

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA**

**U-LAB CLOUD: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE
APRENDIZAGEM NA NUVEM**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Rafaela Ribeiro Jardim

Santa Maria, RS, Brasil

2015

U-LAB CLOUD: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE APRENDIZAGEM NA NUVEM

Rafaela Ribeiro Jardim

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI), Área de Concentração em Computação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de

Mestre em Ciência da Computação.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Roseclea Duarte Medina

Santa Maria, RS, Brasil

2015

Ribeiro Jardim, Rafaela

U-Lab Cloud: simulação computacional de aprendizagem na nuvem / por Rafaela Ribeiro Jardim. – 2015.

85 f.: il.; 15 cm.

Orientadora: Roseclea Duarte Medina

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Informática, RS, 2015.

1. Redes de Computadores. 2. Laboratórios Virtuais. 3. Cloud Computing. 4. U-Learning. 5. Simulação.

I. Duarte Medina, Roseclea. II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação Informática**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**U-LAB CLOUD: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE
APRENDIZAGEM NA NUVEM**

elaborada por

Rafaela Ribeiro Jardim

como requisito parcial para obtenção do grau de

Mestre em Ciência da Computação

COMISSÃO EXAMINADORA:

Roseclea Duarte Medina, Dr.
(Presidente/Orientadora)

Giliane Bernardi, Dr. (UFSM)

Marco Antônio Sandini Trentin, Dr. (UPF)

Santa Maria, 06 de Março de 2015.

Dedico este trabalho à minha família,
especialmente à minha mãe e meu pai,
os quais sempre estiveram ao meu lado,
me dando o apoio necessário nesta etapa.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me amparado em todos os momentos.

Aos meus pais, Zenira e Luis Carlos pelo apoio e pelas lições que a mim foram repassadas e por não medirem esforços para que eu chegasse até esta etapa.

Agradeço em especial a minha professora orientadora Rose, a qual eu estimo e considero por sempre ter compartilhado seus conhecimentos me direcionando a conclusão deste trabalho.

Àqueles que além de colegas do grupo de pesquisa, foram meus amigos: Andressa, Aliane, Aderson, Eduardo, Felipe, Gleizer, Luis, Ricardo e principalmente ao Fabricio por todos os momentos de convívio em que sempre se mostrou disposto a ajudar.

Por fim, deixo aqui registrado meu agradecimento aos demais professores, familiares e amigos que torceram por mim e me apoiaram durante todas as etapas desta conquista.

*"O valor não está na forma em que você conquista, mas
sim na habilidade de manter o que você conquistou."
(Fernando Lapoli)*

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Informática

Universidade Federal de Santa Maria

U-LAB CLOUD: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE APRENDIZAGEM NA NUVEM

AUTORA: RAFAELA RIBEIRO JARDIM

ORIENTADORA: ROSECLEA DUARTE MEDINA

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 06 de Março de 2015.

O surgimento e a evolução de novas tecnologias ocasionaram um crescimento exponencial das Redes de Computadores tanto em tamanho como em complexidade de infraestrutura. Desta maneira, aumentou a demanda por profissionais aptos a planejar e desenvolver atividades técnicas na área de Redes de Computadores. Para auxiliar no ensino-aprendizado desta área, é necessário disponibilizar ambientes educacionais que permitam a experimentação de atividades práticas. Diante deste cenário, tem-se os ambientes virtuais imersivos ou também chamados mundos virtuais que permitem experiências de simulação e atividades de colaboração. Contudo, não é o suficiente fornecer tais ambientes sem se preocupar com as características individuais dos estudantes, pois existem diversos aspectos que devem ser introduzidos na projeção de ambientes *U-Learning* como as informações de contexto. As soluções de *Cloud Computing* podem ser utilizadas para apoiar a aprendizagem em ambientes *U-learning* e são uma alternativa atrativa para maximizar/flexibilizar os recursos computacionais. Dessa forma, este trabalho objetiva a apresentação do U-Lab Cloud, um laboratório virtual ubíquo, ao qual foi associado à tecnologia de *Cloud Computing* e as características de *U-learning*. Para atingir os objetivos deste trabalho foi empregada uma pesquisa exploratória com estudo de caso simulado com o propósito de verificar o funcionamento do ambiente. Para o desenvolvimento desta abordagem proposta, foi necessário implantar e testar duas plataformas de *Cloud Computing*, OpenNebula e Eucalyptus, a fim de verificar qual a mais adequada ao contexto deste trabalho. E, também, foram integrados a esta pesquisa os módulos U-SEA e o SEDECA com o intuito de atender as características de ubiquidade. Do mesmo modo, para propiciar a avaliação deste ambiente foi realizada a integração da ferramenta MADEA, a qual utiliza técnicas de simulação computacional. Por fim, foi realizado um estudo de caso simulado, onde foi possível verificar a evolução dos estilos de aprendizagem de estudantes fictícios em um processo educacional. Com os resultados obtidos, foi possível demonstrar a viabilidade da adoção da tecnologia de *Cloud Computing* em ambientes educacionais.

Palavras-chave: Redes de Computadores. Laboratório virtual. *U-learning*. *Cloud Computing*. Simulação.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Post-Graduate Program in Informatics
Federal University of Santa Maria

U-LAB CLOUD: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE APRENDIZAGEM NA NUVEM

AUTHOR: RAFAELA RIBEIRO JARDIM

ADVISOR: ROSECLEA DUARTE MEDINA

Defense Place and Date: Santa Maria, March 06, 2015.

The emergence and the evolution of new technologies led to an exponential growth of Computer Networks in both size and complexity of infrastructure. Thus, it increased the demand for trained professionals able to plan and develop technical activities in Computer Networking area. To assist in the teaching and learning of this area, it is necessary to provide educational environment that allows experimentation of practical activities. In this scenario, there are the immersive virtual environments or also called virtual worlds that allow simulation experiments and collaborative activities. However, it is not enough to provide such environments without worrying about the individual characteristics of students, because there are many aspects that must be introduced into the projection of U-Learning environments and the context information. Cloud Computing solutions can be used to support learning in U-learning environments and they are an attractive alternative to maximize /flexible computing resources. Thus, this work aims at present the U-Lab Cloud, a ubiquitous virtual laboratory, which was associated with cloud computing technology and the U-learning features. To achieve the objectives of this paper it was used an exploratory research with simulated case study in order to verify the operating of the environment. For the development of this proposed approach, it was necessary to deploy and test two platforms of Cloud Computing, OpenNebula and Eucalyptus in order to find what best fits the context of this work. And, also, it was integrated to this research the U-SEA modules and the SEDECA (System for Diagnosing Learning Styles) in order to meet the characteristics of ubiquity. In the same form, to propitiate this evaluation, it was performed the integration of MADEA tool which uses computer simulation techniques. Finally, it was performed a simulated case study, where it was observed the evolution of the fictitious students' learning styles in a learning process. With the obtained results, it was demonstrated that the feasibility of the adoption of cloud computing technology in educational settings.

Keywords: Computer Networks. Virtual Lab. U-learning. Cloud Computing. Simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Definição de <i>Cloud Computing</i> ...	21
Figura 2 – Usuários de um ambiente educacional baseado em <i>Cloud</i>	21
Figura 3 – Modelos de serviço.....	22
Figura 4 – Projeto de sistema <i>u-learning</i>	30
Figura 5 – Arquitetura do VRLabs.....	34
Figura 6 – Criação das VMs.....	35
Figura 7 – Escolha do pacote de <i>software</i>	35
Figura 8 – Interface do VCL	36
Figura 9 – Reserva da imagem.....	36
Figura 10 – Etapas da pesquisa	38
Figura 11 – Integração dos trabalhos	42
Figura 12 – Interface gráfica da ferramenta MADEA.....	48
Figura 13 – Arquitetura do U-Lab Cloud.....	50
Figura 14 – Diagrama de caso de uso do U-Lab Cloud	51
Figura 15 – Infraestrutura utilizada	52
Figura 16 – Teste de desempenho OpenNebula.....	54
Figura 17 – Teste de desempenho Eucalyptus.....	54
Figura 18 – Interface gráfica do OpenNebula	55
Figura 19 – Configurações da VM	56
Figura 20 – Integração das ferramentas que compõem o laboratório virtual.....	56
Figura 21 – Disciplina de Redes de Computadores no Moodle.....	57
Figura 22 – Regiões do OpenSim.....	58
Figura 23 – Interface gráfica do U-Lab Cloud.....	59
Figura 24 – Elementos inseridos na página PHP do Moodle.....	61
Figura 25 – Elementos que permitem definir o perfil do estudante.....	62
Figura 26 – Modelo inicial de estudante.....	62
Figura 27 – Parâmetros.....	63
Figura 28 – Interface gráfica do simulador integrado ao Moodle.....	63
Figura 29 – Dimensão Processamento do Perfil 01.....	65
Figura 30 – Dimensão Percepção do Perfil 01.....	66
Figura 31 – Dimensão Entrada do Perfil 01.....	66
Figura 32 – Dimensão Organização do Perfil 01.....	67
Figura 33 – Performance média do Perfil 01.....	68
Figura 34 – Problemas de aprendizagem do Perfil 01.....	69
Figura 35 – Dimensão Processamento do Perfil 02.....	70
Figura 36 – Dimensão Percepção do Perfil 02.....	70
Figura 37 – Dimensão Entrada do Perfil 02.....	71
Figura 38 – Dimensão Organização do Perfil 02.....	72
Figura 39 – Performance média do Perfil 02.....	73
Figura 40 – Problemas de aprendizagem do Perfil 02.....	73
Figura 41 – Desempenho dos recursos computacionais da VM.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões do perfil do estudante.....	46
Tabela 2 – Estudante fictício com Perfil 01.....	64
Tabela 3 – Repetições do Perfil 01.....	67
Tabela 4 – Estudante fictício com Perfil 02.....	69
Tabela 5 – Repetições do Perfil 02.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	Application Program Interface
AVA	Ambientes Virtuais de Aprendizagem
CC	Cluster Controller
CLC	Cloud Controller
CloudIA	Aplicação e Infraestrutura em Nuvem
CLUES	Cluster Energy Saving
GRECA	Grupo de Redes de Computadores e Computação Aplicada
CRM	Customer Relationship Management
FLOPS	Ponto Flutuante por Segundo
FSLSM	Felder and Silverman Learning Styles Model
HFU	Universidade de Hochschule Furtwangen
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
IaaS	Infrastructure as a Service
ISCSI	Internet Small Computer System Interface
MADEA	Modelagem Automática e Dinâmica de Estilos de Aprendizagem
M-learning	Mobile Learning
NC	Node Controller
NFS	Network File System
NIST	National Institute of Standards and Technology
PaaS	Platform as a Service
PC	Personal Computer
PFM	Performance Mínima Esperada
PHP	Hypertext Preprocessor
REST	Representation State Transfer
Rmax	Valor de Reforço
SaaS	Software as a Service
SC	Storage Controller
SEDECA	Sistemas para Diagnosticar Estilos de Aprendizagem
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SOAP	Simple Object Access Protocol
SISESC	Sistema de Gerenciamento de Rede de Ensino
TCN ⁵	Teaching Computer Networks in a Free Immersive Virtual Environment
TI	Tecnologia da Informação
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
U-Lab Cloud	Laboratório Virtual Ubíquo
U-learning	Ubiquitous Learning
UML	Unified Modeling Language
U-SEA	Sistema de Ensino Adaptado Ubíquo
VCL	Virtual Computing Laboratory
VLAN	Virtual LAN
VM	Virtual Machine
VRLabs	Laboratório Virtual Remoto
VPN	Virtual Private Network
SSH	Secure Shell

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Motivação	16
1.2 Problema de Pesquisa.....	17
1.3 Objetivos.....	17
1.4 Organização da dissertação	17
2 CLOUD COMPUTING	19
2.1 Classificação para <i>Cloud Computing</i>	22
2.1.1 Modelos de serviço.....	22
2.1.2 Modelos de Implantação.....	23
2.2 Infraestrutura de Software para <i>Cloud Computing</i>	23
3 U-LEARNING	27
3.1 Computação móvel	27
3.2 Contexto.....	28
4 TRABALHOS RELACIONADOS.....	33
4.1 Considerações finais	36
2 MÉTODO DE PESQUISA	38
6 U-LAB CLOUD: LABORATÓRIO VIRTUAL UBÍQUO.....	42
6.1 Integração dos trabalhos.....	43
6.2 Proposta.....	48
6.3 Implementação.....	52
7 AVALIAÇÃO DA ABORDAGEM PROPOSTA	60
7.1 Desenvolvimento do estudo de caso	61
7.2 Análise dos resultados obtidos.....	64
7.3 Considerações finais	76
8 CONCLUSÃO	77
7.1 Principais contribuições	77
7.2 Limitações	78
7.3 Considerações finais e trabalhos futuros.....	79
REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

As Redes de Computadores originaram-se da necessidade de comunicação militar, evoluindo para o surgimento da *Internet* que ocasionou grande impacto nas indústrias, empresas, atividades diárias da sociedade (HO, 2012). Essa evolução influenciou no crescimento exponencial das redes tanto em tamanho como em complexidade de infraestrutura.

Para Filippetti (2008), esses avanços fizeram crescer a demanda e exigência por profissionais melhor preparados, capazes de suportar todas as nuances tecnológicas desse ambiente. Com isso, evidencia-se a importância da formação de profissionais aptos a planejar e desenvolver atividades técnicas na área de Redes de Computadores. Dessa forma, as aulas práticas possibilitam a experimentação dos conceitos vistos pelos estudantes.

Rauen (2003) aponta que os principais problemas enfrentados no ensino de Redes de Computadores são o material didático e a pouca disponibilidade de equipamentos adequados para utilização de ferramentas. Além disso, é identificada a falta de laboratórios físicos atualizados para realização das competências práticas, dado que os equipamentos se tornam obsoletos com muita rapidez. O uso exclusivo desses recursos é outra dificuldade encontrada (Rauen, 2003), já que diversas atividades da disciplina de Redes de Computadores necessitam de configurações específicas.

Dado tal cenário, torna-se necessário buscar novas formas e estratégias para o ensino de Redes de Computadores contemplando a utilização dos recursos tecnológicos disponíveis atualmente (VOSS, 2014). Diante de diversas ferramentas que apresentam grande potencial educacional, tem-se os ambientes virtuais imersivos ou também chamados mundos virtuais que permitem experiências de simulação e atividades de colaboração. O paradigma educacional imersivo tem como objetivo disponibilizar espaços tridimensionais onde o estudante pode transitar e vivenciar experiências em um ambiente altamente interativo (ORGAZ et al. 2012).

Para Caminero et al. (2013), o uso de laboratórios virtuais é essencial para a aquisição de competências práticas de qualquer currículo. Para os alunos, a utilização de laboratórios virtuais facilita a realização de atividades práticas, uma vez que se pode

estar em qualquer lugar (por exemplo, em casa, no trabalho, etc.), sendo necessário apenas um dispositivo ou um computador com conexão à *Internet*. Logo, a adoção de laboratórios virtuais influencia também positivamente no trabalho do professor, visto que o mesmo permite o acompanhamento do progresso e das dificuldades dos alunos durante a realização das atividades práticas.

Neste cenário, surge a necessidade de propiciar laboratórios virtuais que forneçam recursos computacionais adaptados às particularidades de cada estudante. Em relação à adaptação e personalização de ambientes educacionais podem ser utilizados elementos de *ubiquitous learning (U-Learning)*. Yahya et al. (2010) define *U-Learning* como um paradigma de aprendizagem localizado em ambientes computacionais ubíquos que permite o estudante aprender, no lugar, no tempo e na direção correta. Existem diversos aspectos que devem ser introduzidos na projeção desses ambientes *U-Learning*, como as informações de contexto. Segundo Dey (2001) contexto é qualquer informação que possa ser usada para caracterizar a situação de entidades que sejam consideradas relevantes para a interação entre um usuário e uma aplicação.

A tecnologia de *Cloud Computing* (Computação em Nuvem), quando utilizada no campo educacional, pode impactar positivamente na construção, manutenção e atualização de infraestruturas. O termo “nuvem” originou-se das telecomunicações, quando a comunicação de dados começou a utilizar os serviços de redes privadas virtuais (VPN) (HARAUZ et al., 2009). A definição mais aceita para *Cloud Computing* foi cunhada pelo Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST): a computação em nuvem é um modelo que permite o acesso sob demanda da rede a um pool de recursos computacionais configuráveis (por exemplo, redes, servidores, armazenamento, aplicações e serviços) que podem ser provisionados e liberados com um esforço mínimo de gerenciamento ou interação com o provedor de serviços (MELL; GRANCE, 2011).

As soluções de *Cloud Computing* podem ser utilizadas para apoiar a aprendizagem em ambientes *u-learning*, pois são uma excelente alternativa para maximizar e flexibilizar os recursos computacionais. Dessa forma, a utilização da *Cloud Computing* pode auxiliar os usuários a se libertarem das amarras da tecnologia e contribuir para a construção da sua aprendizagem (BAI, 2011), uma vez que toda a aplicação encontra-se disponível na “nuvem”. Assim, para usufruir da sua aplicação, os usuários precisam apenas de um navegador simples com conectividade a *Internet* (JADEJA e MODI, 2012). Além disso, outra vantagem para o usuário desse tipo de aplicação é que a mesma dispensa atualização de *hardware* e *software*.

Esta dissertação é continuidade de pesquisas realizadas pelo GRECA (Grupo de Redes de Computadores e Computação Aplicada) da UFSM (Universidade Federal de Santa Maria), nos trabalhos de Mozzaquatro (2010), Piovesan (2011) e Voss (2014). Na presente pesquisa foi implementado um ambiente de nuvem privada para acoplar U-Lab Cloud: laboratório virtual ubíquo. Esse ambiente apresenta características de um sistema *u-learning*, sendo adaptável ao contexto dos estudantes e foi disponibilizado por meio da tecnologia de *Cloud Computing*. Desse modo, as informações de contexto consideradas nesse trabalho são: o estilo cognitivo, o tipo de dispositivo e a velocidade de rede.

1.1 Motivação

Considerando que o ensino de Redes de Computadores não é uma tarefa trivial, Filippetti (2008) menciona que os principais problemas encontrados nessa disciplina são que livros e artigos utilizados não focam na experimentação de práticas. Ferreira et al. (2013) complementa que falta de espaço físico, equipamento ou horário são os principais obstáculos enfrentados no desenvolvimento da competência prática de Redes de Computadores.

Para o desenvolvimento das atividades práticas, é necessário que as instituições de ensino disponibilizem infraestrutura física apropriada para a sua execução. Contudo, em algumas instituições os custos para construir e manter um laboratório de Redes de Computadores que possibilite a aplicação das teorias estudadas em sala de aula são muitas vezes elevados, o que acaba por penalizar um grande número de estudantes (Filippetti, 2008). Dessa forma, percebem-se dificuldades na aplicação de aspectos práticos sobre as teorias vistas na disciplina de Redes de Computadores, sendo que, em alguns cursos, a competência prática não é efetivada nem explorada pela ausência de laboratórios físicos adequados.

Baseado nessas asserções, uma alternativa eficiente são os laboratórios virtuais, os quais podem auxiliar na melhora da aprendizagem quando integrados de forma adequada com os livros didáticos. Esses ambientes permitem o desenvolvimento de exercícios práticos, possibilitando a experimentação prática da área de Redes de Computadores.

Dessa forma, Voss (2014) criou o TCN⁵, um ambiente virtual imersivo voltado para o processo de ensino-aprendizagem de Redes de Computadores. Entretanto,

durante o processo de validação do TCN⁵ percebeu-se algumas limitações tecnológicas, como o travamento de alguns processos durante o acesso pelo grupo de alunos participante da avaliação.

Diante desse cenário, surgiu a necessidade de prover uma infraestrutura diferenciada capaz de suportar e disponibilizar esse ambiente. Para isso, uma solução atrativa é acoplar o TCN⁵ em um ambiente de *Cloud Computing*. Dessa maneira, os estudantes podem se beneficiar do acesso amplo, da elasticidade e da disponibilidade de recursos computacionais fornecidos por essa tecnologia.

1.2 Problema de Pesquisa

Diante das dificuldades técnicas ocasionadas pela limitação de espaços físicos adequados para realização da experimentação de aulas práticas de Redes de Computadores, surgiu a necessidade de propor uma nova alternativa de infraestrutura que forneça flexibilidade, mobilidade e adaptabilidade ao usuário. Este trabalho objetivou resolver o seguinte problema de pesquisa:

Como obter uma infraestrutura que minimize os problemas enfrentados em ambientes educacionais e que se adapte as características individuais dos estudantes?

1.3 Hipótese

Por meio da utilização do paradigma de *Cloud Computing*, é possível obter uma infraestrutura que seja capaz de suportar um ambiente adaptado às características do contexto dos estudantes que auxilie no ensino de Redes de Computadores.

1.4 Objetivos

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um ambiente de nuvem privada que possua características de um sistema *u-learning* e que integrado ao Módulo Adaptativo auxilie/facilite a aprendizagem de Redes de Computadores. Para atingir o objetivo proposto também será necessário:

- ✓ investigar as tecnologias de *Cloud Computing open source* disponíveis;
- ✓ implantar um ambiente de nuvem privada;
- ✓ prover o laboratório virtual por meio da instalação das ferramentas WampServer, Moodle, Sloodle e OpenSim;

- ✓ integrar os módulos SEDECA e U-SEA ao AVA Moodle com propósito de criar o Módulo Adaptativo;
- ✓ avaliar o U-Lab Cloud com técnicas de simulação;

1.5 Organização da dissertação

O texto está organizado da seguinte maneira:

Os Capítulos 2 e 3 apresentam a fundamentação teórica, onde são abordadas resumidamente as definições de *Cloud Computing* e *U-learning*.

No Capítulo 4, são mencionados os trabalhos relacionados, os quais foram utilizados como base para a formulação da proposta desta dissertação.

No Capítulo 5, é apresentado o método de pesquisa utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa.

No Capítulo 6 são descritos os trabalhos integrantes desta pesquisa, bem como a implementação realizada durante o desenvolvimento do U-Lab Cloud.

No Capítulo 7, é descrito o método de avaliação utilizado neste trabalho e a análise dos resultados obtidos.

O Capítulo 8 apresenta a conclusão, as considerações finais e os trabalhos futuros.

2 CLOUD COMPUTING

A *Cloud Computing* ou Computação em Nuvem é um termo que gera discussão na área de Tecnologia da Informação (TI), considerando que é um conceito relativamente novo. Na literatura, encontraram-se diversas definições para *Cloud Computing*.

Para Foster et al. (2008), a computação em nuvem pode ser definida como um paradigma de computação distribuída que é impulsionado pelas economias de escala, no qual um conjunto computacional pode ser gerenciado e armazenado em plataformas consideradas virtualizadas e escaláveis, que são entregues sob demanda para clientes externos através da *Internet*. Em Mell e Grance (2011), *Cloud Computing* é definida como um modelo computacional com a habilidade de permitir, de maneira ubíqua e conveniente, o acesso sob demanda a recursos computacionais compartilhados e configuráveis.

Segundo Buyya et al. (2008), a computação em nuvem é um tipo de sistema paralelo e distribuído que consiste em uma coleção de computadores interconectados e virtualizados, que são dinamicamente provisionados e apresentados como um ou mais recursos computacionais unificados. Já Zhang et al. (2010), definem que computação em nuvem alavanca a tecnologia de virtualização para obter o objetivo de fornecer recursos computacionais como utilidades, compartilhando alguns aspectos como computação em grade, como o emprego de recursos distribuídos para alcançar os objetivos do nível de aplicação e provisionamento automático de recursos.

A *Cloud Computing* é conceituada por Khorshed et al. (2011) como um sistema, onde os recursos de dados são centralizados, sendo compartilhados por meio da tecnologia de virtualização, sendo fornecidos de forma elástica e sob demanda aos usuários. A partir dessas definições, percebe-se que a *Cloud Computing* é uma integração de diversas tecnologias. Khorshed et al. (2011) representa de forma esquemática os recursos que constituem esse paradigma computacional (Figura 1).

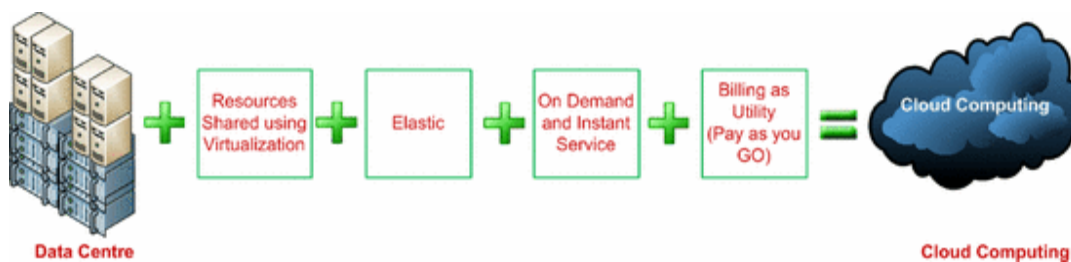


Figura 1. Definição de *Cloud Computing*

Fonte: Khorshed et al. (2011)

Na Figura 1, Khorshed et al. (2011) apresenta a integração de elementos encontrados em um sistema de *Cloud Computing*, sendo o centro de dados, o compartilhamento de recursos virtuais, a elasticidade, a flexibilidade e os serviços sob demanda. Assim, pode-se resumir que *Cloud Computing* é um sistema, onde os recursos de um centro de dados são compartilhados por meio da tecnologia de virtualização, que fornece elasticidade e serviços instantâneos cobrados dos usuários conforme a demanda.

A *Cloud Computing* apresenta cinco características essenciais (MELL e GRANCE, 2011):

- ✓ **self-service sob demanda:** o usuário pode adquirir recursos computacionais automaticamente conforme a sua necessidade, sem precisar de interação humana com o provedor de serviço;
- ✓ **acesso amplo à rede:** os recursos são disponibilizados através da rede e acessados por meio de mecanismos convencionais, podendo ser acessados por diferentes dispositivos eletrônicos, como telefones celulares, *laptops* e PDAs;
- ✓ **pooling de recursos:** os recursos computacionais são agrupados em um provedor e disponibilizados a vários usuários, com diferentes recursos físicos e virtuais que podem ser alocados e realocados dinamicamente de acordo com a demanda dos usuários;
- ✓ **elasticidade rápida:** os recursos podem ser acessados de forma rápida e elástica, em alguns casos, automaticamente;
- ✓ **serviços medidos:** os prestadores de serviços em nuvem controlam e otimizam o uso dos recursos por meio de uma capacidade de medição em algum nível de abstração apropriado para o tipo de serviço.

Para Liang (2011) uma das maiores vantagens de utilização dos serviços em nuvem é a preocupação reduzida com a perda de dados ou com a intrusão de vírus. A

computação em nuvem é um modelo computacional emergente em que os usuários podem ter acesso a suas aplicações a partir de qualquer dispositivo conectado a *Internet* (I.B.M, 2009).

Ao se analisar o modelo computacional em nuvem, percebe-se que um dos seus maiores benefícios é a redução ou eliminação de custos associados com infraestrutura tanto para as organizações como para o usuário final. Armbrust et al. (2009) associa esse benefício a uma forma de multiplexação, já que aloca recursos para vários usuários simultaneamente.

Para Armbrust et al. (2009) geralmente as licenças de *software* restringem o número de computadores que o software pode ser executado e o usuário ainda tem gastos com taxas de manutenção anual. Entretanto, com a *Cloud Computing* os gastos com licença de *software* são suprimidos, pois ao aderir por essa alternativa tem-se a possibilidade de utilizar sistemas operacionais *open source* (código aberto), gratuitos que podem ser instalados sem restrições ao número de máquinas.

A utilização desse novo paradigma computacional fornece diversos benefícios operacionais e financeiros para as instituições de ensino. Conforme Ghazizadeh (2012) a *Cloud Computing* permite que todos os tipos de usuários acessem a bases de dados e aplicações de qualquer lugar (Figura 2).

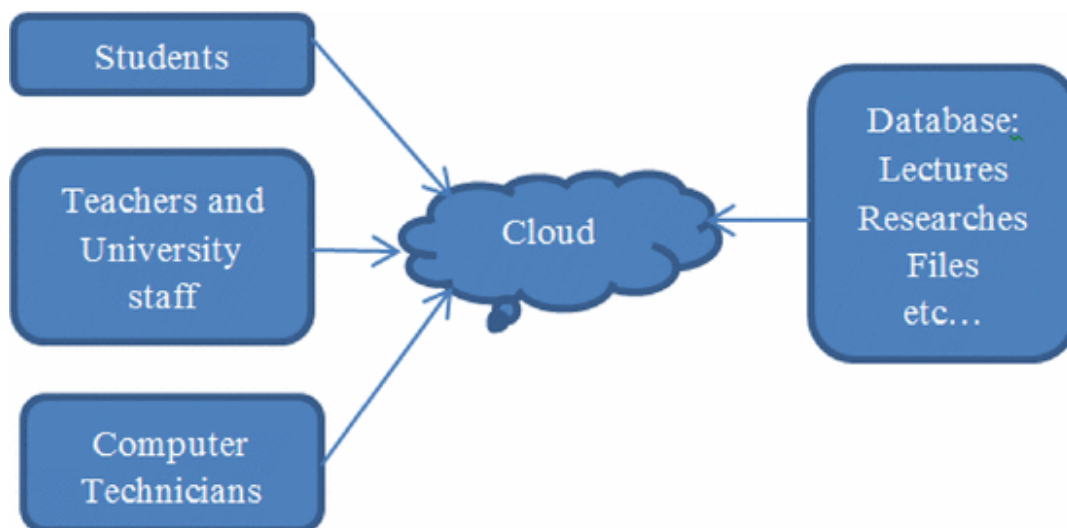


Figura 2. Usuários de um ambiente educacional baseado em *Cloud*

Fonte: Ghazizadeh (2012)

Na Figura 2, é possível visualizar a utilização dos serviços de *Cloud Computing* pelos usuários em um ambiente educacional, onde os professores podem preparar seus

materiais de ensino e os alunos podem fazer *upload* dos mesmos com economia de tempo. Os técnicos podem construir e gerenciar aplicações diretamente na infraestrutura fornecida pela *Cloud Computing* com baixo custo.

Entretanto, existem alguns obstáculos relevantes ao se utilizar computação em nuvem. Como a principal desvantagem da utilização desse modelo, Armbrust et al. (2009) aponta a segurança de dados e questiona se é possível manter total segurança no tráfego dos dados. A indisponibilidade de serviço pode ser outro obstáculo para o sucesso desse modelo computacional, dado que é necessário estabelecer conexão com a *Internet* para acessar os dados.

2.1 Classificações para *Cloud Computing*

Dadas as devidas definições para *Cloud Computing*, tem-se diversas classificações que consideram as características de uso e implantação, que são descritas nessa seção.

2.1.1 Modelos de Serviço

Conforme o modelo de serviço, as plataformas de *Cloud Computing* são classificadas em três modelos distintos (Figura 3) (Armbrust et al. 2009):

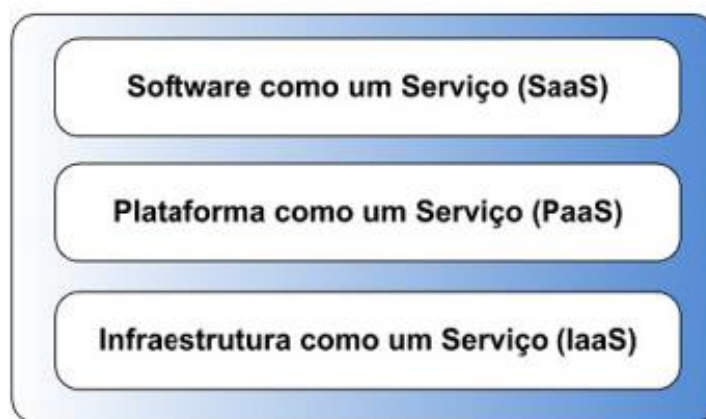


Figura 3. Modelos de serviço

Fonte: Armbrust et al. 2009

- ✓ SaaS (*Software as a Service*): diz respeito a *software* como serviço, disponibiliza *softwares* com a finalidade específica de o usuário acessar serviços via

navegador *web*. Como exemplos de SaaS destacam-se o Google Drive e o *Customer Relationship Management* (CRM) da Salesforce.

- ✓ PaaS (*Platform as a Service*): refere-se ao fornecimento de recursos da camada de plataforma, incluindo suporte a sistemas operacionais e frameworks de desenvolvimento de software (ZHANG; CHENG; BOUTABA, 2010). Microsoft Azure e Google *App Engine* são exemplos de PaaS.
- ✓ IaaS (*Infrastructure as a Service*): é uma infraestrutura como serviço, fornece toda a infraestrutura necessária para PaaS e SaaS. Nesse modelo, o cliente pode adquirir os recursos de terceiros, sem a necessidade de adquirir servidores com alto desempenho ou *softwares* complexos. Exemplos de IaaS são o Eucalyptus e o Amazon *Elastic Cloud Computing* (EC2).

2.1.2 Modelos de Implantação

Além da classificação de modelos de serviço, existe a categorização que considera o tipo de implantação da infraestrutura de *Cloud Computing*. Segundo Mell e Grance (2011):

- ✓ Privada: quando a infraestrutura de nuvem é exclusiva de uma organização, podendo ser gerenciada pela própria organização ou por terceiros;
- ✓ Comunidade: quando a infraestrutura de nuvem é compartilhada por diversas organizações e compartilha interesses como missão, requisitos de segurança, política e flexibilidade;
- ✓ Pública: quando a infraestrutura de nuvem está acessível ao público em geral e pode ser gerenciada pela própria organização ou por terceiros;
- ✓ Híbrida: quando a infraestrutura de nuvem abrange duas ou mais infraestruturas distintas (privada, comunidade, ou pública) que permanecem interligadas por tecnologia padronizada ou proprietária.

2.2 Infraestrutura de *software* para *Cloud Computing*

Existem algumas tecnologias *open source* disponíveis para a criação de ambientes de computação em nuvem, por exemplo, OpenNebula, OpenStack, Amazon e Eucalyptus são descritas abaixo.

2.2.1 OpenNebula

Em 2005, o OpenNebula foi criado a partir de um projeto de pesquisa por Ignacio M. Llorente e Rubén S. Montero e a sua primeira versão pública surgiu em 2008. É o resultado de muitos anos de pesquisa e gestão eficiente, sendo utilizado como referência por vários projetos de pesquisa. O OpenNebula é uma solução de código aberto baseado em padrões para computação em nuvem, é altamente escalável e adaptável para o gerenciamento de dados (OPENNEBULA, 2014).

O OpenNebula é usado principalmente como uma plataforma para gerenciamento de infraestrutura virtualizada de dados, é normalmente utilizado como nuvem privada. No entanto, o OpenNebula suporta nuvem híbrida, tornando os ambientes de hospedagem altamente escaláveis. Ele também suporta nuvens públicas e fornece interfaces de nuvem para gerenciamento de funcionalidades, armazenamento e gerenciamento de rede (OPENNEBULA, 2014).

2.2.2 OpenStack

O OpenStack é um projeto de código aberto que visa à produção de plataformas de computação em nuvem mais simples e escaláveis para atender às necessidades de nuvens públicas e privadas, e tem recebido atenção crescente por parte das empresas (OPENSTACK, 2014).

Esse software controla grandes pools de recursos de computação, armazenamento e recursos de rede por meio de um *dashboard* ou API OpenStack. Ele utiliza tecnologias corporativas e de código aberto, apresentando uma infraestrutura heterogênea. Além disso, é bem reconhecido mundialmente, visto que as maiores empresas utilizam o OpenStack para gerenciar seus negócios. Esse software proporciona aos usuários apoio comercial para escolher o tipo de produto e serviço mais adequado. O OpenStack é constituído por uma comunidade de desenvolvedores e usuários colaboradores (OPENSTACK, 2014).

O OpenStack fornece ampla flexibilidade para o ambiente de nuvem, sem requisitos de hardware ou de software proprietário e permite a integração com sistemas legados e tecnologias de terceiros. Ele é projetado para gerenciar e automatizar pools de recursos de computação podendo ser trabalhado com tecnologias de virtualização amplamente disponíveis (OPENSTACK, 2014).

2.2.3 Amazon

O Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) é um serviço da *Web* que fornece uma capacidade de computação redimensionável na nuvem. A interface desse serviço é simples e oferece um controle completo de seus recursos computacionais. O Amazon EC2 permite que sejam criadas e escalonadas rapidamente a capacidade das máquinas virtuais, para mais e para menos. O Amazon EC2 é um serviço pago, onde o usuário paga pela capacidade que realmente utilizar e fornece aos desenvolvedores as ferramentas para construir aplicativos resistentes a falhas (AMAZON, 2014).

Além disso, o Amazon EC2 disponibiliza um nível de serviço gratuito que inclui 750 horas de microinstâncias, podendo optar pelo sistema operacional Windows e Linux por um período de um ano (AMAZON, 2014). Contudo, os recursos disponibilizados no nível gratuito são limitados e o desempenho da máquina liberada é considerado “muito baixo”.

2.2.4 Eucalyptus

O Eucalyptus (*Elastic Utility Computing Architecture Linking Your Programs To Useful Systems*) é uma plataforma *open source* que permite a criação de nuvens híbridadas e privadas sem requisitos de hardware especializado. O Eucalyptus permite que sejam criadas nuvens computacionais facilmente, utilizando tecnologias de serviços *web* e Linux que existem na infraestrutura de TI podendo ser adaptadas às necessidades específicas de cada aplicação. Ele é o resultado de um projeto de pesquisa da Universidade de Santa Bárbara, na Califórnia. Um atrativo dessa infraestrutura é a compatibilidade com diversos aplicativos e ferramentas com padrão da EC2 e S3 da Amazon (EUCALYPTUS, 2014).

Uma das principais características dessa plataforma é sua arquitetura baseada em camadas, que permitem os seus componentes se acoplarem de maneira transparente. Os principais componentes dessa arquitetura são:

- ✓ O *Cloud Controller* (CLC) é responsável por controlar a nuvem como um todo, sendo o ponto de entrada para todos os usuários e administradores. Assim, todos os clientes se comunicam com o CLC por meio da API (*Application Program Interface*) baseada em SOAP ou REST. Também é responsável por consultar o *Node Controller* para buscar informações dos recursos e tomada de decisões de alto nível de programação. Após, ele implementa essas informações, solicitando

para os *Cluster Controllers* (CC). Logo, o CLC expõe e gerencia os recursos virtualizados (servidores, armazenamento e rede);

- ✓ O *Cluster Controller* (CC) realiza a comunicação entre o NC e o CLC, gerencia toda a rede de instância virtual, sendo que todos os nós associados a um único CC devem estar no mesmo domínio de rede (*Ethernet*). O CC controla o ciclo de vida das instâncias e encaminha solicitações ao Controlador de Nó para instanciar máquinas virtuais com recursos disponibilizados;
- ✓ O *Node Controller* (NC) controla as instâncias das máquinas virtuais (VM's), sendo executado em cada uma. O NC controla o sistema operacional *host*, o hypervisor e as atividades das VM's, como a verificação, a execução e a suspensão de instâncias de VM's;
- ✓ O *Storage Controller* (SC) fornece funcionalidade semelhante à Amazon Elastic Block Storage e é capaz de fazer interface com vários sistemas de armazenamento (NFS, iSCSI, etc.). O armazenamento em bloco elástico é um dispositivo de bloco que pode ser conectado a um sistema de arquivos de uma instância.

Com base nessas caracterizações, percebe-se que alguns aspectos reforçam a definição de Armbrust et al. (2009 p. 91): “a *Cloud Computing* emergiu como uma das mais influentes tecnologias na indústria de TI e está revolucionando o modo como os recursos de TI são gerenciados e utilizados”. Nesta pesquisa, a *Cloud Computing* é resumidamente definida como um paradigma computacional que faz uso de diversas tecnologias já consolidadas.

O modelo de serviço ao qual o U-Lab Cloud pertence é do tipo Infraestrutura como Serviço, uma vez que fornece a infraestrutura para desenvolvimento de atividades de práticas do ensino de Redes de Computadores. O principal objetivo do IaaS é tornar mais fácil e acessível o fornecimento de recursos, tais como servidores, rede, armazenamento e outros recursos de computação fundamentais para construir um ambiente de aplicação sob demanda, que podem incluir sistemas operacionais e aplicativos (SOUSA, 2014).

O modelo de implementação utilizado foi a nuvem privada, já que a infraestrutura encontra dentro da própria instituição de ensino.

A plataforma escolhida para disponibilizar o U-Lab Cloud foi a OpenNebula, dado que apresenta código aberto, facilidade de gerenciamento, ampla documentação e por ser bastante difundida tanto no meio acadêmico como corporativo.

3 U-LEARNING

A aprendizagem ubíqua, também conhecida como *u-learning* foi impulsionada pelo avanço da tecnologia e da comunicação de rede (JEONG e YI, 2014). Conforme Hooft (2006) a computação ubíqua quando relacionada à educação abrange os participantes ativos no processo de ensino-aprendizagem, pois possibilita que professores e alunos recebam a informação e criem conhecimentos novos de forma individual ou colaborativa.

Ainda de acordo com Hooft (2006) a aprendizagem ubíqua consiste no acesso a diversos recursos e a sistemas digitais por meio de dispositivos móveis e *Internet*. Na próxima seção são expostas as áreas de pesquisa que integram *U-learning*, visto que este é um dos principais conceitos norteadores deste trabalho.

3.1 Computação Móvel

No cenário atual, com o avanço das tecnologias de computação e da telefonia móvel cresceu a mobilidade dos usuários, surgindo novas necessidades de inserir a computação móvel no processo de ensino-aprendizagem (VOSS et al. 2014).

Dessa maneira, os dispositivos móveis (eg. *smartphones*, *tablets*) são cada vez mais presentes nas atividades escolares, pois são ferramentas de comunicação eficazes e convenientes que podem ser utilizadas sem limitação de lugar e tempo (DEV e BAISHNAB, 2014). Com isso, cresce o número de serviços e aplicações móveis.

O rápido progresso da computação móvel tornou-se uma tendência no desenvolvimento da tecnologia da informação (SATYANARAYANAN, 2010). Nesse sentido, a computação móvel pode ser entendida como a capacidade de um dispositivo computacional e dos serviços associados ao mesmo serem móveis, permitindo este ser carregado ou transportado mantendo-se conectado à rede ou à *Internet*. Esse conceito pode ser verificado atualmente na utilização de redes sem fio e acesso à *Internet* por meio de dispositivos móveis.

As tecnologias móveis têm sido utilizadas em diversos ambientes de aprendizagem e em projetos de ensino criados em universidades, escolas, programas de treinamento corporativo e programas de ensino à distância. O uso de dispositivos

móveis na educação (*m-learning*) possibilita ao aprendiz o acesso ao objeto de estudo de qualquer lugar, potencializando a construção da sua aprendizagem (BARBOSA, 2007).

Os sistemas *m-learning* têm por objetivo incentivar a aprendizagem personalizada e reduzir a lacuna de comunicação entre professores e alunos, visto que possibilita o acesso a atividades acadêmicas por meio de diversos tipos de dispositivos (ADNAN, 2014).

Para Yin (2009) as principais características ao se utilizar o *m-learning* em comparação aos métodos tradicionais de aprendizagem, são:

- ✓ Mobilidade: os alunos podem acessar o sistema de qualquer lugar e em qualquer horário;
- ✓ Tempo Real: possibilita o aluno buscar a informação em tempo real;
- ✓ Interatividade: proporciona aos alunos e professores comunicação entre si em tempo real por meio de dispositivos móveis;
- ✓ Virtualização: permite a criação de sala de aula virtual, onde os usuários podem interagir de forma dinâmica e virtual;
- ✓ Digitalização: utiliza recursos de multimídia digital, de rede e dispositivos móveis;
- ✓ Individualização: fornece os serviços individuais de acordo com as necessidades e características dos alunos.

3.2 Contexto

Diante das áreas de pesquisa que englobam *u-learning*, faz-se necessário abordar a computação ciente do contexto. Conforme Nunes (2014) é um tópico de pesquisa relativamente recente, no qual diversos tipos de aplicações computacionais têm sido desenvolvidos envolvendo diferentes áreas de domínio. Segundo Dey (2001) contexto é definido como qualquer informação que possa ser usada para caracterizar a situação de entidades que sejam consideradas relevantes para a interação entre um usuário e uma aplicação.

Identificar as informações necessárias e o momento apropriado para manipulação é um grande desafio das tecnologias que apoiam os processos educacionais (BARBOSA, 2007).

De acordo com Chen e Kotz (2000) e Bellavista et al. (2012), contexto pode ser classificado em quatro categorias:

- ✓ Contexto físico: contempla todos os aspectos do mundo real acessíveis por sensores, por exemplo localização, condição de tráfego, velocidade, temperatura, iluminação, etc;
- ✓ Contexto temporal: captura informações de tempo (dia, semana, mês, estação do ano, ano);
- ✓ Contexto computacional: esta categoria aborda os aspectos técnicos, como recursos computacionais, capacidades, entre outros;
- ✓ Contexto do usuário: refere-se ao perfil do usuário, situação social, preferências, etc.

Um sistema que contemple as características mencionadas acima pode ser considerado um ambiente sensível ao contexto. Satyanarayanan (2001) explica que os ambientes sensíveis ao contexto devem apresentar duas características essenciais:

a) escalabilidade: capacidade de expandir o processamento e o armazenamento em máquinas conforme a demanda dos usuários;

b) disponibilidade: em arquiteturas centralizadas, qualquer problema de conexão entre os dispositivos e os servidores resulta em indisponibilidade do serviço.

Yahya et al. (2010) menciona seis características presentes em ambiente *u-learning*:

- ✓ Permanência: os alunos nunca podem perder a sua atividade a não ser que seja excluída voluntariamente e todo o seu percurso no ambiente de aprendizagem é registrado permitindo uma análise posteriormente sobre o processo de ensino-aprendizagem;
- ✓ Disponibilidade: o material de estudo pode ser acessado de qualquer lugar;
- ✓ Interatividade: o aluno tem a possibilidade de interação com o grupo de forma síncrona ou assíncrona;
- ✓ Adaptabilidade: o ambiente se adapta ao contexto do estudante;
- ✓ Imediatismo: o ambiente permite acesso direto ao material de estudo, permitindo o armazenamento e a recuperação em todo momento;
- ✓ Não-intrusiva: a tecnologia precisa ser invisível para usuário, permitindo uma interação sem interferências.

O U-Lab Cloud é um ambiente que aborda características de *u-learning*, visto que realiza adaptações baseadas no contexto do usuário e no computacional. Para identificar as informações que interferem na sua utilização e realizar as adaptações necessárias nesse ambiente, foi-lhe integrado o Módulo Adaptativo. Essa integração foi

realizada com intuito de evitar problemas relacionados com a baixa velocidade de conexão ou com os tipos de dispositivos, já que, muitas vezes essas limitações impedem o estudante de carregar e visualizar os materiais corretamente. Esses entraves não são mais admitidos pelos usuários.

Conforme Chen et al. 2008 um projeto de sistemas de aprendizagem ubíqua apresenta diversos elementos, como mostra a Figura 4.

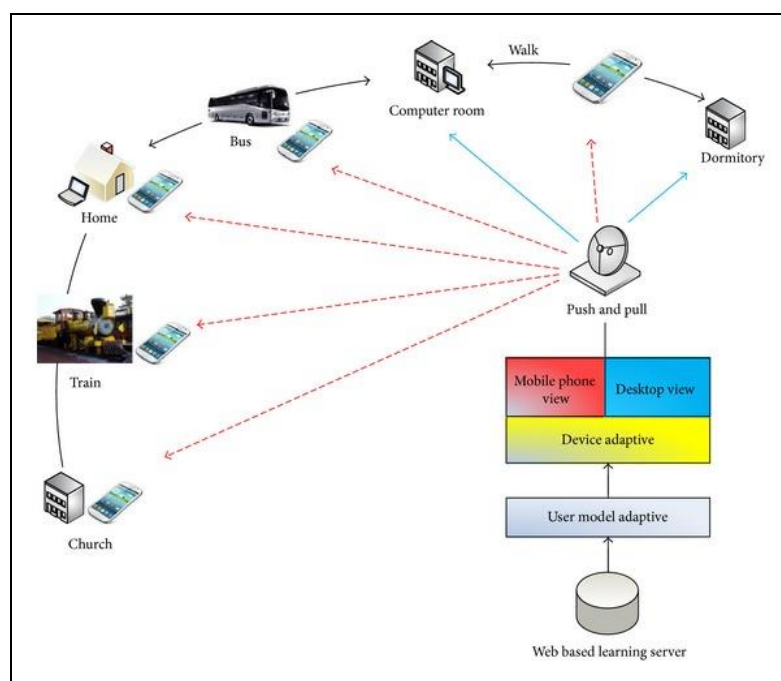


Figura 4. Projeto de sistema *u-learning*

Fonte: Chen et al. 2008

A Figura 4 exhibe um modelo de sistema *u-learning* que inclui o contexto tecnológico do usuário, sendo os dispositivos eletrônicos como computadores pessoais (PCs), *notebooks* e telefones celulares os principais elementos utilizados para acessar ao ambiente *u-learning*.

As principais características presentes na computação ubíqua são (Satyanarayanan, 2001):

- ✓ Redes móveis: capacidade de trocar informação entre dispositivos móveis, dispensando uma infraestrutura centralizada;
- ✓ Acesso móvel à informação: a informação pode ser acessada de qualquer dispositivo como um celular ou qualquer outro dispositivo com acesso à *Internet*;

- ✓ Sensibilidade de localização: capacidade de perceber o posicionamento físico do dispositivo eletrônico no ambiente;
- ✓ Segurança distribuída: garantir a privacidade de informação, autenticidade de usuários e segurança na troca de informação;
- ✓ Sensibilidade ao contexto: capacidade de perceber informações do ambiente em que o dispositivo móvel se encontra e modificar o comportamento do sistema por meio das informações de contexto percebidas;
- ✓ Escalabilidade localizada: redução de iterações de objetos que se encontram distantes com intuito de aumentar a escalabilidade da aplicação;
- ✓ Mascaram condições não favoráveis: adaptação a modificações do ambiente, por exemplo quando a capacidade de processamento é reduzida ou se tem perda de conectividade;
- ✓ Invisibilidade: o sistema realiza adaptações sem o usuário perceber e sem prejudicar a sua interação com o ambiente.

Nesse sentido, a computação ubíqua tem como propósito integrar a relação da tecnologia com os usuários de forma invisível, ou seja, no sentido de utilizar a tecnologia sem perceber a interferência no ambiente. Para Rabello (2012), o paradigma da computação ubíqua promove a ideia da troca de informações a qualquer hora e em qualquer lugar, por meio da utilização, de forma transparente, inteligente e integrada às tecnologias computacionais.

Os sistemas de ensino que apresentam as características da computação ubíqua são considerados ambientes que propiciam a aprendizagem ubíqua (*u-learning*), visto que nesse tipo de ambiente, são disponibilizadas atividades de aprendizagem, tarefas e recursos que incentivam os alunos a aprender de forma automática e independente (CAYTILES et al. 2011). Assim, esse ambiente aliado à tecnologia permite a interação entre os estudantes em qualquer lugar e em qualquer momento, uma vez que não se limita ao sistema de ensino tradicional.

Segundo Barbosa (2007), para que um ambiente educacional seja considerado ubíquo, é necessário que o mesmo apresente quatro elementos:

- ✓ Aprendiz: é necessário que o ambiente conheça os aprendizes e os direcione a um modelo que corresponda com seu interesse de aprender, proporcionando mais qualidade nas informações disponibilizadas;

- ✓ Mobilidade: o ambiente deve possibilitar que o aprendiz se desloque de um ambiente para outro, sem que ocorra interrupção no sistema. Dessa maneira, é essencial que os ambientes educacionais apresentem essa característica de mobilidade, para que a construção de aprendizagem seja constante e adaptada. Ao identificar elementos do contexto como a localização do aprendiz é possível adaptar o ambiente de acordo com o seu contexto de interesse;
- ✓ Conteúdo: o ambiente deve permitir que o aprendiz compreenda qualquer coisa, em qualquer tempo, com qualquer dispositivo. Assim, é necessário que o ambiente suporte tipos de apresentações genéricas do conteúdo que se adapte ao contexto e ao objetivo do aprendiz. Além disso, faz-se necessário que esses conteúdos possam ser acessados de qualquer lugar, disponibilizados em diversos formatos, considerando a diversidade de dispositivos e a velocidade de conexão;
- ✓ Ciência de contexto: com a mobilidade tem-se a possibilidade de aprender em diversos contextos. Cabe ao ambiente identificar e gerenciar os elementos do contexto do aprendiz, com objetivo de relacioná-los com o seu objetivo de aprendizagem. Dessa forma, é importante que os ambientes ubíquos forneçam aos aprendizes mecanismos de assistência. Para tanto esses mecanismos devem agir pró-ativamente, percebendo e identificando características do contexto do aprendiz como o seu perfil. Com isso, é possível direcioná-lo ao conteúdo certo proporcionando uma interação mais significativa.

Por fim, o estudo realizado nesta seção sobre *u-learning* embasou o desenvolvimento deste trabalho, no qual procurou-se identificar e atender as características de ubiquidade apresentadas acima.

4 TRABALHOS RELACIONADOS

A *Cloud Computing* é uma infraestrutura que vem sendo explorada em ambientes educacionais, a fim de otimizar os processos educacionais como pode ser visto em (CAMINERO et al. 2013; WENHONG et al. 2010; DOELITZSCHER et al. 2011; VOUK et al. 2008; WANG et al. 2010). Assim, para embasar esta pesquisa, alguns trabalhos foram analisados, onde se pôde perceber uma carência na descrição sistemática no desenvolvimento da pesquisa durante o processo de implantação e avaliação das plataformas de *Cloud Computing* utilizadas no processo educacional.

Caminero et al. (2013) propuseram o VRLabs, um Sistema de Gerenciamento Remoto utilizado para criar laboratórios virtuais. Com esse sistema, pôde-se realizar exercícios práticos de qualquer tema do ensino de engenharia por meio de VM's. Para o desenvolvimento desse sistema foi utilizada a tecnologia de *Cloud Computing* OpenNebula em combinação com o hipervisor VMWare ESXi.

A arquitetura do VRLabs divide-se em quatro camadas (Figura 5): a camada mais superior é direcionada ao gerenciamento dos laboratórios, ou seja, onde é realizada a criação, exclusão e alteração das VM's; a segunda camada disponibiliza modelos de laboratórios virtuais que podem ser reutilizados conforme a demanda; a terceira camada implementa os níveis de serviço da plataforma de computação em nuvem, que permite a execução do ambiente; por fim, a camada mais inferior é a que disponibiliza os recursos físicos e hospeda os laboratórios virtuais.

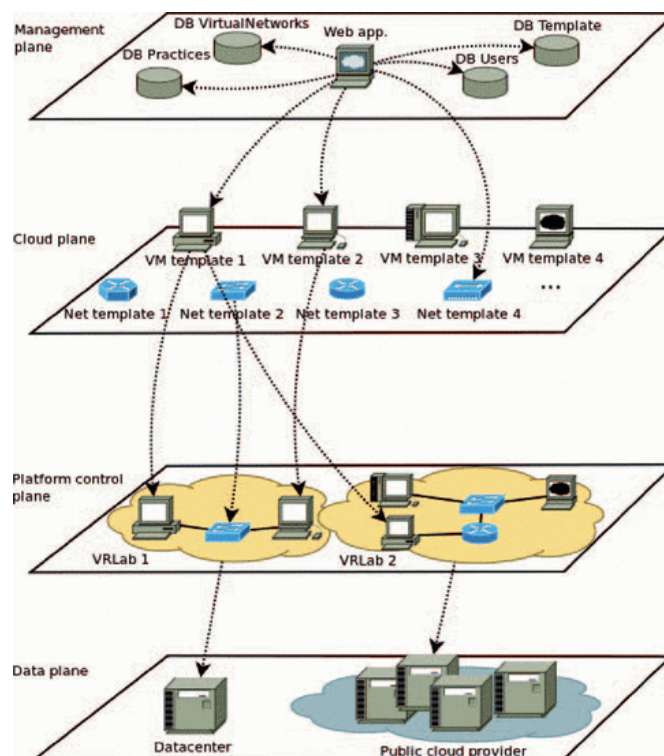


Figura 5. Arquitetura do VRLabs

Fonte: Caminero et al. (2013)

As principais limitações encontradas durante a implementação do VRLabs foram relacionadas à comunicação de rede e à criação das VMs no OpenNebula. Como resultado, este trabalho mostrou como o VRLabs é um sistema flexível, capaz de gerenciar diversos tipos de VMs e auxiliar nos exercícios práticos de engenharia.

No trabalho de Doelitzscher et al. (2011), é apresentado o CloudIA (Aplicação e Infraestrutura em Nuvem), um projeto desenvolvido pela Universidade de Hochschule Furtwangen (HFU). Para o desenvolvimento desse ambiente, foi utilizada uma infraestrutura de nuvem privada que contempla uma combinação dos três tipos de modelos de serviço: IaaS, SaaS e PaaS.

Esse ambiente permite a criação e seleção de VMs em tempo real pelos usuários. Nele são disponibilizadas imagens e pacotes de *software* na base de dados, possibilitando que os usuários realizem implementações e testes dos seus próprios aplicativos, dispensando a instalação e configuração de *softwares*. Assim, por meio de uma página *web* (Figura 6), os alunos podem entrar e criar, suspender ou excluir VMs, conforme as exigências de cada atividade. A criação de VMs é realizada por meio de imagens do sistema operacional mínimo (por exemplo, Debian, Linux) e após podem ser adicionados pacotes de *software* de acordo com a necessidade do usuário (Figura 7). A abordagem proposta neste trabalho fornece alta flexibilidade, espaço em disco,

garante a instalação de novas versões de *software*, e permite o monitoramento do progresso da instalação.

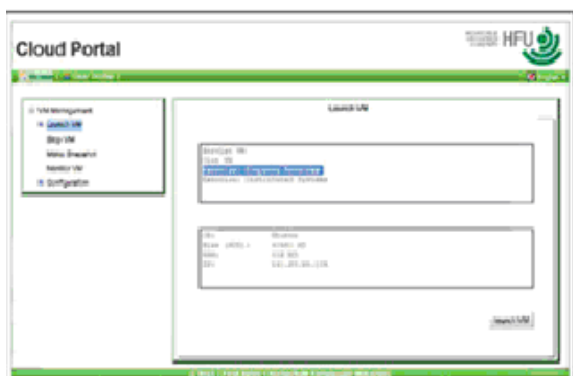


Figura 6. Criação das VMs

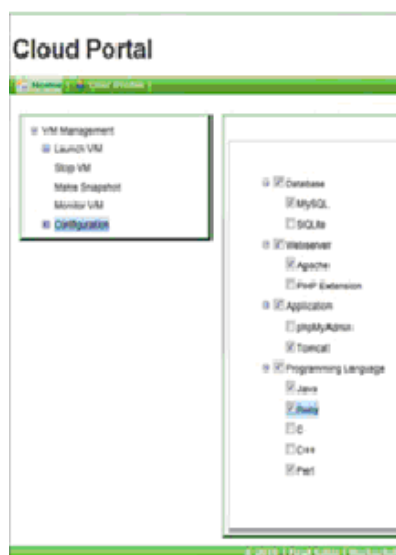


Figura 7. Escolha do pacote de *software*

Fonte: Doelitzscher et al. (2011)

O trabalho de Oliveira et al. (2013) mostra o SISESC (Sistema de Gerenciamento de Rede de Ensino) que utiliza os serviços de *Cloud Computing* e visa garantir escalabilidade, velocidade e segurança aos seus usuários. O SISESC utiliza a computação em nuvem como sistema legado em que todos os recursos necessários estão disponíveis na “nuvem”. Nesse trabalho, foram descritas as etapas de criação de uma nuvem privada com a plataforma Eucalyptus e do protótipo de desenvolvimento do SISESC. Para a realização desse experimento, foram utilizadas duas máquinas, ambas rodando o sistema operacional Ubuntu 11.04. Os autores concluem que ao adotar a computação em nuvem obteve-se uma considerável redução de custos com a implementação e manutenção do sistema, sendo essa uma das maiores vantagens na rede de ensino.

Da mesma maneira, Vouk et al. (2008) descreve o VCL (Laboratório Virtual Computacional) que utiliza os serviços de *Cloud Computing* e foi desenvolvido pela Universidade Estadual da Carolina do Norte (EUA). Esse laboratório permite que os alunos realizem reservas de VMs de acordo com a sua necessidade, possibilitando a escolha entre imagens básicas ou imagens com aplicações específicas. Atualmente, essa

plataforma está sendo utilizada por aproximadamente 30.000 usuários, baseada no modelo de serviço SaaS e fornece uma variedade de aplicações específicas para diferentes áreas de estudo.

O acesso do VCL se dá por meio de uma interface *web* (Figura 8). Logo, o usuário deve realizar a escolha dos aplicativos que irá utilizar, sendo direcionado para um menu que disponibiliza uma lista de aplicativos, sistemas operacionais e serviços que podem ser combinados (Figura 9). Caso uma combinação específica não esteja disponível, o usuário pode construir a sua própria imagem personalizada a partir dos componentes do VCL armazenados na sua biblioteca. Sua principal contribuição é a implementação do VCL, um ambiente que apresenta diversas características, como código aberto, flexível, escalonável e adaptável a diferentes processos educacionais.

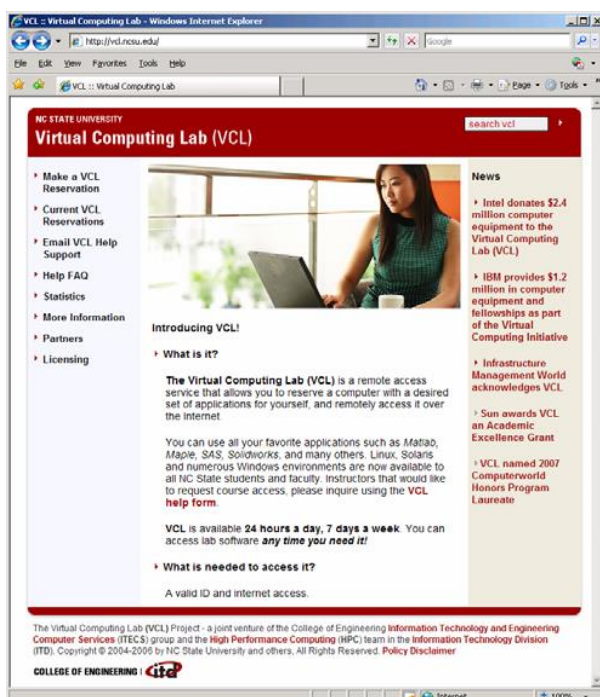


Figura 8. Interface do VCL

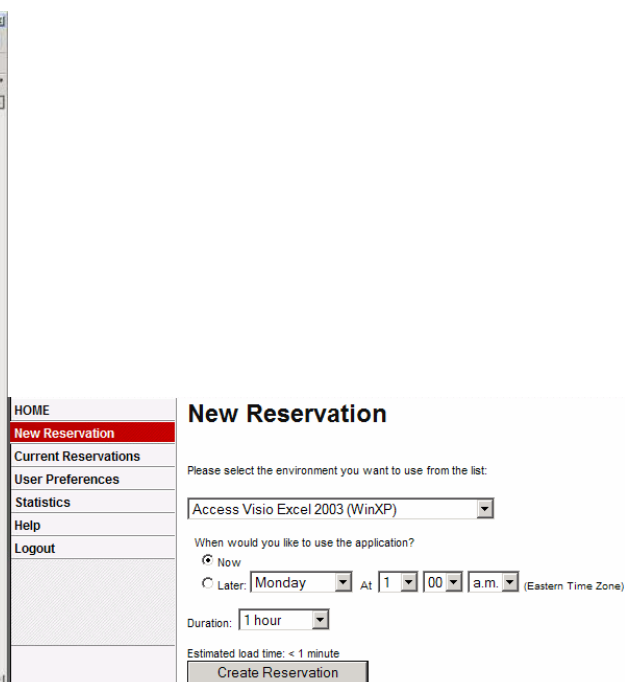


Figura 9. Reserva de imagem

Fonte: Vouk et al. (2008)

4.1 Considerações parciais

Caminero et al. (2013), Doelitzscher et al. (2011) e Vouk et al. (2008) descrevem laboratórios virtuais baseados em *Cloud Computing* que são utilizados para desenvolvimento de competências práticas focados na área educacional. Algumas técnicas e conceitos encontrados nesses trabalhos podem ser direcionados para a

presente pesquisa, uma vez que ambientes educacionais em nuvem ainda é um tema pouco explorado.

Considerando as pesquisas mencionadas, este trabalho diferencia-se, pois além de apresentar um laboratório virtual disponibilizado por meio de *Cloud Computing* irá proporcionar aos usuários um ambiente *u-learning*, adaptado as características individuais de cada aluno, como o perfil cognitivo, o tipo de dispositivo utilizado e a velocidade de conexão.

5 MÉTODO DE PESQUISA

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi empregada a pesquisa experimental, a qual tem por objetivo selecionar variáveis capazes de modificar o ambiente de estudo. Conforme Wazlawick (2009), a pesquisa experimental implica que o pesquisador sistematicamente provoque alterações no ambiente a ser pesquisado de forma a observar se cada intervenção produz os resultados esperados.

Tendo em vista a natureza da pesquisa, esta é classificada como uma pesquisa aplicada, cujo objetivo é buscar a solução de um objetivo específico.

O objetivo principal desta pesquisa é criar um ambiente de nuvem privada que possua características de um sistema *u-learning* e que, integrado ao Módulo Adaptativo, auxilie/facilite a aprendizagem de Redes de Computadores.

Posteriormente à finalização da revisão bibliográfica, onde se buscou aprofundar os assuntos relacionados ao tema dessa pesquisa, foram definidos os objetivos.

Para melhor entendimento do método de pesquisa utilizado, foram elencadas cinco etapas distintas, conforme ilustra a Figura 10.

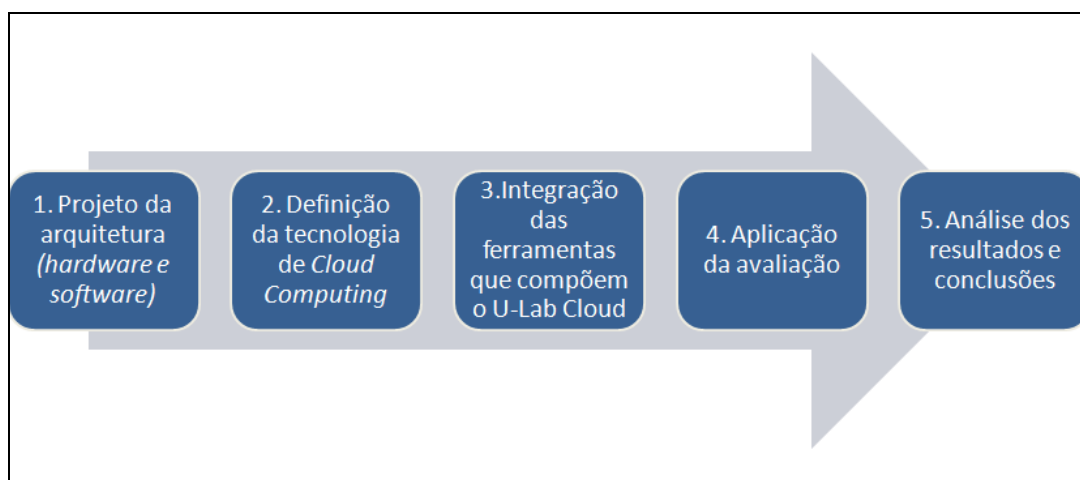


Figura 10. Etapas do método de pesquisa

Primeiramente, foi definido o projeto de arquitetura, que contempla a infraestrutura de *hardware* necessária para o desenvolvimento desta pesquisa. A infraestrutura utilizada para realizar o experimento é composta por três máquinas, sendo: um servidor Dell Power Edge T300 com processador Intel Xeon Quadcore

X3363 2.83 GHz com 4 núcleos físicos e 4 núcleos virtuais, memória RAM de 8 GB, 2 discos rígidos de 500GB e dois servidores com processador Intel Core2 Quad 2.88GHz, contendo 4 núcleos físico-virtuais, memória RAM de 8GB e disco rígido de 500GB.

A segunda etapa considera o problema, os objetivos e a contribuição pretendida com esta pesquisa. Nesta fase, foram definidas as tecnologias de *Cloud Computing* testadas e a linguagem de programação utilizada para implementação desse trabalho. Para o experimento foram selecionadas duas plataformas de *Cloud Computing*: OpenNebula¹ e Eucalyptus², ambas foram escolhidas por serem amplamente difundidas na comunidade acadêmica, por disponibilizarem ampla documentação e por atenderem aos requisitos iniciais desta pesquisa. A linguagem de programação selecionada para a implementação do Módulo Adaptativo foi o PHP, por ser a linguagem nativa do AVA Moodle, e, para a medição de velocidade de rede foi o JavaScript.

Para a instalação das plataformas de *Cloud Computing* foi realizado o *download* dos arquivos de imagens dos respectivos sites de cada ferramenta, sendo que cada arquivo de imagem apresenta um sistema operacional pré-configurado.

Durante o período de instalação das plataformas de *Cloud Computing* foram testados três hipervisores: KVM, Xen e VMWare ESXi. O hipervisor, também chamado de monitor de máquina virtual permite utilizar diferentes sistemas operacionais em um mesmo computador aplicando técnicas de virtualização.

Após a implementação das duas plataformas de *Cloud Computing*, foi efetuado um teste com o auxílio da ferramenta Intel Linpack³ versão 11.1.3.006, a fim de para avaliar o desempenho dessas plataformas. Esse teste teve como objetivo verificar a diferença de performance entre os sistemas operacionais distintos. Com base nos resultados desse teste, a plataforma Eucalyptus foi escolhida para dar continuidade nesse trabalho.

A terceira fase consiste na instalação das ferramentas que compõem o U-Lab Cloud, sendo elas:

- ✓ WampServer⁴ versão 2.2 (inclui as ferramentas: Apache 2.2.22; Mysql 5.5.24; PHP 5.3.13 e PhpMyadmin 3.4.10.1);
- ✓ Open Simulator⁵ versão 0.7.4;

¹ Disponível em: <http://opennebula.org/>

² Disponível em: <https://www.eucalyptus.com/>

³ Disponível em: <https://software.intel.com/en-us/articles/intel-math-kernel-library-linpack-download/>

⁴ Disponível em: <http://www.wampserver.com/>

⁵ Disponível em: <http://opensim-creations.com/>

- ✓ Moodle⁶ versão 2.5;
- ✓ Sloodle⁷ versão 2.1 for Moodle 2.5.

O PHP v. 5.6, MySQL v. 14.14 distribuição 5.537 e o Apache v. 2.4.10 foram utilizados para estabelecer um servidor local. Logo após, foram instalados o Moodle v. 2.5.1+, o Open Simulator versão 0.7.4 e o Sloodle versão 2.1. A escolha do Moodle deu-se pelo fato de ser *open source* e por ser atualmente o ambiente virtual de aprendizagem (AVA) utilizado nesta universidade. Optou-se pelo Open Simulator, por ser uma ferramenta já utilizada em outros trabalhos desenvolvidos nesse grupo de pesquisa e por disponibilizar versões *open source*.

O Open Simulator foi utilizado para estabelecer a interface 3D do laboratório virtual ubíquo U-Lab Cloud. Os objetos empregados para formar esse laboratório foram importados do TCN⁵, já este, por sua vez utilizou os repositórios *online*, como o Zadaroo⁸, o OpenSim Creations⁹ e o Google 3D Warehouse¹⁰. Os materiais didáticos inseridos no ambiente abordam o tópico “Segurança em Redes de Computadores” e também foram utilizados no TCN⁵.

Na quarta etapa, foi realizada a inserção do Módulo Adaptativo. Esse Módulo Adaptativo tem por finalidade coletar e tratar as informações, como a velocidade de rede, tipo de dispositivo e o estilo cognitivo dos alunos. Ele foi construído por meio da integração do SEDECA (Mozzaquatro, 2010) e do U-SEA (Piovesan, 2011) desenvolvidos neste grupo de pesquisa.

O SEDECA, é responsável por definir o perfil cognitivo do usuário, uma vez que Mozzaquatro (2010) elencou quatro tipos: Holista, Divergente, Serialista ou Reflexivo. Esse questionário será disponibilizado ao usuário no momento em que ele realizar o *login* no U-Lab Cloud, sendo que o acesso aos demais recursos desse ambiente só será liberado após a finalização do questionário pelo aluno. Já o U-SEA identificará a velocidade de conexão, que será medida depois do envio de um arquivo de 100 KB do servidor onde o U-Lab Cloud está hospedado para o dispositivo/computador do usuário. O tamanho desse arquivo foi definido por Piovesan (2011), por não interferir na velocidade de conexão do usuário, no momento do envio desse arquivo. Ao término desse envio, será efetuado um cálculo do tamanho do arquivo sobre o tempo, resultando

⁶ Disponível em: <https://moodle.org/downloads/>

⁷ Disponível em: <http://www.sloodle.org/download/>

⁸ Disponível em: <http://zadaroo.com/>

⁹ Disponível em: <http://opensim-creations.com/>

¹⁰ Disponível em: <http://sketchup.google.com/3dwarehouse/>

na velocidade de conexão do usuário. Logo, Piovesan (2011) considerou que caso a velocidade identificada seja menor que 500 Kbps, serão apresentados aos usuários apenas arquivos com tamanho inferior a 400 Kb, ou seja, os conteúdos serão adaptados. No entanto, se a velocidade for superior a 500 Kbps, serão disponibilizados os arquivos com tamanho superior a 400 Kb.

Na quinta etapa, foi definido o método de avaliação do U-Lab Cloud. Para orientar a seleção dos métodos de avaliação utilizados nesta pesquisa, foi realizado um mapeamento sistemático (Kitchenham e Charters, 2007) sobre as avaliações de implementações de *Cloud Computing* para Ambientes Educacionais. Com base nos resultados de Krassmann et al. (2014), notou-se que o uso da *Cloud Computing* vem crescendo em ambientes educacionais, contudo, as avaliações de qualidade e aplicabilidade dessas implementações não estão acompanhando tal crescimento. Assim, foi possível concluir que esse tema ainda é pouco explorado e que não existe um método bem definido para avaliação de sistemas educacionais disponibilizados em ambiente de nuvem.

Considerando o referido cenário, este trabalho adotou como método de avaliação as técnicas de simulação computacional, em razão de que a avaliação com estudantes reais necessita de um período grande de tempo e um número considerável de estudantes dispostos a colaborar. Para isso, foi utilizada a ferramenta MADEA (Modelagem Automática e Dinâmica de Estilos de Aprendizagem) desenvolvida por Dorça (2012) em sua tese.

Conforme Iglesias et al. (2009) quando se trata de sistemas em avaliação é difícil de convencer uma quantia suficiente de estudantes a participar desse tipo de experimento. Dessa maneira, Quinn e Filak (2005) complementam que a simulação computacional é uma técnica amplamente utilizada para testes em sistemas educacionais.

6 U-LAB CLOUD: LABORATÓRIO VIRTUAL UBÍQUO

Neste capítulo, é descrito o processo de implementação do U-Lab Cloud. O objetivo principal desta pesquisa foi desenvolver um ambiente de nuvem privada que possa ser integrado com o U-Lab Cloud. Essa ambiente apresenta as características de um sistema *u-learning*, pois aborda as características do contexto do estudante como o perfil cognitivo, o tipo de dispositivo e a velocidade de rede.

Esta dissertação integra os trabalhos de Mozzaquatro (2010), Piovesan (2011) e Voss (2014) como mostra a Figura 11. Os três primeiros foram desenvolvidos no grupo de pesquisa da autora, denominado GRECA (Grupo de Redes de Computadores e Computação Aplicada) na UFSM (Universidade Federal de Santa Maria) e o quarto foi desenvolvido na Universidade Federal de Uberlândia.

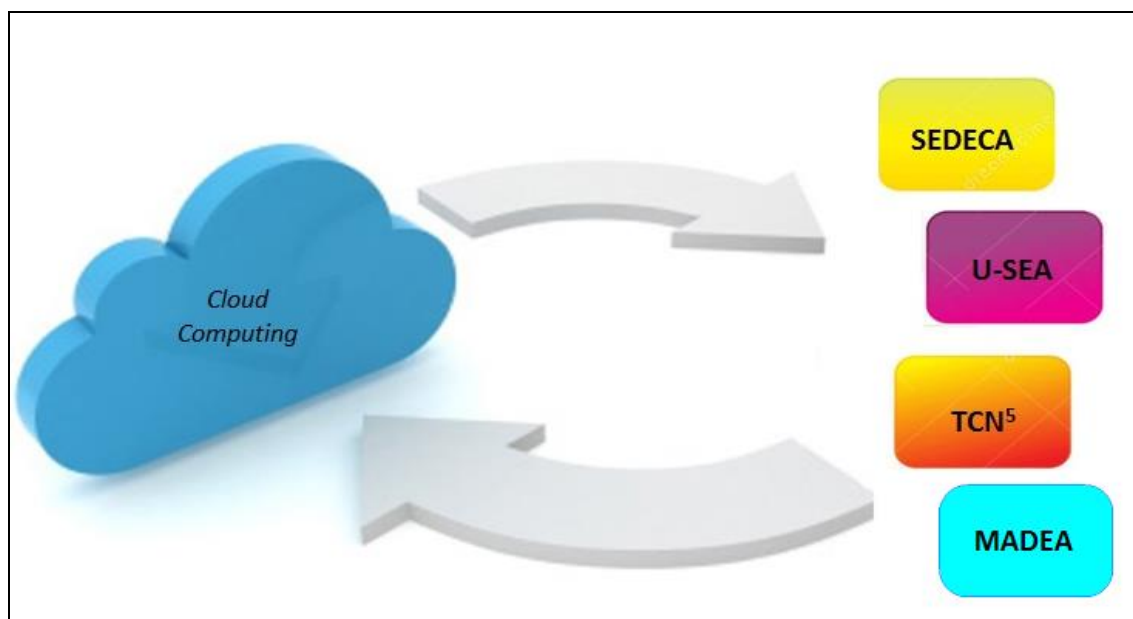


Figura 11. Integração dos trabalhos

Na próxima seção, são descritos brevemente os trabalhos integrados nesta pesquisa, bem como as contribuições de cada um deles para esta pesquisa.

6.1 Integração dos trabalhos

Nesta seção, são descritos os trabalhos que foram integrados ao U-Lab Cloud, ambiente implementado nesta pesquisa.

a) SEDECA (Sistemas para Diagnosticar Estilos de Aprendizagem)

Mozzaquatro (2010) desenvolveu um ambiente adaptado ao estilo cognitivo do aluno. Primeiramente, foi aplicado um questionário aos alunos de um curso a distância com objetivo de identificar os estilos cognitivos predominantes nesse grupo. Esse questionário apresentava sessenta e oito questões objetivas, sendo quatro delas referente a cada um dos dezessete tipos de estilo cognitivo.

Após obter as respostas do questionário, foram analisadas e comparadas às médias dos estilos de aprendizagem, onde concluiu-se que os estilos predominantes foram: Holista, Serialista, Divergente e Reflexivo. E, também, foi aplicado outro questionário complementar contendo treze questões dissertativas baseadas no estudo de Geller (2004) e Bariani (1998) para identificar as preferências dos formatos de materiais e das ferramentas de comunicações.

Com base nisso, foi desenvolvido na plataforma Moodle versão 1.9 o ambiente adaptado. Ao acessar o ambiente, o aluno era direcionado a um questionário reduzido contendo 16 questões fechadas, as quais definiriam seu tipo de estilo cognitivo. A partir do perfil identificado, as adaptações dos materiais e ferramentas foram realizadas através do emprego Hiperídia Adaptativa. Além disso, foi aplicado a esse ambiente adaptação para dispositivos móveis, com o propósito de proporcionar adequação dos conteúdos desse ambiente aos estudantes.

Dessa maneira, a principal contribuição do SEDECA para este trabalho foi o questionário reduzido a quatro estilos cognitivos que identifica a preferência dos estudantes. Os estilos indicados pelo SEDECA foram distribuídos nas quatro regiões do TCN⁵.

b) U-SEA (Sistema de Ensino Adaptado Ubíquo)

Em Piovesan (2011) foram realizadas adaptações ao tipo de contexto tecnológico dos estudantes, considerando como informação principal a velocidade de conexão do dispositivo eletrônico utilizado ao acessar o ambiente. As adaptações foram efetivadas na apresentação dos materiais disponíveis aos usuários conforme variação de

velocidade de rede de cada usuário. Com isso, pode-se evitar que os estudantes perdessem o interesse pelo material caso sua velocidade de conexão não fosse suficiente para carregar o tipo de material desejado.

A plataforma utilizada foi o Moodle, onde foi inserido o Módulo Mle-Moodle capaz de identificar variações do contexto computacional e adequar os materiais às diferentes características dos alunos. Foi determinado por Piovesan (2011) que, no momento que o estudante acessou o U-SEA, caso sua conexão de rede fosse considerada “baixa”, ou seja, inferior a 500 Kbps, os materiais disponibilizados seriam os adaptados. No entanto, se a velocidade de conexão do dispositivo eletrônico utilizado pelo aluno fosse superior a 500 Kbps, seria direcionado para os materiais não adaptados com tamanho maior que 400 Kb.

Dessa forma, a integração do U-SEA com o presente trabalho contribuiu para identificar duas informações do contexto tecnológico do usuário: a velocidade de conexão e o tipo de dispositivo, que ocorre após o primeiro acesso do usuário ao ambiente.

c) TCN⁵ (Teaching Computer Networks in a Free Immersive Virtual Environment)

Voss (2014) implementou um ambiente virtual imersivo com objetivo de facilitar e melhorar o processo de aprendizagem da disciplina de Redes de Computadores. Essa implementação se apoiou em quatro principais elementos, sendo eles: OpenSim, Moodle, Sloodle e WampServer.

Nesse trabalho, foi realizado um estudo de caso com dispositivos móveis, que permitiu demonstrar as principais limitações tecnológicas que dificultam a utilização desses dispositivos no contexto educacional. E, também foi apresentado um estudo comparativo de diversos visualizadores de ambientes virtuais disponíveis, onde foram elencadas vantagens e desvantagens de aspectos como processamento, recursos disponibilizados e tipos de arquivos suportados.

Portanto, a principal contribuição do TCN⁵ deste trabalho foi propiciar um ambiente virtual imersivo que auxilia no ensino de Redes de Computadores de forma diferenciada. A presente pesquisa objetivou inserir nesse ambiente os elementos da Computação Ubíqua, com intuito de tornar esse ambiente adequado as características de *u-learning*. E, também atribuiu às funcionalidades do modelo de *Cloud Computing* por meio da associação dessa tecnologia.

d) MADEA (Modelagem Automática E Dinâmica De Estilos De Aprendizagem)

A ferramenta MADEA (Modelagem Automática e Dinâmica de Estilos de Aprendizagem) foi desenvolvida por Dorça (2012) em sua tese. Esse sistema tem por objetivo detectar e corrigir de forma dinâmica e automática as inconsistências de estilos de aprendizagem do modelo de estudante.

O modelo de estudante precisa se adequar ao perfil do estudante e pode auxiliar na melhora do seu desempenho. Conforme Dorça (2012), cada modelo necessita de:

- Um perfil de estudante real que determina o estudante que cursará a disciplina ou curso;
- Conceitos que serão aprendidos pelos estudantes, gerados aleatoriamente que sejam adaptados ao modelo do estudante;
- Sequenciamento da execução dos conceitos estabelecidos de forma aleatória, assim o estudante poderá cursar a disciplina da maneira mais adequada com o seu perfil;
- Aprendizagem por reforço, será gerado um conceito para cada aluno de forma aleatória.

Os principais aspectos contemplados no trabalho de Dorça (2012) são:

- A modelagem automática e dinâmica de Estilos de Aprendizagem;
- O modelo estocástico para seleção de estratégias pedagógicas, baseado na combinação de estilos de aprendizagem a serem aplicadas na adaptatividade;
- A aplicação de Aprendizagem por Reforço.

Para criar o perfil do estudante Dorça (2012) baseou-se nos Estilos de Aprendizagem propostos Felder and Silverman Learning Styles Model (FSLSM), o qual considera quatro dimensões:

- Dimensão de Percepção - Qual tipo de informação o estudante prefere receber?
 - Sensitivo: prefere fatos, datas, dados experimentais, exemplos, ligações com o mundo real, preferindo abstrair informações pelos seus sentidos (vendo, ouvindo, tocando);

- Intuitivo: prefere teorias, definições, informação simbólica, modelos matemáticos, abstrações;
- Dimensão de Entrada - Qual o tipo de canal sensorial que o aluno percebe as informações mais eficientemente?
 - Visual: figuras, diagramas, gráficos ou demonstrações;
 - Auditivo: palavras, sons;
- Dimensão de Processamento - Como o estudante prefere processar a informação?
 - Ativo: engajamento em uma atividade física ou discussão;
 - Reflexivo: é introspectivo e não extrai muita informação quando não é motivado para tal;
- Dimensão de Organização - Como o estudante prefere progredir dentro do curso?
 - Sequencial: prefere a progressão lógica e linear do conteúdo, tende a seguir uma sequência para a solução de um problema, aprende melhor quando o material é apresentado em uma progressão cuidadosa de complexidade e dificuldade;
 - Global: prefere uma visão geral do todo, aprendendo em saltos e aleatoriamente, prefere mais liberdade no processo de aprendizagem.

Dessa forma, para a execução da simulação computacional, Dorça (2012) segue três etapas:

a) Especificar o perfil do estudante que é dado por um vetor com quatro valores binários conforme descreve a Tabela 1:

Perfil	Dimensões			
	Processamento	Percepção	Entrada	Organização
	Ativo (0 ou 1)	Sensitivo (0 ou 1)	Visual (0 ou 1)	Sequencial (0 ou 1)
Reflexivo (0 ou 1)	Intuitivo (0 ou 1)	Verbal (0 ou 1)	Global (0 ou 1)	

Tabela 1. Dimensões do perfil do estudante

b) atribuir um estado inicial para o Modelo de Estudantes, onde é aplicada funções de evolução que permitem analisar o comportamento e os resultados gerados pelo sistema no decorrer da simulação. Logo, esse modelo poderá ser modificado para melhor adequação ao perfil real do estudante. Dorça (2012) recomenda que seja estabelecido como parâmetro o valor de 0,50 para cada estilo de aprendizagem do Modelo de Estudante quando não se utiliza estudantes reais, ou seja se utiliza dados fictícios para os estudantes.

c) ajustar parâmetros relativos à execução do algoritmo *Q-learning* (aplicado à modelagem automática e dinâmica dos estilos de aprendizagem), como a taxa de aprendizagem, a performance mínima esperada, o limite para o valor de reforço e a quantidade de conceitos a serem aprendidos.

- Para a taxa de aprendizagem foi considerado nesse trabalho o valor de 0,5 recomendado por Dorça (2012). Ele concluiu que esse valor é o mais adequado nesse tipo de experimento, pois observou durante seus testes que um valor muito alto pode provocar alterações bruscas no Modelo de Estudante e um valor muito pequeno resulta em alterações muito reduzidas;
- A performance mínima esperada (PFM) é a qualidade da performance obtida pelo estudante na seção de aprendizagem, sendo que foi utilizado o valor 60, padrão adotado na maioria dos processos educacionais;
- O limite para o valor de reforço (Rmax) define os sinais de reforço (recompensa) fornecidos pelo ambiente, esta função de reforço propicia um valor máximo quando o estudante aprende a totalidade dos conteúdos em uma seção de aprendizagem provocando a melhora da performance;
- A quantidade de conceitos a serem aprendidos refere-se a sequência de conteúdos e atividades planejados para a disciplina, que também são chamados de objetos de aprendizagem e podem ser adequados conforme a disciplina/curso ou estudante.

A interface da ferramenta de simulação denominada Modelagem Automática e Dinâmica de Estilos de Aprendizagem (MADEA) que foi desenvolvida por Dorça (2012), pode ser visualizada na Figura 12.

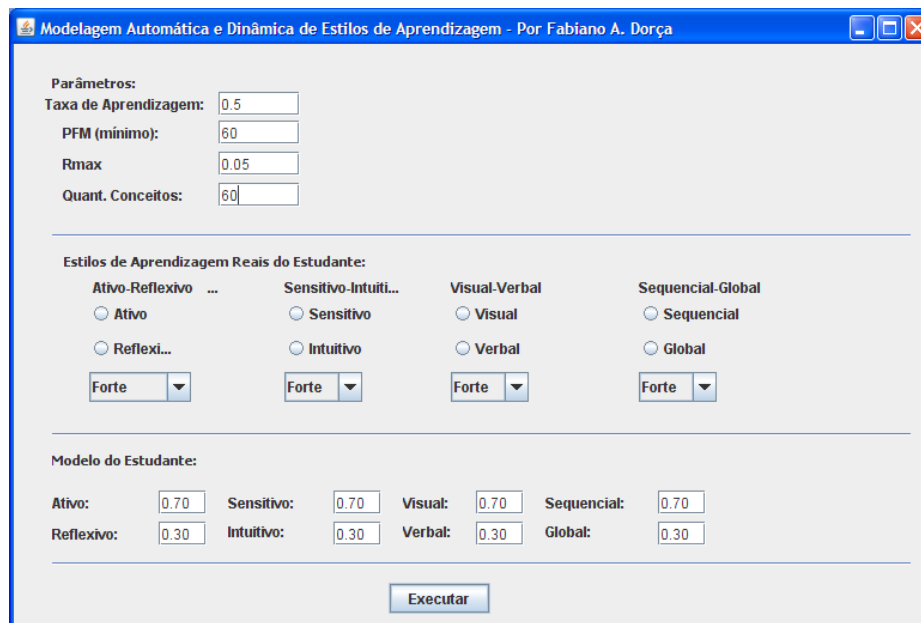


Figura 12. Interface gráfica da ferramenta MADEA

Fonte: Dorça (2012)

Por fim, esta ferramenta foi incluída neste trabalho a fim de auxiliar na avaliação da abordagem proposta. Para utilizá-la, foi necessário realizar a integração da mesma com a plataforma Moodle.

A principal contribuição de integrar a ferramenta MADEA descrita nesta seção foi a possibilidade de simular um processo de ensino-aprendizagem por meio de técnicas de simulação computacional, o que o difere do SEDECA que apenas define os estilos de aprendizagem. Tendo em vista essa característica optou-se por utilizar essa ferramenta para observar a mudança dos estilos de aprendizagem de supostos estudantes durante o andamento da disciplina de Redes de Computadores. Assim, obteve-se uma visão geral sobre a implementação realizada no ambiente que ajudou a compreender o seu funcionamento antes de testá-lo com um grupo de estudantes reais, sendo esta a principal diferença do MADEA para o SEDECA.

6.2 Proposta

A *Cloud Computing* propõe a integração de diversos modelos tecnológicos para o provimento da infraestrutura de *hardware*, plataformas de desenvolvimento e aplicações na forma de serviço (SÁ et al. 2011). Dentre os diversos benefícios fornecidos pela nuvem computacional aos ambientes educacionais, Wenhong et al. (2010) aponta como o principal a elasticidade.

A elasticidade é fundamental em qualquer ambiente que utiliza a *Cloud Computing*. Conforme a demanda de processamento, os recursos computacionais da nuvem podem ser alterados, o que proporciona comodidade ao usuário. Caso seja necessário aumentar o desempenho da nuvem para processar determinada tarefa, o usuário apenas precisará solicitar um *upgrade* à nuvem, e quando não for mais necessário, poderá retornar ao estado inicial.

Dessa forma, para disponibilizar o U-Lab Cloud foi utilizada a *Cloud Computing* com o propósito de agregar a característica de elasticidade, facilitando o gerenciamento dos recursos computacionais de cada máquina virtual criada na nuvem privada, sendo possível gerenciar de forma dinâmica o funcionamento das máquinas virtuais de acordo com a necessidade de cada usuário.

A outra contribuição pretendida com esta pesquisa é empregar as características da Computação Ubíqua ao laboratório virtual disponibilizado no ambiente de nuvem. Com isso, pretende-se auxiliar os estudantes a receber a informação adequada e no momento correto. Nesse ambiente, a apresentação do material disponibilizado ao aluno receberá a adaptação de acordo com o perfil cognitivo, a velocidade de conexão e o tipo de dispositivo. Essas informações serão identificadas por meio do Módulo Adaptativo que está integrado ao AVA Moodle. Com base nisso, o U-Lab Cloud não poderá ser utilizado como um repositório digital estático, onde os professores utilizam apenas para armazenamento de informações. O Módulo Adaptativo tornará o U-Lab Cloud dinâmico, já que auxilia na identificação de variáveis de contexto e atende as características de mobilidade e disponibilidade.

A arquitetura proposta para o U-Lab Cloud foi projetada em três camadas: Apresentação, Aplicação e Dados (Figura 13). A camada de Apresentação é a mais superficial deste ambiente e fornece a interface do ambiente. Para acessá-la, o usuário precisará ter instalado em seu dispositivo/computador apenas um *browser*, que permita a navegação na *Internet* para ter acesso ao U-Lab Cloud.

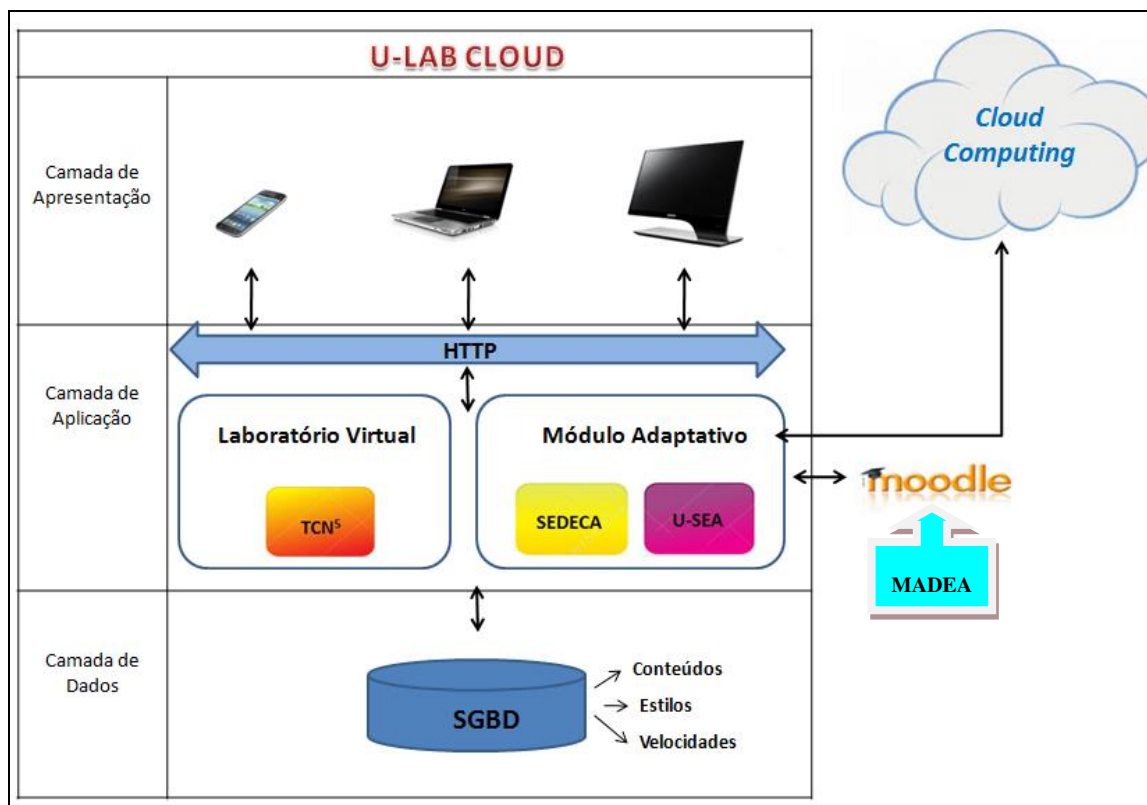


Figura 13. Arquitetura do U-Lab Cloud

A camada de Aplicação é a intermediária, sendo os seus principais componentes o TCN⁵, o SEDECA e o U-SEA. Nessa camada, o laboratório virtual é composto pelas ferramentas OpenSim e Sloodle utilizadas no desenvolvimento do TCN⁵. Já o Módulo Adaptativo do AVA Moodle será uma integração do SEDECA e do U-SEA, que tem a tarefa de adaptar o ambiente de acordo com as características de contexto do estudante, como a velocidade de conexão e o estilo cognitivo.

O Módulo Adaptativo irá identificar essas informações por meio do SEDECA e do U-SEA, que serão integrados à plataforma Moodle. A identificação do estilo cognitivo será realizada pelo SEDECA (Mozzaquatro, 2010), onde o usuário responderá um questionário para definir suas preferências em relação ao tipo de apresentação do conteúdo por exemplo, vídeo ou texto. Já o U-SEA (Piovesan, 2011) irá verificar a velocidade de conexão e adaptará o ambiente considerando o tipo de material que é suportado com a velocidade de conexão identificada.

Por fim, o Módulo Adaptativo incorporado na Moodle se comunica-se com SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) armazenado na camada Dados e adapta a apresentação do conteúdo no U-Lab Cloud de acordo com a preferência de cada estudante. Além disso, foi integrada na plataforma Moodle a ferramenta de

Modelagem Automática e Dinâmica de Estilos de Aprendizagem (descrita na seção 6.1) a fim de auxiliar na avaliação desse ambiente através de técnicas de simulação.

Ao contrário dos ambientes tradicionais, este dispensará a instalação, a manutenção ou a atualização de programas, pois estará sendo executado na nuvem de forma transparente, ou seja, não apresentará nenhuma modificação aparente para o aluno, atendendo às características de um ambiente *u-learning*. A introdução dos elementos de *u-learning* como a mobilidade, possibilita o acesso ao ambiente educacional de forma mais eficiente para alunos e professores.

Com base nestas informações, foi criado o Digrama de Caso de Uso (Figura 14) para representar as funcionalidades do ambiente proposto neste trabalho, onde foi utilizada a UML (*Unified Modeling Language*), linguagem que auxilia a visualizar, construir e documentar *softwares*.

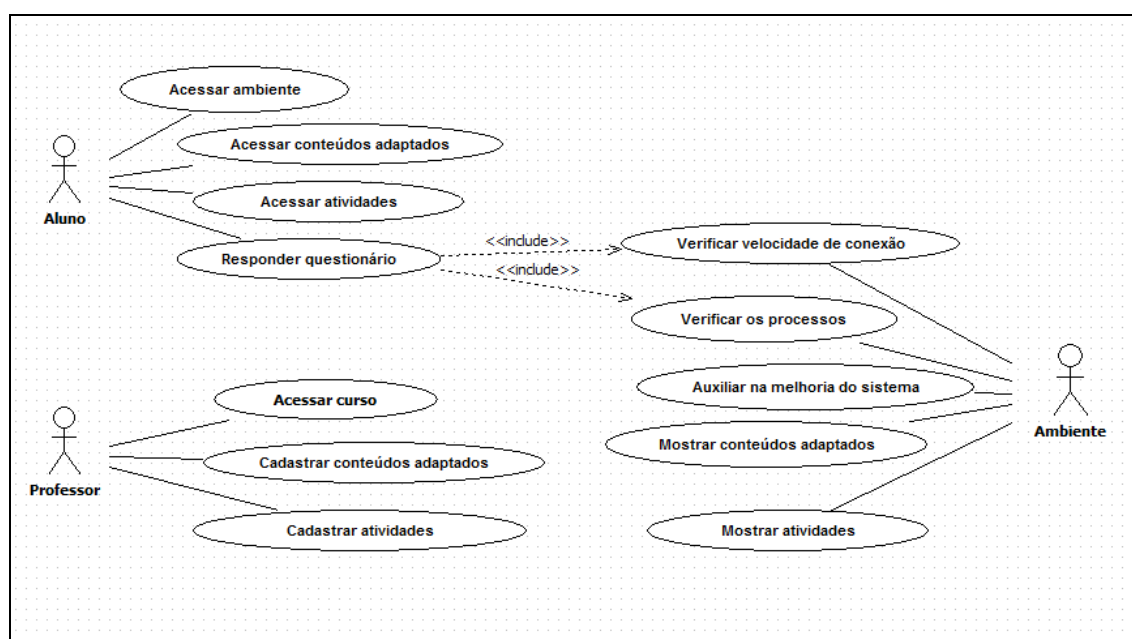


Figura 14. Digrama de caso de uso do U-Lab Cloud

A Figura 14 apresenta de forma resumida todo o processo descrito anteriormente. Na próxima seção é apresentada a implementação realizada neste trabalho.

6.3 Implementação

A implementação do U-Lab Cloud foi baseada no desenvolvimento de um ambiente de nuvem privada. Para isso, primeiramente foi necessário definir a plataforma de *Cloud Computing* mais adequada a esta pesquisa. Assim sendo, dois aspectos principais foram considerados: o modelo de serviço e a infraestrutura.

O U-Lab Cloud pertence ao modelo de serviço Infraestrutura como Serviço (IaaS), uma vez que fornece a infraestrutura para desenvolvimento de atividades de práticas do ensino de Redes de Computadores. O principal objetivo do IaaS é tornar mais fácil e acessível o fornecimento de recursos, tais como servidores, rede, armazenamento e outros recursos de computação fundamentais para construir um ambiente de aplicação sob demanda, que podem incluir sistemas operacionais e aplicativos (SOUSA, 2014).

Também foi necessário estabelecer a infraestrutura para realização dos testes. Assim, foi pesquisada, projetada e configurada a infraestrutura física para realização do experimento. O ambiente de testes utilizado é composto por três máquinas (Figura 12): na máquina principal foram atribuídas as funções de *cloud controle* (CC), *cluster controle* (CLC) e *storage controller* (SC); as outras duas máquinas receberam a função de *node controller*, as quais fornecem o processamento da nuvem.

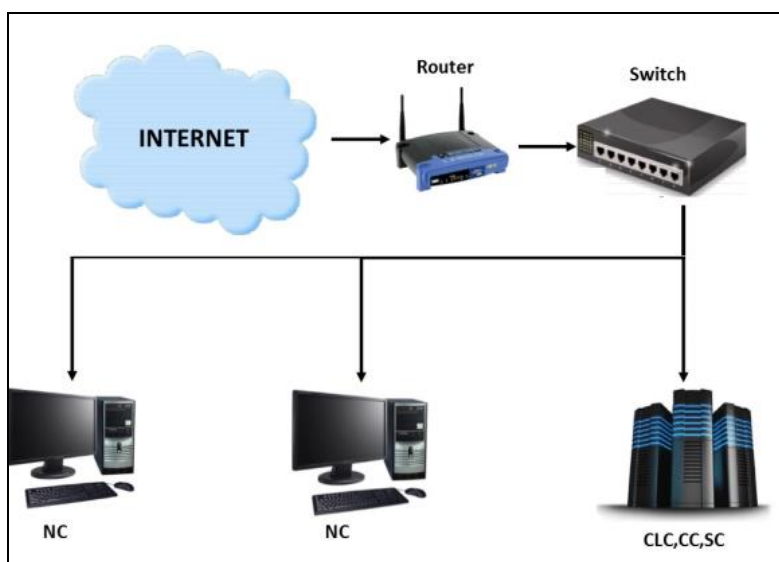


Figura 15. Infraestrutura utilizada

Logo, foram selecionadas duas plataformas de *Cloud Computing* para os testes: Eucalyptus e OpenNebula. A escolha pelo Eucalyptus se deu pelo fato de ser simples,

uma plataforma flexível, modular e por apresentar código aberto. Já a plataforma OpenNebula foi selecionada por gerenciar de forma transparente, os recursos funcionais de cada servidor, e por ser compatível com os hipervisores como Xen, KVM e VMWare ESXi.

Atualmente, existem várias tecnologias de hipervisores disponíveis. Os hipervisores executam a virtualização, que é o processo de ocultar o *hardware* físico subjacente de modo que ele possa ser utilizado e compartilhado de forma transparente em vários sistemas operacionais (I.B.M, 2009). Com isso, consegue-se superar os problemas físicos inerentes à falta de recursos e de infraestrutura adequada.

Nesta pesquisa, para realizar a virtualização, foi selecionado o hipervisor VMware ESXi, pois é compatível com as duas plataformas de *Cloud Computing* selecionadas para os testes e por apresentar uma interface amigável. Com a virtualização é possível criar e administrar diversas máquinas virtuais no mesmo sistema operacional. A virtualização permite facilmente migrar uma máquina virtual de um servidor hospedeiro para outro, sem a necessidade de reconfiguração da máquina virtual em caso de falha do hospedeiro.

Assim, ao utilizar o recurso de virtualização garante-se níveis adequados de disponibilidade para o U-Lab Cloud, visto que caso a máquina virtual em que o ambiente estiver rodando falhe, o ambiente automaticamente será migrado para outra. Com isso, tem-se a intenção de manter o ambiente acessível, assegurando a sua disponibilidade. Dessa maneira, pode-se dizer que o U-Lab Cloud apresenta um dos elementos que compõe as características pretendidas para este ambiente de *Cloud Computing*.

Após as implementações das duas plataformas de *Cloud Computing*, foram realizados testes de desempenho com o auxílio da ferramenta Intel Linpack versão 11.1.3.006, uma vez que o ambiente OpenNebula foi executado no sistema operacional Ubuntu 13.10 e a plataforma Eucalyptus no sistema operacional CentOS. Essa ferramenta mede a taxa de execução de operações de ponto flutuante da CPU, tendo os seus resultados informados em GFLOPS.

O objetivo principal dos testes foi analisar a diferença entre a performance dos sistemas operacionais instalados, visto que o ambiente OpenNebula foi instalado no sistema operacional Ubuntu e a plataforma Eucalyptus no sistema operacional CentOS. Desse modo, foi possível verificar o quanto sistemas operacionais distintos impactam na performance das plataformas *Cloud Computing*.

Com os resultados obtidos após os testes de desempenho, foi possível verificar que ambos os sistemas apresentaram pouca variação de valores. A plataforma OpenNebula foi instalada no sistema operacional Ubuntu 13.10 e atingiu 34,8 GFLOPS (Figura 16). Observou-se que a plataforma Eucalyptus executada no sistema operacional CentOS apresentou um desempenho levemente superior, obtendo 36,1 GFLOPS (Figura 17). No contexto deste trabalho, verificou-se que os sistemas operacionais impactam pouco na performance das plataformas de *Cloud Computing*.

```

Number of equations to solve (problem size): 25000
Leading dimension of array: 25000
Number of trials to run: 4
Data alignment value (in Kbytes): 4
Current date/time: Tue Jul 8 19:23:12 2014

CPU frequency: 2.665 GHz
Number of CPUs: 1
Number of cores: 4
Number of threads: 4

Parameters are set to:

Number of tests: 1
Number of equations to solve (problem size) : 25000
Leading dimension of array : 25000
Number of trials to run : 4
Data alignment value (in Kbytes) : 4

Maximum memory requested that can be used=5000504096, at the size=25000

===== Timing linear equation system solver =====
Size LDA Align. Time(s) GFlops Residual Residual(norm) Check
25000 25000 4 298.586 34.8943 5.280855e-10 3.003033e-02 pass
25000 25000 4 298.513 34.8987 5.280855e-10 3.003033e-02 pass
25000 25000 4 298.510 34.8998 5.280855e-10 3.003033e-02 pass
25000 25000 4 298.535 34.8968 5.280855e-10 3.003033e-02 pass

Performance Summary (GFlops)
Size LDA Align. Average Maximal
25000 25000 4 34.8974 34.8998

Residual checks PASSED

End of tests

```

Figura 16. Teste de desempenho OpenNebula

```

Number of equations to solve (problem size): 25000
Leading dimension of array: 25000
Number of trials to run: 4
Data alignment value (in Kbytes): 4
Current date/time: Mon Jul 7 19:48:51 2014

CPU frequency: 2.665 GHz
Number of CPUs: 1
Number of cores: 4
Number of threads: 4

Parameters are set to:

Number of tests: 1
Number of equations to solve (problem size) : 25000
Leading dimension of array : 25000
Number of trials to run : 4
Data alignment value (in Kbytes) : 4

Maximum memory requested that can be used=5888584896, at the size=25000

===== Timing linear equation system solver =====
Size LDA Align. Time(s) GFlops Residual Residual(norm) Check
25000 25000 4 289.158 36.1534 5.280855e-10 3.883833e-02 pass
25000 25000 4 289.189 36.1526 5.280855e-10 3.883833e-02 pass
25000 25000 4 289.186 36.1688 5.280855e-10 3.883833e-02 pass
25000 25000 4 289.144 36.1552 5.280855e-10 3.883833e-02 pass

Performance Summary (GFlops)
Size LDA Align. Average Maximal
25000 25000 4 36.1571 36.1688

Residual checks PASSED

End of tests

```

Figura 17. Teste de desempenho Eucalyptus

Em relação às funcionalidades, foi possível verificar que as duas plataformas realizam gerenciamento de energia, característica importante quando se pretende reduzir os custos com energia elétrica. Na plataforma de Eucalyptus ocorreu a interrupção das máquinas virtuais ociosas. A mesma característica foi encontrada no OpenNebula, sendo realizada pelos sistemas CLUES (*Cluster Energy Saving*) e pelo UEC por meio do UEC *Power Management*.

Outra característica apresentada pelas duas plataformas é o balanceamento de carga, ou seja, de realizar a divisão das tarefas com o propósito de melhorar o aproveitamento de recursos. Para fazer esse balanceamento a plataforma Eucalyptus emprega o *Elastic Load Balancer*, o qual divide imediatamente o tráfego em trânsito nas aplicações entre os nós do *Cluster*, e, por sua vez, o OpenNebula divide os nós da *Cloud*. Também se observou que as duas possuem um método de conexão *bridge* e VLAN caso seja necessária a conexão em diferentes redes. Ambas as plataformas

analisadas apresentam funcionalidades similares e disponibilizam interfaces de acesso por meio de SSH (*Secure Shell*), uma conexão segura entre cliente/servidor ou por meio de página *web*, por HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*).

A plataforma OpenNebula foi escolhida para dar seguimento neste trabalho, pois apresenta uma versão gratuita, estável e com código aberto. A sua interface gráfica é bem estruturada e de fácil compreensão (Figura 18). Além disso, essa plataforma disponibiliza uma documentação ampla e completa, que auxiliou na sua instalação.

A principal limitação identificada na plataforma Eucalyptus foi a dificuldade de restabelecer os processos cada vez que a instância criada falhava, essa situação impediu a recuperação dos dados sendo necessário reinstalar e começar no *status* inicial.

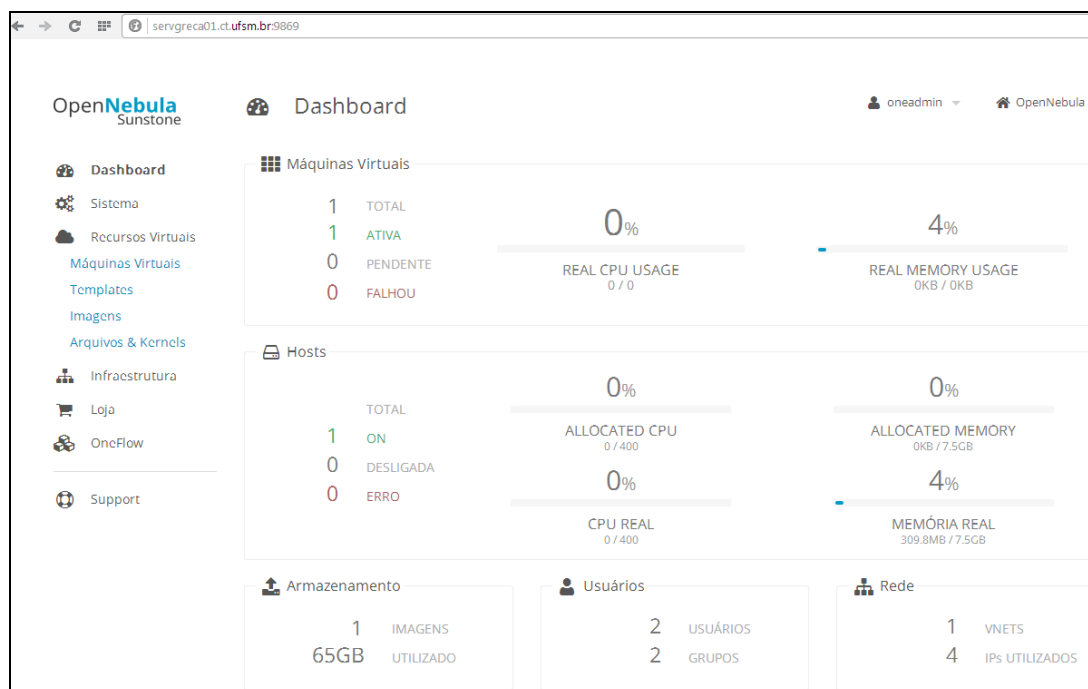


Figura 18. Interface gráfica do OpenNebula

A figura 18 apresenta a interface gráfica do OpenNebula, onde observou-se que a instância utilizada neste trabalho permaneceu ativa durante os testes realizados. Outro aspecto importante que influenciou na seleção do OpenNebula foi a consistência de dados fornecida por esta plataforma, já que esta manteve os dados armazenados mesmo em caso de queda de energia, sendo que isso não ocorreu na outra plataforma testada.

Para a utilização do U-Lab Cloud no ambiente de nuvem privada, foi instanciada no VMware uma máquina virtual com sistema operacional Windows de 32 bits.

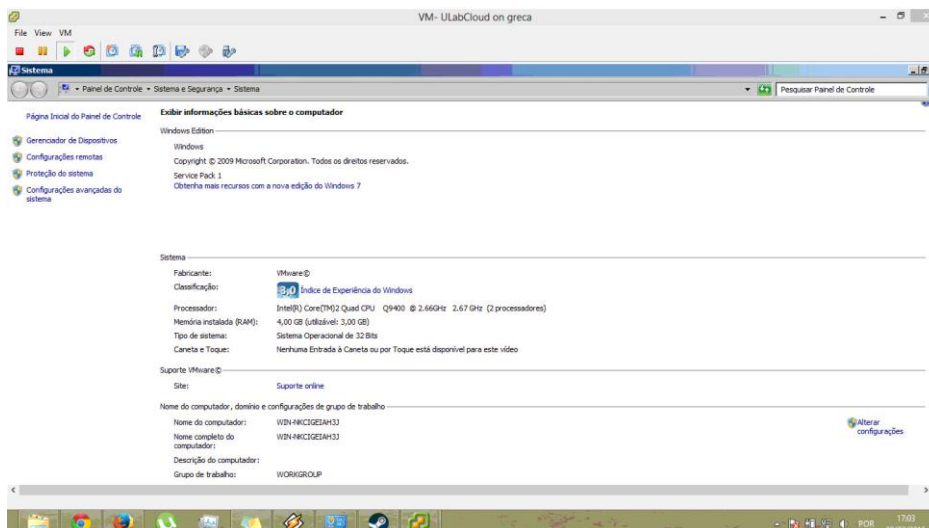


Figura 19. Instância rodando na VM

A máquina virtual criada no VMware dispõe de 2 processadores Intel Core 2 Quad, com 4 GB de memória RAM (Figura 19). Nela foi realizada a instalação das ferramentas necessárias para o funcionamento do laboratório virtual, as quais são apresentadas na Figura 20.

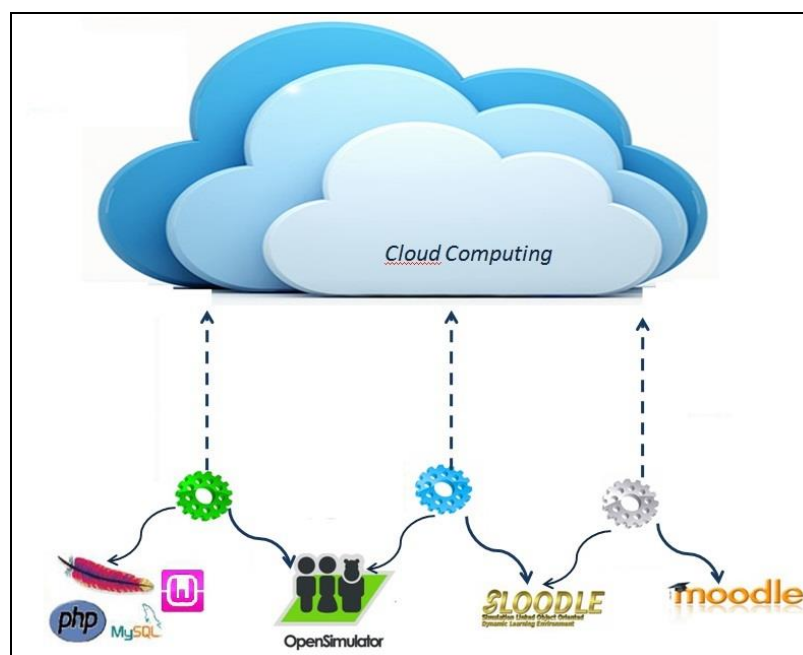


Figura 20. Integração das ferramentas que compõem o laboratório virtual

A figura 20 apresenta as ferramentas instaladas no ambiente de *Cloud Computing* para criação do laboratório virtual. O WampServer disponibiliza as

aplicações necessárias para o funcionamento do laboratório virtual, o Apache, o MySQL e o PHP. O Apache é responsável por criar um servidor local para a hospedar o ambiente. O MySQL, é utilizado como base de dados para armazenar as informações do Moodle e do laboratório virtual. E, também, o PHP que é a linguagem de programação nativa da plataforma Moodle.

Na sequência, foi implantada a plataforma Moodle v. 2.5, onde foi criada a disciplina Redes de Computadores e foram inseridos alguns materiais como slides e vídeos, como mostra a Figura 21.

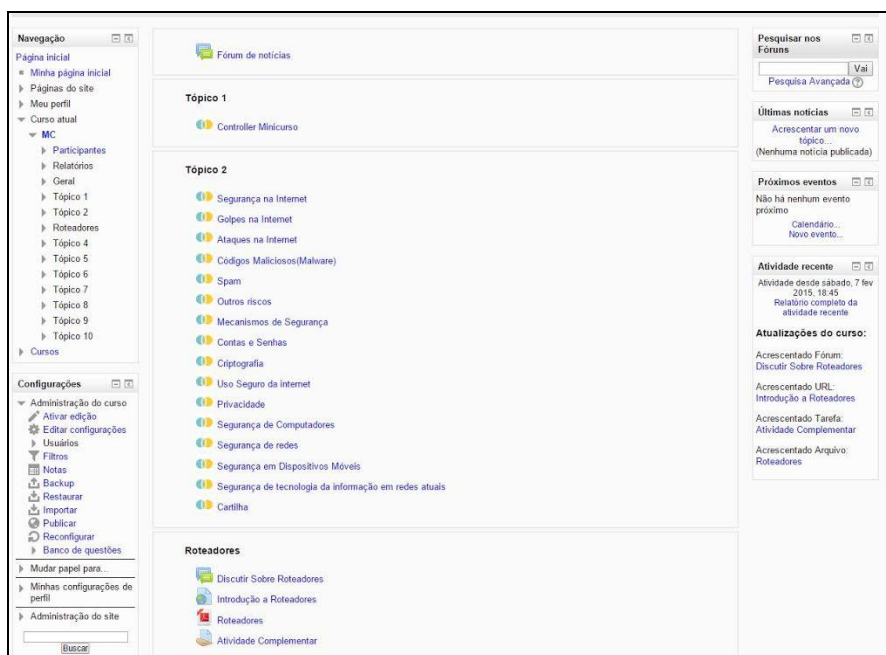


Figura 21. Disciplina de Redes de Computadores no Moodle

O próximo passo a construção da interface do ambiente virtual 3D. Para isso, foi instalada a ferramenta OpenSim e foram importados os códigos fontes do TCN⁵ contendo as cinco regiões e seus objetos, que podem ser visualizados na Figura 22.

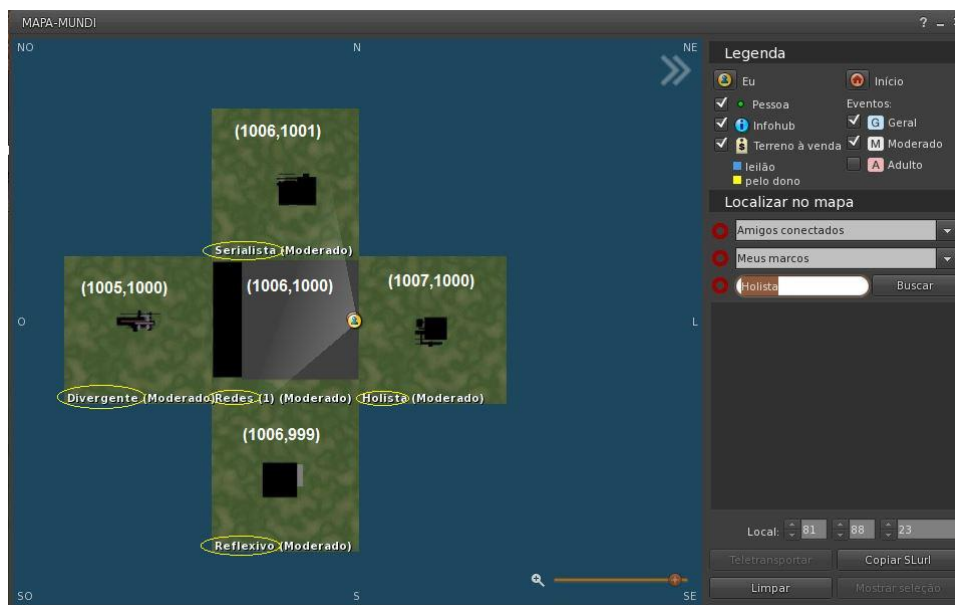


Figura 22. Regiões do OpenSim

Fonte: Voss (2014)

Cada região do TCN⁵ (Figura 22) apresenta prédios, simulando espaços físicos (e.g., salas de aula, bibliotecas e laboratórios) nos quais encontram-se os objetos (e.g., painéis, estantes com livros, computadores, equipamentos, entre outros). Os objetos utilizados foram importados de repositórios *on-line* específicos para mundos virtuais (VOOS, 2014).

Com o OpenSim e o Moodle em funcionamento, foi necessário integrá-los por meio da ferramenta Sloodle. Para isso, foi necessário copiar as pastas dessa ferramenta para o diretório do Moodle. Os materiais disponibilizados no Moodle foram integrados com o laboratório virtual por meio das aplicações “*quiz chair*” e “*presenter*” disponibilizadas nesse aplicativo.

Por fim, foi realizada a instalação do *viewer* Singularity¹¹, necessário para visualização da interface gráfica do laboratório virtual (Figura 23).

¹¹ Disponível em: <http://www.singularityviewer.org/>



Figura 23. Interface gráfica do U-Lab Cloud

Na figura 23, pode ser visualizado a interface gráfica do U-Lab Cloud no OpenSim. Dessa forma, o processo de implementação do laboratório virtual foi finalizado, onde pôde-se perceber diversas vantagens ao adotar a tecnologia de *Cloud Computing* em conjunto com as características *u-learning*. O baixo custo para o usuário é a principal delas, pois, para acessarem o U-Lab Cloud, não será necessário possuir tecnologia de ponta. Os usuários poderão acessar o ambiente de seus computadores pessoais (PCs), telefones celulares, *tablets*, mesmo que possuem uma configuração mínima, sendo necessário apenas que seus equipamentos estejam conectados a *Internet*.

O outro benefício presente nessa solução é a elasticidade dos recursos computacionais, ou seja, caso o número de alunos aumente, pode-se ampliar os recursos disponibilizados sem a preocupação com aquisição de infraestrutura física. Esse benefício favorecerá diretamente os professores e os estudantes, visto que o ambiente educacional se adaptará tanto a turmas pequenas como a grandes.

Nessa perspectiva a *Cloud Computing* pode auxiliar as instituições de ensino que enfrentam problemas com equipamentos desatualizados e com manutenção de laboratórios físicos, pois esta dispensa tecnologia de ponta para seus usuários.

7 AVALIAÇÃO DA ABORDAGEM PROPOSTA

Nesta seção é descrita a avaliação realizada neste trabalho conforme o método de pesquisa apresentado na seção 5. Essa avaliação deu-se por meio de um estudo de caso simulado baseado na disciplina de Redes de Computadores que foi disponibilizada na plataforma Moodle. A disciplina utilizada neste estudo de caso é real, contudo, o acompanhamento e os estudantes foram simulados com o auxílio da ferramenta Modelagem Automática e Dinâmica de Estilos de Aprendizagem (MADEA). Essa ferramenta foi desenvolvida por Dorça (2012) e utilizada como base para realização desta avaliação. Para empregá-la neste trabalho, foi necessário realizar a integração da mesma com a plataforma Moodle.

Optou-se por utilizar a ferramenta MADEA visto que a avaliação com estudantes reais exige disponibilidade de um grande período do tempo e nem sempre os alunos estão dispostos a colaborar. Além disso, constatou-se em trabalhos realizados anteriormente por esse grupo de pesquisa, que existe certa resistência por parte dos alunos em testar sistemas em avaliação, o que pode impactar e dificultar a análise dos resultados.

Nesse sentido, Dorça (2012) complementa que a avaliação de sistemas com cursos reais necessita de uma grande quantidade de estudantes dispostos a participar de um processo de avaliação sistemas. Para Nunes (2014), é importante conhecer o comportamento e funcionamento do ambiente antes de testá-lo com estudantes reais, já que esses testes são mais complexos, custosos e demorados.

Portanto, o objetivo principal de utilizar as técnicas de simulação computacional neste trabalho foi a possibilidade de testar o desempenho do U-Lab Cloud diante das alterações dos estilos de aprendizagem. Os dados obtidos por meio do processo de simulação fornecerão a visão de um todo sobre o funcionamento do ambiente, para que possa ser testado antes de ser utilizado por estudantes reais. A próxima seção descreve as etapas realizadas para obter a integração da ferramenta MADEA com Moodle do U-Lab Cloud.

7.1 Desenvolvimento do estudo de caso

A fim de avaliar este ambiente por meio de técnicas de simulação computacional, foi necessário realizar a integração da ferramenta MADEA com a plataforma Moodle. Dessa forma, nesta seção são apresentadas as etapas seguidas para realizar esta integração.

Primeiramente, foi gerado um arquivo ".jar" que serviu para armazenar as informações da ferramenta MADEA. Dessa forma, foi possível integrar o código-fonte da ferramenta MADEA com o Moodle.

Na sequência, foram adicionados na página PHP do Moodle os elementos necessários para a inserção dos dados, os quais permitem ajustar os parâmetros relativos ao perfil do estudante, como mostra a Figura 24.

```

</br></br></br>
<h4>Perfil do estudante:</h4><br>
<TABLE cellpadding="2" cellspacing="0" border="1" width="90%">
  <form action="submitted2.php" method="POST">
  <tr>
  <td>
    <h4>Ativo-Reflexivo</h4>
    <input type="radio" name="ativoreflexivo" value="ativo">Ativo</br>
    <input type="radio" name="ativoreflexivo" value="reflexivo">Reflexivo</br>
    <select name="ativoreflexivoselect">
      <option value="fraco">Fraco</option>
      <option value="moderado">Moderado</option>
      <option value="forte">Forte</option>
    </select>
    <br><br><br><br>
  </td>
  </tr>
  </table>

```

Figura 24. Elementos inseridos na página PHP do Moodle

Na Figura 24, é possível visualizar os elementos que permitem a definição do perfil de estudante, onde é possível estabelecer forças de preferências (forte, moderado, leve) para o suposto estudante. O perfil do estudante foi baseado no modelo FSLSM¹², um dos mais utilizados no desenvolvimento de ambientes educacionais, pois permite distinguir as preferências do estudante, diferentemente de outros modelos com tipos fixos de estilo de aprendizagem. Dessa maneira, o FSLM possibilita que os estilos de aprendizagem sejam tratados como modelos probabilísticos, demonstrados na Figura 25.

¹² Felder and Silverman Learning Style Model

Perfil do estudante:

<p>Ativo-Reflexivo</p> <p><input checked="" type="radio"/> Ativo</p> <p><input type="radio"/> Reflexivo</p> <p>Fraco <input type="text"/></p> <p>Fraco <input type="text"/></p> <p>Moderado <input type="text"/></p> <p>Forte <input type="text"/></p>	<p>Sensitivo-Intuitivo</p> <p><input checked="" type="radio"/> Sensitivo</p> <p><input type="radio"/> Intuitivo</p> <p>Fraco <input type="text"/></p>	<p>Visual-Verbal</p> <p><input type="radio"/> Visual</p> <p><input checked="" type="radio"/> Verbal</p> <p>Fraco <input type="text"/></p>	<p>Sequencial-Global</p> <p><input type="radio"/> Sequencial</p> <p><input checked="" type="radio"/> Global</p> <p>Fraco <input type="text"/></p>
---	--	--	--

Figura 25. Elementos que permitem definir o perfil do estudante

A vantagem de utilizar o FSLM é a flexibilidade proporcionada por esse modelo, visto que é possível combinar diferentes estilos de aprendizagem, o que não é considerado na maioria dos questionários de auto-avaliação. Além disso, quando se utiliza um questionário desse tipo tem-se a dificuldade de determinar o quanto são precisos os resultados alcançados.

O próximo passo foi acrescentar os elementos que permitem estabelecer o modelo inicial de estudante. Em função da similaridade encontrada entre os estilos de aprendizagem que compõem o modelo FSLM e o SEDECA, foi mantido o primeiro. Essa semelhança entre diferentes estilos de aprendizagem se deve ao fato de alguns desses estilos estarem imbricados.

Esse modelo foi modificado conforme o andamento da disciplina de Redes de Computadores. Segundo Dorça (2012), quando não é conhecido o perfil real do estudante indica-se utilizar o valor 0,50 como parâmetro para cada estilo de aprendizagem. Dessa maneira, foram setados para todos os campos de estilo de aprendizagem inicial tal valor (Figura 26).

Modelo inicial do estudante:

Ativo	<input type="text" value="0,50"/>
Reflexivo	<input type="text" value="0,50"/>
Sensitivo	<input type="text" value="0,50"/>
Intuitivo	<input type="text" value="0,50"/>
Visual	<input type="text" value="0,50"/>
Verbal	<input type="text" value="0,50"/>
Sequencial	<input type="text" value="0,50"/>
Global	<input type="text" value="0,50"/>

Figura 26. Modelo Inicial do Estudante

Após, foram incluídos os elementos necessários para inserção dos parâmetros indicados por Dorça (2012) para execução da simulação com dados fictícios, sendo eles:

- PFM (o valor de performance mínima esperada) = 60 (padrão adotado na maioria dos processos educacionais);
- Taxa de aprendizagem = 0,5 (pelos motivos apresentados na seção 6.1);
- Rmax: sinais de reforço fornecidos pelo ambiente;
- Quantidade de conceitos (objetos de aprendizagem) = 15 (como descrito na seção 6.1, esse valor pode variar de acordo com a disciplina).

Parâmetros:

Pfm

Taxa de Aprendizagem

Rmax

Quantidade de Conceitos

Figura 27. Parâmetros

A figura 27, mostra os parâmetros que devem ser estabelecidos para a execução da simulação do processo de aprendizagem conforme Dorça (2012). Dessa forma, obteve-se a adaptação necessária da plataforma Moodle para execução de duas simulações aplicadas a este estudo de caso. A Figura 28 mostra a interface adaptada na plataforma Moodle, na qual foram executadas as simulações.

Página inicial ► Fóruns ► [[Simulador Estudante]]

Navegação

Página inicial

- Minha página inicial
- Páginas do site
- Meu perfil
- Cursos

Administração

- Minhas configurações de perfil
- Administração do site
 - Ativos
 - Inscrição
 - Opções avançadas
 - Usuários
 - Cursos
 - Notas
 - Badges
 - Local
 - Idioma
 - Plugins
 - Segurança
 - Aparência
 - Página principal
 - Senidor
 - Relatórios
 - Desenvolvimento
 - Ajuda de atualização de tarefas
 - Ajuda para atualização de questões

Perfil do estudante:

Ativo-Reflexivo

- Ativo
- Reflexivo
- Fraco

Sensitivo-Intuitivo

- Sensitivo
- Intuitivo
- Fraco

Visual-Verbal

- Visual
- Verbal
- Fraco

Sequencial-Global

- Sequencial
- Global
- Fraco

Modelo inicial do estudante:

- Ativo 0.50
- Reflexivo 0.50
- Sensitivo 0.50
- Intuitivo 0.50
- Visual 0.50
- Verbal 0.50
- Sequencial 0.50
- Global 0.50

Parâmetros:

- Pfm
- Taxa de Aprendizagem
- Rmax
- Quantidade de Conceitos

Start Simulador

Buscar

Figura 28. Interface gráfica da ferramenta de simulação integrada ao Moodle

A Figura 28 apresenta a nova interface gráfica da ferramenta de simulação integrada a plataforma Moodle contendo os parâmetros descritos anteriormente. Essa ferramenta foi utilizada neste estudo caso para realização de duas execuções que são apresentadas na próxima seção.

7.2 Análise dos resultados obtidos

Para demonstrar a integração das ferramentas mencionadas, foi realizado este estudo de caso, no qual foram definidos dois estudantes fictícios. A primeira simulação refere-se a um estudante com a seguinte preferência: ativo (forte), sensitivo (forte), visual (moderada) e seqüencial (fraca) (Tabela 2).

Dimensões			
Processamento	Percepção	Entrada	Organização
Ativo (Forte)	Sensitivo (Forte)	Visual (Moderada)	Sequencial (Fraca)

Tabela 2 – Estudante fictício com Perfil 01

Os resultados gerados nesta simulação são demonstrados na forma de gráfico. Em cada um dos gráficos, o eixo x representa a quantidade iterações realizadas e o eixo y demonstra os valores assumidos pelos estilos de aprendizagem probabilísticos durante o andamento do processo de aprendizagem simulado na disciplina de Redes de Computadores.

Com os resultados obtidos nesta simulação foi possível observar a atualização dos estilos de aprendizagem do estudante fictício no decorrer da disciplina de Redes de Computadores, com intervalos de 10 iterações. Esta simulação computacional considerou modelos probabilísticos, onde as probabilidades são determinadas pelo valor de cada preferência dos estilos de aprendizagem.

A Figura 29 mostra a dimensão de Processamento, que representa como o estudante com forte preferência pelo estilo Ativo procede em relação ao processamento de informação. Esse estudante com preferência por uma experimentação ativa prefere trabalhos em pequenos grupos e que envolva discussão durante o andamento da disciplina.

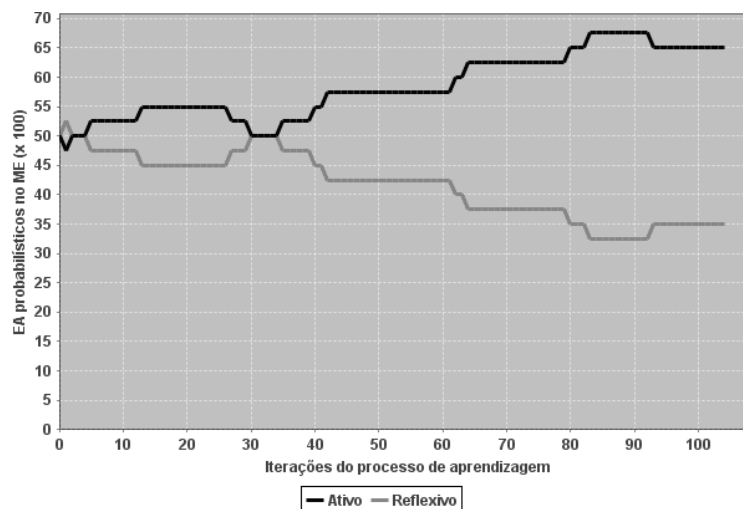


Figura 29. Dimensão Processamento - Perfil 01

Na Figura 29, foi possível observar como evoluiu o estilo de aprendizagem probabilístico do estudante com preferência pela experimentação ativa. Assim, percebe-se que a preferência pelo estilo Ativo forte) foi mantida durante todo o processo de aprendizagem. Entretanto, observa-se que em dois curtos espaços de tempo por volta de 05 e 30 iterações) o estilo de aprendizagem apresentou-se inconsistente, mas foi corrigido a medida que a quantidade de iterações cresceu.

A atualização da dimensão Percepção pode ser visualizada na Figura 30. Essa dimensão diz respeito a qual tipo de informação é melhor percebida pelo estudante. O estudante com forte preferência pelo estilo Sensitivo prefere encontrar no ambiente educacional os exemplos do mundo real que disponibilizam datas, dados experimentais e informações que podem ser percebidas pelos seus sentidos (ver, ouvir).

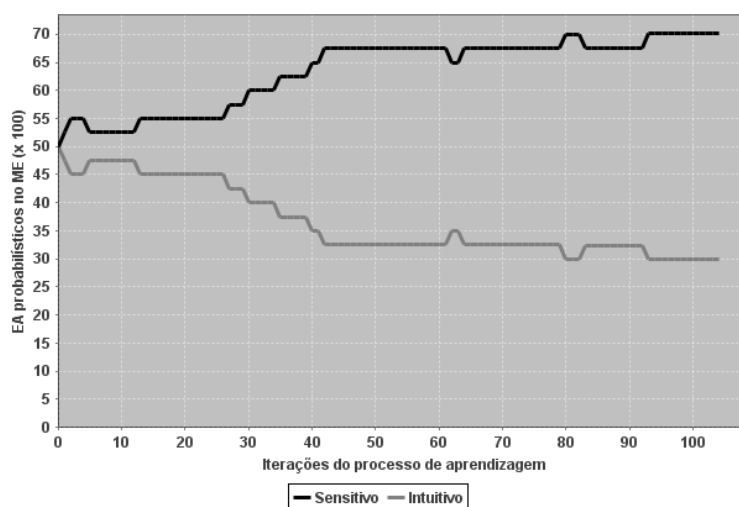


Figura 30. Dimensão Percepção - Perfil 01

Na Figura 30, ao analisar o progresso do estilo de aprendizagem Sensitivo (forte), pôde-se constatar que durante a trajetória tal estilo manteve-se consistente. Após um terço do caminho percorrido (por volta de 30 iterações), percebe-se indícios de o estilo de aprendizagem tornou-se mais estável.

Na Figura 31, é demonstrada atualização da dimensão Entrada. Essa dimensão define qual o tipo de informação é efetivamente percebida pelo estudante que apresenta preferência fraca pelo estilo Visual. Esse estilo é mais propenso a percepção de figuras, diagramas, linhas de tempo, gráficos e filmes.

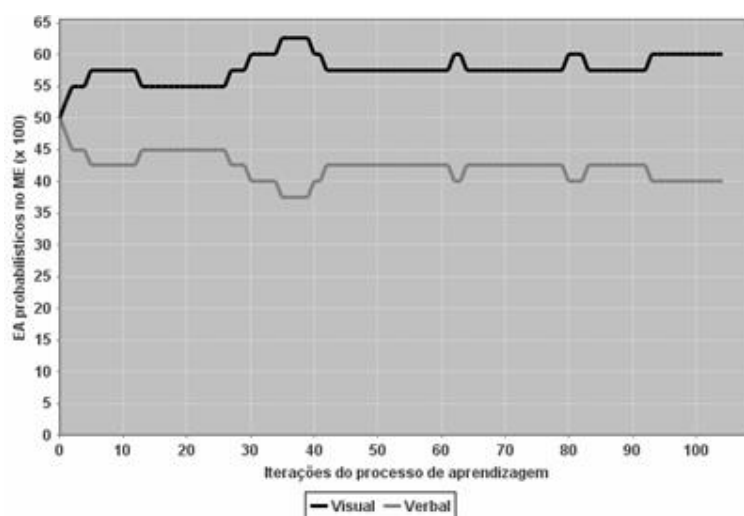


Figura 31. Dimensão Entrada - Perfil 01

A Figura 31 mostra os valores assumidos pelo estilo de aprendizagem Visual (fraco) durante o processo de aprendizagem simulado. Nota-se indícios de que o estilo de aprendizagem manteve-se instável até aproximadamente metade do processo por volta de 41 iterações). Após, percebe-se que o estilo tornou-se consistente.

Na Figura 32, é possível verificar a evolução da dimensão Organização. Essa dimensão determina como o estudante prefere progredir dentro da disciplina, sendo que neste caso o estudante fictício apresenta fraca preferência pelo estilo de aprendizagem Sequencial. Dessa forma, ele prefere seguir uma progressão lógica e linear do conteúdo, ou seja, tem preferência por uma sequência de passos para solucionar problemas.

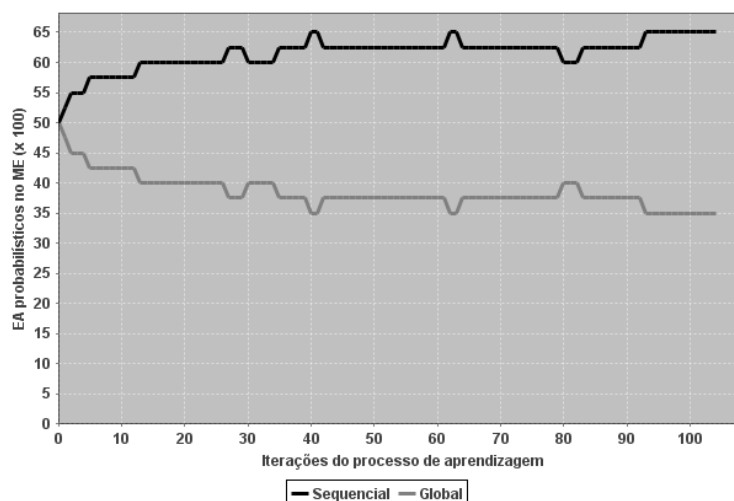


Figura 32. Dimensão Organização - Perfil 01

A Figura 32 apresenta graficamente indícios de que durante o processo de aprendizagem, o estilo de aprendizagem mostrou-se bem definido, mesmo apresentando força de preferência fraca no modelo inicial de estudante.

Para verificar a consistência dos dados obtidos, foram realizadas 10 repetições do estudante fictício com Perfil 01 (Tabela 3).

<i>Perfil 01: Ativo(Forte)-Sensitivo(Forte)-Visual(Moderado)-Sequencial(Leve)</i>										
Nº	Performance média	Prob. Aprendiz.	Ativo	Reflexivo	Sensitivo	Intuitivo	Visual	Verbal	Sequencial	Global
1	83	11	65	35	70	30	60	40	65	35
2	79	10	76	25	75	25	65	35	55	45
3	79	9	65	35	71	29	65	35	65	35
4	78	9	57	42	62	37	62	37	52	47
5	80	9	57	42	57	42	72	27	52	47
6	79	11	74	25	71	27	81	19	65	35
7	81	10	70	30	55	45	75	25	55	45
8	82	11	65	35	70	29	65	35	60	40
9	84	10	65	35	60	40	60	35	65	35
10	86	9	65	35	60	40	60	35	70	30
Média	81	10	66	34	65	34	67	32	60	39

Tabela 3. Repetições do Perfil 01

A Tabela 3 apresenta a sequência dos resultados da execução do Perfil 01, onde verificou-se certa variação nos resultados gerados, contudo a característica de consistência dos dados do processo de aprendizagem simulado foi satisfatória.

Essas repetições foram necessárias, pois a ferramenta MADEA trabalha com um processo estocástico que considera um modelo de estudante probabilístico subjacente. Segundo (Dorça, 2012) em um processo estocástico não é possível afirmar qual resultado que ocorrerá, podendo se obter um resultado diferente, mesmo se os dados de entrada forem inalterados. Dessa maneira, quando é utilizado esse tipo de processo nas

primeiras tentativas os resultados podem parecer erráticos, contudo, após um grande número de repetições, aparecem regularidades (GARDINER, 1983).

A Figura 33 apresenta graficamente a performance média obtida pelo suposto estudante com Perfil 01, em intervalos de 5 iterações. O valor da performance média é considerado no intervalo real de $[0,100]$ e foi definida como o desempenho obtido pelo estudante ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

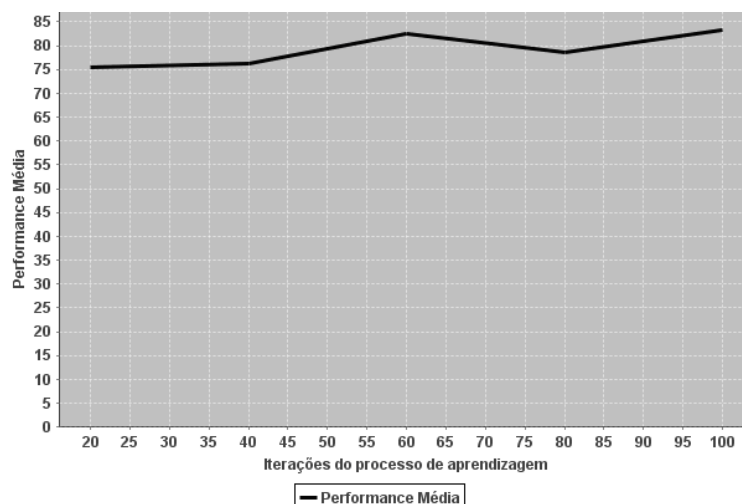


Figura 33. Performance média do Perfil 01

Na Figura 33, pôde-se observar que houve um aumento sutil na média de performance do estudante analisado, entretanto problemas de aprendizagem (Figura 34) foram identificados durante o processo simulado.

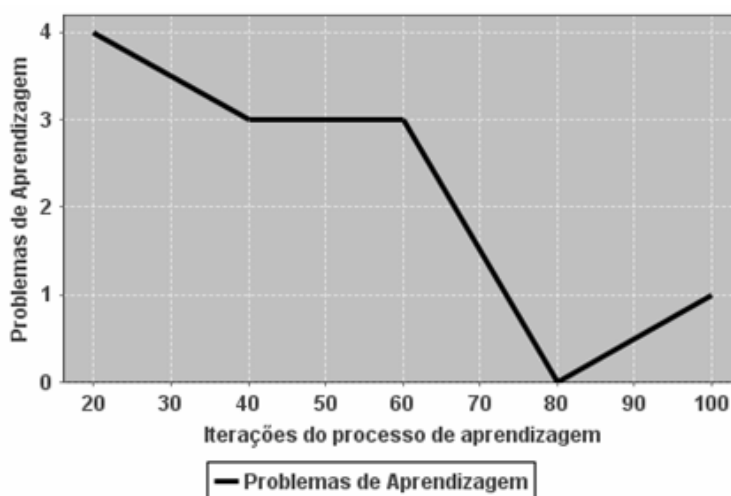


Figura 34. Problemas de aprendizagem do Perfil 01

Na Figura 34, são representados graficamente os problemas de aprendizagem detectados durante a simulação do processo de ensino-aprendizagem com o estudante de Perfil 01. Assim, observa-se que no estado inicial do processo o número de problemas é maior (4). À medida que o número de iterações aumenta, os problemas de aprendizagem são reduzidos (1) e no final do processo totalizam 11 problemas de aprendizagem. É importante ressaltar que as variáveis probabilísticas utilizadas neste estudo de caso não consideram fatores externos que poderiam influenciar nos resultados do processo simulado de aprendizagem.

A segunda simulação refere-se a um suposto estudante com Perfil 02, o qual têm preferências favoráveis pelos estilos de aprendizagem: reflexivo (forte), intuitivo (forte), visual (moderada) e global (fraca), como mostra a Tabela 4.

Dimensões			
Processamento	Percepção	Entrada	Organização
Reflexivo (Forte)	Intuitivo (Forte)	Visual (Moderada)	Global (Fraca)

Tabela 4 – Estudante fictício do Perfil 02

A Figura 35 representa a dimensão de Processamento do estudante fictício com Perfil 02. Essa dimensão representa a forma que o estudante prefere processar a informação recebida. Assim, um estudante com tendência ao estilo Reflexivo prefere realizar um trabalho mais individual para conseguir refletir sobre o assunto. Também é mais propenso a ser teórico, uma vez que realiza ligações teóricas com a fundamentação da disciplina e precisa ser estimulado a pensar para alcançar a efetiva aprendizagem.

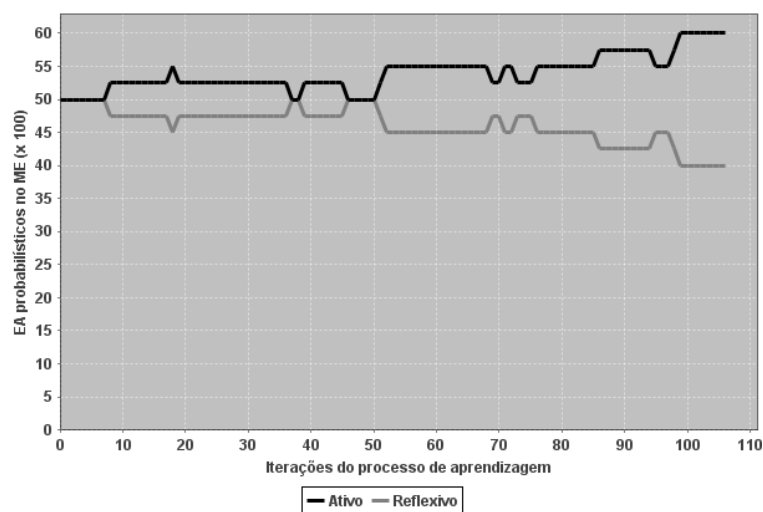


Figura 35. Dimensão de Processamento do Perfil 02

Na Figura 35, pôde-se perceber que apesar da dimensão de Processamento estar inicialmente forte no modelo inicial de estudante com preferência pelo estilo Reflexivo, ela foi alterada em dois momentos (por volta de 38 e 46 iterações) do processo de ensino-aprendizagem, permanecendo inconsistente por esse breve período. Após, a preferência foi mantida e a inconsistência foi eliminada no final do processo.

A Figura 36 representa a dimensão de Processamento do Perfil 02. Essa dimensão refere-se a qual tipo de informação o estudante prefere receber. O estudante que apresenta tendência de preferência pelo estilo Intuitivo prefere encontrar informações simbólicas, teorias, definições, modelos matemáticos e abstrações.

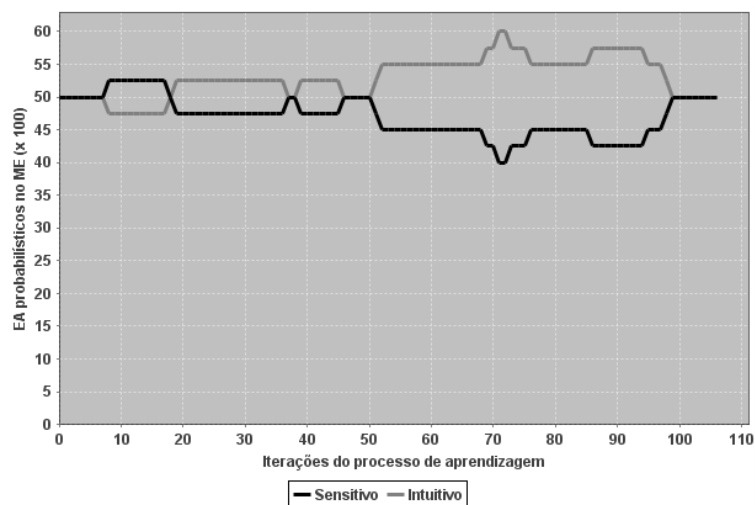


Figura 36. Dimensão de Percepção do Perfil 02

Na Figura 36, nota-se no estado inicial e em dois momentos alguns indícios de inconsistência no modelo de estudante com preferência forte pelo estilo de aprendizagem Intuitivo. Além disso, percebe-se que na metade do processo (por volta de 50 iterações) a preferência foi corrigida e se tornou consistente por certo período, embora, no término do processo a inconsistência tenha permanecido. Neste resultado, é possível observar que apesar do estilo analisado ter apresentado consistência na maior parte do tempo, no final do processo a inconsistência foi mantida. Essa situação exige atenção e deve ser avaliada com cuidado antes do ambiente ser submetido a testes reais.

Na figura 37, é possível observar a atualização da dimensão de Entrada. Tal dimensão representa o tipo de informação que é mais compreendida pelo estudante que apresenta preferência moderada pelo estilo de aprendizagem Visual. O estudante com tendência a esse estilo é mais favorável a captar informações de figuras, diagramas, linhas de tempo, gráficos e filmes.

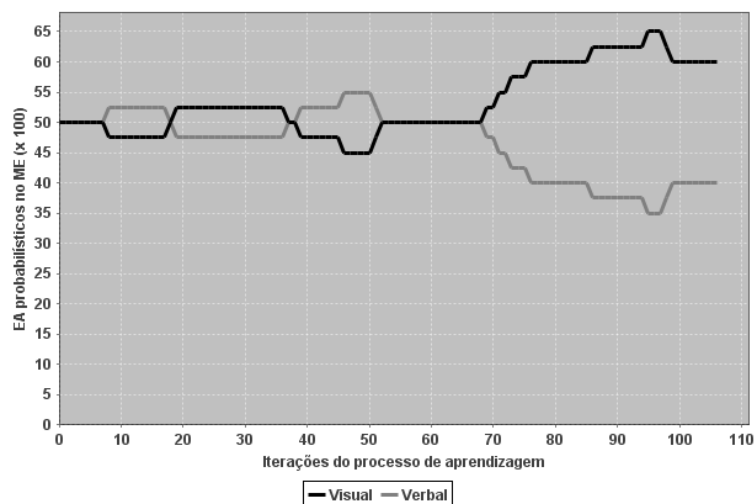


Figura 37. Dimensão de Entrada do Perfil 02

A Figura 37 demonstra graficamente que a dimensão de Entrada, apresentou dois momentos de inconsistência, um no início e outro a partir do meio do processo (por volta de 51 iterações), sendo que a segunda foi mantida por um breve período. Por fim, observa-se que a inconsistência de estilo foi anulada.

Na Figura 38 é possível observar como a dimensão de Organização evoluiu durante o processo de ensino-aprendizagem. A dimensão Organização indica como o estudante com preferência fraca e favorável ao estilo Global prefere progredir dentro da disciplina ou curso. Esse estudante apresenta melhor desempenho quando tem uma visão geral de um todo e aprende com conceitos aleatórios. E, também preferem ter mais liberdade no processo de ensino-aprendizagem recebendo atividades que relacionem o material com as experiências de alunos ou até mesmo com outros materiais da disciplina.

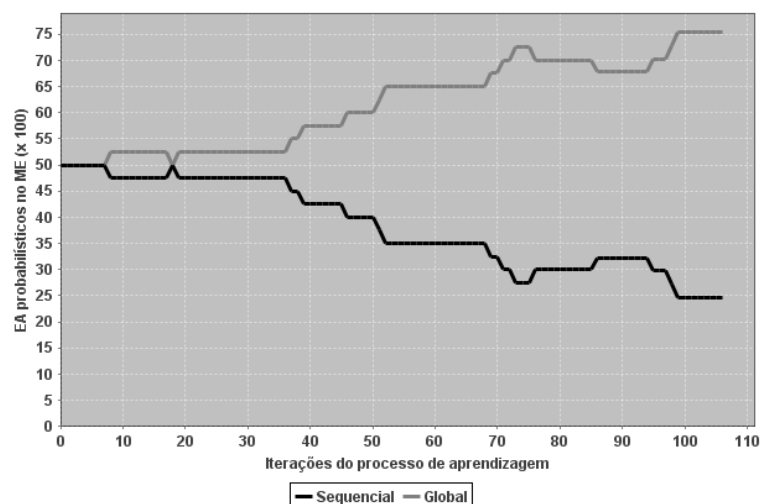


Figura 38. Dimensão de Organização - Perfil 02

A figura 38 apresenta a evolução da preferência fraca pelo estilo Global na dimensão Organização. Nota-se que o gráfico no estágio inicial do processo, o estilo de aprendizagem quase tornou-se inconsistente, mas não ocorreu. Logo, a preferência consistente do estilo de aprendizagem foi mantida.

Com intuito de verificar a consistência dos dados obtidos, foram realizadas 10 repetições do estudante fictício com Perfil 02, como mostra a Tabela 5.

Perfil 02: Reflexivo(Forte)-Intuitivo(Forte)-Visual(Moderado)-Global(Leve)										
N°	Performance média	Prob. Aprend.	Ativo	Reflexivo	Sensitivo	Intuitivo	Visual	Verbal	Sequencial	Global
1	75	14	60	40	50	50	61	39	71	29
2	79	9	37	62	37	62	67	32	47	52
3	80	9	27	72	37	63	67	32	42	57
4	76	13	35	65	35	65	60	40	45	45
5	77	12	32	68	37	62	67	32	37	62
6	75	14	32	68	23	77	67	32	42	8
7	78	12	37	62	37	62	62	37	32	68
8	74	15	32	68	32	67	67	32	32	67
9	75	14	40	60	34	65	65	35	35	65
10	74	15	37	62	37	62	62	37	23	77
Média	76	13	37	62,5	36	64	65	35	41	53

Tabela 5. Repetições - Perfil 02

A Figura 39 mostra os resultados gerados da avaliação de performance do estudante com Perfil 02, com base no seu comportamento enquanto o ambiente foi utilizado para sua aprendizagem. Para a realização dessa execução foi considerado o valor da performance mínima esperada = 60, por ser o padrão utilizado na maioria dos processos de ensino-aprendizagem.

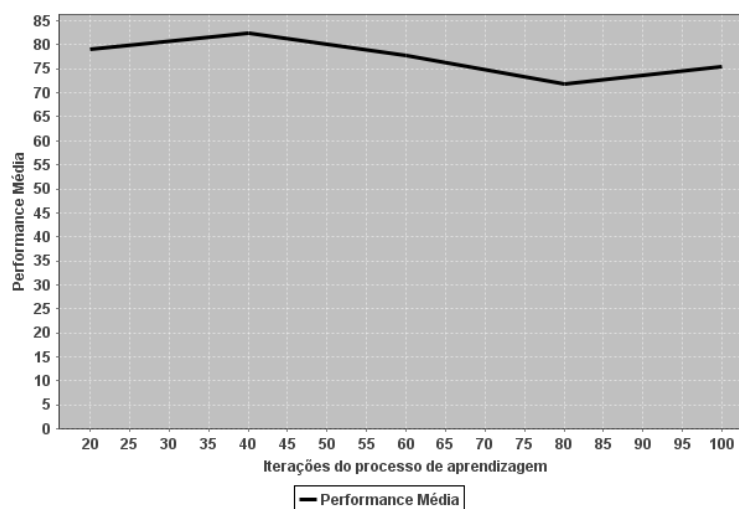


Figura 39. Performance média - Perfil 02

Na Figura 39, é possível obter uma visão geral da performance média do estudante com perfil 02, na qual pode-se observar um impacto positivo até a metade do caminho percorrido. Após, percebe-se um sutil desvio da performance desse estudante, que foi mantido até o término do processo. Dessa forma, pôde-se deduzir indícios de falhas nas características, nos conteúdos ou até mesmo na forma de navegação do estudante pelo ambiente adaptado.

A Figura 40 apresenta os problemas de aprendizagem do estudante com Perfil 02 ocorridos durante o processo simulado de ensino-aprendizagem.

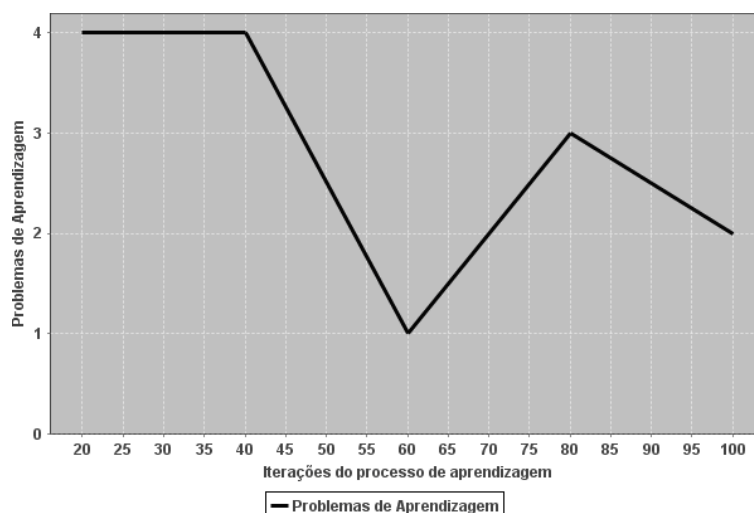


Figura 40. Problemas de Aprendizagem - Perfil 02

Na Figura 40, é demonstrado o número os problemas de aprendizagem ocorridos durante o processo ensino-aprendizagem do estudante com perfil 02. Percebe-se que no início do processo de ensino-aprendizagem a quantidade de problemas é maior (4) e que a medida que o estudante interage com o ambiente os problemas de aprendizagem são reduzidos (2), totalizando 14 problemas de aprendizagem.

O estudo de caso realizado demonstrou-se condizente com o objetivo desta abordagem que foi verificar o comportamento do estudante e do ambiente. A utilização de técnicas de simulação foi significativa para a avaliação deste trabalho, uma vez que propiciou executar testes em pouco tempo, o que seria dificultoso e mais complexo de realizar com estudantes reais.

Dessa forma, acredita-se com os resultados desta avaliação, o U-Lab Cloud encontra-se apto para ser utilizado por estudantes reais em um processo de ensino-aprendizagem na disciplina de Redes de Computadores.

7.3 Análise de desempenho

Foi realizado o monitoramento dos recursos computacionais da máquina virtual utilizada durante o estudo de caso apresentado na seção 7.2. Para isso, foi utilizada a ferramenta Monitor de Desempenho disponibilizada pelo sistema operacional Windows. Essa ferramenta permitiu a visualização dos dados de desempenho dos recursos utilizados pela máquina virtual durante as execuções da simulação, como mostra a Figura 41.

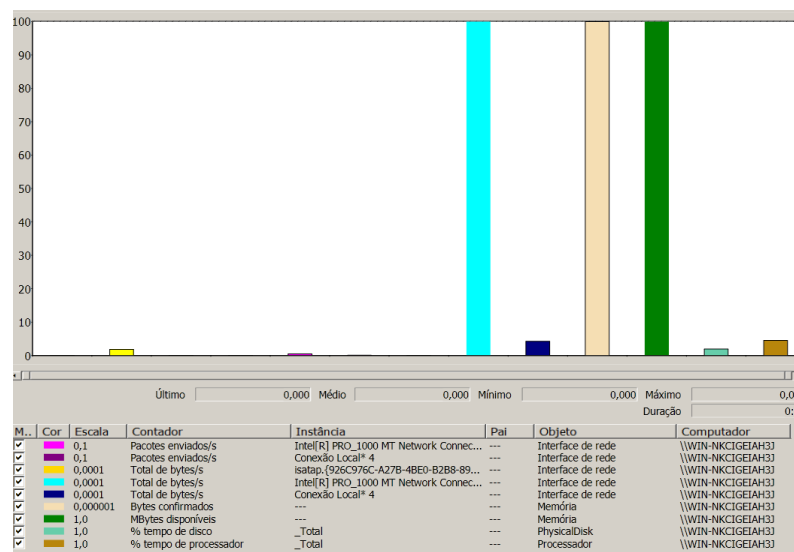


Figura 41. Desempenho dos recursos computacionais da VM

Na Figura 41, é possível verificar o uso dos recursos computacionais da máquina virtual utilizada neste estudo de caso, onde pôde-se perceber que a mesma manteve-se disponível durante o período de teste. A característica de disponibilidade foi garantida por meio da implementação do ambiente de nuvem privada. Dessa forma, em caso de falha ou problema em uma instância, outra entrará em funcionamento e o U-Lab Cloud será migrado, sem afetar o seu desempenho. Esse procedimento acontecerá de modo transparente para os estudantes, ou seja, eles não perceberão nenhuma alteração no ambiente. Assim, atende-se a característica de transparência necessária em sistemas *u-learning*, a qual impactará positivamente no processo de ensino-aprendizagem.

Além disso, outro benefício assegurado pelo ambiente de nuvem é característica de elasticidade dos recursos computacionais, uma vez que esses recursos podem ser redimensionados caso os usuários aumente ou a capacidade de armazenamento cresça. Assim, a *Cloud Computing* permite realocar os recursos computacionais em tempo real, sem a necessidade de adquirir um hardware mais potente. Essas características são

essenciais para manter o eficiente funcionamento de um ambiente educacional, visto a ausência das mesmas não são admitidas pelos usuários.

7.3 Considerações finais

Foi apresentado na seção 7.2 um estudo de caso com a finalidade de avaliar a abordagem deste trabalho. Logo, para a efetivação deste estudo de caso optou-se por utilizar como base a disciplina real de Redes de Computadores, a qual foi inserida e disponibilizada na plataforma Moodle.

Já as preferências dos estudantes foram simuladas por meio da ferramenta MADEA. O acompanhamento desses estudantes também foi simulado e por meio de técnicas de simulação computacional baseadas em modelos probabilísticos.

Com relação ao estudo de caso desenvolvido, foi possível concluir que a utilização de técnicas de simulação para avaliar o funcionamento de um sistema educacional antes de submetê-lo a testes com estudantes reais foi fundamental, devido as limitações encontradas nesta etapa. Pode-se destacar como a principal limitação evidenciada em processos de avaliação de ambientes educacionais a fragilidade das respostas obtidas por meio de questionários. A utilização desse recurso por estudantes exige muito tempo e concentração, pois geralmente esse instrumento é extenso e os estudantes não estão a par da importância das suas respostas. Por isso, os estudantes acabam respondendo sem ter o cuidado de analisar as questões, o que pode tornar os resultados pouco relevantes, até mesmo incompatíveis com os dados reais dos estudantes.

Além disso, outra dificuldade percebida foi a dificuldade de disponibilização de horários de aula em cursos reais, visto que os professores seguem suas atividades conforme seus planejamentos, não sendo possível realizar adaptações já que trabalham com um calendário acadêmico pouco flexível. E, ainda, existe a preocupação com a exposição de informações de alunos e professores nas instituições de ensino.

Neste cenário, a avaliação com técnicas de simulação se mostrou eficiente, pois forneceu uma visão geral de forma contínua ao longo do processo de ensino-aprendizagem de Redes de Computadores. Com isso, pôde-se observar de forma mais precisa como os estilos de aprendizagem sofrem alterações no decorrer do processo de ensino-aprendizagem. Desse modo, é possível identificar qual o conteúdo é mais

apropriado as necessidades individuais do aluno no momento certo, o que é um elemento fundamental para ambientes *u-learning*.

Esse trabalho apresentou resultados positivos com um grau mais preciso se comparado a outros que utilizam instrumentos de coleta de dados determinar o perfil do estudante. Tal abordagem foi realizada com baixo custo computacional proporcionado pela tecnologia de *Cloud Computing*, dado que foi reutilizado o *hardware* existente neste laboratório de pesquisa e não foi realizada nova aquisições.

Portanto, observou-se que as informações obtidas nesse trabalho podem apoiar na construção de ambientes adaptativos como o U-Lab Cloud. Este ambiente se adapta ao contexto computacional do estudante, dado que verifica a velocidade de conexão do dispositivo utilizado e o estilo cognitivo do aluno. Outra vantagem de utilizar técnicas de simulação nesse trabalho foi a possibilidade de avaliar o ambiente antes de utilizar em um processo educacional real, já que para isso seria necessário maior quantidade de tempo.

8 CONCLUSÃO

Esta seção aborda as principais contribuições deste trabalho, os problemas encontrados durante o desenvolvimento bem como os trabalhos futuros.

8.1 Principais contribuições

A integração dos trabalhos de Mozzaquatro (2010), Piovesan (2011), Voss (2014) e Dorça (2012) possibilitaram o desenvolvimento de um ambiente educacional que foi disponibilizado na nuvem, com o propósito de contribuir com o processo de ensino-aprendizagem da disciplina de Redes de Computadores. A abordagem proposta neste trabalho objetivou proporcionar aos usuários o desprendimento de hardware, facilitando a adoção desse ambiente em práticas pedagógicas diferenciadas. Neste sentido, foi incorporado ao U-Lab Cloud os elementos de *u-learning*, com a finalidade de proporcionar uma aprendizagem individualizada e adaptável as informações de contexto do estudante.

A inserção da tecnologia de *Cloud Computing* neste trabalho assegurou ao U-Lab Cloud as características de disponibilidade e acessibilidade. Dessa forma, este ambiente pode ser acessado de qualquer dispositivo que mantenha conexão ativa com a *Internet*, dispensando qualquer tipo de instalação de *software* no dispositivo ou computador pessoal do estudante. Assim, o uso desse ambiente foi simplificado já que toda a aplicação está disponível na “nuvem”.

As principais contribuições deste trabalho foram:

- Projeção e configuração de uma infraestrutura física para o desenvolvimento de ambiente de nuvem privada;
- Implementação de um ambientes de nuvem privada com auxilio da plataforma OpenNebula e da ferramenta de virtualização VMware, fazendo uso de *softwares* livres e *open source*;
- Integração dos módulos SEDECA E U-SEA a plataforma Moodle para criação do Módulo Adaptativo;

- Criação de um ambiente que trata informações de contexto dos estudantes, que pode auxiliar em um aprendizado diferenciado;
- Realização de um estudo de caso com intuito de avaliar o comportamento dos estudantes em um processo de ensino-aprendizagem simulado na nuvem;
- Experimentação de um processo de ensino-aprendizagem com técnicas de simulação computacional que proporcionou uma visão geral do ambiente antes de ser submetido a testes com alunos reais;

8.2 Limitações

Considerando que a implementação de plataformas de *Cloud Computing* no âmbito educacional é uma abordagem atual e está associada ao crescimento da tecnologia, foram identificadas dificuldades e limitações durante o andamento deste trabalho, como seguem:

- A criação do ambiente de nuvem, pois apesar das duas plataformas testadas serem bem difundidas no meio acadêmico, não foi trivial solucionar os erros de instalação que não estavam descritos na documentação. Além disso, a plataforma Eucalyptus apresentou certa inconsistência de dados, o que dificultou e demorou a execução dos testes;
- O *hardware* disponível no grupo de pesquisa para criação do ambiente de teste não é o mais apropriado para suportar a arquitetura de virtualização necessária, já que apresenta recursos computacionais limitados;
- Realizar a integração e adaptação dos módulos SEDECA e U-SEA com o TCN⁵, visto que foram trabalhos realizados anteriormente e foram desenvolvidos com propósitos distintos com as versões 1. 9, não compatível com a versão 2.5 deste trabalho;
- Definir o método mais apropriado para a avaliação da implementação realizada nesta dissertação, uma vez que a qualidade e a aplicabilidade de avaliações para plataformas de *Cloud Computing* na área educacional não acompanha o crescimento de sua utilização;
- Estabelecer a maneira mais simplificada de utilizar a ferramenta MADEA no âmbito de avaliação deste trabalho, dado que o funcionamento dessa ferramenta é complexo e abrange diversos aspectos.

8.3 Considerações finais e trabalhos futuros

A título de conclusão desta pesquisa, percebe-se que a *Cloud Computing* é um tema que está sendo bastante explorado, visto que apresenta diversos benefícios como redução de custo, elasticidade e flexibilidade. Dessa maneira, constatou-se que existem poucas abordagens para ambientes de pequeno porte similares ao deste trabalho. Contudo, os benefícios desse paradigma superam os desafios, sendo um dos maiores atrativos dessa solução a economia de recursos financeiros, já que dispensa grande infraestrutura.

Neste sentido, com os resultados obtidos nessa pesquisa foi possível demonstrar a viabilidade de implantação de um ambiente de *Cloud Computing* no contexto acadêmico. Neste experimento foi utilizada uma infraestrutura de hardware não projetada para Computação em Nuvem, porém com recursos suficientes para suportar a instânciação e execução de máquinas virtuais.

Ao analisar adoção da *Cloud Computing* para disponibilizar o U-Lab Cloud uma das características que se destaca é a possibilidade de utilização deste ambiente diretamente da *Internet*. Deste modo, o aluno poderá acessar o U-Lab Cloud de qualquer dispositivo que disponha de uma conexão a *Internet* e um *browser* instalado, facilitando o acesso ao eliminar a necessidade de instalação ou atualização de programas.

Esse trabalho teve como principal contribuição apresentar o U-Lab Cloud, um laboratório virtual ubíquo que se adapta as particularidades de cada aluno. A característica de disponibilidade fornecida pela tecnologia de *Cloud Computing* em combinação com a de adaptabilidade dos tipos de conteúdos proporcionada pelo Módulo Adaptativo tornam o U-Lab Cloud um ambiente *u-learning*.

Ao investigar a potencialidade de se utilizar uma nuvem privada permite-se que outras instituições públicas e grupos de pesquisa considerem a possibilidade de reutilizar o *hardware* existente, sem a necessidade de realizar novas aquisições. Percebe-se que diversos desafios são enfrentados na inserção de *Cloud Computing* na área educacional, entretanto os benefícios desse paradigma superam esses desafios, sendo o maior atrativo dessa solução a economia de recursos financeiros.

Com o estudo de caso realizado foi possível comprovar a eficácia da abordagem proposta e a sua importância no apoio a construção de ambientes *u-learning*, uma vez que o uso da simulação computacional agilizou o processo de avaliação e forneceu uma

visão geral do funcionamento do ambiente antes de submetê-lo a testes com estudantes reais.

Como pesquisas futuras pretendem-se realizar uma avaliação mais minuciosa deste ambiente, abrangendo um número maior de combinações de estilos de aprendizagem. E, também, planeja-se submeter este ambiente a avaliação com um grupo de estudantes reais matriculados na disciplina de Redes de Computadores. Dessa forma, será possível acompanhar uma disciplina real com intuito de propor melhorias não apenas final da disciplina como a maioria dos sistemas educacionais, mas durante a efetivação do processo de ensino-aprendizagem. Por fim, almeja-se propor um fluxo de atividades que auxilie no aprendizado de cada perfil identificado por meio da implementação de uma Arquitetura Pedagógica, formada por uma combinação de um fluxo de atividades e ferramentas tecnológicas.

REFERÊNCIAS

AMAZON. **Página oficial da ferramenta.** [S.I.]: Disponível em: <http://aws.amazon.com/ec2/>. Acesso em: Abril, 2014.

ARMBRUST, M. et al. **Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing.** In: Technical Report UCB/EECS-2009-28, EECS Department. University of California, Berkeley, 2009.

BAI, Y.; SHEN, S.; CHEN, L.; ZHUO, Y. Cloud learning: A new style. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMEDIA TECHNOLOGY (ICMT), 2011. **Anais... IEEE**, p. 3460-3463, 2011.

BARBOSA, D. **Um modelo de educação ubíqua orientado à consciência do contexto do aprendiz.** 2007. Tese (Doutorado Programa de Pós Graduação em Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BARIANI I. **Estilos cognitivos de universitários e iniciação científica.** UNICAMP, 1998.

BELLAVISTA, P.; CORRADI, A.; FANELLI, M.; FOSCHINI, L. A survey of context data distribution for mobile ubiquitous systems. **ACM Computing Surveys**, 2012.

BUYYA, R.; YEO, C.; VENUGOPAL, S. Market-Oriented Cloud Computing: Vision, Hype, and Reality for Delivering IT Services as Computing Utilities. In: 10th IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON HIGH PERFORMANCE COMPUTING AND COMMUNICATIONS, 2008. **Anais... IEEE**, 2008. p. 05-13.

CAMINERO, A. et al. Obtaining university practical competences in engineering by means of virtualization and cloud computing technologies. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON TEACHING, ASSESSMENT AND LEARNING FOR ENGINEERING (TALE), 2013. **Anais... IEEE**, 2013. p. 301-306.

CAYTILES, R. D.; SEUNG-HWAN J.; TAI-HOON K. U-Learning Community: An Interactive Social Learning Model Based on Wireless Sensor Networks. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE AND COMMUNICATION NETWORKS (CICN), 2011. **Anais... IEEE**, 2011. p. 745-749.

CHEN, G.; KOTZ, D. **A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research.** 2000.

CHEN, S.; KINSHUK, W.; YANG, H. **Designing a self-contained group area network for ubiquitous learning.** Educational Technology & Society, 11(2), p. 16-26, 2008.

DEV, D.; BAISHNAB, L. **A Review and Research Towards Mobile Cloud Computing**. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE CLOUD COMPUTING, SERVICES AND ENGINEERING (MOBILECLOUD), 2014. Anais... IEEE, 2014. p. 252-256.

DEY, A. K. **Understanding and Using Context**. Personal and Ubiquitous Computing, [S.l.], v.5, n.1, p.4-7, 2001.

DOELITZSCHER F. et al. Private cloud for collaboration and e-Learning services: From IaaS to SaaS. **Journal Computing**, [S.l.], v.91, p. 23-42, 2011.

DORÇA, F. A. **Uma abordagem estocástica baseada em Aprendizagem por Reforço para modelagem automática e dinâmica de Estilos de Aprendizagem de Estudantes em Sistemas Adaptativos e Inteligentes para Educação a Distância**. 2012. Tese. (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia.

EUCALYPTUS. **Página oficial da ferramenta**. [S.I]: Disponível em: <http://open.eucalyptus.com/>. Acesso em: Maio, 2014.

FERREIRA, K. H. A. et al. **Inserindo um Laboratório Virtual para o Ensino de Redes de Computadores**. In: ICBL2013, Florianópolis, SC. Proceedings. . . [S.l.: s.n.], p.55-58, 2013.

FILIPPETTI, M. A. **Uma arquitetura para a construção de laboratórios híbridos de redes de computadores remotamente acessíveis**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Computação) – Instituto Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

FOSTER, I. et al. Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared. In: GRID COMPUTING ENVIRONMENTS WORKSHOP. **Proceedings...** GCE, p.01-10, 2008.

GARDINER, C. W. **Handbook of stochastic methods for physics, chemistry and the natural sciences**. Springer-Verlag, 1983.

GELLER, M. **Educação a Distância e Estilos Cognitivos: construindo um novo olhar sobre os ambientes virtuais**, 2004. UFRGS.

GHAZIZADEH A. **Cloud Computing Benefits and Architecture in E-Learning**. In: 10th IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON WIRELESS, MOBILE AND UBIQUITOUS TECHNOLOGY IN EDUCATION (WMUTE). [S.I.], p. 199-201, 2012.

HARAUZ J.; KAUFMAN L.; POTTER B. **Data Security in the World of Cloud Computing** In: IEEE Security & Privacy, Copublished by the IEEE Computer and Reliability Societies, 2009.

HO, J. **Evolution of computer networks: A theory of technological paradigm, trajectory, and regime**. In: TECHNOLOGY MANAGEMENT FOR EMERGING TECHNOLOGIES (PICMET), p. 1273-1278, 2012.

HOOFT, M. **What is ubiquitous computing?** In: Hooft and Swan, Ubiquitous Computing in Education Invisible technology, visible impact, London: Lawrence Erlbaum Ass., p.3-17, 2006.

I.B.M. **Seeding the Clouds: Key Infrastructure Elements for Cloud Computing** Disponível em: <ftp://public.dhe.ibm.com/software/sg/cioleadershipexchange/seeding_the_cloud.pdf > Acesso em: Maio, 2014.

IGLESIAS, A. **Learning teaching strategies in an adaptive and intelligent educational system through reinforcement learning.** International Journal Applied Intelligence, [S.l.], v.31, n.1, p. 89–106, 2009.

JADEJA Y.; MODI K. **Cloud computing - concepts, architecture and challenges.** In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING, ELECTRONICS AND ELECTRICAL TECHNOLOGIES (ICCEET). Kumaracoil, p. 877 - 880, 2012.

JEONG, H-Y.; YI, G. **A Service Based Adaptive U-Learning System Using UX.** In: THE SCIENTIFIC WORLD JOURNAL, [S.I.], 2014.

KHORSHED, M. T.; ALI S.; WASIMI A. **Monitoring Insiders Activities in Cloud Computing Using Rule Based Learning.** In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON 10TH PRIVACY IN COMPUTING AND COMMUNICATIONS (TRUSTCOM), [S.I.], p. 757-764, 2011.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering.** Technical Report EBSE-2007-01, Keele University, 2007.

KRASSMANN, A. et al. **Avaliação de Implementações de Computação em Nuvem para Ambientes Educacionais: um Mapeamento Sistemático.** In: Nuevas Ideas en Informática Educativa (TISE), Fortaleza, v. 10, p. 194-205, 2014.

LIANG, X. CRM Business Cloud Computing. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE COMPUTING AND CLOUD COMPUTING, New York, p. 103-106, 2011.

MELL, P.; GRANCE, T. **The Nist Definition of Cloud Computing.** In: National INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY, [S.1], p. 7, 2011.

MOZZAQUATRO, P. M. Adaptação do **Mobile Learning Engine Moodle (MLE MOODLE)** aos diferentes estilos cognitivos utilizando **Hipermídia Adaptativa**. 2010. Dissertação (Mestrado em Computação) Universidade Federal de Santa Maria.

NUNES, I. D. **Rede de Atividades aplicada à edição, atualização e acompanhamento de Design Instrucional com suporte a Learning Analytics.** 2014. Tese. (Doutorado Pós-Graduação em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Campina Grande.

NUNES, F. **UVLE^{QoC}: A Ubiquitous Virtual Learning Environment with Quality of Context**. 2014. Dissertação (Mestrado em Computação) Universidade Federal de Santa Maria.

OPENNEBULLA. **Página oficial da ferramenta**. [S.I.]: Disponível em: http://www.opennebula.org/Acesso em: Maio, 2014.

OPENSTACK. **Página oficial da ferramenta**. [S.I.]: Disponível em: <http://www.openstack.org>. Acesso em: Abril, 2014.

ORGAZ, G. B. et al. **Clustering Avatars BehavioursFrom Virtual Worlds Interactions**. In: International Workshop On Web Intelligence & Communities - WI&C'12, 4., New York, USA. Proceedings. ACM Press, p.1, 2012.

PIOVESAN, S. **U-SEA: um ambiente de aprendizagem ubíquo utilizando cloud computing**. 2011. Dissertação (Mestrado em Computação) - Universidade Federal de Santa Maria.

QUINN, S.; FILAK, V. (ed) (2005). **Convergent Journalism: An Introduction**. Londres: Focal Press.

RABELLO S. et al. Um Modelo para Colaboração em Ambientes Descentralizados de Educação Ubíqua. Rio de Janeiro, RJ: **Anais... 23º Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)**, v.23, n.1, 2012.

SÁ, T. T.; SOARES J. M.; GOMES D. G. Cloudreports: Uma ferramenta gráfica para simulação de ambientes computacionais em nuvem baseada no framework Cloudsim. In: Fortaleza, CE. **Anais... IX Workshop em Clouds e Aplicações (WCGA)**, p. 103-116, 2011.

SATYANARAYANAN, M. **Pervasive Computing: Vision and Challenges**. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE PERSONAL COMMUNICATIONS, [S.I.], p. 10-17, 2001.

SATYANARAYANAN, M. Mobile Computing: the next decade. In: Proceedings of the 1st ACM Workshop on Mobile Cloud Computing & Services: Social Networks and Beyond. New York, EUA. **Proceedings...** [S.I: s.n], 2010.

SINGULARITY. **Página oficial da ferramenta**. [S.I.]: Disponível em <<http://www.singularityviewer.org/>>. Acesso em: Agosto, 2014.

SOUSA, F.; MOREIRA, L.; MACHADO, J. **Computação em Nuvem: Conceitos, Tecnologias, Aplicações e Desafios**. Disponível em: <<http://www.ufpi.br/subsiteFiles/ercemapi/arquivos/files/minicurso/mc7.pdf>> Acesso em: Junho de 2014.

VOUK M. et al. **Powered by VCL – using virtual computing laboratory (VCL) technology to power cloud computing**. In: Proc. Of the 2nd Intl. Conference on the Virtual Computing Initiative (ICVCI), Research Triangle Park, USA, 2008.

VOSS, G. **TCN⁵ - Teaching Computer Networks In a Free Immersive Virtual Environment.** 2014. Dissertação (Mestrado em Computação) - Universidade Federal de Santa Maria.

ZHANG, Q.; CHENG, L.; BOUTABA, R. **Cloud computing: stateof-the-art and research challenges.** In: JOURNAL OF INTERNET SERVICES AND APPLICATIONS, Nova York, EUA, v. 1, n°. 1, p. 7-18, 2010.

WANG X.; HEMBROFF C. G.; YEDICA R. **Using VMware VCenter lab manager in undergraduate education for system administration and network security.** In: PROC. OF THE 11TH ACM CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY EDUCATION (SIGITE), (Midland, USA), 2010.

WAZLAWICK R. **Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação.** (Ed.) Campus, 2009.

WENHONG, T.; SHENG, S.; GUOMING, L. **A framework for implementing and managing platform as a service in a virtual cloud computing lab.** In: Education Technology and Computer Science (ETCS), Second International Workshop, p. 273-276, v. 2, 2010.

YAHYA, S.; AHMAD, E. A.; JALIL, K. A.; MARA, U. T. The definition and characteristics of ubiquitous learning : A discussion. **International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology**, v. 6, p. 1–12, 2010.

YIN, J. **Research of One Mobile Learning System.** In: WNIS THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON WIRELESS NETWORKS AND INFORMATION SYSTEMS. [S.I.]. p.162-165, 2009.