

TCN⁵ - Teaching Computer Networks in a Free Immersive Virtual Environment

Gleizer Bierhalz Voss¹, Roseclea Duarte Medina (Orientadora)¹

¹Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
CEP – 97.105-900 – Santa Maria – RS – Brasil
Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI)

{gleizer, rose}@inf.ufsm.br

Abstract. *Teaching technical themes in the area of Computer Networks (CN) involves difficult concepts to be understood in the traditional educational way. This paper presents the development of an immersive virtual environment for teaching CN that uses learner context information. An exploratory research with a case study was performed in order to verify whether the use of an immersive virtual environment can facilitate and/or improve the process of learning this discipline. The results obtained during the evaluation with 25 students accomplished the desired expectations, an indication that the environment helped, at least in part, to the construction of knowledge of this group, despite the limitations and difficulties encountered during its development.*

Resumo. *O ensino de temas técnicos na área de Redes de Computadores (RC) envolve conceitos difíceis de serem entendidos na forma pedagógica tradicional. Este artigo apresenta o desenvolvimento de um ambiente virtual imersivo para o ensino de RC que trata informações de contexto do aluno. Uma pesquisa exploratória com estudo de caso foi realizada a fim de verificar se a utilização desse ambiente poderia facilitar e/ou melhorar o processo de aprendizagem dessa disciplina. Os resultados da avaliação realizada por uma turma de 25 alunos atenderam as expectativas, dando indícios de que o ambiente auxiliou na construção do conhecimento dos alunos, apesar das limitações e dificuldades encontradas durante o seu desenvolvimento.*

1. Introdução

A evolução tecnológica nas últimas décadas tem modificado os mais diversos setores da sociedade (e.g., indústria, comércio, agricultura, entre outros). Na área educacional, essas diferentes tecnologias permitem a criação de novas formas de ensinar, de comunicar e de representar conhecimento, beneficiando-se das vantagens que estes recursos tecnológicos têm a oferecer nessa área pedagógica [Voss et al. 2012].

Considerando mais especificamente a área educacional de Redes de Computadores, parte-se do pressuposto, de que ensinar e aprender redes é um processo bastante penoso, principalmente em razão dos conteúdos, que são intrinsecamente extensos e complexos [Rauen 2003]. Ao mesmo tempo, há uma carência com relação à disponibilização de “laboratórios tradicionais de redes” com equipamentos e ferramentas adequadas para complementar a formação teórica dos alunos e contribuir para o processo de construção do conhecimento [Rauen 2003, Hassan 2003, Medina 2004].

Uma maneira de suprir essa carência é a utilização de laboratórios virtuais de redes, que permitem a realização de atividades práticas e a interação com equipamentos, simulações e conteúdos de redes, além de agregar o diferencial da flexibilidade de tempo e espaço proporcionada por essa tecnologia. Além disso, atualmente têm crescido a utilização de ambientes imersivos para educação (ou mundos virtuais), que conforme Amaral et al. [2012], destacam-se por proporcionarem experiências de imersão fortemente realísticas, que envolvem e despertam nos estudantes a sensação de estarem dentro do ambiente virtual, permitindo o desenvolvimento de atividades práticas semelhantes às realizadas em ambientes reais.

Do mesmo modo, observa-se um aumento nas pesquisas relacionadas à interconexão entre os mundos virtuais e os ambientes virtuais de aprendizagem [Carmo 2013, Silva 2012, Livingstone et al. 2011, Morgado 2011]. A interoperabilidade desses ambientes permite uma nova forma de condução do processo de ensino e aprendizagem, mais atraente, com inúmeras funcionalidades interativas, ampliando e modificando o contexto educacional atual [Carmo 2013].

Neste sentido, este trabalho almeja criar uma alternativa para aprimorar o ensino de Redes de Computadores por meio da construção e utilização de um ambiente virtual imersivo integrado a um ambiente virtual de aprendizagem que considera e trata características de *context-aware computing*. O ambiente TCN⁵ (lê-se TCN FIVE, acrônimo para **T**eaching **C**omputer **N**etworks in a **F**ree **I**mmersive **V**irtual **E**nvironment) tem como objetivo proporcionar uma aprendizagem significativa dos conceitos e situações envolvidas nesta área tão complexa e dinâmica, que exige cada vez mais dos profissionais que nela atuam.

Para o desenvolvimento do TCN⁵, foram utilizados e aprimorados outros projetos desenvolvidos no grupo de pesquisa do autor, conforme será descrito ao longo do texto. Além disso, foram empregados recursos tecnológicos abertos e gratuitos.

2. Trabalhos Relacionados

Muitas propostas para a utilização de laboratórios virtuais têm sido desenvolvidas com o objetivo de melhorar o processo de ensino-aprendizagem, da mesma forma, é crescente a utilização de ambientes virtuais imersivos na área educacional. Para o desenvolvimento desta pesquisa, alguns trabalhos foram analisados a fim de utilizar o conhecimento adquirido a partir da experiência desses estudos tanto para a formulação da proposta inicial quanto para a construção do ambiente.

Semelhante à proposta deste trabalho, Medina [2004], Hassan [2003] e Pinheiro e Filho [2005], apresentam laboratórios virtuais voltados ao ensino de redes de computadores utilizando realidade virtual.

Amaral et al. [2012] apresentam um laboratório para o ensino de Geometria e Silva [2012], apresenta um jogo sério que aborda a área de teste de *software*. Ambos diferentes da proposta deste trabalho, que é voltada para o ensino de redes, no entanto os autores abordam os conceitos de ambientes virtuais imersivos e utilizam o OpenSim, mesma tecnologia utilizada nesta proposta.

Já o trabalho de Thompson e Irvine [2011] é voltado predominantemente para o ensino de segurança, embora aborde alguns conceitos fundamentais de redes, além disso,

é um jogo sério onde a interação se dá apenas entre o jogador e o jogo, ao contrário dessa proposta onde um dos objetivos é motivar a interação entre os alunos dentro do mundo virtual por meio de seus avatares.

Diferente dos trabalhos apresentados, a proposta do trabalho desenvolvido foi construir um ambiente virtual imersivo, que implementa e trata as diversas informações de contexto do aprendiz (e.g., tecnologia utilizada, estilo cognitivo e qualidade do contexto) oferecendo assim uma experiência individualizada e diferenciada de aprendizagem.

3. Fundamentação Teórica

Esta seção tem como objetivo identificar os principais conceitos relacionados à utilização de ambientes virtuais de aprendizagem e da tecnologia dos ambientes virtuais imersivos no apoio aos processos de ensino e aprendizagem. Com base nisso, prover um embasamento teórico para o desenvolvimento do TCN⁵.

A falta de laboratórios específicos para o ensino de RC aliada à dificuldade para a produção de textos e outros recursos didáticos são alguns problemas enfrentados no ensino dessa disciplina [Rauen 2003, Hassan 2003, Medina 2004]. Entretanto, utilizando tecnologias digitais é possível facilitar o aprendizado do aluno com atividades, simulações e exercícios que complementam a fixação dos assuntos abordados [Voss et al. 2012]. Como exemplos destas tecnologias, citam-se: Simuladores, Laboratórios Virtuais, Jogos Sérios e Ambientes Virtuais Imersivos.

Com relação aos Ambientes Virtuais Imersivos ou Mundos Virtuais (MV), o paradigma de educação imersiva tem como objetivo disponibilizar espaços 3D onde o estudante pode transitar e vivenciar experiências em um ambiente altamente interativo [Orgaz et al. 2012]. O MV permite ainda que o usuário desenvolva tarefas, como manipulação de experimentos, porém sem o risco das consequências inerentes às mesmas atividades quando realizadas em laboratórios reais [Voss et al. 2013b].

As plataformas de MV disponibilizam um espaço virtual compartilhado por vários usuários, proporcionando ferramentas de produção de conteúdo focadas nas características ou necessidades dos usuários finais, não dos especialistas, mas que, ainda assim, são usadas por alguns especialistas para produção de espaços complexos [Morgado 2011]. Como exemplo destacam-se: OpenSimulator¹, Second Life² e OpenWonderland³.

Para o desenvolvimento do TCN⁵ optou-se por utilizar a plataforma OpenSimulator (ou OpenSim), que é um servidor multi-plataforma de código aberto e multi-usuários de aplicações 3D [OpenSim 2013]. Essa escolha se deu principalmente por: possibilitar a integração com o AVA Moodle; ser uma solução amplamente conhecida, gratuita e *open source*; estar totalmente consolidada e contar com uma ampla comunidade de usuários e desenvolvedores; permitir acesso via dispositivos móveis; entre outros. Além disso, outros trabalhos desenvolvidos no grupo de pesquisa do autor utilizam essa ferramenta, consequentemente possibilitando uma curva de aprendizagem menor, maior colaboração, resolução de dúvidas, além da integração entre as aplicações construídas.

A interface gráfica do MV é visualizada por meio de um *viewer*, no qual o usuário

¹Disponível em: http://opensimulator.org/wiki/Main_Page

²Disponível em: <http://secondlife.com/>

³Disponível em: <http://openwonderland.org/>

poderá interagir e realizar suas atividades. Esses visualizadores estabelecem a conexão com o mundo virtual e permitem a interação do usuário, através de seus avatares com os objetos e elementos fornecidos pelo MV [Nunes et al. 2013]. Entre os *viewers* mais populares estão o Imprudence e o Firestorm.

Outra facilidade disponibilizada pelas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) como ferramentas de apoio ao ensino consiste na integração entre os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) e os MV. A interoperabilidade desses ambientes torna-se fundamental, na medida em que agiliza e facilita a navegação e a exploração de ambos, sem a necessidade de abrir várias janelas, deixando o aluno com o sentido de um ambiente único de trabalho. Para realizar a integração destas duas tecnologias, ambientes virtuais de aprendizagem e mundos virtuais, a solução escolhida para ser utilizada neste trabalho foi o Sloodle. A tecnologia do Sloodle (*Simulation Linked Object Oriented Dynamic Learning Environment*) permite realizar a integração dos recursos do Moodle com os mundos virtuais, tanto o Second Life quanto o OpenSim. Para isso, adiciona diversas extensões de módulos funcionais, que são utilizados no mundo virtual pelos usuários.

Já com relação à computação sensível ao contexto, de acordo com Satyanarayanan [2001], deve estar ciente do estado do usuário e seus arredores, e deve modificar o seu comportamento com base nesta informação. Neste sentido, para tentar melhorar a aprendizagem dos alunos, o presente trabalho propõe analisar os dados obtidos por meio da interação dos alunos com o sistema, a fim de adequar o ambiente aos diferentes tipos de contexto (e.g., cognitivo e tecnológico).

4. Método de Pesquisa

O delineamento da pesquisa desenvolvida na dissertação, em sua dimensão mais ampla, pode ser classificada em pesquisa exploratória com estudo de caso [Gil 2002, Yin 2005]. O objetivo do estudo de caso foi verificar se a utilização de um ambiente virtual imersivo pode facilitar/melhorar o processo de aprendizagem da disciplina de Redes de Computadores, por meio da integração de recursos em conjunto com um AVA que trata informações de contexto dos alunos.

O trabalho foi continuidade de pesquisas realizadas no Grupo de Redes e Computação Aplicada (GRECA) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mais especificamente, considerando os trabalhos de Mozzaquatro [2010], que desenvolveu o SEDECA (Sistema para Diagnosticar Estilos de Aprendizagem), visando realizar a adaptação do AVA Moodle em função do estilo cognitivo do aluno e Piovesan [2011], que criou o U-SEA (Sistema de Ensino Adaptado Ubíquo), ao mesmo tempo, é uma integração com o trabalho de Nunes [2014], o qual teve por objetivo desenvolver um ambiente virtual de aprendizagem ubíquo, onde é realizado o tratamento da Qualidade do Contexto (QoC) e que foi desenvolvido concomitantemente à esse trabalho no mesmo grupo de pesquisa do autor.

Em suma, foram seguidas as seguintes etapas para o desenvolvimento do trabalho:

1. Em um primeiro momento foi definida a infraestrutura tecnológica (i.e., *hardware* e *software*);
2. No segundo momento, após a instalação das ferramentas, foi realizada a preparação dos ambientes, tanto o ambiente virtual de aprendizagem, com a adição

dos materiais de ensino (e.g., textos, vídeos, slides, etc.) quanto o ambiente virtual imersivo, onde além dos materiais de ensino citados anteriormente, também foram adicionados os objetos que compunham o ambiente (e.g., prédios, móveis, equipamentos, etc.). Ao mesmo tempo, foram adicionados os objetos do Sloodle que permitem a integração entre essas duas tecnologias (Moodle e OpenSim);

3. No terceiro momento, foram realizados testes relacionados à infraestrutura tecnológica (i. e., escolha do *viewer* e testes em dispositivos móveis);
4. No quarto momento, o TCN⁵ foi submetido à utilização por parte dos alunos da disciplina de RC do Curso de Ciência da Computação da UFSM, onde foi observada a interação dos alunos com o ambiente. Da turma constituída de um total de 40 alunos, 25 se propuseram a participar da avaliação. Para avaliar o conhecimento da turma com relação ao tópico “Segurança em Redes de Computadores” foram aplicados um pré e um pós teste, por meio da elaboração de mapas conceituais. Já para verificar a percepção dos alunos com relação ao ambiente construído e verificar a usabilidade do ambiente, foi adotado o questionário *System Usability Scale* (SUS), proposto por John Brooke [Brooke 1996];
5. Por fim, foi feita a análise dos dados obtidos durante a validação do TCN⁵. Essa análise dos dados foi realizada por meio de estatística descritiva.

5. TCN⁵ - Desenvolvimento

A construção do TCN⁵, teve como objetivo conceber um ambiente virtual imersivo com características *decontext-aware computing*, considerando a contribuição de um conjunto de trabalhos desenvolvidos no grupo de pesquisa do autor. Teve, portanto, o desafio de reunir as contribuições desses trabalhos e tratá-las, considerando as especificidades de um ambiente virtual imersivo. A implementação do TCN⁵ se apoiou em quatro elementos principais, são eles: o OpenSim, o Moodle, o Sloodle e o WampServer (Figura 1).

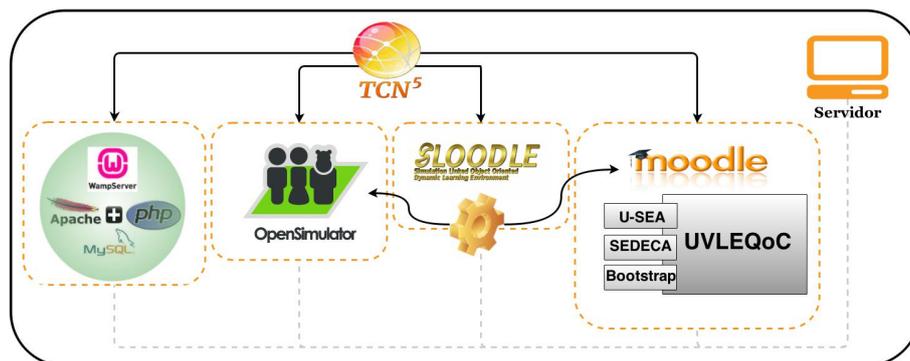


Figura 1. Arquitetura de implementação do TCN⁵

O Moodle fornece um espaço de interação entre alunos e professores, possibilitando que diversos recursos sejam adicionados (e.g., questionários, glossário, *chat* e tarefas). A escolha do Moodle se deu principalmente por ser uma solução *open source*, amplamente conhecida, gratuita e já consolidada pela comunidade acadêmica. Além disso, é o ambiente oficial utilizado pela instituição de pesquisa. O Sloodle foi utilizado para prover a integração entre o OpenSim e o Moodle possibilitando que as atividades criadas no AVA sejam realizadas pelos estudantes, mesmo estando “imersos” no mundo virtual.

Já o WampServer provê as tecnologias do Apache, PHP e MySQL, necessárias para implementar o ambiente virtual imersivo, criando um servidor local para rodar as demais aplicações e armazenar as informações no banco de dados.

Para viabilizar a integração dessas tecnologias, foi necessário instalar, configurar e adicionar os módulos adaptados à versão tradicional do ambiente virtual de aprendizagem (AVA) Moodle. Essa nova versão foi composta pelos seguintes módulos: SE-DECA [Mozzaquatro 2010], U-SEA [Piovesan 2011], UVLE_QoC [Nunes 2014] e Bootstrap Theme⁴.

O OpenSim é a principal ferramenta do trabalho, é por meio dele que se dá a integração das demais tecnologias. Nesta plataforma foi construído o espaço tridimensional (3D) onde foram disponibilizadas as 5 regiões do ambiente. Foi criada uma região central denominada “Redes” e ao redor dessa, como vizinhas, foram criadas mais quatro regiões de acordo com os estilos cognitivos indicados por Mozzaquatro [2010] (i.e., Divergente, Holista, Serialista e Reflexivo).

Após a criação das regiões, deu-se início à construção dos objetos no mundo virtual. Para que seja possível visualizar o mundo virtual, é necessário utilizar um *viewer* (ou visualizador) que representa de forma gráfica o OpenSim. Para a maior parte da construção do ambiente, foi utilizado o *viewer* Firestorm. Para permitir a interação com aplicações *web* (e.g., vídeos, simuladores, acesso à máquinas virtuais, entre outros) dentro do próprio mundo virtual, foi utilizada a inserção de mídias. Uma das aplicações instaladas e utilizadas foi o simulador de redes SiReViW⁵ (Simulador Rede Virtual para Web 2.0), Figura 2(a), um *software* que auxilia no aprendizado e na montagem de projetos de RC, fornecendo aos alunos uma visão de como funcionam as redes, a interligação e a interação entre elas, contribuindo para o aprendizado dos mesmos [Da Silva 2009].

Também foi montado um ambiente de virtualização, contendo um total de 25 máquinas virtuais disponíveis aos alunos, executando o sistema operacional Kali Linux e duas máquinas virtuais rodando versões defasadas do Windows (98 e Millenium), consequentemente apresentando inúmeras vulnerabilidades. Assim, os estudantes por meio das ferramentas disponíveis na distribuição Kali poderiam explorar e/ou tentar proteger o seu sistema dessas vulnerabilidades, construindo os conceitos sobre segurança de forma prática.

Por fim, a construção e distribuição dos materiais de cada uma das regiões do TCN⁵ seguiu os indicadores para adaptação aos estilos cognitivos conforme recomendado por Mozzaquatro [2010]. Em todas as regiões foram disponibilizados os recursos de *chat*, mensagem e fórum. Dessa forma, o conteúdo disponibilizado na região “Divergente” por exemplo, foi organizado em formato de tópicos e predominantemente por meio de *links* dispostos em páginas *web* disponíveis nos computadores que foram alocados na região. E ainda, as imagens foram organizadas em forma de gráficos e diagramas (Figura 2(b)).

6. Resultados

Resumidamente, os principais resultados do desenvolvimento do TCN⁵ podem ser definidos como: (i) Análise comparativa e seleção de *Viewers*; (ii) Acesso ao TCN⁵ via

⁴Disponível em: <http://getbootstrap.com/2.3.2/index.html>

⁵Disponível em: <http://sourceforge.net/projects/simuredevirtual/files/>



(a) SiReViW sendo acessado dentro do TCN5

(b) Divergente

Figura 2. Imagens do TCN⁵

dispositivos móveis; e (iii) Avaliação do ambiente.

A **análise comparativa e seleção de Viewers** buscou esclarecer e demonstrar os aspectos relacionados ao funcionamento dos *viewers*, suas vantagens e desvantagens, com o intuito de apontar as principais características de cada um. Todavia, é necessário analisar mais profundamente as especificidades de cada caso para decidir qual visualizador utilizar, levando em consideração aspectos de processamento, recursos disponibilizados e tipos de arquivos suportados. Os resultados dessa análise estão disponíveis em [Nunes et al. 2013].

Já o **acesso ao TCN⁵ via dispositivos móveis** resultou em um estudo de caso mostrando a utilização das principais ferramentas disponíveis atualmente (e.g., Moodle, OpenSim, Sloodle, entre outras), identificando alguns pontos positivos (e.g., adaptação aos dispositivos, flexibilidade de acesso, entre outros) e negativos (e.g., limitações da rede 3G, alta exigência de processamento, entre outros) das mesmas [Voss et al. 2013a]⁶.

Por fim, a **avaliação do ambiente** se deu por meio tanto do questionário SUS, adotado para o teste de usabilidade, quanto dos mapas conceituais utilizados para avaliar o conhecimento dos alunos no pré e pós-teste. O tipo de estudo utilizado na validação, pode ser definido como “Não-Experimental”, ou seja, foi utilizado um único grupo e a distribuição dos participantes foi realizada de forma não aleatória [Trochim 2006]. Ainda, com o objetivo de auxiliar e efetivar a aprendizagem dos alunos, as atividades propostas foram fundamentadas por um Arquitetura Pedagógica (AP) [Behar et al. 2009].

Para verificar a percepção dos alunos com relação ao ambiente desenvolvido, foi aplicado um teste de usabilidade após a interação dos mesmos com o TCN⁵. O questionário adotado foi o *System Usability Scale* (SUS), proposto por John Brooke [Brooke 1996]. O SUS é uma escala de usabilidade simples, composto por dez itens. Para cada item é utilizado uma escala Likert de 5 pontos, dando uma visão global da avaliação de usabilidade. Após obter a pontuação SUS para cada aluno, foi realizada a soma destes valores e obtida a pontuação média SUS (\bar{x}) = **69,2**. Considerando a escala apresentada por Bangor et al. [2009], no qual foram definidas escalas adjetivas de classificação para avaliar o valor obtido, variando de “Pior imaginável” à “Melhor Imaginável” (0 à 100),

⁶Os resultados desse estudo de caso resultaram no artigo publicado no XXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2013), o qual obteve o prêmio de 3º melhor trabalho do evento.

a classificação obtida corresponde ao adjetivo “Bom” (*Good*). No entanto, considerando as médias “aparadas”, ou seja, desconsiderando os resultados discrepantes (*outliers*), a classificação obtida passou de “Boa” (*Good*) (69,2 pontos) para “Excelente” (*Excellent*) (75,0 pontos).

Além disso, para obter evidências da aprendizagem dos alunos como resultado da utilização do TCN⁵, foi solicitado aos mesmos que elaborassem mapas conceituais. Para a avaliação desses mapas foi realizado um levantamento quantitativo (sistema de escores), conforme proposto por Novak [1984]. Com base nos resultados, foi possível observar um aumento considerável da média obtida no pré-teste para a do pós-teste, subindo de 25,2 para 48,55 pontos, ou seja, quase o dobro da primeira avaliação. Percebeu-se também, um aumento considerável no número de proposições válidas e exemplos, que são indícios de um maior conhecimento sobre o assunto abordado. Ou seja, após a utilização do TCN⁵ (e apenas utilizando o ambiente) os alunos tiveram condições de ampliar a sua estrutura cognitiva nesta área do conhecimento. Isto é um indício de que o laboratório auxiliou, pelo menos em parte, a construção do conhecimento dessa turma.

7. Considerações Finais

A área de redes de computadores é complexa e dinâmica, evoluindo constantemente. Os equipamentos utilizados nesta área do conhecimento, em geral, possuem um alto custo de aquisição, por conseguinte dificultando a compra dos mesmos por grande parte das instituições de ensino, além da rápida defasagem dos mesmos em termos tecnológicos. Em virtude disso, os Laboratórios Virtuais de aprendizagem estão sendo cada vez mais utilizados nessas instituições, sendo uma das vantagens desses ambientes a possibilidade de permitirem o acesso remoto e simultâneo a um grande número de alunos. Ao mesmo tempo, os ambientes virtuais imersivos surgem como uma alternativa altamente interativa que permite agregar as vantagens dos laboratórios virtuais com aquelas oferecidas pelos ambientes virtuais de aprendizagem.

Neste sentido, este trabalho apresentou o processo de desenvolvimento e avaliação de um ambiente virtual imersivo de Redes de Computadores construído utilizando a plataforma 3D OpenSim e integrado ao AVA Moodle UVLEQoC por meio da utilização da tecnologia do Sloodle. Como principais contribuições do trabalho, destacam-se: (i) construção de um ambiente virtual imersivo sensível ao contexto do aprendiz e que se adapta a esse contexto (i.e., tecnologia utilizada, estilo cognitivo e qualidade do contexto); (ii) integração dos módulos U-SEA e SEDECA por meio da utilização do UVLEQoC, disponibilizados em um único ambiente adaptativo ao contexto dos alunos; (iii) realização de um estudo de caso demonstrando a viabilidade prática da utilização de ambientes virtuais de aprendizagem em conjunto com mundos virtuais por meio do uso de dispositivos móveis; (iv) realização de uma análise comparativa de *viewers* para ambientes virtuais imersivos buscando esclarecer e demonstrar os principais aspectos relacionados ao funcionamento dos mesmos; (v) criação da possibilidade dos alunos interagirem com um simulador virtual de redes e com equipamentos reais (máquinas virtuais), mesmo estando “imersos” no mundo virtual; (vi) experiência de aprendizagem diferenciada, que buscou contribuir ao máximo para a construção da aprendizagem dos alunos; (vii) nova concepção de utilização e exploração dos recursos tecnológicos no apoio ao processo de ensino-aprendizagem de RC; (viii) maior nível de interação entre alunos e professor; (ix) experiência realística nas atividades práticas desenvolvidas buscando uma aproximação

com a realidade profissional; (x) utilização e avaliação do ambiente por uma turma de 25 alunos, demonstrando a viabilidade prática da proposta.

Foi demonstrado que o ambiente desenvolvido pode ser utilizado como uma alternativa viável para facilitar e superar alguns dos problemas relacionados ao ensino e aprendizagem da disciplina de Redes de Computadores. Tanto as avaliações realizadas quanto os comentários dos alunos, demonstraram que a utilização do ambiente contribuiu para o processo de construção do conhecimento, constituindo-se de uma maneira alternativa e divertida para uma aprendizagem significativa dos conceitos e situações envolvidas nesta área tão complexa e dinâmica.

Referências

- Amaral, É., Avila, B. G., and Tarouco, L. M. (2012). Aspectos teóricos e práticos da implantação de um laboratório virtual no opensim. In *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1–5.
- Bangor, A., Kortum, P., and Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of usability studies*, 4(3):114–123.
- Behar, P. A., Souza, A., Macedo, A., Amaral, C., Torrezan, C., and Schneider, D. (2009). *Modelos pedagógicos em educação a distância*. Artmed, Porto Alegre.
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189:194.
- Carmo, F. M. d. (2013). *Mundo Virtual 3D em plataforma aberta como interface para ambientes de aprendizagem*. Dissertação (mestrado em engenharia de computação e sistemas digitais), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP).
- Da Silva, G. N. (2009). *Desenvolvendo um Simulador de Rede: Simulador Rede Virtual para Web 2.0*. Trabalho de conclusão de curso (graduação em sistemas de informação), Universidade Tiradentes.
- Gil, A. C. (2002). Como elaborar projetos de pesquisa. *São Paulo*, 5.
- Hassan, E. B. (2003). Laboratório Virtual 3D para ensino de Redes de Computadores. In *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 654–663.
- Livingstone, D., Peachey, A., Callaghan, M., Torotroconis, M., Hemani, A., and McCusker, K. (2011). Further explorations on Supporting Learning in Virtual Worlds with Web-Based Learning Environments. In Kloos, C. D., Rueda, J. J. G., and Espiga, M. B. I. n., editors, *1st European Immersive Education Summit*, pages 66–71, Madrid.
- Medina, R. D. (2004). *ASTERIX - Aprendizagem Significativa e Tecnologias aplicadas no Ensino de Redes de Computadores: Integrando e eXplorando possibilidades*. Tese (doutorado em informática na educação), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Morgado, L. (2011). *Características e desafios tecnológicos dos mundos virtuais no ensino*. Habilitation seminar, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Mozzaquatro, P. M. (2010). *Adaptação do Mobile Learning Engine Moodle (MLE MOODLE) aos diferentes estilos cognitivos utilizando Hiperídia Adaptativa*. Dissertação (mestrado em computação), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

- Novak, J. D. (1984). *Learning How to Learn*. Cambridge University Press.
- Nunes, F. B. (2014). *UVLEQoC: A Ubiquitous Virtual Learning Environment with Quality of Context*. Dissertação (mestrado em computação), UFSM.
- Nunes, F. B., Voss, G. B., Herpich, F., Mühlbeier, A. R. K., Possobom, C. C., and Medina, R. D. (2013). Viewers para ambientes virtuais imersivos: Uma análise comparativa teórico-prática. *RENOTE*, 11(1):1–10.
- OpenSim (2013). *Página oficial da ferramenta*. Disponível em: <http://opensimulator.org/>, abr, 2013.
- Orgaz, G. B. et al. (2012). Clustering avatars behaviours from virtual worlds interactions. In *Proceedings of the 4th International Workshop on Web Intelligence & Communities*, page 4. ACM.
- Pinheiro, C. D. B. and Filho, M. R. (2005). Lvr–laboratório virtual de redes-protótipo para auxílio ao aprendizado em disciplinas de redes de computadores. In *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 82–92.
- Piovesan, S. (2011). *U-SEA: Um ambiente de aprendizagem Ubíquo utilizando Cloud Computing*. Dissertação (mestrado em computação), UFSM.
- Rauen, T. R. S. (2003). *Uma abordagem alternativa para ensino de redes de computadores*. Dissertação (mestrado em ciência da computação), Universidade Federal de Santa Catarina.
- Satyanarayanan, M. (2001). Pervasive computing: vision and challenges. *IEEE Personal Communications*, 8(4):10–17.
- Silva, T. G. (2012). *Jogos Sérios em Mundos Virtuais: uma abordagem para o ensino-aprendizagem de teste de Software*. Dissertação (mestrado em computação), UFSM.
- Thompson, M. F. and Irvine, C. E. (2011). Active learning with the cyberciege video game. In *CSET*.
- Trochim, W. M. (2006). *The Research Methods Knowledge Base*. Disponível em: <http://www.socialresearchmethods.net/kb/>, out, 2013.
- Voss, G. B., Medina, R. D., do Amaral, E. M. H., Araujo, F. V., Nunes, F. B., and de Oliveira, T. B. (2012). Laboratórios Virtuais para o Ensino de Redes de Computadores: Articulando Ferramentas, Conteúdos e Possibilidades. (Fase I). *RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educacao*, 10(2):1–10.
- Voss, G. B., Nunes, F. B., Herpich, F., and Medina, R. D. (2013a). Ambientes Virtuais de Aprendizagem e Ambientes Imersivos: um estudo de caso utilizando tecnologias de computação móvel. In *Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 12–21.
- Voss, G. B., Nunes, F. B., Herpich, F., and Medina, R. D. (2013b). Utilização do Sloodle para integração de Mundos Virtuais com o Moodle utilizando o OpenSim. In *Anais do Moodle Moot 2013*, pages 1–10, São Paulo, SP.
- Yin, R. K. (2005). *Estudo de Caso: planejamento e métodos*. Bookman, Porto Alegre, 3 edition.