. Da análise feita aos dados, pode-se concluir que, de maneira geral, os níveis de agradabilidade, imersão e interação dos jogos são aceitáveis e impactaram positivamente a aprendizagem dos participantes.

## **CAPÍTULO V: CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES**

## **CAPÍTULO V: CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES**

As análises feitas ao longo da investigação, das fases de desenvolvimento e conceção dos contextos virtuais, e os dados obtidos no questionário, servirão de base para as considerações e conclusões finais.

Como já mencionado, neste projeto pretendeu-se implementar contextos (jogos e/ou mundos virtuais) baseados em RV, com foco na gamificação, e garantir que os estudantes possam interagir com os mesmos de forma individual e com os colegas utilizando, fundamentalmente mecanismos de comunicação síncrona; e assim promover a aprendizagem ativa e colaborativa.

Os resultados da avaliação feita aos participantes, permitiu responder às questões de investigação.

Tendo como ponto de partida a primeira questão de investigação: **“É possível encontrar recursos 2D/3D para criar contextos virtuais no âmbito das redes de computadores?”**

A experiência da investigação em causa, mostrou-nos ser possível, com recursos totalmente gratuitos, criar modelos 2D/3D, jogos ou mundos virtuais para apoio ao ensino de várias áreas de conhecimentos, incluindo as redes de computadores. Como se pode ver, ao longo do Capítulo III deste trabalho, foram identificados vários recursos e tecnologias gratuitas, como o SketchUP, o Makehuman e o Unity 3D que permitiram criar modelos 2D/3D que representam recursos de uma rede de comunicação, tais como: routers, interfaces físicas, tabelas de encaminhamento, protocolos de rede, entre outros. Nas questões 3, 4 e 5 do questionário de avaliação, nota-se que as opiniões dos participantes estão numa escala positiva. Na questão 3, 76,5% dos participantes mostraram-se satisfeitos com o jogo sobre a Pilha de Protocolos TCP/IP, que na sua essência utilizou apenas objetos 2D e 3D do próprio Unity, e alguns scripts em C#. Pode-se aqui concluir que com esses recursos, foi possível criar um contexto virtual sobre a arquitetura protocolar TCP/IP, que é um dos conteúdos mais importantes, no âmbito das redes de computadores. Ainda na questão 4, os dados das respostas “joguei sem pensar em

como o fazer” e “em alguns casos tive de pensar como jogar” revelam-nos que 88,3% dos participantes, utilizou os jogos de maneira intuitiva, o que nos leva a concluir que os recursos 2D/3D utilizados representaram corretamente os conceitos de redes envolvidos no jogo.

Quanto à segunda questão de investigação: **“Como utilizar um mundo virtual baseado em RV para desenvolver competências práticas no domínio de Encaminhamento IP?”**

Essa questão foi respondida durante o processo de avaliação, fundamentalmente na questão 6, do questionário de avaliação, onde cerca de 76% dos participantes afirma que a utilização dos contextos virtuais foram úteis para a sua aprendizagem, isto é, durante os jogos ou contextos virtuais, os participantes foram desafiados a melhorar as suas competências no âmbito da análise de uma tabela de encaminhamento: identificação de rotas e próximos saltos, do caminho mais curto para atingir um determinado destino e a respetiva interface física.

A análise e interpretação feita aos dados recolhidos através do questionário aplicado aos participantes do minicurso, levam-nos a concluir que os objetivos inicialmente definidos e que serviram de premissas para o presente trabalho, foram alcançados, tal como, passamos a detalhar abaixo:

O primeiro objetivo **“Caracterizar o processo de ensino e aprendizagem de Redes de Computadores”**, foi alcançado durante o levantamento do estado da arte, onde se pode recolher a opinião de vários autores sobre as principais dificuldades no processo de ensino e aprendizagem de redes de computadores. Segundo os vários autores consultados, os temas sobre endereçamento e encaminhamento IP são dos mais difíceis de se aprender, principalmente pelo facto de serem apenas abordados de forma teórica. Daí a necessidade de serem feitos alguns investimentos para aquisição de laboratórios de especialidade, porém, os altos custos envolvidos na criação de laboratórios de especialidade para redes de computadores, têm motivado o surgimento de laboratórios virtuais para simulação de redes.

Quanto ao segundo objetivo **“Selecionar as Tecnologias de Realidade Virtual”**: No Capítulo III, foram selecionadas e descritas as tecnologias usadas ao longo do projeto. Isso inclui tecnologia para modelação de objetos 2D/3D (SketchUp), para criação de humanoides/avatars (MakeHuman), as linguagens de programação (C#, HTML, CSS), o Unity 3D para desenvolvimento dos jogos em realidade virtual e a plataforma Moodle para criação de um ambiente virtual de aprendizagem.

O terceiro objetivo: **“Identificar a metodologia a utilizar no projeto”**, foi alcançado no Capítulo II, especificamente no ponto 2.6, onde foram descritas as fases para a criação dos contextos virtuais, que consistiu em definir os cenários pedagógicos e as mecânicas de jogo, design e simulação de objetos 2D/3D, criação de todos os elementos 2D/3D fundamentais para os cenários previstos, a configuração da plataforma Moodle num provedor de hospedagem, criteriosamente selecionado e integrar os contextos virtuais, de modo, a tirar-se proveitos dos seus recursos, especialmente os relacionados às estratégias de gamificação.

Quanto ao quarto objetivo: **“Criar os contextos virtuais”**, foi atingido com a criação de 3 (três) contextos virtuais: Um jogo sobre a Pilha de Protocolos TCP/IP totalmente criado no Unity 3D, um jogo sobre endereçamento IP implementado diretamente no Moodle com recurso ao Quizventure, e um mundo virtual para simular um ambiente de encaminhamento IP, que integrou vários objetos 2D/3D criados no SketchUp e a posterior inseridos no Unity 3D. Realçar que os jogos criados foram todos integrados num curso criado no Moodle, onde os participantes do referido curso tiveram a possibilidade de efetuar um auto registo, inscrição no curso e realizar então as atividades disponibilizadas. Como também já mencionado, foram implementados no curso, várias estratégias de gamificação disponíveis no Moodle, tais como: a barra de progresso para que os participantes possam ver a sua evolução de forma gráfica e em tempo real sobre as atividades já concluídas e as que tem por concluir; o LevelUP que permite a atribuição de pontos de experiência como recompensa, que a após atingir determinada pontuação, ele subirá de nível até que seja alcançado o objetivo definido pelo professor.

O quinto objetivo **“Avaliar os contextos virtuais”** foi alcançado com a disponibilização de um questionário Moodle que foi preenchido por 17 (dezassete) dos 25 (vinte e cinco) participantes do minicurso. A avaliação contou com apenas uma primeira fase, onde foram avaliados aspetos como imersão, agradabilidade, nível de satisfação e impacto na aprendizagem.

Participaram do processo de avaliação 17 (dezassete) estudantes do total de 25 (vinte e cinco) que se inscreveram no minicurso. Os inscritos são na sua maioria estudantes do curso de Ensino da Informática, do Instituto Superior de Ciências da Educação da Huíla, uma instituição do ensino superior situada na cidade do Lubango, província da Huíla, Angola.

Foi aplicado um inquérito com 7 (sete) questões, diretamente disponibilizado na página do minicurso no Moodle. O referido questionário era automaticamente desbloqueado após os participantes realizarem as atividades programadas, para garantir que respondessem às questões apenas aqueles participantes que de facto tivessem realizado as atividades, pois, estariam em melhores condições de o fazer. Os dados obtidos levaram-nos à várias conclusões: que 52,9% dos participantes afirmou nunca ter frequentado um curso online e por isso tenham enfrentado algumas dificuldades na utilização da plataforma e levado mais tempo a adaptar-se, foi também possível inferir que o nível de satisfação é bom, pois temos a maior percentagem distribuída entre as respostas: “Muito Satisfeito” que corresponde a 29,4% e “Mais ou menos satisfeito”, que também corresponde a 29,4%, perfazendo um total de 58,8%. Contudo fica o desafio de implementar novos cenários e recursos para que o mundo virtual seja mais atrativo, pois obteve dos participantes uma pontuação de 35%, considerada baixa em relação aos outros que ficaram numa escala positiva, isto é, 76,5% para o jogo sobre a pilha de Protocolos TCP/IP e 70,6% para o quizventure sobre endereçamento IP. No geral os jogos foram fáceis de utilizar, já que, 88,3% dos participantes, representados pelas respostas “joguei sem pensar em como o fazer” e “em alguns casos tive de pensar como jogar” afirmou que utilizou os jogos de maneira intuitiva e que os mesmos possuem um nível de interação aceitável para jogos, pois, vê-se também, neste caso que a maior percentagem recai para as respostas “Muito interativo” que representa 29,4%

e “mais ou menos interativo” que representa 47,1%, perfazendo um total de 76,5%. A imersão também é aceitável, uma vez que, a maior percentagem (64,7%) foi atribuída à resposta “senti-me bastante envolvido nos jogos”.

## **TRABALHOS FUTUROS**

Como qualquer projeto, os desafios são grandes e por vezes impraticáveis num período de tempo limitado, sendo necessário fazer escolhas e definir âmbitos mais contidos para ser possível operacionalizar o projeto dentro dos limites temporais definidos. Assim, ficam sempre ideias e desafios para concretizar em futuras iterações do projeto.

Um deles é a adaptação para sistema multiutilizador do mundo virtual 3D sobre encaminhamento IP, revendo os mecanismos de comunicação síncrona entre os avatares e fazendo a integração com o Moodle, de modo que, entre outras coisas, os nomes de utilizadores do Moodle e login sejam automaticamente associados/atribuídos aos avatares e login no mundo virtual/jogo.

Também se pretende melhorar a interação a nível do protótipo, de forma que a nível do mundo virtual, os participantes recebam desafios adicionais relacionados com o encaminhamento de pacotes IP, enquanto se encontrarem no interior de um router. O objetivo, neste caso será que os participantes, com base na análise que farão da tabela de encaminhamento possam encaminhar um determinado pacote pela interface correta.

A prazo prevê-se melhorar no mundo virtual o mecanismo de pontuação, em função dos desafios assertivamente feitos e o sistema de mensagens de ajuda quando o participante não seja capaz de cumprir devidamente a missão que lhe for atribuída.

Igualmente se prevê, agregar ao mundo virtual mais áreas de conhecimento no âmbito das Redes de Computadores, como segurança em redes, transmissão de dados e outras importantes.

## **BIBLIOGRAFIA**

## BIBLIOGRAFIA

- AL-Bastami, B. G., & Naser, S. S. (2017). Design and Development of an Intelligent Tutoring System for C# Language. *European Academic Sugestion*, 15.
- Alani, M. M. (2014). *Guide to OSI and TCP/IP Models*. Springer.
- Atwater, E., Bocovich, C., Hengartner, U., & Goldberg, I. (2017). *Netsim: Network simulation and hacking for high schoolers*. Workshop on Advances in Security Education. Vancouver, BC: USENIX Association.
- Bazdresch, M. (2018). A small network simulator for learning routing fundamentals. *IEEE*.
- Bazzaza, M. W., & Salah, K. (2015). *Using the Cloud to Teach Computer Networks*. Khalifa University of Science, Technology and Research, UAE.
- Bell, P., Brophy, S. P., Hoadley, C., & Hsi, S. (2003). *Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry*. Educational Researcher.
- Bostan, A. (2015). *Teaching Computer Networks: Theory and Problem Solving*. *Journal of Advances in Computer Networks*.
- Briceno, L., & Paul, G. (2018). *MakeHuman: A Review of the Modelling Framework*. Springer.
- Canals, P. C., & Minguell, M. E. (2018). *gaMoodlification: Moodle al servicio de la gamificación del aprendizaje*. *Campus Virtuales*.
- Cardoso, V. (2015). *3D and the Web: The Last Twenty Years and the Future*. *SciTeclN'15*. Coimbra.
- Carson, D. (2020). *WebGL: Graphics and Animation*. Retrieved 03 2022, from [https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Carson-7/publication/344244517\\_Research-Paper-WebGL](https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Carson-7/publication/344244517_Research-Paper-WebGL)
- Carneiro, N., Machado, A. M., Laureano, C., Cavalcante, R., & Viana, W. (2018). *Net.Aura: Design e Aplicação de um Jogo de Realidade Aumentada no Ensino de Redes de Computadores*. SBC – Proceedings of SBGames. Foz do Iguaçu: Education Track – Full Papers.
- Cavassani, G. (2017). *SkectUp Pro 2016. Ensino prático e didático*. Érica | Saraiva.

- Choi, K.-S. (2019). Virtual Reality Wound Care Training for Clinical Nursing Education: An Initial User Study. IEEE.
- Cruz-Benito, J., Borrás-Gené, O., García-Peñalvo, F. J., Blanco, Á. F., & Therón, R. (2017). Learning Communities in Social Networks and Their Relationship With the MOOCs. IEEE.
- Dangkham, P. (2018). Mobile Augmented Reality on Web-Based for the Tourism Using HTML5 . IEEE.
- Dionisio, J. D., Burn, W. G., & Gilbert, R. (2013). 3D Virtual Worlds and the Metaverse: Current Status and Future Possibilities. ACM.
- Downes, S. (2019). Recent Work In Connectivism. European Journal of Open, Distance and e-Learning .
- Duan, H., Li, J., & Fan, S. (2021). Metaverse for Social Good: A University Campus Prototype. ACM.
- Easterday, M. W., Lewis, D. R., & Gerber, E. M. (2014). Design-Based Research Process: Problems, Phases, and Applications. ICLS 2014 Proceedings (pp. 317-324). Colorado, USA: International Society of Learning Sciences.
- Ferreira, K. H., Lima, R. W., Lima, M. V., & Chaves, J. O. (2013). Laboratório Virtual para o Ensino de Redes de Computadores no Moodle. II Congresso Brasileiro de Informática na Educação.
- Finnan, S. (2018). Educational Game for Forestry - Creating Unity 3D Game . Lapland: Lapland University of Applied Sciences.
- Forouzan, B. A. (2010). Comunicação de dados e Redes de Computadores. São Paulo, Mc Graw Hill: AMGH.
- Freina, L., & Ott, M. (2015). A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives. IEEE.
- Gardeli, A., & Vosinakis, S. (2019). The Effect of Tangible Augmented Reality Interfaces on Teaching Computational Thinking: A Preliminary Study.
- Gené, O. B., Núñez, M. M., & Blanco, Á. F. (2014). Gamification in MOOC: Challenges, Opportunities and Proposals for Advancing MOOC Model. ACM.
- Girvan, C. (2018). What is a virtual world? Definition and classification. Springer.

- Gramajo, M. G., Lezcano, F. T., Lobo, S. G., San Miguel de Tucumán, A., Juarez, G., & Fraga, A. L. (2018). SIMNET: Simulation-based exercises for Computer Network Curriculum through Gamification and Augmented Reality. IEEE.
- Hejlsberg, A., Torgersen, M., Wiltamuth, S., & Golde, P. (2008). *The C# Programming Language*. Washigton: Pearson Education.
- Herpich, F., Nunes, F. B., Voss, G. B., Jardim, R. R., Silva, R. F., & Medina, R. D. (2013). *Jogos Sérios na Educação: Uma Abordagem para EnsinoAprendizagem de Redes de Computadores (Fase I)*. Nuevas Ideas en Informática Educativa. TISE.
- Hofmann, L. (2009). *Learning Through Games*. ACM.
- Jantjies, M., Moodley, T., & Maart, R. (2018). *Experiential learning through Virtual and Augmented Reality in Higher Education*. ACM.
- Kasim, N. N., & Khalid, F. (2016). *Choosing the Right Learning Management System (LMS) for the Higher Education Institution Context: A Systematic Review*. iJET – Volume 11, Issue 6.
- Kauhanen, O., Väättäjä, H., Turunen, M., Keskinen, T., Sirkkunen, E., Uskali, T., Karhu, J. (2017). *Assisting Immersive Virtual Reality Development with User Experience Design Approach*. ACM.
- Kavya Also, L. G. (2016). *Virtual Worlds are highly interactive and also provide immersivity*. IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies (Page 1).
- Kawanishi, C., Hori, Y., & Imai, Y. (2014). *Development of an e-Learning System for IP-routing based Network Education*. IEEE.
- Kawanishi, C., Hori, Y., & Imai, Y. (2018). *Development of an e-Learning System for IP-routing based Network Education*. IEEE.
- Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2012). *Computer Networking, 6th Edition*. USA: Pearson.
- Li, F., Li, D., Zheng, J., & Zhao, S. (2015). *Virtual Experiments for Introduction of Computing: Using Virtual Reality Technology*. IEEE.
- Li, N., & Zhang, B. (2019). *The Design and Implementation of Responsive Web Page Based on HTML5 and CSS3*. IEEE, 4-5.

- Liang, Y. (2018). Digital Circuit Learning System Based on Unity3D. *Pen Journal of Social Sciences*.
- Macedo, P., Zacarias, M. S., & Tribolet, J. (2003). *Técnicas e Métodos de Investigação em Engenharia Organizacional: Projecto de Investigação em Modelação de Processos de Produção*.
- Miajee, R. K. (2018). Network layer: TCP/IP Model. *American International Journal of Sciences and Engineering Research*.
- Moodle. (2019). Moodle. Acedido em Setembro de 2021, Obtido de [https://moodle.org/plugins/block\\_game](https://moodle.org/plugins/block_game).
- Murdock, K. L. (2009). *Google SketchUp and SketchUp Pro 7 Bible*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- Obrenović, Ž. (2011). Design-based research: what we learn when we engage in design of interactive systems. *ACM*.
- P, N. R., & .Y, G. (2018). Comparison of Programming Languages: Review. *International Journal of Computer Science & Communication*.
- Queiroz, A. C., & Tori, R. (2017). Realidade Virtual na Educação: Panorama das Pesquisas no Brasil. VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação.
- Reis, T., Santos, F. G., Valério, J. R., & Aranha, E. H. (2020). Ensino de Redes de Computadores Mediado por Tecnologias Educacionais: um Mapeamento Sistemático da Literatura.
- Ruiz-Martínez, A., Pereñíguez-García, F., Marín-López, R., Ruiz-Martínez, P. M., & Skarmeta-Gómez, A. F. (2013). Teaching Advanced Concepts in Computer Networks: VNUML-UM Virtualization Tool. *IEEE*.
- Saunier, J., Barange, M., & Blandin, B. (2016). Designing Adaptable Virtual Reality Learning Environments. *ACM*.
- Shklar, L., & Rosen, R. (2009). *Web Application Architecture: Principles, Protocols and Practices*. Southern Gate, Chichester: Wiley.
- Siemens, G. (2004). A Learning Theory for the Digital Age. Obtido em 10 de 2020, de <http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism.htm>

- Sreenivasulu, T., Shaheen, H., Himabindu, E., & Rangasamy, R. (2018). Data Communications and Computers Networks. Telangana - India: VSRD ACADEMIC PUBLISHING.
- Stallings, W. (2007). Data and Computer Communications. USA: Pearson Prentice Hall.
- Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. (2011). Redes de Computadores. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- Tseng, S.-S., Yang, S.-H., & Yeh, H.-C. (2016). A review of design-based research. IEEE - 16th International Conference on Advanced Learning Technologies, 1.
- Unity3D. (2019). Unity Documentation. Acedido em Agosto de 2020, Obtido de Unity: <https://docs.unity3d.com/Manual>
- Véstias, M. (2009). Redes Cisco Para Profissionais. FCA.
- Vijayakumar, S. (2020). Gamification through Moodle to enhance vocabulary learning. Journal Of Critival Reviews.
- Voss, G. B. (2014). TCN5 - Teaching computer networks in a free immersive virtual environment. Santa Maria, RS, Brasil.
- Voss, G. B., Nunes, F. B., Oliveira, T. B., & Medina, R. D. (2013). TCN5 Desenvolvimento de um laboratório virtual de redes de computadores sensível ao contexto.
- Voss, G. B., Oliveira, V., Nunes, F. B., Herpich, F., Medina, R. D., & Bercht, M. (2014). Construção e Análise de um Mundo Virtual 3D para o Ensino e Aprendizagem de Redes de Computadores. III Congresso Brasileiro de Informática na Educação.
- Wang, D. (2017). Gamified Learning through unity 3D in visualing environments. The Natural Computing Applications Forum. Springer.
- Wei, X., & Jianping, Z. (2011). Functional design of the virtual learning community based on the connectivism learning theory . IEEE.
- Wyk, E. v., & Villiers, R. d. (2014). Applying design-based research for developing virtual reality training in the South African mining industry. ACM.

- Xiong, Z.-g., Zhang, X.-m., Xue-wen Xia, Y. X., & Chen, J.-x. (2010). Research on Experiment Teaching of "Computer Network" in Local University. 2nd International Conference on Education Technology and Computer (ICETC) (Page 1).
- Yu-Che, H., & Yi-Ru, C. (2019). The Study of Virtual Reality Product Design in Education Learning. IEEE.
- Yu, L., & Zhang, W. (2010). Failure Case Study: an Instructive Method for Teaching Computer Network Engineering. IEEE.
- Zhamanov, A., & Sakhiyeva, Z. (2015). Implementing Flipped Classroom and Gamification teaching methods into Computer Networks subject, by using Cisco Networking Academy. IEEE.
- Zorzal, E. R., Cardoso, A., Kirner, C., & Jr., E. A. (2015). Visualização de Dados Relativos a Redes de Computadores Usando Realidade Virtual e Aumentada. ATIRA - Ambientes Temáticos e Interativos em Realidade Aumentada.

## **ANEXOS**

## **ANEXOS**

### **ANEXO I: Questionário de Avaliação**

Caríssimos,

Obrigado pela sua participação neste minicurso. O objetivo deste pequeno questionário é avaliar o minicurso feito no Moodle sobre Redes de Computadores, fundamentalmente sobre os jogos nele disponibilizados, nomeadamente o jogo sobre a Pilha de protocolos TCP/IP, o jogo sobre Endereçamento IP e sobre o Mundo Virtual 3D sobre encaminhamento IP.

#### **Questões**

**1. Já alguma vez frequentou um curso online?**

- Sim
- Não

**2. Qual é o seu nível de satisfação em relação ao minicurso?**

- Muito satisfeito
- Mais ou menos satisfeito
- Nem satisfeito, nem insatisfeito
- Mais ou menos insatisfeito
- Muito insatisfeito

**3. De que jogo mais gostou de fazer?**

- Sobre Pilha de Protocolos TCP/IP
- Quizventure Sobre endereçamento IP
- Mundo Virtual sobre encaminhamento IP

**4. Foi fácil utilizar os jogos?**

- Joguei sem pensar em como o fazer
- Em alguns casos tive de pensar como jogar
- indiferente
- Tive de pensar parcialmente em como proceder
- Tive de pensar muito em como proceder

**5. No geral, como avalia o nível de interação dos jogos?**

- Muito interativo
- Mais ou menos interativo
- Com pouca interação
- Indiferente
- Sem interação


**6. Como avalia o impacto dos jogos efetuados, na sua aprendizagem?**

- Extremamente útil
- Muito útil
- Mais ou menos útil
- Um pouco útil
- Nem um pouco útil



**7. Como avalia o nível de imersão dos jogos do minicurso?**

- Senti-me bastante envolvido nos jogos
- Senti-me mais ou menos envolvido nos jogos
- Senti-me pouco envolvido nos jogos
- Senti-me totalmente fora do jogo



## ANEXO II: Comentários de alguns participantes

-  **Diga-nos como foi a experiência.**  
by [Site Owner](#) - Thursday, 21 October 2021, 4:45 PM



Achou o curso agradável. Os jogos disponibilizados foram interessantes, pude colocar seus conhecimentos em prática ou aprender algo novo?

[Permalink](#) [Edit](#) [Delete](#) [Reply](#)
-  **Re: Diga-nos como foi a experiência.**  
by  Thursday, 21 October 2021, 5:31 PM

A experiência foi agradável e interessante. Apesar de no Mundo Virtual ter ficado um pouco perdida.  
Esperando ansiosamente pelas próximas versões dos jogos

[Permalink](#) [Show parent](#) [Edit](#) [Split](#) [Delete](#) [Reply](#)
-  **Re: Diga-nos como foi a experiência.**  
by  Thursday, 21 October 2021, 5:40 PM

Foi interessante ver que existem outras formas de aprender sobre Redes de Computadores. Obrigado pelo convite.


[Permalink](#) [Show parent](#) [Edit](#) [Split](#) [Delete](#) [Reply](#)
-  **Re: Diga-nos como foi a experiência.**  
by  Thursday, 21 October 2021, 5:50 PM

A experiência foi desafiante.  
Como estudante senti-me desafiada a também produzir ambiente de aprendizagem que possam contribuir para melhor formação homem.

[Permalink](#) [Show parent](#) [Edit](#) [Split](#) [Delete](#) [Reply](#)



**Parecer Sobre os jogos**

t,  Thursday, 21 October 2021, 12:08 PM

Foi bom ter experimentado outras formas de aprender sobre a pilha de protocolos TCP/IP e sobre endereçamento IP. Aprendi de forma divertida e descontraída.

Desejamos que o projecto não pare por aqui.

Parabéns!

[Permalink](#) [Edit](#) [Delete](#) [Reply](#)



**Re: Parecer Sobre os jogos**

t,  - Thursday, 21 October 2021, 3:36 PM

Concordo Alberto.

Para mim, foi mais interessante o jogo sobre endereçamento IP. Foi bom, pois pude exercitar os meus conhecimentos de uma forma divertida e descontraída

[Permalink](#) [Show parent](#) [Edit](#) [Split](#) [Delete](#) [Reply](#)