UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

ISAIAS BATISTA DA SILVA

GNSMOOD: UM APLICATIVO *WEB* INTEGRADO AO AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM QUE PERMITE A COMUNICAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE REDE COM O SERVIDOR DE SIMULAÇÃO GNS3

MOSSORÓ/RN
2018

ISAIAS BATISTA DA SILVA

GNSMOOD: UM APLICATIVO *WEB* INTEGRADO AO AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM QUE PERMITE A COMUNICAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE REDE COM O SERVIDOR DE SIMULAÇÃO GNS3

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação (PPgCC) para a obtenção do título de mestre em Sistemas da Computação

Profª Drª Carla Katarina de Monteiro Marques

MOSSORÓ/RN

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Ficha Catalográfica

S586g Silva, Isaias Batista da

GNSMOOD: um aplicativo *web* integrado ao Ambiente Virtual de Aprendizagem que permite a comunicação de dispositivos de rede com o servidor de simulação GNS3 / Isaias Batista da Silva – Mossoró, RN, 2018.
75 f. il.

Orientador(a): Katarina de Monteiro Marques.
Co-orientador(a): Francisca Aparecida Prado Pinto

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação. Mossoró/RN, 2018.

1. Simulador GNS3. 2. Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). 3. Educação a Distância (EaD). I. Marques, Katarina de Monteiro, orient. II. Pinto, Francisca Aparecida Prado, co-orient. III. Título.

CDU: 681.3.06

ISAIAS BATISTA DA SILVA

GNSMOOD: Um aplicativo *Web* integrado ao Ambiente Virtual de Aprendizagem que permite a comunicação de dispositivos de rede com o servidor de simulação GNS3.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

APROVADA EM: 30 / 07 / 2018

Carla Monteiro Marques
Profa. Dra. Carla Katarina de Monteiro Marques
Orientadora e Presidente

Francisca Aparecida Prado Pinto
Profa. Dra. Francisca Aparecida Prado Pinto
Coorientadora

Prof. Dr. André Pedro Fernandes Neto
Examinador Externo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Rommel Wladimir de Lima
Examinador Interno – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

AGRADECIMENTOS

Sem a ideia do meu professor e amigo Rommel Wladimir, eu, provavelmente, não teria um tema para minha pesquisa. Isso diz muito sobre a sua visão voltada para a inovação tecnológica, principalmente, quando se refere a ambientes AVA. Desde já, muito obrigado, grande abraço!

Outra pessoa importante nesse processo todo - e a quem eu deixo um forte abraço - é a minha orientadora Carla Katarina, a qual usou de paciência e orientações e cedeu-me novos prazos para que eu pudesse concluir este trabalho no tempo estipulado. Através de minha orientadora conheci a professora Aparecida, que se tornou a minha coorientadora oficial devido ao seu trabalho duro, auxiliando-me para que este trabalho fosse esboçado e aprimorado a cada reunião - a você deixo o meu muito obrigado e um forte abraço, suas broncas e cobranças foram as que me fizeram aprender e amadurecer um pouco mais como pesquisador.

Além dessas pessoas maravilhosas, deixo um abraço especial para o meu professor e amigo Alysson Mendes, pela generosidade e humildade de permitir compartilhar um pouco do seu vasto conhecimento para que esse trabalho pudesse ter sido viável. Através dele, conheci novos amigos e um deles, em especial, o André Noberto, dotado de uma capacidade extraordinária no contexto da programação voltada para a plataforma *Web* - desempenhou papel imprescindível na construção prática da aplicação proposta. A Noberto, deixo um grande abraço e desejo próspero de sucesso em tudo que almejar.

Agradeço também a Deus - pai do cosmo que sustenta a tudo e a todos, a todo o instante; aos professores do mestrado, sem eles não existiria a orientação necessária para o engrandecimento da minha pesquisa; aos meus familiares queridos; a todos os meus amigos, aos novos amigos e também aos não tão amigos assim, deixo o meu muito obrigado! Que Deus continue abençoando a todos vocês!

E para finalizar, obrigado a CAPES pelo incentivo financeiro durante toda essa longa e maravilhosa jornada do mestrado.

“O fracasso é a oportunidade de começar de novo com mais inteligência e redobrado esforço.“

(Henry Ford)

RESUMO

A necessidade de disponibilizar laboratórios virtuais com o objetivo de reforçar o ensino aprendizagem, principalmente nas áreas de Geografia, Química, Física, Engenharia e Computação torna as aulas teórico-práticas mais interativas, ao contribuir para o aprendizado significativamente, independentemente da localização geográfica. Com o avanço da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e da realidade do armazenamento de dados na nuvem, os sistemas operacionais e aplicações locais tenderão a ser incorporados e gradativamente virtualizados, para atenderem às necessidades de custo e praticidade por parte de instituições e usuários, respectivamente. A partir dessa nova realidade de aplicações e sistemas sendo integrados cada vez mais a outras plataformas no mundo virtual, com objetivo de facilitar o compartilhamento de informações desses sistemas para atender a uma nova necessidade emergente das TIC's em fornecer metodologias de ensino a distância cada vez mais modernas, este trabalho foi baseado em propor integrar o simulador GNS3 como módulo do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). Dessa maneira, tem-se dar suporte nas atividades práticas durante a disciplina de redes de computadores nos cursos de Educação a Distância (EaD), como objetivo de tornar as aulas práticas de redes mais dinâmicas e interativas. Além da portabilidade da aplicação, que, por sua vez, permitirá que seja facilmente acessada a partir da URL em qualquer dispositivo de computador que suporte os requisitos mínimos de processamento e memória adequados.

Palavras-chaves: Simulador GNS3. Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). Educação a Distância (EaD).

ABSTRACT

The need to provide virtual laboratories with the objective of reinforcing the teaching of learning, especially in the áreas of geography, chemistry, physics, engineering and computing makes theorical-practical classes more interactive, contributing to learning significantly, regardless of geographical location. With the advancement of Information and Communication Technology (ICT) and the reality of data storage in the cloud, local operating systems and applications will tend to be incorporated and gradually virtualized to meet the cost and practical needs of institutions and users, respectively. From this new reality of applications and systems being integrated more and more to other platforms in the virtual world, with the aim of facilitating the sharing of infomation of these systems to meet a new emerging need of ICT's to provide methodologies of distance learning more and more modern, this work was based on proposing to integrate the GNS3 simulator as a module of the Virtual Learning Environment (VLE). In this way, the practical activities during the discipline of computer networks in Distance Education (DE) courses will be supported, in order to make the practical classes of networks more dynamics and interactive. In addition to aplication portability, which in turn will allow it to be easily accessed from the URL on any computer device that supports the appropriate minimum processing and memory requirements.

Keywords: GNS3 simulator, Virtual Learning Environment (VLE), Distance Education (DE).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Arquitetura do GNS3 24
Figura 2 – Comunicação Cliente GUI e Servidor de Controle GNS3 25
Figura 3 – Principais ferramentas AVA's 27
Figura 4 – Interface do módulo professor da ferramenta *Cisco Packet Tracer* no AVA 40
Figura 5 – Módulo da ferramenta NSMoo disponibilizado no AVA 41
Figura 6 – Módulo da ferramenta STOP disponibilizado no AVA 42
Figura 7 – Módulo da ferramenta BOCA-LAB disponibilizado no AVA 43
Figura 8 – Componentes da ferramenta GNSMOOD 46
Figura 9 – Funcionalidades do *Menu* principal da aplicação *GNSMOOD* 47
Figura 10 – Adaptação da arquitetura da ferramenta GNS3 ao *GNSMOOD* 48
Figura 11 – Arquitetura da ferramenta *GNSMOOD* com o AVA 49
Figura 12 – Processo de comunicação de dados Servidor/Cliente 50
Figura 13 – Arquitetura geral da ferramenta GNSMOOD 50
Figura 14 – Criando novo projeto 52
Figura 15 – Menu da aplicação-componente VPCS 52
Figura 16 – Menu da aplicação GNSMOOD- componente VPCS 53
Figura 17 – Componente VPCS 1 plotado no cenário de simulação GNSMOOD 53
Figura 18 – VPCS 1 e VPCS 2 ambos plotados no cenário de simulação 54
Figura 19 – Adicionando cabo de rede no VPCS 1 54
Figura 20 – Conectando cabo de rede do VPCS 1 ao VPCS 2 55
Figura 21 – Iniciando a execução do VPCS 1 55
Figura 22 – Encerrando etapas de execução e simulação das componentes VPCS 1 e VPCS 2 56
Figura 23 – Excluindo VPCS 2 56
Figura 24 – Interface inicial do servidor GNS3 *Web* 57
Figura 25 – Projeto do usuário salvo no servidor GNS3 *Web* 58
Figura 26 – Interface inicial do servidor GNS3 *Web* 58
Figura 27 – Interface inicial do servidor GNS3 *Web* 59
Figura 28 – Adicionando o GNSMOOD ao MOODLE 60
Figura 29 – Compartilhamento do GNSMOOD com o AVA MOOODLE 60

Figura 30 – Compartilhamento do GNSMOOD com o AVA MOOODLE 61
Figura 31 – Instalação do servidor GNS3 e da biblioteca *Python* 71
Figura 32 – Inicializando o servidor GNS3 72
Figura 33 – Instalação do Cliente *Web* – GNSMOOD..... 73
Figura 34 – Instalação do gerenciador NPM 74
Figura 35 – Instalação e atualização do pacote NODE.js 75
Figura 36 – Instalação do Angular Cli 75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GNS3	*Graphical Network Simulator-3* AVAAmbiente Virtual de Aprendizagem EaDEducação a Distancia
MOODLE	*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*
CORE	*Common Open Research Emulator*
GUI	*Graphical User Interface*
API	*Aplication Programming Interface*
IOS	*Internetwork Operating System*
IDLE-PC	*Integrated Development and Learning Environment - Personal Computer*
PC	*Personal Computer*
CPU	*Central Processing Unit*
JSON	*Java Script Object Notation*
HTTP	*HyperText Transfer Protocol*
CURL	*Client Uniform Resource Locator*
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
LTI	*Learn Tools Interoperability*
NS2	*Network Simulator - 2*
OPNET	*Optimizing Network Engineering Tools*
WebCT	*Web Course Tool*
AMADEUS-MM	Agentes Micromundo e Análise do Desenvolvimento no Uso de Instrumentos MultiMídia
NIED	Núcleo de Informática Aplicada à Educação ICInstituto de Computação
SOLAR	Sistema *Online* de Aprendizagem
MEC	Ministério da Educação
ABED	Associação Brasileira de Ensino a Distancia
SCORM	*Sharable Content Object Reference Model*
W3C	*Word Wide Web Consortium*
HTML	*HyperText Markup Language*
XHTML	*Xtensible Hypertext Markup Language*
WHATWG	*Web Hypertext Application Tecnology Working Group*
CSS	*Cascading Style Sheets*

SO	Sistema Operacional
VNC	*Virtual Network Computing*
STOP	Simulador para Treinamento Presencial e a distancia da Proteção de Sistemas Elétricos
VPCS	*Virtual Personal Computer Simulator*
ATM	*Asynchronous Transfer Mode*
NAT	*Network Address Translation*
IP	*Internet Protocol*
DNS	*Domain Name System*
FTP	*File Transfer Protocol*
SMTP	*Simple Mail Transfer Protocol*
POP3	*Post Office Protocol – 3*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
1.1 JUSTIFICATIVA 13
1.2 MOTIVAÇÃO 14
1.3 OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO 14
1.4 METODOLOGIA 15
1.5 ORGANIZAÇÃO 16
2 REFERENCIAL TEÓRICO 18
2.1 VIRTUALIZAÇÃO 18
2.2 SIMULAÇÃO 18
2.2.1 Ferramentas de simulação 19
2.3 EMULADOR 19
2.3.1 Ferramentas de emulação 20
2.4 CONTEXTUALIZAÇÃO DO GNS3 21
2.4.1 Arquitetura GNS3 23
2.4.2 Comunicação entre aplicação cliente GUI e servidor GNS3 24
2.5 EDUCAÇÃO A DISTANCIA (EAD) 25
2.6 FERRAMENTAS AVA 27
2.6.1 Funcionalidades do sistema *MOODLE* 29
2.6.2 Filosofia *MOODLE* 30
2.6.3 Características 31
2.6.4 *Learn Tools Interoperability* (LTI) 33
2.7 LINGUAGEM DE MARCAÇÃO HTML5 33
2.7.1 Elemento *Canvas* 34
2.8 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES 35
2.8.1 Protocolo IP 35
2.8.2 Protocolo TCP 35
2.8.3 Protocolo UDP 36
2.9 FERRAMENTAS ANALISADORAS DE PROTOCOLOS 36
3 TRABALHOS RELACIONADOS 39

3.1 INTEGRANDO O SIMULADOR CISCO PACKET TRACER COM A PLATAFORMA MOODLE: PARA O APOIO AO ENSINO E AVALIAÇÃO SIMULTÂNEA 39
3.2 INTEGRANDO O NETWORK SIMULATOR 2.0 A UM AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM AVA 40
3.3 SISTEMA SIMULADOR PARA TREINAMENTO PRESENCIAL E A DISTANCIA DA PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS *(STOP)* 41
3.4 BOCA-LAB 42
3.5 VISÃO GERAL 43
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 45
4.1 PROPOSTA - FERRAMENTA GNSMOOD 45
4.2 ARQUITETURA DO GNS3 ADAPTADA AO GNSMOOD 47
4.3 ARQUITETURA GNSMOOD INTEGRADA AO AVA 48
4.4 MODO DE COMUNICAÇÃO SERVIDOR/CLIENTE GUI GNSMOOD 49
4.5 ARQUITETURA GERAL DO TRABALHO PROPOSTO: GNSMOOD 50
4.6 TESTES - APLICAÇÃO GNSMOOD 51
4.7 TESTES - INTERFACE DO SERVIDOR GNS3 WEB 57
4.8 DISPONIBILIZANDO A FERRAMENTA GNSMOOD AO AVA MOODLE .. 59
5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS 62
5.1 DIFICULDADES ENFRENTADAS 63
REFERÊNCIAS 65
APÊNDICE 71

1 INTRODUÇÃO

Os desenvolvimentos tecnológicos têm evoluído de forma rápida nas últimas décadas, possibilitando o crescimento de atividades virtuais que favorecem a expansão da educação a distância (FERREIRA, 2014). Com a revolução tecnológica gerada pela utilização de computadores e posteriormente pela internet, começaram a surgir novas ferramentas de interação para a Educação a Distância.

A esse respeito, Ribeiro (2008, p.43) afirma que:

> [...] Foi com o surgimento da comunicação mediada por computador que o potencial da educação a distância se redimensionou aceleradamente. O impacto da internet redefiniu papéis em todos os setores, e a educação não ficou de fora, com as aplicações de correio eletrônico, bate-papo, fóruns, etc., permitindo que os interessados se comunicassem de forma síncrona e assíncrona (RIBEIRO, 2008).

O advento da *Internet*, ao revolucionar os setores sociais, incluindo o setor educacional, acaba por propiciar a disseminação da EaD nas instituições de ensino, promovendo o registro e credenciamento de diversas instituições para atuar nessa modalidade (RIBEIRO, 2008).

Desta forma, os estudos e avanços da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) denotaram uma abordagem no desenvolvimento de técnicas que disponibilizam recursos para o âmbito educacional. Assim, a TIC tem contribuído de maneira significativa para o redimensionamento das estratégias de ensinar e aprender, proporcionando diferentes ferramentas ou metodologias para o apoio de aprendizagem (AMARAL et al., 2011).

Os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) são grandes aliados da EaD, pois buscam representar virtualmente a sala de aula, promovendo a interação entre professor e aluno através de ferramentas como fóruns, chats, mecanismos de avaliação e áreas com os diversos materiais utilizados ao decorrer do curso (VIANA; OLIVEIRA, 2015). Os AVA são bastante propícios para o desenvolvimento de atividades, oferecendo um espaço repleto de interatividade e recursos que podem ser usados no meio acadêmico (ARIEIRA et al.,2009).

Um desses recursos presente na maioria dos AVA é a possibilidade da inserção de novos módulos de ferramentas agregados a esses ambientes. Ele,

desse modo, permite grandes contribuições no processo de ensino e aprendizagem, bem como ao desenvolvimento de novas tecnologias que garantam portabilidade e segurança da informação durante a sua utilização.

Para Pinheiro, Lins e Melo (2009):

> A utilização de ferramentas de simulação agregadas a um AVA pode representar situações e comportamentos difíceis de serem representados na vida real, servindo como uma forma de preparar e treinar pessoas que aprendam a lidar com situações reais.

No contexto das redes de computadores, é essencial o desenvolvimento de práticas que comportem a utilização e a configuração de equipamentos, a fim de tornar o usuário capacitado para as situações reais do ambiente de trabalho.

Visa-se, assim, contribuir para melhorar o ensino/aprendizagem em disciplina de redes de computadores por meio de uma aplicação de simulação de rede integrada em AVA. Portanto, este trabalho tem como intuito integrar recursos da ferramenta *Graphical Network Simulator-3 (GNS3)* a um AVA, a fim de promover a interação entre professor e aluno de forma automatizada, utilizando ferramenta gráfica, dispositivos e animações de redes.

1.1 JUSTIFICATIVA

Um dos fatores mais relevantes que dá ênfase à necessidade do uso de simuladores em atividades práticas é justamente a questão da dificuldade de acesso que muitos enfrentam com a falta de horários ou pela falta de laboratórios com equipamentos suficientes nas instituições (AMARAL et al.,2011).

Outro ponto que deve ser considerado para a utilização de simuladores virtuais é o baixo custo de *hardware* necessário a implantação desse tipo de sistema, uma vez que quanto maior for a quantidade de alunos por turma, maior o número de PCs a serem transformados em laboratórios de rede.

Outrossim, deve-se ser observado que ao professor ou tutor da disciplina em curso não será necessário instalar e configurar o *software* do GNS3 manualmente, em cada *Micro*, para se construir a virtualização do laboratório de

redes. Sendo assim, estes processos serão realizados apenas uma única vez, e em seguida os alunos poderão ter acesso via *Web* a partir de qualquer dispositivo de computador de forma remota, geograficamente.

1.2 MOTIVAÇÃO

A disponibilização de simuladores e aplicações *Web* em plataformas de Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) representa uma nova realidade a partir das novas metodologias no ensino a distância, por meio das TIC.

Essas tecnologias, além de promover a redução de custos com o *hardware*, desempenham um papel bastante salutar, ao contribuir para o desenvolvimento na aprendizagem intelectual dos alunos.

Ao reforçar o ensino aprendizagem por meio de simuladores inseridos em ambientes AVA, principalmente nas áreas de geografia, química, física, engenharia e computação, torna-se as aulas teórico-práticas bastante interativas, contribuindo significativamente para o aprendizado, independentemente da localização geográfica dos discentes.

No contexto da disciplina de redes de computadores, a resolução e compartilhamento dos cenários de redes em plataformas AVA tende a otimizar o trabalho dos tutores durante o processo de configuração dos simuladores. Isso ocorre devido ao uso dessas ferramentas e aplicações gerenciadas a partir de plataformas *Web*, as quais reduzem consideravelmente o tempo gasto, no que diz respeito à implantação delas, quando comparado ao processo manual na construção de laboratórios físicos.

1.3 OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho tem como objetivo promover a interação entre tutores e alunos de forma automatizada durante aulas práticas da disciplina de redes de computadores. Esse processo funciona por meio de um aplicativo que realiza procedimentos de simulação dos nós de rede - baseados na versão GNS3 para *desktop* - adaptado a uma versão *Web*. Além disso, busca-se integrar o GNS3 a um AVA, e com isso proporcionar aos alunos uma aplicação gráfica para modelagem de cenários dos dispositivos de redes.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Propor um aplicativo *Web* que permita criar simulação de cenários de rede utilizando a comunicação com o servidor *GNS3* remotamente;
- Utilizar o recurso de compartilhamento de ferramenta externa *Learn Tool Interope- rability* (LTI) para disponibilizar a aplicação de simulação proposta na plataforma AVA;
- Implantar servidor externo ao ambiente de aprendizagem, com objetivo de não sobrecarregar os servidores do AVA;
- Gerenciar nós de rede a partir dos comandos interativos do *mouse*; e
- Validar as funcionalidades da aplicação *Web* no ambiente AVA.

A integração do simulador GNSMOOD ao AVA MOODLE possibilitou, de forma ascendente, uma série de contribuições que facilitarão ainda mais o processo de ensino e aprendizagem dos alunos nesse tipo de ambiente virtual.

Dentre as principais contribuições deste trabalho, pode-se destacar:

1. Permitir a portabilidade da aplicação que está disponível na *Web* e poder ser utilizada como módulo dentro de qualquer ambiente AVA, a partir de qualquer navegador ou dispositivos, como por exemplo: (*desktop, tablet e smartphone*);
2. O tutor ou professor não precisar instalar e configurar a ferramenta de simulação individualmente, em cada PC do laboratório físico da instituição de ensino;
3. Integrar a aplicação *Web* proposto como módulo, por meio da ferramenta LTI, ao ambiente AVA MOODLE;
4. Fornecer dados de processamento, recursos de memória e dispositivos de rede utilizados no projeto de usuário no servidor remoto;
5. E por último, foi validado o simulador proposto no ambiente AVA MOODLE, inserido no contexto do curso de redes de computadores, disponibilizado pelo AVA, por meio de cenários dos nós de redes.

1.4 METODOLOGIA

Detalhes técnicos que fizeram parte do processo de desenvolvimento da aplicação proposta GNSMOOD:

- Foi alocado um servidor remoto para compartilhar aplicação GNSMOOD

com o AVA MOODLE;

- Para garantir a etapa de integralização do sistema proposto ao AVA, foi utilizada a ferramenta LTI que permite compartilhar recursos de aplicações de ambientes externos;
- O servidor remoto está alocado em uma máquina virtual, Sistema Operacional (SO) LINUX, distribuição UBUNTU 14.0.2, possui 500 Megas de memória RAM e processador *Icore5*;
- Para implementar o *front-end* da aplicação foi utilizada as linguagens *Javascript* e CSS por meio do *framework* AngulaJS;
- Enquanto isso, no *back-end,* o servidor em *Javascript Node.JS* utilizado na implementação do trabalho, com objetivo de garantir dinamicidade aos eventos da aplicação permite a execução do módulo de forma distribuída;
- Foi utilizado o sistema *GitLab,* que tem por objetivo manter o controle de versões e colaboração através do compartilhamento do projeto GNSMOOD com outros colaboradores e programadores *Web*;
- E para finalizar, foi utilizada durante o processo de integração do GNSMOOD a versão 3.0 do MOODLE destinada a desenvolvedores de aplicação, assim como, contribuidores de aplicações em módulos voltados para o ambiente MOODLE, em específico.

1.5 ORGANIZAÇÃO

Este trabalho está organizado da seguinte forma: No Capítulo 2, apresenta-se o referencial teórico acerca dos assuntos: conceitos básicos de virtualização; simulação e emulação assim como exemplos de ferramentas de simulação e emulação de redes de computadores; contextualização da ferramenta GNS3 e educação a distância; definição das principais ferramentas AVA, seguida de uma explanação mais refinada da ferramenta de aprendizagem MOODLE utilizada na composição da proposta deste trabalho; uma introdução ao *Learn Tool's Interoperability* - (LTI); apresentação a respeito da linguagem de programação HTML5, imprescindível na construção prática do projeto implementado GNSMOOD; conceitualização dos principais protocolos de comunicação, bem como definição de ferramentas analalizadoras de protocolos. No Capítulo 3, descrevem-se os trabalhos relacionados fundamentais para o

desenvolvimento da pesquisa e do trabalho proposto. No Capítulo 4, apresenta-se a proposta do trabalho, que é uma aplicação de simulação *Web* integrada ao AVA. E, por fim, o Capítulo 5, constam-se as considerações finais, as dificuldades enfrentadas e os trabalhos futuros.

Este trabalho de dissertação originou publicações em periódico especializado e congressos nacionais, projeto de pesquisa, além de trabalhos de iniciação científica. A seguir, uma lista de publicações:

- Publicação no Simpósio Brasileiro de Informática na Educação como artigo curto (2017);
- Convidado à publicação de um capítulo de livro digital pela Editora Atenas (2018);
- Submissão de periódico pela Revista do Latino América IEEE (2018).
- Submissão de artigo completo ao Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), evento promovido pelo CBIE.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é apresentado os conceitos e definições teóricos presente na literatura.

Sendo utilizados como referência para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1 VIRTUALIZAÇÃO

A virtualização permite dividir os recursos de um computador em múltiplos ambientes de execução, aplicando-se um ou mais conceitos e tecnologias como particionamento de *software* ou *hardware*, tempo compartilhado, simulação completa ou parcial da máquina, emulação e qualidade de serviços (SINGH, 2004). De maneira pragmática, a virtualização pode ser definida como uma técnica que permite particionar um único sistema computacional em vários outros sistemas totalmente separados. Cada um desses sistemas é capaz de oferecer um ambiente denominado de máquina virtual, que estende ou substitui uma interface existente de modo a imitar o comportamento de um outro sistema (CARISSIMI, 2008).

A partir destas definições, algumas ferramentas utilizam recurso de virtualização, como por exemplo, o QEMU, que, por sua vez, permite a virtualização no processamento de Sistemas Operacionais (SO), inseridos em diferentes ambientes de execução gerenciado pelo servidor do simulador GNS3.

2.2 SIMULAÇÃO

A utilização de simuladores permite a interação com objetos de ambiente simulado, que, por sua vez, possuam as mesmas características dos objetos de ambiente real. Isso possibilita a diminuição de custos e melhorias no treinamento ou análise de novas soluções. Nesse caso, o treinamento de alunos em sistemas de redes de computadores.

Segundo Shannon (1976), a simulação pode ser definida como um processo de desenvolvimento de um modelo de sistema real e a realização de experimentos com este modelo com o objetivo de compreender o comportamento do sistema ou avaliar várias estratégias para o funcionamento

do sistema. Portanto, é fundamental que o modelo seja projetado de tal forma que seu comportamento de resposta seja parecido com as mesmas características de um modelo de sistema real.

Na subseção a seguir, alguns exemplos de ferramentas de simulação mais utilizadas.

2.2.1 Ferramentas de simulação

Existem algumas ferramentas que desempenham a simulação de redes e sistemas computacionais através da cópia de instruções e parâmetros de um determinado dispositivo real. A seguir, algumas ferramentas de simulação podem ser citadas:

- *Cisco Packet Tracer* - Ferramenta de aprendizado que suporta uma vasta gama de simulações físicas e lógicas em hardware Cisco. Fornece ferramentas de visualização de enlaces, pacotes e tráfego de redes (FERREIRA, 2014)
- NS2 (Network Simulator 2) - Projeto desenvolvido pela Universidade de Berkeley, simulador para eventos discretos orientado para a pesquisa em redes de computadores. O simulador oferece suporte à simulação de um grande número de tecnologias de rede (com e sem fio), baseados nos protocolos TCP e UDP (OLIVEIRA et al.,2012).
- *OPNET* - É uma Ferramenta que fornece um ambiente virtual para modelagem, análise e previsão do desempenho das infraestruturas de TI, incluindo aplicações, servidores e tecnologias de rede de computadores (FERREIRA, 2014 apud RIVERBED, 2014).
- *NetSimK* - Esse simulador permite criar redes com roteadores e *switches* Cisco, além de possuir a função de Calculadora *IP* Integrada (VOSS et al.,2012).

2.3 EMULADOR

Na área da computação, um emulador é um *software* que reproduz as funções de um determinado ambiente, a fim de permitir a execução de outros *softwares* sobre ele. Isso pode acontecer pela transcrição de instruções de um

processador alvo para o processador no qual ele está rodando, ou pela interpretação de chamadas para simular o comportamento de um *hardware* específico. O emulador também é responsável pela simulação dos circuitos integrados ou *chips* do sistema de *hardware* em um *software*. Basicamente, um emulador expõe as funções de um sistema para reproduzir seu comportamento, permitindo que um *software* criado para uma plataforma funcione em outra (PINOTTI, 2011).

Deve-se distinguir o conceito de emulação do conceito de Máquinas Virtuais ou VMs, tendo em conta que as VMs não correspondem à codificação precisa do comportamento de um sistema, mas sim à dedução de modelos abstratos de funcionamento. Enquanto nos emuladores ocorre que todas as instruções são convencionalmente traduzidas e interpretadas (LAUREANO, 2006).

Na subseção a seguir, algumas definições e utilização das principais ferramentas de emulação existentes são explanadas.

2.3.1 Ferramentas de emulação

- *Common Open Research Emulator (CORE)* é um *framework* de simulação de rede de código aberto. O *CORE* usa técnicas de virtualização de sistemas operacionais existentes para construir redes virtuais com e sem fio, onde protocolos e aplicativos podem ser executados sem modificá-los. E essas redes podem ser conectadas a sistemas reais adequados para estender os laboratórios de teste ou testar com determinado *hardware* no *loop*. A arquitetura consiste em uma *Graphical User Interface (GUI)* para desenhar facilmente topologias, uma camada de serviços que instancia máquinas virtuais leves e uma *Application Programming Interface (API)* unificada (AHRENHOLZ, 2010).
- *Marionnet* – É uma rede virtual de laboratório que permite ao usuário definir, configurar e lançar máquinas de rede complexas, sem a necessidade de dispositivos físicos. Além disso, permite emular redes *Ethernet,* que consiste em computadores, *hubs, switch*, roteadores, cabos retos e cruzados. Outros dispositivos podem ser utilizados para conectar o mundo virtual com a rede real, se for acessível pelo computador central. Marionnet funciona apenas no sistema operacional *GNU/Linux*

(MARIONNET, 2017).

• *Psimulator2* – É um simulador gráfico de rede básico que foi desenvolvido e ainda é utilizado pela universidade técnica Checa em Praga, faculdade de Tecnologia da Informação para ensinar tópicos básicos de rede. Esse simulador é executado em qualquer sistema que suporte a linguagem *Java*, incluindo as plataformas operacionais *Windows, Mac OS* e *Linux*. Entretanto, permite a emulação de um nó de rede por vez. (PSIMULATOR, 2014).

• GNS3 – É uma ferramenta de simulação de rede muito popular na comunidade acadêmica e funciona nos principais sistemas operacionais: *Windows, Mac OS e Linux*. Ela foi desenvolvida na linguagem de programação *Python* e seu código fonte é de domínio público ou *open source*. Esse emulador é utilizado principalmente para emular redes de roteadores Cisco e por profissionais que estudam para exames de certificação da Cisco. O GNS3 Suporta imagens de *softwares* do roteador Cisco executadas no programa de emulação de *hardware Dynamips*, bem como outras tecnologias de virtualização e emulação de *hardware*, como por exemplo: máquinas virtuais *Qemu* e *VirtualBox* (DUPONCHELLE; GROSSMANN; BLACKWELL, 2017).

No trabalho proposto, a ferramenta GNS3 por ser de código aberto será utilizada, o que facilitará a utilização e adaptação para integrá-la a outros ambientes. Além disso, é possível o uso de *software* para roteadores Cisco, permitindo configurar máquinas virtuais.

Na seção seguinte há um breve detalhamento sobre o surgimento da ferramenta GNS3, apresentando alguns dos fatos mais importantes - desde o surgimento da primeira versão em 2005, até os dias atuais.

2.4 CONTEXTUALIZAÇÃO DO GNS3

No início de 2005 Christophe Fillot desenvolve o *Dynamips*, um emulador para roteadores Cisco, que emula plataformas de *hardware* dos dispositivos nas versões 1700, 2600, 3600, 3700, 7200 e executa imagem de *software* padrão dos roteadores *Internetwork Operating System (IOS)* Welsh (2017). A execução do *Dynamips* funciona através de linhas de comando apropriadas

para que o roteador Cisco seja emulado no computador.

Entretanto, havia alguns problemas nessa primeira versão do emulador *Dynamips* que permitia emular a um único roteador, conectado a um único PC por vez. Para se obter uma rede em execução, o usuário teria que iniciar duas instâncias do programa, com várias opções de linhas de comando cuidadosamente construídas.

Ainda segundo Welsh(2017), em 2006 surgiu a versão 0.2.5, o que tornou possível executar o *Dynamips* no modo *hypervisor*, permitindo que vários roteadores fossem simulados em uma única instância e adicionasse a opção *Idle-PC*. Essa opção permitia ajustar a utilização da *CPU* dos seus *PCs,* reduzindo, por sua vez, o processamento computacional. O recurso *hypervisor* permitiu a Greg Anuzelli disponibilizar um *frontend* para todas as opções de linha de comando através do programa *Dynagen*. O GNS3 faz uso da biblioteca *Dynagen,* através da extensão *".net"*. Na verdade, a base do console na parte inferior da tela padrão do GNS3 é um console *Dynagen* adaptado.

Em setembro de 2007, houve o primeiro lançamento do GNS3, versão 0.3. Novos nomes como Jeremy Grossmann e Xavier Alt foram adicionados à equipe de colaboradores. Com essa parceria, novos recursos em relação à aplicação foram criados; como, por exemplo: tornou possível arrastar ícones sobre uma tela e unir roteadores com opções de clicar com o *mouse* e arrastar. O emulador iria construir o arquivo *.net* apropriado para o *Dynagen* interagir com o *Dynamips* responsável por gerenciar os roteadores. Além disso, foram adicionadas algumas configurações extras ao arquivo *.net* (renomeado para *topology.net* por padrão), para que pudesse facilitar a localização dos objetos alocados e redesenhar na tela quando o projeto do usuário for carregado da próxima vez.

A partir daí, novas versões do GNS3 foram adicionadas às funcionalidades de versões anteriores. Embora, muitos usuários ainda tivessem dificuldades em instalar e configurar o GNS3, particularmente em um ambiente *Windows*.

Na subseção seguinte, o funcionamento das camadas que compõem a arquitetura da ferramenta GNS3 será detalhado.

2.4.1 Arquitetura GNS3

A arquitetura do *software* GNS3 é composta por quatro partes:

- As aplicações de interface do usuário (projeto *gns3-gui*, *gns3-web*);
- O controlador principal (projeto *gns3-server*);
- Servidores de computação do projeto *gns3-server* e;
- Os emuladores de dispositivos, por exemplo: os de máquinas virtuais, sistemas operacionais de computadores e dispositivos de roteadores, através de tecnologias *QEMU, Image Operator Unix IOUe Dynamips* respectivamente.

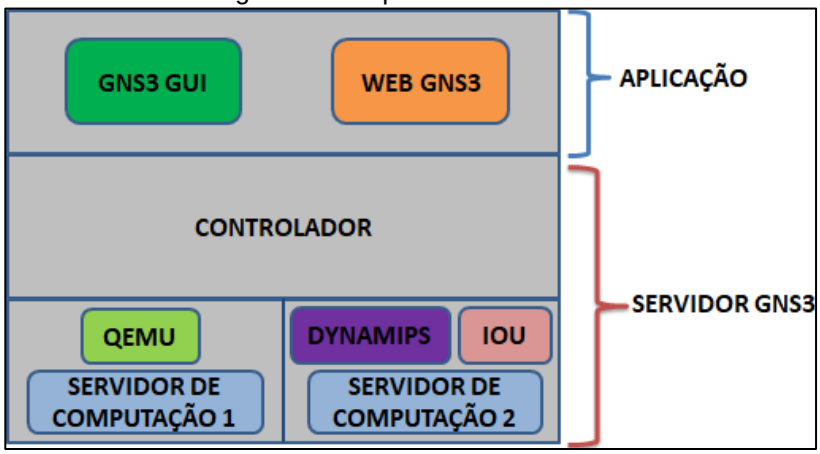
O arquivo controlador é responsável por controlar toda a parte que gerencia o estado de um projeto até salvar no disco rígido. O emulador GNS3 possui apenas um único arquivo gerente que controla todas as funções de edição, atualização e emulação de projeto do usuário.

A interface *GUI* GNS3 exibe a topologia dos objetos gráficos a serem utilizados para a emulação, de acordo com a necessidade do usuário. Essa camada topológica disponibiliza os principais recursos gráficos a serem utilizados durante a emulação da ferramenta GNS3. Além disso, seu funcionamento computacional depende exclusivamente do contato direto com o servidor de controle *gns3-server*.

Os servidores de computação são onde os emuladores Dynamips, QEMU e IOU são executados. Se os emuladores estão no mesmo servidor de computação que o controlador do GNS3, então eles estão no mesmo processo.

Para cada nó da topologia, uma instância de emulação será iniciada. Na figura 1, é ilustrado um exemplo do esquema:

Figura 1 – Arquitetura do GNS3



Fonte: (API GNS3,2017).

A ferramenta de emulação GNS3 disponibiliza uma série de recursos de redes de computadores que podem ser utilizados pelo usuário, seja em projetos de cursos técnicos, em treinamento de pessoal de suporte em empresas e/ou em atividades curriculares de projetos em universidades (API GNS3,2017).

Na subseção a seguir, será demonstrado como é realizado o processo de comunicação entre o servidor e aplicação GNS3, assim como, as tecnologias utilizadas nesse processo.

2.4.2 Comunicação entre aplicação cliente GUI e servidor GNS3

O processo de comunicação entre a aplicação Cliente GUI e o servidor GNS3 é feito através do protocolo HTTP, usando a linguagem de notação *JavaScript Object Notation* (JSON) e procedimentos de linha de comando *client* URL (cURL) para garantir procedimentos de transferência de dados entre as aplicações cliente GUI e o servidor GNS3.

A linguagem de notação *JSON* é compatível com a maioria das linguagens de programação, como também, o protocolo HTTP através do uso dos métodos de comandos:

- *GET* - utilizado para realizar requisição de informação, neste caso, obter algum recurso do servidor GNS3e;
- *POST* - para submeter ou enviar alguma solicitação de atualização do projeto a nível de usuário para com o servidor GNS3.

Na Figura 2, é apresentado o processo de requisição e submissão do projeto do usuário na ferramenta GNS3.

Figura 2 – Comunicação Cliente GUI e Servidor de Controle GNS3

Fonte: (API GNS3, 2017)

O cliente GUI depois de requisitar via (GET) acesso ao servidor GNS3, submete via (POST), através do processo de criação do Projeto do Usuário. Através desse projeto, o usuário poderá solicitar quantas vezes for necessário a atualização dos nós topológicos de rede, diretamente com o Servidor Controlador GNS3.

Na próxima seção, serão abordados aspectos essenciais no que cerne à definição, con textualização e fundamentação do Educação a Distância (EaD), bem como, a sua importância para a educação nos dias atuais.

2.5 EDUCAÇÃO A DISTANCIA (EAD)

A Educação a Distância (EaD) é a modalidade educacional na qual a mediação didático-pedagógica nos processos de ensino e aprendizagem ocorre com a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação, com estudantes e professores desenvolvendo atividades educativas em lugares ou tempos diversos. Esta definição está presente no Decreto 5.622, de 19.12.2005 (que revoga o Decreto 2.494/98), que regulamenta o Art. 80 da Lei 9.394/96 (LDB).

A EaD atravessou por várias mudanças ao longo dos anos, desde os primórdios em que a educação se dava através de correspondências por carta por justamente ser uma das tecnologias mais usadas na época. Nos anos 70, o ensino EaD se utilizou de meios tecnológicos como TV, fitas de áudio e vídeo além de interação por telefone.

Nos anos 70, as primeiras universidades EaD surgiram nos Estados Unidos e Europa. Enquanto isso, no Brasil os programas educacionais experimentais e muitas vezes o ensino era precário (LAMGRUBER, 2017).

Os avanços e a disseminação do uso das Tecnologias de Informação e

Comunicação (TIC) descortinam novas perspectivas para a educação a distância com suporte em ambientes digitais de aprendizagem acessados via *Internet*.

> Para alguns, a educação EaD através das TICs é vista como a solução dos problemas educacionais existentes atualmente. Muito embora, outros a vejam como uma educação considerada inferior (LAMGRUBER, 2017).

Entretanto, a EaD vem crescendo muito pelo país, deixando de ser uma proposta de metodologia de ensino aprendizagem para se tornar uma realidade vivenciada em diversos centros de ensino que ofertam cursos a distância espalhados pelo país. Muitos desses centros ofertam cursos nas seguintes modalidades:

- A distância - são cursos em que a maior parte das atividades se dá nos ambientes virtuais de aprendizagem, o que permite uma certa flexibilidade de horários. Na graduação, os encontros presenciais obrigatórios podem ser mensais ou semestrais;
- Semipresencial - são cursos que não são totalmente presenciais nem totalmente a distância. O processo de utilização dessa metodologia de ensino ocorre de forma intermediária. Podem surgir a partir de cursos de graduação presenciais que ofertam uma carga horária a distância, bem como, cursos na modalidade a distância com algumas atividades presenciais.

Com base nos dados do Ministério da Educação (MEC), cerca de 7,3 milhões de matrículas no ensino superior foram registradas entre os anos de 2003 e 2013, crescimento de 86%, sendo 1,1 milhão correspondente a cursos a distância, que por sua vez, em 2003 era menos de 50 mil alunos, o número saltou para 1.573.573, dez anos depois.

O número de alunos matriculados em cursos EaD vem aumentando a cada ano. E no ano de 2016 não foi diferente. Segundo dados da Associação Brasileira de Ensino a Distância (ABED) divulgados no ano de 2017:

> O Censo EAD.BR 2016 contabilizou 561.667 alunos em cursos regulares totalmente a distância, 217.175 em cursos regulamentados semi-presenciais, 1.675.131 em cursos livres não corporativos e 1.280.914 em cursos livres corporativos. Os números são expressivos EAD para atender a demandas regulamentadas de educação e, mais ainda, demandas de formação continuada (ABED, 2016).

Como pode ser observado, a partir dos dados da ABED, houve um crescimento ascendente a cada ano consecutivos, de centros que ofertam o ensino EaD pelo país, profissionalizando e beneficiando milhares de pessoas de regiões e comunidades remotas.

Na seção seguinte, será realizada uma apresentação da literatura sobre as principais ferramentas do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), tecnologias utilizadas amplamente pelas escolas do ensino técnico e superior no Brasil.

2.6 FERRAMENTAS AVA

Nesta seção serão abordadas as principais ferramentas do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), como também, características e recursos intrínsecos a cada uma de suas particularidades, voltadas para a promoção do conhecimento através das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) - tecnologias indispensáveis para o processo de ensino aprendizagem a distância.

Na Figura 3 podem ser observada as principais ferramentas de aprendizagem virtual mais conhecidas, seja por instituições de ensino técnico ou superior.

Figura 3 – Principais ferramentas AVA

• *Web Course Tool – WebCT* é um sistema para criação de ambientes educacionais baseados na *Web*. Desenvolvido pela *University of British Cólumbia*, tem como objetivo a criação e a disponibilização de cursos internos. Ele fornece uma variedade de ferramentas e é organizado em torno de uma *homepage* principal, com ligações para componentes de conteúdo do curso ou para outras páginas de conteúdo, além de ferramentas do curso, tais como correio eletrônico, autoavaliação e glossário (SOARES,2001).

• Eureka – Desenvolvido no laboratório de Mídias Interativas – LAMI pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), o Eureka é um ambiente para aprendizagem cooperativa e tem por objetivo promover a educação e o treinamento a distância por meio da *Internet* (EBERSPACHER et al.,1999). Seu diferencial em relação às plataformas observadas é a utilização de áudio do texto escrito em todas as telas acessadas, com o intuito de beneficiar os deficientes visuais.

• AMADeUS-MM – Agentes Micromundo e Análise do Desenvolvimento no Uso de Instrumentos MultiMídia (AMADeUs-MM) é um sistema de gestão de aprendizagem de segunda geração, baseado no conceito de *blended learning* (GOMES et al., 2009). Foi projetado pelo centro de informática da UFPE (Universidade Federal de Pernambuco), o projeto permite estender as experiências adquiridas de usuários de educação a distância para diversas plataformas (*Internet, desktop*, celulares, *PDAs* e futuramente *TV* Digital) de forma integrada e consistente (BRASIL ,2014).

• *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment* (MOODLE) é um sistema de gestão de ensino aprendizagem. Utilizado principalmente num contexto de *e-learning* em todo o mundo por 193 países e mais de 400.000 usuários registrados, o programa permite a criação de cursos on-line, páginas de disciplinas, grupos de trabalho e comunidades de aprendizagem e seu código fonte é disponibilizado livremente à comunidade desenvolvedora (KUMAR; GANKOTIYA,2011).

• TelEduc - É um dos ambientes para EaD, tendo como meta a formação de professores para a informática na Educação. Seu desenvolvimento teve início em 1997 pelo Núcleo de Informática aplicada à Educação (NIED), em parceria com o Instituto de Computação (IC), ambos da Unicamp. O

TelEduc foi concebido para apoiar a aprendizagem baseada na resolução de problemas (OTSUKA; ROCHA,2002).

- Sistema *Online* de Aprendizagem (SOLAR) - Foi desenvolvido pelo Instituto UFC Virtual, da Universidade Federal do Ceará. Ele é baseado em um modelo de três camadas, orientado ao professor e ao aluno, possibilitando a publicação de cursos e a interação com os mesmos. Foi desenvolvido para potencializar o aprendizado a partir da relação com a própria interface gráfica do ambiente, sendo desenvolvido para que o usuário tenha rapidez no acesso às páginas e ao conteúdo, e fácil navegabilidade. O SOLAR é utilizado em cursos de graduação presencial e semipresencial (COUTINHO; JUNIOR; SARMENTO, 2013).

Na subseção seguinte, serão apresentados detalhes a respeito da ferramenta de ensino e aprendizagem MOODLE; descrição da ferramenta, bem como, suas funcionalidades. Uma vez que, essa ferramenta será utilizada para validação do trabalho proposto.

2.6.1 Funcionalidades do sistema MOODLE

O MOODLE é um sistema de gestão de ensino aprendizagem (conhecidos por suas siglas em inglês, *Learning Management System* (LMS), ou *Course Management System* (CMS) (SABBATINI, 2007). Possui código aberto e foi publicado pelo professor australiano Dr. Martin Dougiamas baseado na teoria construtivista (DOUGIAMAS; TAYLOR, 2003).

Segundo Sabbatini (2007), ele é um aplicativo desenvolvido para ajudar os educadores a criar cursos *online*, ou suporte *online* a cursos presenciais, de alta qualidade e com recursos disponíveis. Além disso, o MOODLE é uma aplicação baseada na *Web* e consta de dois componentes: um servidor central em uma rede IP, que abriga os *scripts, softwares*, diretórios, banco de dados e dentre outros componentes.

Essa ferramenta de ensino aprendizagem é escrita na linguagem de programação PHP, que possui ainda funções de ensino aprendizagem tais como atribuições, questionários, fóruns, quadros de discussão, liberação de notícias e gerenciamento de conteúdo. Pela quantidade de recursos disponibilizados, é uma das ferramentas mais utilizadas por escolas, instituições educacionais e até mesmo

de formação empresarial (SU et al., 2016).

Segundo Sabbatini (2007), o MOODLE é um sistema consagrado, uma das maiores bases de usuários do mundo com mais de 25 mil instalações, 350 mil cursos e 4 milhões de alunos em 155 países.

2.6.2 Filosofia MOODLE

O projeto e desenvolvimento do MOODLE é orientado por uma filosofia de aprendizagem chamada de “pedagogia social construcionista”. Essa linha de pensamento é baseada em quatro conceitos de aprendizagem: Construtivismo, construcionismo, construtivismo social e comportamento conectado e separado (LIMA,2009).

Cada um desses conceitos supracitados é descrito a seguir por Lima (2009):

- Construcionismo defende que a aprendizagem é particularmente efetiva quando constrói alguma coisa para outros experimentarem;
- Construtivismo social estende as ideias dos conceitos anteriores para um grupo social, construindo coisas de forma colaborativa uns para com os outros;
- Comportamento separado se dá quando alguém tenta se manter objetivo, dando apenas importância aos fatos, e tende a defender suas próprias ideias usando estratégias para descobrir falhas nas ideias de seus oponentes;
- Comportamento conectado é uma abordagem mais empática que aceita a subjetividade, tentando ouvir e fazer perguntas em um esforço para entender o ponto de vista do outro.

Segundo Sabbatini (2007), o conhecimento é construído na mente do estudante, ao invés de ser transmitido sem mudanças a partir de livros, aulas expositivas ou outros recursos tradicionais de instrução. Deste ponto de vista, os recursos desenvolvidos no ambiente MOODLE são centrados no estudante e não no professor.

Entretanto, o professor ajuda o aluno a construir este conhecimento com base nas suas habilidades e conhecimentos próprios, ao invés de simplesmente publicar e transmitir este conhecimento.

Na próxima seção, serão discutidas algumas das principais características do MOODLE.

2.6.3 Características

O MOODLE possui finalidade de contribuir para com o desenvolvimento educacional através do EaD por meio das TICs. Segundo Ferreira (2014), há uma comunidade de profissionais que desenvolve novos módulos e também atua na correção de problemas que são encontrados por usuários.

A portabilidade do MOODLE é outra forte característica. O ambiente pode ser utilizado nas plataformas *Unix, Linux, Windows, Mac OS* e outros sistemas que suportem PHP (LIMA, 2009). Ele disponibiliza a *Application Programming Interface* (API), com uma série de recursos para autenticação de usuário, manipulação de banco de dados dentre outros (FERREIRA, 2014).

Além disso, ao possuir uma estrutura modular, o MOODLE disponibiliza diversas ferramentas que podem ser desenvolvidas na forma de módulos ou blocos de atividades (calendário, *login*, usuários *online*), com conteúdos específicos que podem ser editados ou adaptados às necessidades do professor. Dessa forma esses blocos ou módulos possibilitam o desenvolvimento de novos recursos para o MOODLE.

Para Lima (2009), estas ferramentas de atividades podem ser divididas em quatro grupos: comunicação e discussão (fóruns, *chats* e diálogos); construção coletiva (trabalhos, *workshops, wikis* e glossários); e pesquisa e opinião (teste, enquetes, referendos e questionários). A seguir são descritas as atividades incorporadas ao pacote de instalação do MOODLE:

- Fóruns – permite a criação de ferramentas de discussão, incluindo a possibilidade de classificar as mensagens;
- *Chats* – é uma atividade que permite a interação *online* e simultânea (síncrona) entre os participantes de um curso;
- Diálogo – é um método simples de comunicação entre dois participantes da disciplina. O professor pode abrir um diálogo com um aluno, um aluno pode abrir um diálogo com o professor, e ainda podem existir diálogos entre dois alunos;
- Testes – essa atividade possibilita a solicitação de atividades que devem ser

realizadas

on-line ou *offline*;

- Trabalhos – Permite ao professor classificar e comentar na página materiais submetidos pelos alunos, ou atividades *offline*;
- *Wikis* – possibilita a construção de um texto (com elementos multimídia) com vários participantes, na qual cada um dá sua contribuição e/ou rever o texto.
- Glossários – destina-se à criação de dicionários de termos relacionados ao conteúdo exposto no curso;
- Lições – trata-se de uma atividade em que perguntas e respostas são intercaladas com apresentações e arquivos de diferentes formatos;
- *Sharable Content Object Reference Model* (SCORM) – conjunto de padrões que permite o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem (OA), tendo como características principais a responsabilidade e a interoperabilidade;
- Referendos – possibilita que o aluno escolha entre uma lista de opções, definidas pelo professor, e que pode ser usada de diversas formas, como escolhas de opinião, inscrição numa determinada atividade, e dentre outras;
- Questionários – viabiliza uma grande variedade de tipos de exercícios e avaliações online. Permite a criação de questões objetivas e dissertativas, além de fornecer opinião sobre erros e acertos.

Além dessas características supracitadas, segundo Pereira e Chaves (2007), o MOODLE é utilizado para maximizar os espaços da aprendizagem, no qual são realizadas ações pedagógicas numa lógica colaborativa, de interação e de ampliação, em que tanto o aluno como o professor poderá ter contato tanto no ambiente presencial como no virtual, dando uma dinâmica às relações de ensinar e aprender.

Na subseção seguinte, é descrita a importância e utilização da tecnologia *Learn Tool Interoperability* (LTI) para disponibilizar e compartilhar recursos de ferramentas em sistemas AVA. Vale salientar que esse recurso foi utilizado no processo de compartilhamento do trabalho proposto no sistema MOODLE.

2.6.4 *Learn Tools Interoperability* (LTI)

O IMS Global desenvolveu um sistema que permite a Interoperabilidade de Ferramentas de Aprendizagem (LTI) para possibilitar que ferramentas e conteúdo remotos sejam integrados em um Sistema de Gerenciamento de Aprendizagem (LMS) (MOODLE, 2017).

O LTI é um recurso que pode ser encontrado no MOODLE para facilitar o compartilhamento de recursos disponibilizados por aplicações de terceiros entre membros do AVA correspondente. Esse procedimento permite que uma determinada aplicação seja disponibilizada entre integrantes do ambiente de aprendizagem sem que o usuário precise sair ou se deslogar do ambiente AVA.

Na próxima seção, são detalhadas as linguagens computacionais utilizadas para desenvolver a interface gráfica da ferramenta proposta.

2.7 LINGUAGEM DE MARCAÇÃO HTML5

Segundo Silva (2011), ao encerrar o desenvolvimento da *Hypertext Markup Language* (HTML), o *Word Wide Web consortium* (W3C), a favor da *eXtensible Hypertext Markup Language* (XHTML), tornou pública a decisão de retornar os seus estudos para o HTML5, tendo como base o trabalho que já vinha sendo desenvolvido pela *Web Hypertext Application Tecnology Working Group* (WHATWG).

O W3C tem contribuído significativamente para melhorar a linguagem HTML5, dando suporte para os diversos recursos multimídia, enquanto a mantém legível por seres humanos e compreendidos por computadores e outros dispositivos (navegadores, *parses*, etc) (FERREIRA, 2014).

Para (FERREIRA; EIS, 2017), a *Web*, de acordo com o *W3C*, é baseada em três pilares: Um esquema de nomes para localização de fontes de informação na *Web* URI, um protocolo de acesso para acessar estas fontes HTTP e uma linguagem de Hypertexto para facilitar a navegação entre fontes de informação HTML.

Ainda segundo o mesmo autor, um dos principais objetivos do HTML5 é facilitar a manipulação dos elementos, possibilitando ao desenvolvedor modificar as características dos objetos de forma não intrusiva e transparente ao usuário

final.

Ao contrário das versões anteriores, o HTML5 fornece ferramentas para a CSS e ao *Javascript* executarem seu trabalho da melhor maneira possível. O HTML5 permite, por meio de suas APIs, a manipulação destes elementos, de forma que o *Website* ou a aplicação continue leve e funcional.

Antes do HTML5, para que uma nova versão do HTML ou CSS fosse lançada, todas as ideias listadas na especificação deveriam ser testadas e desenvolvidas para então serem publicadas para uso dos *browsers* e para os desenvolvedores. Esse método foi mudado com o lançamento do HTML5 e do CSS3. No entanto, atualmente, as duas tecnologias foram divididas em módulos. Isso quer dizer que a comunidade de desenvolvedores e os fabricantes de *browsers* não precisa esperar que todo o padrão seja escrito e publicado para utilizar as novidades das linguagens (FERREIRA, 2014).

2.7.1 Elemento *Canvas*

O *Canvas* é o novo elemento HTML5 que permite desenhar diretamente dentro de uma página web. Destina-se a delimitar uma área para criação dinâmica de: imagens, gráficos estáticos, gráficos dinâmicos, jogos, etc. A manipulação do elemento *Canvas* deve ser feita com uma linguagem de programação dinâmica, na qual todo o trabalho de animação é proporcionado pelo *JavaScript* (SILVA,2011).

Uma das vantagens do *Canvas* é permitir que seja possível desenhar na página, dessa forma possibilita a atualização dinamicamente dos desenhos ou imagens inseridas, por meio de *scripts* ou atendendo às ações do usuário (SILVA JR; FIRMINO,2010).

As principais ferramentas desenvolvidas com o *Canvas* no HTML5 vão desde pequenos efeitos até grandes projetos como: jogos, efeitos dinâmicos em interfaces de usuários, editores de código, editores gráficos, efeitos 3D e dentre outros (FERREIRA, 2014).

Na seção a seguir, serão apresentados os principais protocolos de comunicação de redes de computadores, considerados indispensáveis no processo de configuração necessário para conectar os dispositivos em rede.

2.8 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES

Na comunicação entre computadores, é essencial que um conjunto de regras seja estabelecido. Afinal, as entidades, sejam elas desktops, servidores, aparelhos de telefonia ou qualquer outro dispositivo conectado em rede, nem sempre se comunicam através da mesma linguagem. Assim sendo, um protocolo de rede é um conjunto de regras e padrões utilizado para possibilitar a comunicação entre dispositivos diferentes (CASTELUCCI, 2011).

2.8.1 Protocolo IP

O protocolo de Internet ou IP é projetado para uso em sistemas interconectados de redes de comunicação de computadores comutadas por pacotes. Esse sistema tem sido chamado de "catenet" (CERF, 1978). O Protocolo da Internet ou *Internet Protocol*, permite transmitir blocos de dados chamados datagramas. Esses datagramas têm a origem de seu fluxo a partir da máquina emissora até a máquina de destino, ambas identificadas por endereços de IP físicos. O protocolo da Internet também prevê a fragmentação e a remontagem de datagramas longos, se necessário, para transmissão através de "pequenos pacotes", por meio da rede (RFC791, 1981).

2.8.2 Protocolo TCP

O TCP foi adotado em 1983 como o protocolo oficial de nível de transporte pela Internet para a transferência confiável de ponta a ponta de informações em tempo não real, incluindo navegação na web, FTP e e-mail. Este protocolo foi originalmente desenvolvido para otimizar o desempenho em redes cabeadas de forma rápida e confiável (RAHNEMA, 2008). Além disso, o protocolo TCP deve ser capaz de operar desde redes de comutação de pacotes a comutação de circuitos (RFC793, 1981).

2.8.3 Protocolo UDP

Este *User Datagram Protocol* (UDP) é definido para disponibilizar um modo de datagrama de comunicação por computador com comutação de pacotes no ambiente de um conjunto interconectado de redes de computadores. O protocolo UDP pressupõe que o Protocolo de *Internet* ou *Internet Protocol* (IP) (CERF, 1978) é usado como o protocolo subjacente e fornece um procedimento para programas aplicativos enviarem mensagens para outros programas com um mínimo de mecanismo de protocolo. O protocolo é orientado à transação, uma vez que a entrega e proteção ponta a ponta da mensagem não é garantida. Os aplicativos que exigem a entrega confiável e ordenada de fluxos de dados devem usar o Protocolo de Controle de Transmissão ou *Transmission Control Protocol* (TCP) (RFC768, 1981).

Na seção seguinte, são apresentadas as principais ferramentas analisadoras de pacotes ou *sniffers*. É imprescindível ao gerente de redes de computadores visualizar problemas comuns pertinentes ao tráfego dos dados no meio físico.

2.9 FERRAMENTAS ANALISADORAS DE PROTOCOLOS

Os *softwares* analisadores de pacotes, também conhecidos como analisadores de protocolos, são ferramentas que capturam todo o fluxo de dados trafegado na rede decodificando e exibindo o conteúdo dos pacotes para uma análise detalhada (COMER, 2007).

Para Casagrande (2003), essa ferramenta passou a ser conhecidas como sniffers após ter sido lançada uma ferramenta chamada *Sniffer Network Analizer,* em 1988 pela *Network General Corp*, atualmente *Network Associates Inc*.

Segundo (DAHR, 2002):

> Um sniffer é um programa ou dispositivo que observa o tráfego de uma rede coletando informações que trafegam na mesma. *Sniffers* basicamente utilizam tecnologia de 'Interceptação de Dados'. Eles funcionam porque a Ethernet foi desenvolvida em torno do princípio do compartilhamento.

O *Sniffer* pode ser utilizado com a finalidade de auxiliar o administrador na

verificação de falhas na rede, detalhes sobre os endereços de origem e destino, formação dos pacotes, além dos dados e outras informações a nível dos protocolos utilizados na comunicação. Contudo, esse tipo de ferramenta também pode ser utilizado para outras finalidades, como, por exemplo, capturar informações não autorizadas possibilitando a invasão de sistemas computacionais, como nomes de contas e senhas de usuários e consequentemente os próprios dados dos usuários (CASAGRANDE, 2003).

A seguir, alguns dos principais *sniffers,* ou analisadores de pacotes existentes mais usados:

- Wireshark – Possui uma interface gráfica bastante simples e intuitiva. A visualização dos pacotes capturados é baseada em um sistema de cores, no qual cada cor corresponde a um protocolo diferente, recurso que não foi encontrado nas outras ferramentas. Permite, ainda, utilizar de funcionalidades como a decodificação de pacotes, a montagem de sessões TCP e diagrama de conexão TCP. É capaz de capturar, visualizar e analisar pacotes de dados, além de fornecer suporte *wireless,* que ajuda aos administradores a solucionarem problemas de rede sem fio, dentre outros recursos (COUTO; SANTOS; LOVATO, 2012 apud SANDERS, 2011). A ferramenta é *open source*, funciona nos sistemas operacionais Linux, MacOS e Windows (FOUNDATION,2018);
- TCPDump – É uma ferramenta utilizada com a finalidade de captura de dados transmitidos pela rede e permite armazenamento em arquivo para possível análise dos pacotes capturados (BRUGNARA, 2006). Baseia-se na biblioteca de captura Pcap e funciona através da linha de comando. Por ser flexível às necessidades do administrador, o TCPDump permite que a interface de rede desejada para a execução do monitoramento seja especificada, assim como as de portas de origem e destino e os protocolos que serão monitorados (COUTO; SANTOS; LOVATO, 2012);
- Analyzer – É uma ferramenta para captura e visualização do tráfego de pacotes em uma rede desenvolvida na linguagem C++ para o sistema operacional Windows. Ela permite a visualização de cabeçalhos e conteúdo dos pacotes de forma cronológica e possui diversos modos de filtragem de pacotes. A ferramenta utiliza biblioteca WinPcap para a captura de pacotes (BRUGNARA, 2006);

- VisuSniff – O VisuSniff (Visual Sniffer) é uma ferramenta baseada no JPCAP, uma biblioteca de classes em Java, *open source*, que captura e visualiza o tráfego geral da rede. Fornece um panorama geral do que foi filtrado, mostrando todos os relacionamentos de comunicação capturados. Um diagrama de sequência mostra o próximo nível de detalhamento, desenhando todos os pacotes trocados para os itens selecionados em ordem cronológica, uma vez que cada pacote pode ser examinado em todos os detalhes (OECHSLE; GRONZ; SCHULER, 2015).

Num contexto mais específico, os *sniffers* são considerados indispensáveis, seja para verificar pacotes quebrados no meio físico de transmissão ou buscar por dispositivos responsáveis por trafegarem rotas de dados muito lentas.

Neste trabalho, não foi utilizado o uso de *sniffers* ou farejadores de pacotes. Entretanto, a ferramenta utilizada para gerenciar a simulação da aplicação proposta, nesse caso o GNS3, permite que sejam utilizadas ferramentas de terceiros para realizar procedimentos de análise da consistência de pacotes no meio físico, através dos nós simuláveis do laboratório de simulação.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo, são apresentadas algumas contribuições utilizando tecnologias da plataforma AVA e do ensino EaD, objetivando otimizar o ensino de redes de computadores no ambiente de aprendizagem.

A prática de integração de ferramentas de simulação é uma realidade nos dias atuais e, principalmente, quando se é proposto tornar mais simples a vida das pessoas que trabalham com o ensino EaD.

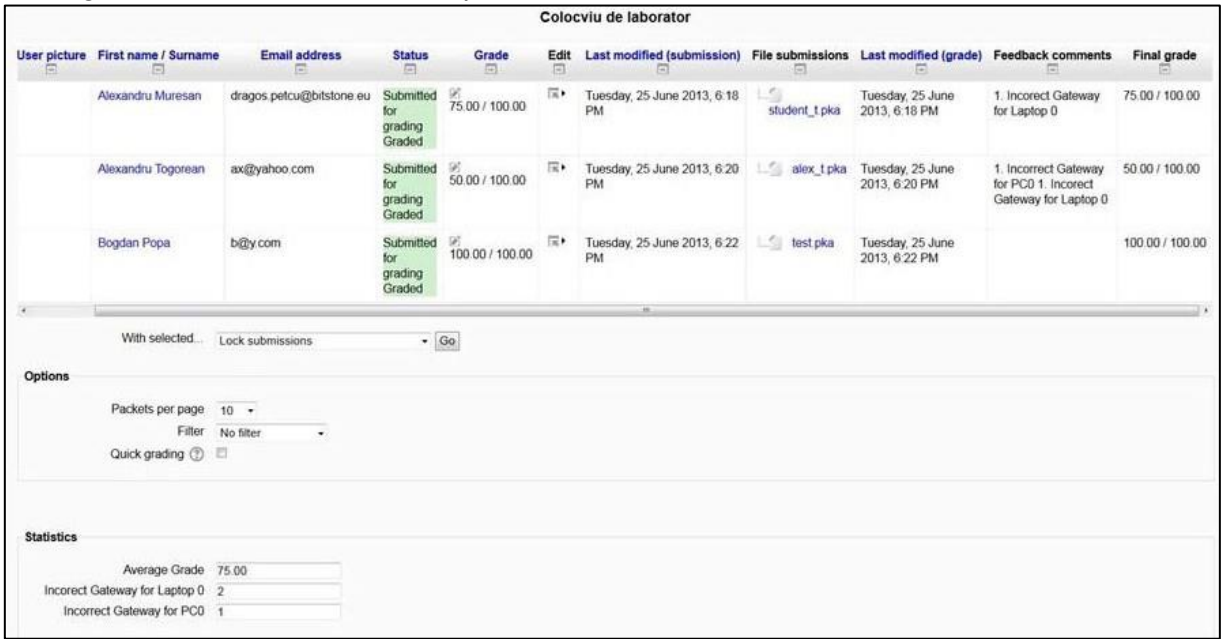
A seguir, serão elencados alguns trabalhos integrados em ambientes AVA.

3.1 INTEGRANDO O SIMULADOR *CISCO PACKET TRACER* COM A PLATAFORMA MOODLE: PARA O APOIO AO ENSINO E AVALIAÇÃO SIMULTÂNEA

Foi desenvolvido por Petcu et al. (2013) um módulo que possibilita integrar o simulador de rede *Packet Tracer* ao ambiente MOODLE, o qual permite correção e *feedback* de tarefas, a partir de atividades submetidas pelo professor aos alunos durante a disciplina de redes de computadores, no ambiente virtual de aprendizagem.

As tarefas submetidas pelo professor são baixadas e respondidas no aplicativo de simulação de rede pelos alunos e enviadas através do MOODLE, com extensão *.pka* (arquivo do *Packet Tracer*). Automaticamente, o módulo *Activity* faz a correção dessas tarefas, retornando aos usuários através de uma interface gráfica, o rendimento sobre a atividade simulada (Ver Figura 4). Esse processo automático de *feedback* permite ajudar o professor nas correções de atividades, amenizando o trabalho de correção que antes era feito de forma manual, para cada aluno no ambiente.

Figura 4 – Interface do módulo professor da ferramenta *Cisco Packet Tracer* no AVA



Fonte: (PETCU et al., 2013)

3.2 INTEGRANDO O *NETWORK SIMULATOR* 2.0 A UM AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM AVA

Ferreira (2014) propôs em seu trabalho o desenvolvimento de um módulo nominado de *NSMOO* para integrar ao Simulador *NS2* à plataforma MOODLE e dar suporte durante disciplina de redes de computadores, bem como, possibilitar aos usuários diferentes cenários de redes durante atividades da disciplina no ambiente virtual. Ver Figura 5.

No trabalho de Ferreira (2014), houve a integração de fato da interface gráfica da ferramenta *Network Simulator 2.0 (NS2)* ao mesmo ambiente virtual de aprendizagem que o de Petcu et al. (2013), que por sua vez, não integrou a interface do simulador *Packet Tracer* ao ambiente AVA da mesma forma - ao utilizar apenas um arquivo *.pka* para coleta de informações de atividades para possível análise de correção feita pelo módulo proposto.

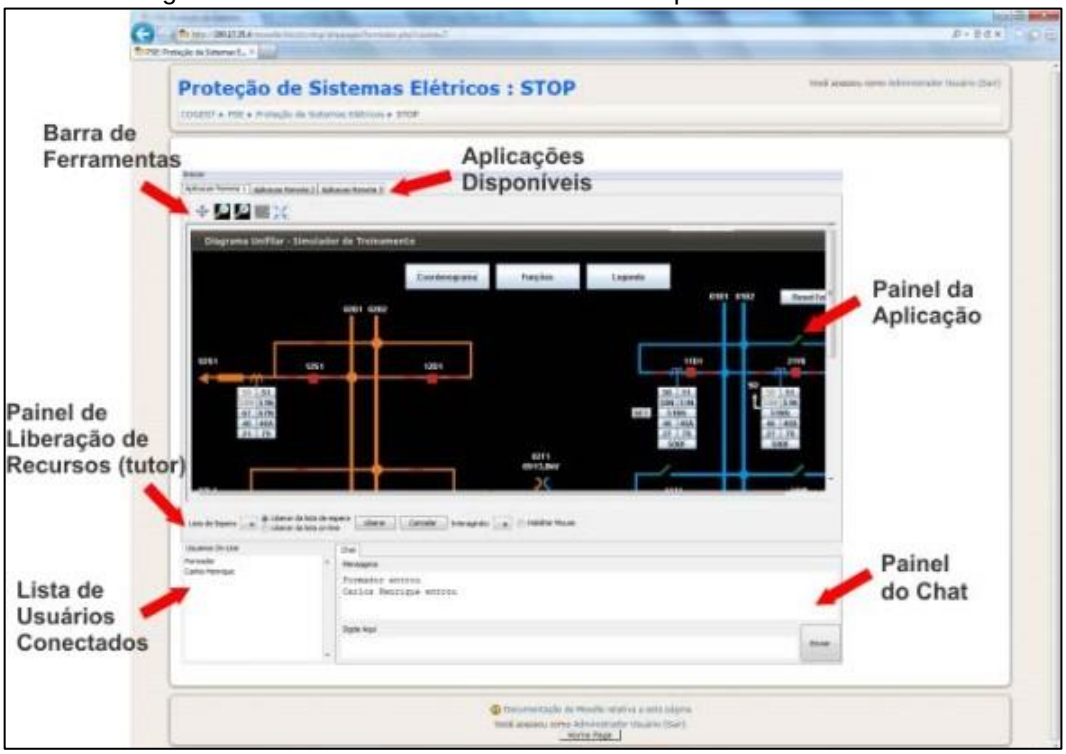
Figura 5 – Módulo da ferramenta NSMoo disponibilizado no AVA

Fonte: (FERREIRA, 2014)

3.3 SISTEMA SIMULADOR PARA TREINAMENTO PRESENCIAL E A DISTANCIA DA PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS *(STOP)*

SILVA (2011) implementou Sistema Simulador para Treinamento Presencial e a Distância da Proteção de Sistemas Elétricos (STOP) para simulação de sistemas do setor elétrico. Este sistema tem como objetivo treinar estudantes do setor elétrico, através da modalidade presencial ou a distância, utilizando o ambiente virtual MOODLE. A ferramenta STOP integrada ao MOODLE possibilita simulações de cenários reais, proporcionando um ensino aprendizado mais eficaz. Essa ferramenta faz uso do Servidor remoto de aplicações *VNC* (*Virtual Network Computing*). A proposta de SILVA (2011), apresenta recursos de *Chat*, gravação de tela, compartilhamento de tarefas e dentre outros componentes projetados para o curso técnico de proteção a sistemas elétricos. Como pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 – Módulo da ferramenta STOP disponibilizado no AVA



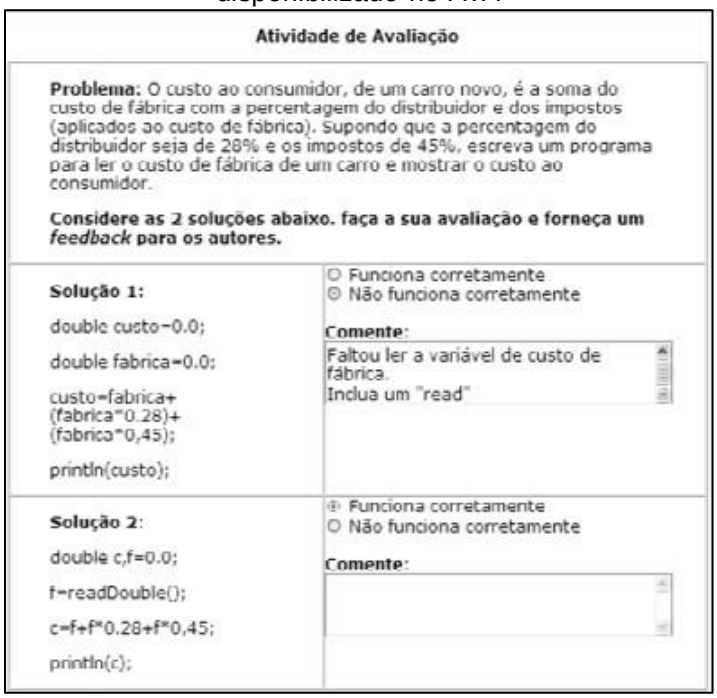
Fonte: (SILVA, 2011)

3.4 BOCA-LAB

O ambiente desenvolvido para apoio a laboratórios de programação foi concebido como extensão do sistema BOCA. Em 2011, o BOCA-LAB foi desenvolvido por Sirotheau et al. (2011). Ele surgiu da extensão de um sistema utilizado em maratonas de programação, o BOCA, inicialmente implementado por Campos e Ferreira (2004). Essa extensão foi aplicada em maratonas de programação com o objetivo de melhorar a compreensão dos estudantes no aprendizado da programação. Ela, assim, foi integrada ao MOODLE, propiciando uma maneira de visualizar e simular programas, permitindo a combinação de técnicas de avaliação da complexidade do código para dar um melhor *feedback* das atividades (SIROTHEAU et al., 2011).

Segundo Sirotheau et al. (2011), O BOCA-LAB é capaz de compilar e executar programas escritos em diversas linguagens de programação. Os programas submetidos são avaliados quanto a erros de compilação e execução em um processo automático. Ver Figura 7.

Figura 7 – Módulo da ferramenta BOCA-LAB disponibilizado no AVA



Fonte: (SI-ROTHEAU et al., 2011)

3.5 VISÃO GERAL

O módulo proposto por Petcu et al.(2013) não integrou a ferramenta de simulação do *Packet Tracer* com o ambiente MOODLE, apenas o uso da API do *Packet Tracer*, uma extensão do simulador para receber entradas de instrução do arquivo *.pka* para suporte de *feedback* às tarefas submetidas à correção pelos alunos; não sendo possível uma simulação sem o uso do aplicativo local de trabalho ou *desktop*.

Ferreira (2014) implementou o módulo *NSMoo* baseado no simulador NS2. Foram realizados alguns testes na versão local da plataforma de aprendizagem MOODLE - estendida a desenvolvedores de aplicações.

Segundo Ferreira (2014, p.78), autor da ferramenta NSMoo: “Dependendo do tempo configurado para rodar uma simulação, o arquivo *trace* pode passar de 20 mil linhas em uma única simução de 8 segundos. Por esse motivo, se torna difícil exibir animação da simulação.”

Além disso, o trabalho proposto por FERREIRA não foi devidamente validado por alunos e professores do ambiente AVA.

No caso do módulo BOCA-LAB, ele é executado no MOODLE como um sistema de *Web service*. Contudo, o modo de avaliação retorna apenas o

resultado estático após a submissão pelos alunos na interface principal, uma vez que é inexistente o processo de animação gráfica durante a avaliação de tarefas pelo sistema modular, passo a passo, através da interface da ferramenta; o que seria um recurso de aplicação. Comparado ao módulo proposto neste trabalho, diferentemente do BOCA-LAB, ele permitirá uma interface simples e dinâmica, em que o usuário poderá gerir todos os recursos ao clique do mouse.

Paralelamente às propostas de Petcu et al. (2013), Ferreira (2014), SILVA (2011) e (SIROTHEAU et al., 2011), o trabalho proposto GNSMOOD é voltado tanto para a simulação quanto para a emulação de recursos de sistemas que, por sua vez, está integrado ao AVA em um ambiente que será capaz de emular imagem de *softwares* de roteadores, ou *Internetwork Operating System (IOS)*, com as mesmas características de um Sistema Operacional (SO) de um roteador real. Além disso, adicionar máquinas virtuais para simulação com base nos dispositivos existentes.

Na tabela 1, é apresentado um quadro comparativo contendo as características principais de cada ferramenta abordada nas seções anteriores.

Tabela 1 – Quesitos de comparação entre as ferramentas

Características	**Packet Tracer**	**NSMOO**	**STOP**	**BOCA-LAB**	**GNSMOOD**
Interface	-	X	X	X	X
Funcionalidade	X	X	X	X	X
Desempenho	X	X	X	X	X
Simulador	-	X	X	X	X

Como descrito na tabela 1, a aplicação GNSMOOD possui todas as características, quando comparada com as demais ferramentas de simulação, exceto a aplicação que utilizou uma extensão do *Packet Tracer* de PETCU et al.. Isso se dá por a aplicação não possuir interface gráfica e não simular diretamente no ambiente AVA, não podendo ser considerada um simulador, apenas um analisador ou corretor de tarefas.

No capítulo a seguir, são apresentadas as contribuições deste trabalho bem como todos os procedimentos utilizados no desenvolvimento do mesmo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, será apresentado a proposta de uma aplicação *Web*, denominada GNSMOOD, capaz de realizar simulações de dispositivos de redes de computadores, como por exemplo, sistemas de roteadores, máquinas virtuais, cabos e concentradores de nós de rede, *switches* e *hubs*.

Na seção a seguir, são apresentadas as causas principais que serviram de base para o norteamento do trabalho proposto e também esclarecidas algumas definições e características a respeito das atribuições de utilização da aplicação, por parte do usuário.

4.1 PROPOSTA - FERRAMENTA GNSMOOD

O GNSMOOD é um laboratório virtual de redes de computadores integrado ao Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) do MOODLE. Esse projeto surgiu devido a dificuldades quanto à limitação da quantidade de máquinas, bem como o tempo necessário para instalação e configuração do *software* GNS3 em cada *Desktop* por parte do tutor e a complexidade de se gerenciar recursos dos objetos simuláveis durante processo de simulação de eventos.

O GNSMOOD permite simular eventos de dispositivos através da criação de cenários de redes. Além disso, permite que usuários da aplicação possam compartilhar seus projetos entre si, através de uma interface via servidor remoto, contendo todos os recursos e dispositivos de rede utilizados no projeto. Para melhorar o processamento da aplicação, foram disponibilizados servidores remotos, a fim de atender o uso exclusivo de processamento e requisições da aplicação, por parte dos usuários da ferramenta. Outro quesito importante é a interface *Graphical User Interface (GUI)* da ferramenta virtual ser mais interativa *drag and drop* ao alcance do *mouse*. Na Figura 18, tem-se ilustrada a tela principal da aplicação GNSMOOD.

Funcionalidades da ferramenta:

- *Host* - permite a criação de máquina local ou *Personal Computer (PC)*;
- *Virtual PC Simulator (VPCS)* - permite criar PCs virtuais como, por exemplo, o QEMU;

- *Hub, Switch* e ATM – são utilizados para interligar dispositivos na rede;
- Roteador – o usuário poderá adicionar uma imagem IOS de roteadores Cisco para executar a partir deste, como se fosse real;
- *Cloud* – criar uma conexão local de redes usando: IP, DNS, *Gateway* e NAT;
- Criar Novo Projeto – esta opção permite salvar o projeto do usuário no servidor do GNS3 *Web*.

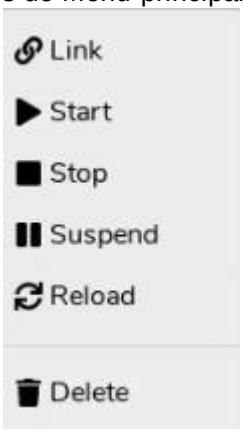
Algumas das principais componentes de rede de computadores disponíveis na aplicação GNSMOOD podem ser apresentadas na Figura 8.

Figura 8 – Componentes da ferramenta GNSMOOD

Componente	Descrição
	Insere **PC**
	Insere **Roteador**
	Insere concentrador de rede **Switch**
	Insere concentrador de rede **Hub**
	Insere **ATM**
	Insere **Frame Relay**
	Insere **PC's Virtuais**
	Insere conexão local de rede

A aplicação GNSMOOD utiliza recursos do *Menu* de acesso para viabilizar o gerenciamento de funcionalidades das componentes de rede. As funções mais usuais do *Menu* podem ser observadas na Figura 9.

Figura 9 – Funcionalidades do *Menu* principal da aplicação *GNSMOOD*



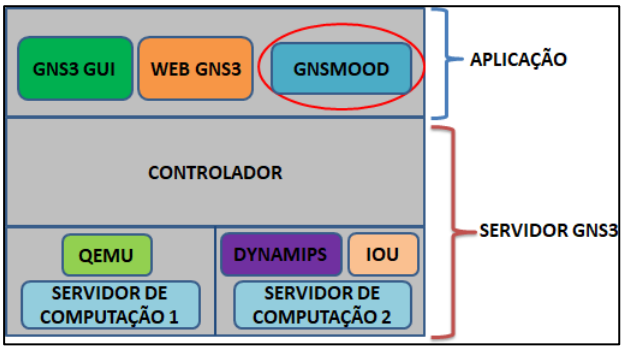
A opção *Link* do *Menu* principal permite que seja adicionado um cabo de rede de computadores interconectando os dispositivos correlacionados entre si semelhantemente às interconexões do ambiente convencional. O submenu *Delete* apaga o componente de rede selecionado, enquanto que as opções *Start*, *Stop*, *Suspend* e *Reload* são utilizadas pelo usuário para inicializar, encerrar, pausar ou atualizar a execução de uma simulação respectivamente.

Na próxima seção, é apresentada a arquitetura da ferramenta GNS3 modificada, contendo arquiteturalmente as contribuições do trabalho proposto, as quais serão melhor definidas ao longo deste capítulo.

4.2 ARQUITETURA DO GNS3 ADAPTADA AO GNSMOOD

Ao propor o laboratório virtual de redes de computadores GNSMOOD utilizando os recursos tanto da plataforma *Web* quanto do próprio servidor GNS3, a arquitetura da Ferramenta existente (ver Figura 10) pôde ser redesenhada para ajudar a compreender o funcionamento do novo laboratório proposto.

Figura 10 – Adaptação da arquitetura da ferramenta GNS3 ao GNSMOOD



Como pode ser observado na Figura 10, o laboratório GNSMOOD está inserido na camada de aplicação da arquitetura GNS3. Na mesma camada está a GUI de aplicação local GNS3 GUI e uma porta de serviço do GNS3 voltado para comunicação com aplicações *Web* através do GNS3 *Web*.

Na seção a seguir, são apresentados mais detalhes sobre a organização arquitetural da aplicação proposta integrada ao AVA.

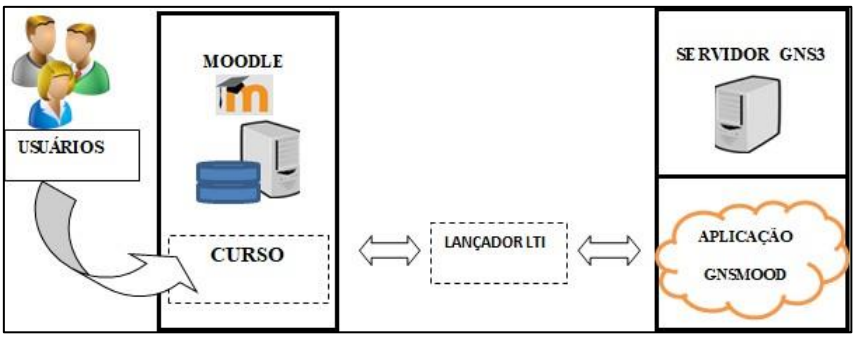
4.3 ARQUITETURA GNSMOOD INTEGRADA AO AVA

Após a configuração entre o servidor e a aplicação GUI do GNSMOOD, o processo de integração desse laboratório ao ambiente virtual de aprendizagem faz uso da API *Learning Tool's Interoperability* (LTI), a qual possibilita integrar aplicações hospedadas remotamente (GLOBAL, 2017). A Figura 11 exemplifica a implantação do laboratório virtual de redes de computadores ao ambiente virtual de aprendizagem MOODLE.

Como exemplificado na Figura 11, a arquitetura GNSMOOD é composta por:

- Servidor remoto GNS3;
- Aplicação GUI GNSMOOD;
- Ambiente AVA MOODLE onde os cursos EaD são disponibilizados, bem como;
- O *Learn Tool's Interoperability* (LTI), recurso disponível pelo próprio AVA que por sua vez, permite o compartilhamento e acesso da interface GUI e também ao servidor GNS3.

Figura 11 – Arquitetura da ferramenta *GNSMOOD* com o AVA



A Figura 11 apresenta a implantação do simulador de rede de computadores GNS3 como módulo a ser disponibilizado no sistema virtual de aprendizagem MOODLE aos usuários ou alunos cadastrados no sistema de aprendizagem.

A integração da aplicação proposta ao ambiente de aprendizagem, que atualmente funciona apenas em ambiente local de trabalho ou *desktop* por meio do GNS3, promove um aprofundamento maior nos estudos quanto ao processo de criação e simulação de cenários de rede, cada vez mais voltado para a virtualização de sistemas.

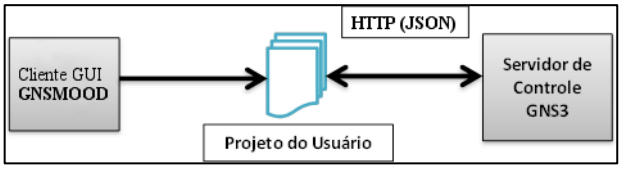
Na seção seguinte, são exemplificadas com mais detalhes as tecnologias utilizadas para gerenciar o processo de comunicação entre a aplicação *web* proposta e o servidor remoto GNS3.

4.4 MODO DE COMUNICAÇÃO SERVIDOR/CLIENTE GUI GNSMOOD

A comunicação entre a camada de aplicação GUI do GNSMOOD e o servidor controlador GNS3 é feita através do protocolo HTTP usando a linguagem de notação *Java Script Object Notation* (JSON) e a linha de commando *client Uniform Resource Locator* (cURL) para o processo de transferência de dados.

O protocolo cURL possui grande suporte a todos os protocolos elencados a seguir: FTP, FTPS, HTTP, HTTPS, GOPHER, TFTP, SCP, SFTP, TELNET, DICT, LDAP, LDAPS, FILE, SMTP, POP3, RTSP e RTMP (CURL, 2017). Ele é considerado um dos protocolos mais utilizados para gerenciar esse tipo de aplicação.

Figura 12 – Processo de comunicação de dados Servidor/Cliente



Fonte: Figura adaptada a partir de (API GNS3, 2017)

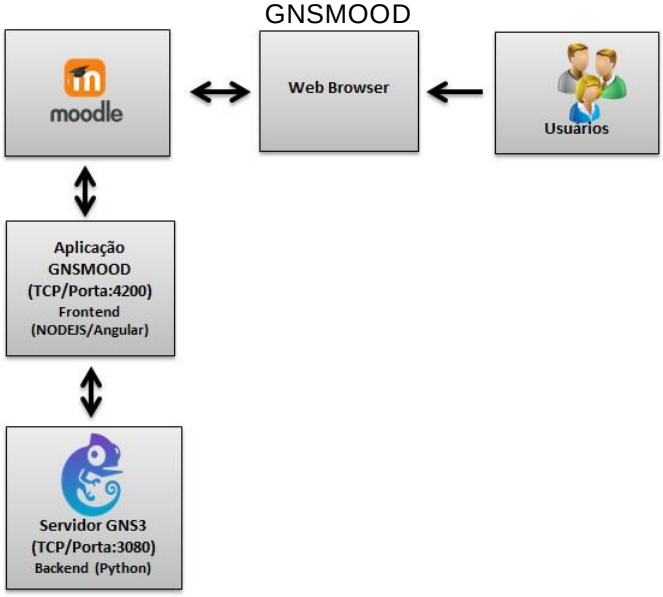
A Figura 12 mostra o processo de comunicação e implantação do módulo de aplicação proposto entre o Cliente GUI e o servidor de controle GNS3, no AVA MOODLE. O processo de comunicação acontece através do protocolo HTTP e os comandos da linguagem de notação JSON que utiliza o cURL. Esta é utilizada basicamente para transferir dados pela sintaxe de chamadas baseadas em clientes URL.

Na seção seguinte, é apresentado um modelo de arquitetura geral do trabalho proposto, baseando-se a partir dos modelos de aplicações citados nas seções anteriores.

4.5 ARQUITETURA GERAL DO TRABALHO PROPOSTO: GNSMOOD

Como observado na Figura 13, vê-se a aplicação GNSMOOD inserida num contexto mais amplo de visualização em que envolve as tecnologias Web, AVA MOODLE e o servidor GNS3.

Figura 13 – Arquitetura geral da ferramenta GNSMOOD



Partindo de um modo mais didático, o usuário, neste caso, o aluno, tendo acesso à *Internet*, acessaria a *Web* através de um navegador de sua preferência, por meio do *login* e senha do sistema de aprendizagem, neste caso, o sistema MOODLE. Desse modo, estaria disponível na disciplina de redes de computadores a aplicação GNSMOOD, na qual o aluno teria acesso a uma tarefa a ser realizada.

Durante o processo de requisição de acesso à aplicação por parte do usuário, o servidor GNS3 alocado externamente ao AVA responderá solicitações de acesso aos recursos da aplicação, permitindo a execução das funcionalidades de suas componentes.

Na seção seguinte, serão abordados exemplos de implementação e implantação da proposta apresentada no decorrer deste capítulo.

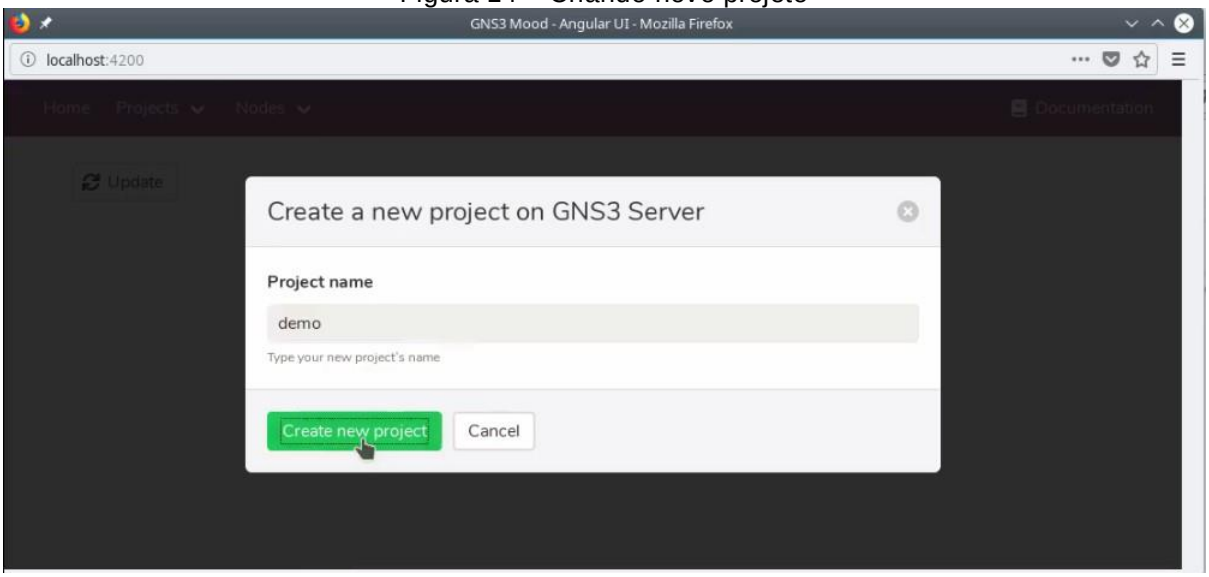
4.6 TESTES - APLICAÇÃO GNSMOOD

Nesta seção, serão apresentados alguns exemplos de cenários que a ferramenta GNSMOOD permite simular. A execução de parâmetros computacionais através de diferentes cenários contribui para com a pluralidade dos recursos da ferramenta de simulação.

Para validar a aplicação GNSMOOD, foi utilizado um teste por meio do cenário em que é simulado as componentes de rede em uma especificação de topologia real.

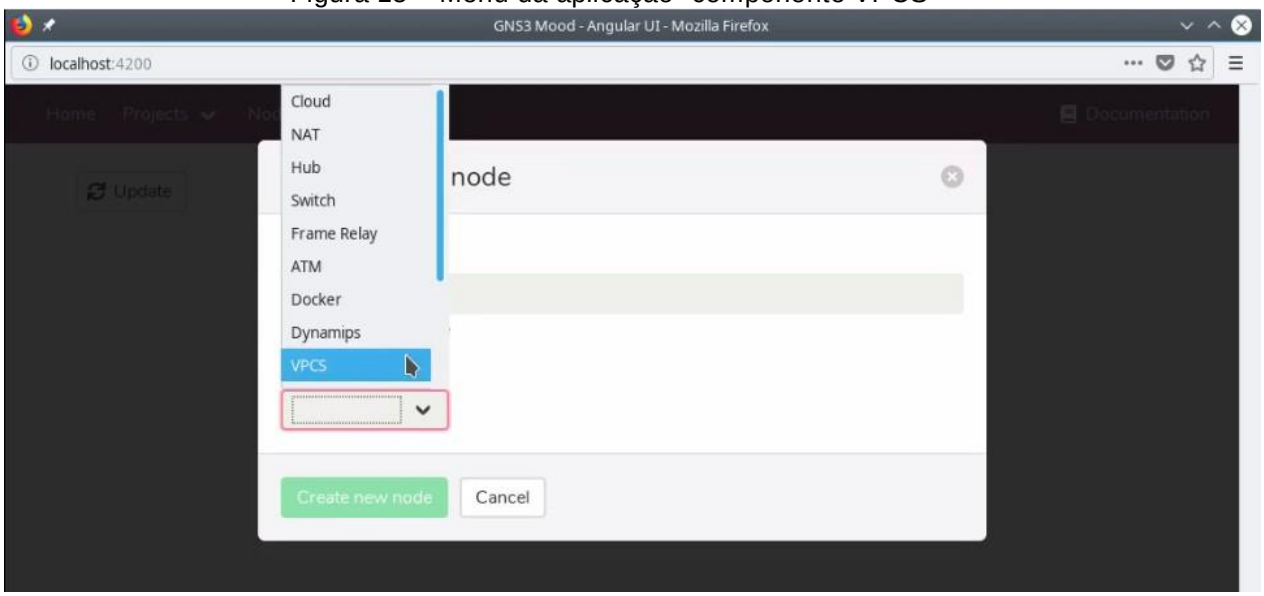
Para dar início a essa topologia de rede, é preciso seguir os seguintes passos: o usuário da aplicação GNSMOOD deve criar um nome para o projeto. Nesse caso, o nome do projeto definido como “Demo”, ver Figura 14;

Figura 14 – Criando novo projeto



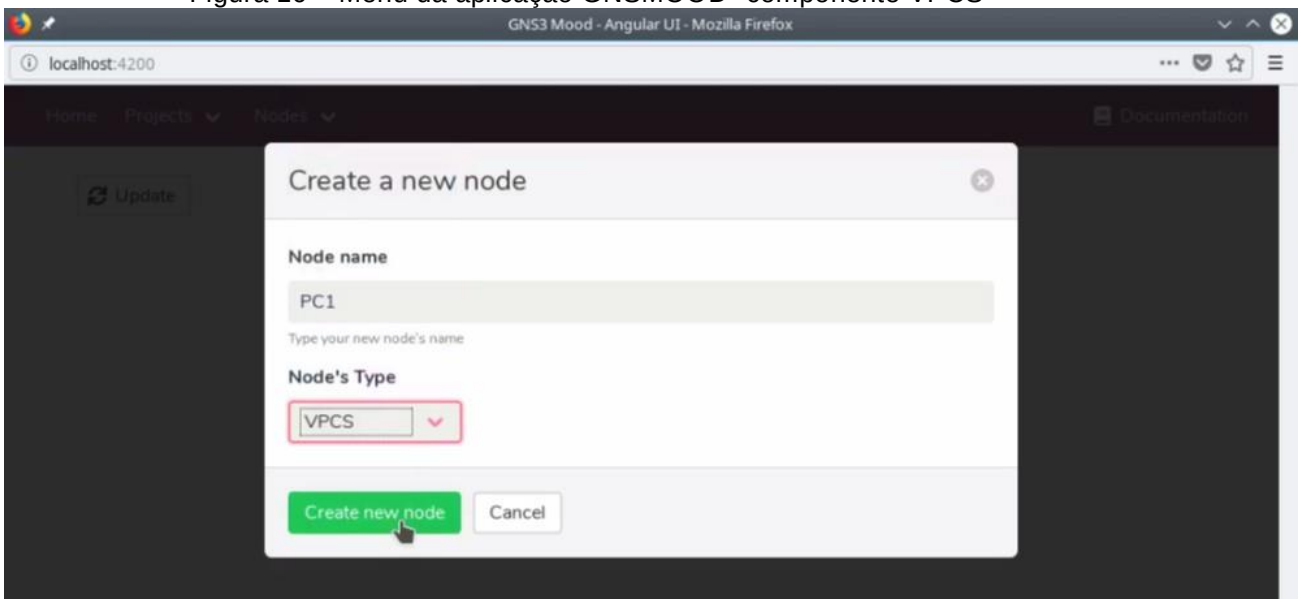
Em seguida, escolher no *menu* da aplicação a componente de rede que se deseja adicionar ao ambiente de simulação. Nesse caso, foi escolhido a componente de máquina VPCS, como na Figura 15

Figura 15 – Menu da aplicação- componente VPCS



Adicionando VPCS 1 no cenário de simulação da aplicação GNSMOOD, ver Figura 16.

Figura 16 – Menu da aplicação GNSMOOD- componente VPCS

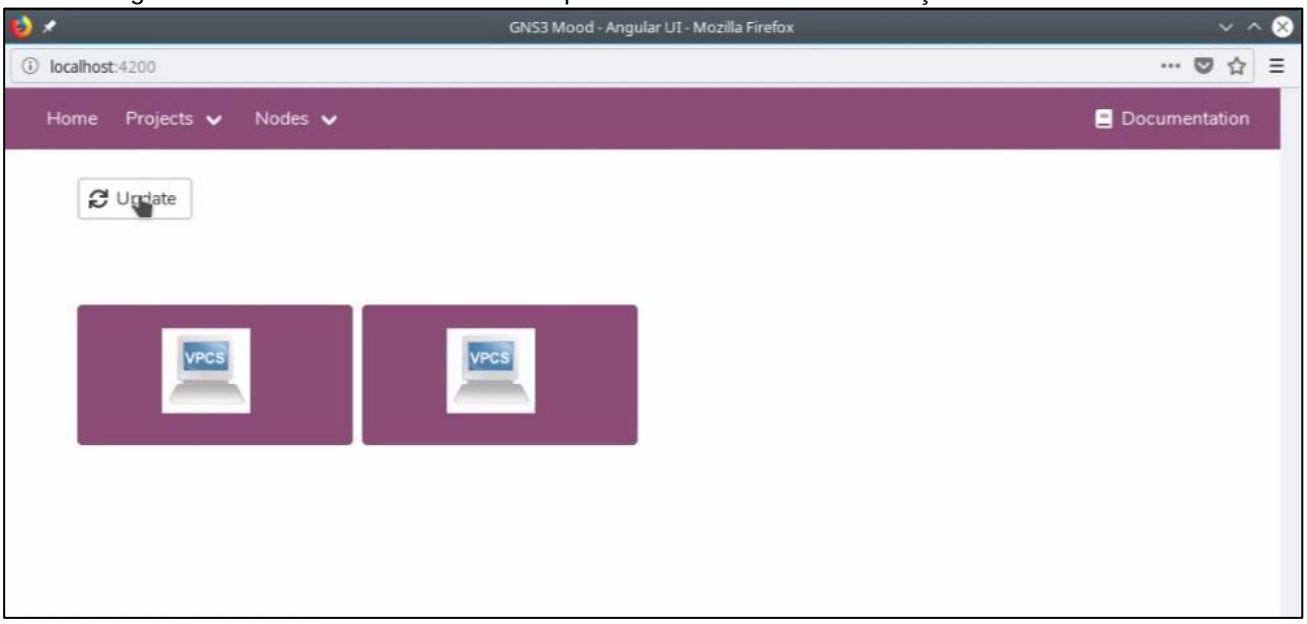


VPCS1 plotado no cenário GNSMOOD. Observe na Figura 17 o cursor do mouse sobre o botão *Update*, esse botão é utilizado para sincronizar a atualização de componentes adicionados no cenário de redes da aplicação GNSMOOD.

Figura 17 – Componente VPCS 1 plotado no cenário de simulação GNSMOOD

Esse mesmo processo de criação de componentes de rede é utilizado para adicionar o VPCS 2. Ver Figura 18.

Figura 18 – VPCS 1 e VPCS 2 ambos plotados no cenário de simulação GNSMOOD



Após ser criado as duas componentes de máquinas VPCS, é a vez de ser adicionado o cabo de rede interconectando as duas VPCS por meio do *submenu* de aplicação *Link*. Ver Figuras 19 e 20.

Figura 19 – Adicionando cabo de rede no VPCS 1

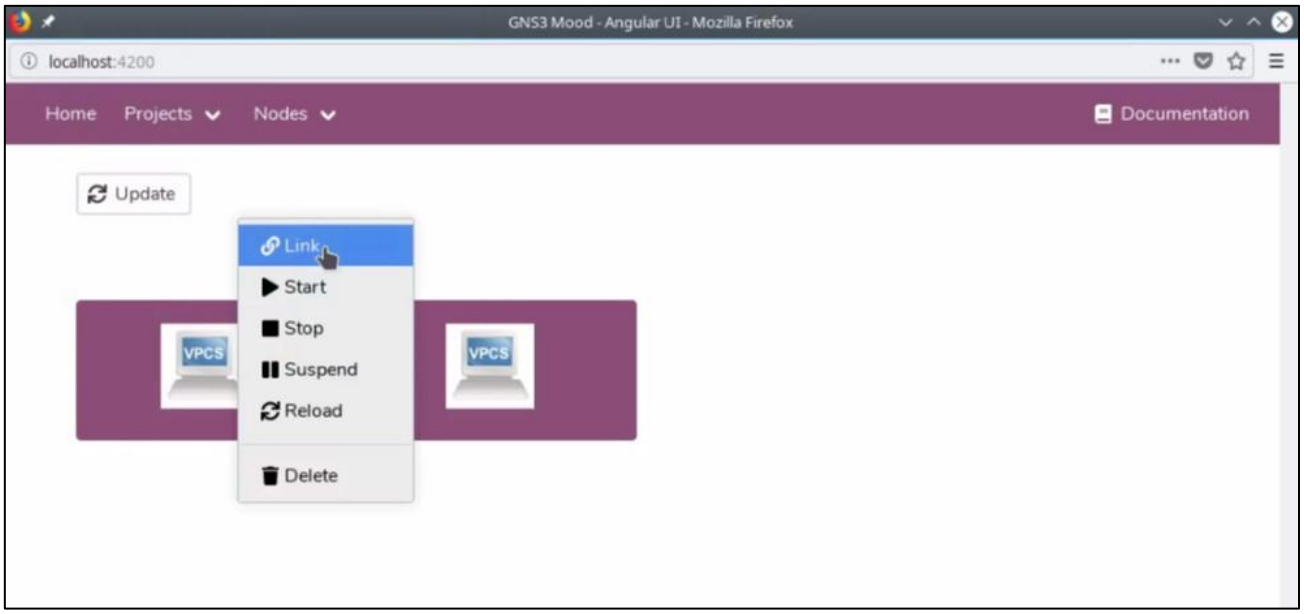
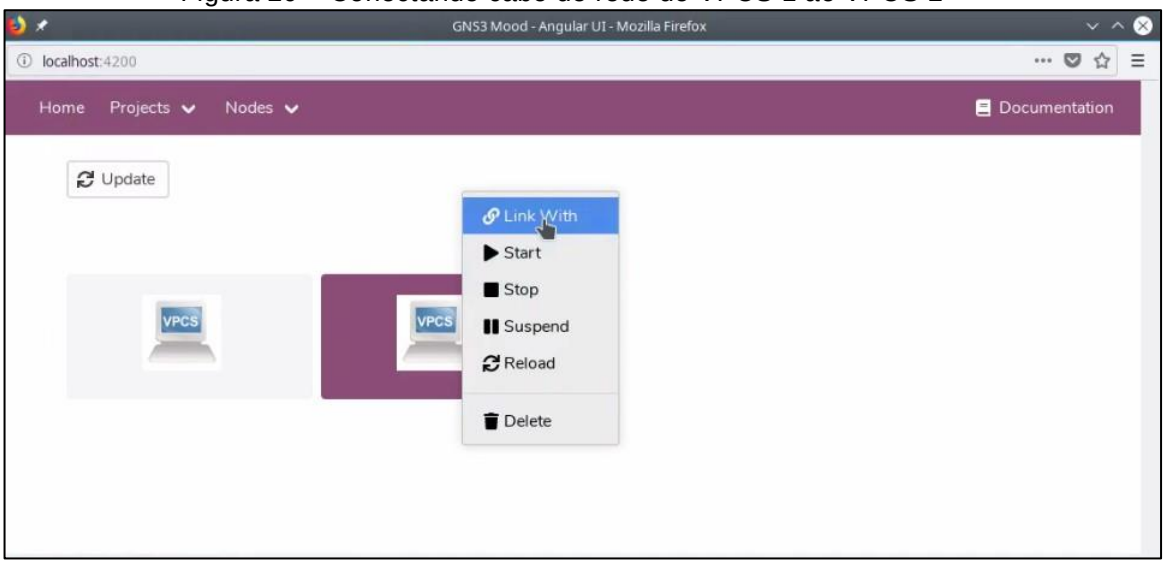
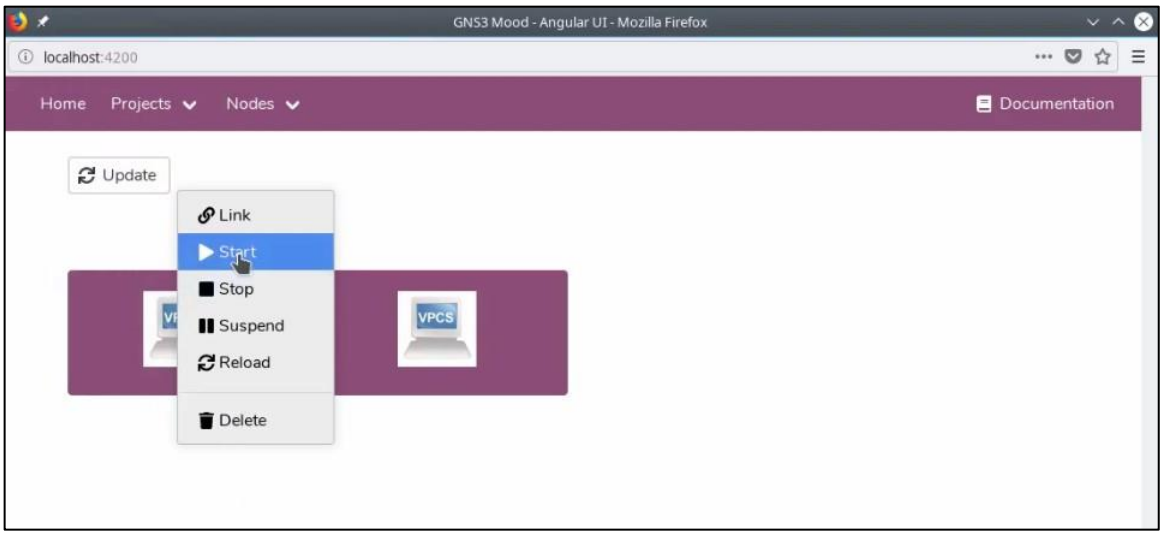


Figura 20 – Conectando cabo de rede do VPCS 1 ao VPCS 2



Após adicionar o cabo de rede ao interligar as duas VPCS, é a vez de executar ambos os *hosts* VPCS, por meio do *submenu Start*. Ver Figura 21.

Figura 21 – Iniciando a execução do VPCS 1

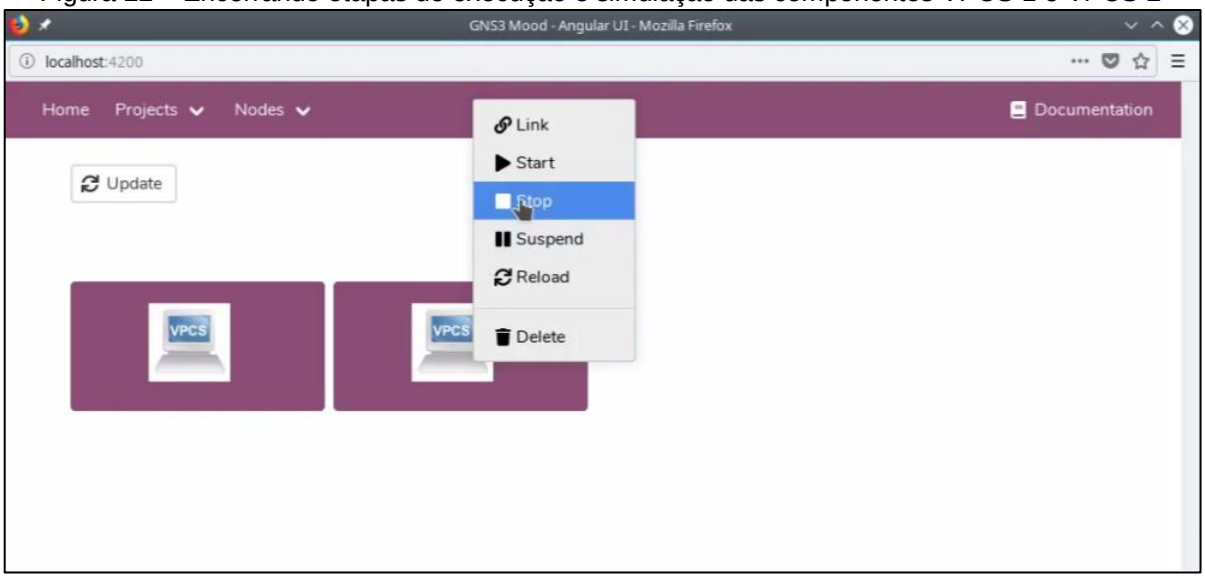


O mesmo procedimento deve ser igualmente repetido com o *host* VPCS 2, com o objetivo de que ambas as VPCS sejam inicializadas por meio do processo de execução e simulação no servidor GNS3 *Web*.

Após as etapas de simulação visualizadas nesta seção, bem como na seção 4.7 - na qual é apresentada as interfaces de execução da aplicação no servidor do GNS3 -, outros comandos de operações podem ser executados na aplicação GNSMOOD, como, por exemplo, permitir através do comando *Stop*

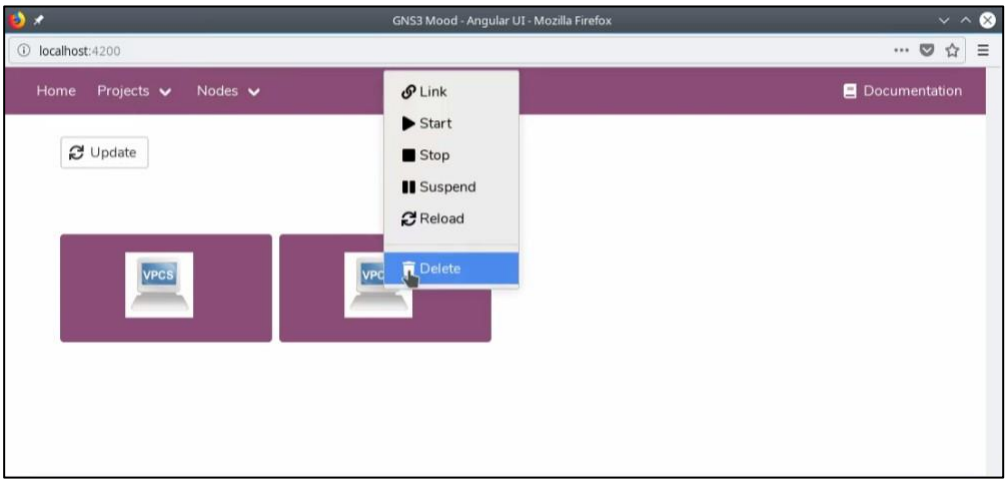
interromper o processo de execução e simulação das VPCS no servidor de aplicação GNS3 *Web*. Ver Figura 22.

Figura 22 – Encerrando etapas de execução e simulação das componentes VPCS 1 e VPCS 2



A aplicação ainda permite processo de remoção de qualquer componente através do comando *Delete*, utilizado para remover componentes de rede a partir do cenário de projeto do usuário, ver Figura 23.

Figura 23 – Excluindo VPCS 2



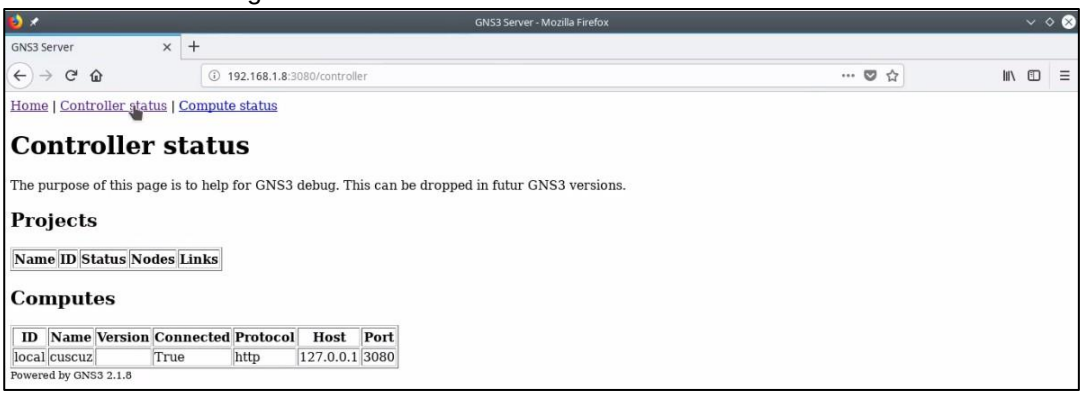
Nesta seção, foram demonstradas etapas de simulação e execução da aplicação GNSMOOD. Na seção seguinte, serão apresentadas as funcionalidades do servidor GNS3 *Web* ao gerenciar as requisições da aplicação GNSMOOD discutida anteriormente.

4.7 TESTES - INTERFACE DO SERVIDOR GNS3 *WEB*

A opção *status* de controle do servidor GNS3 é o local onde é salvo todos os projetos dos usuários do sistema de aplicação GNSMOOD. Observe na Figura 24 que ainda não foi criado nenhum projeto por parte do usuário.

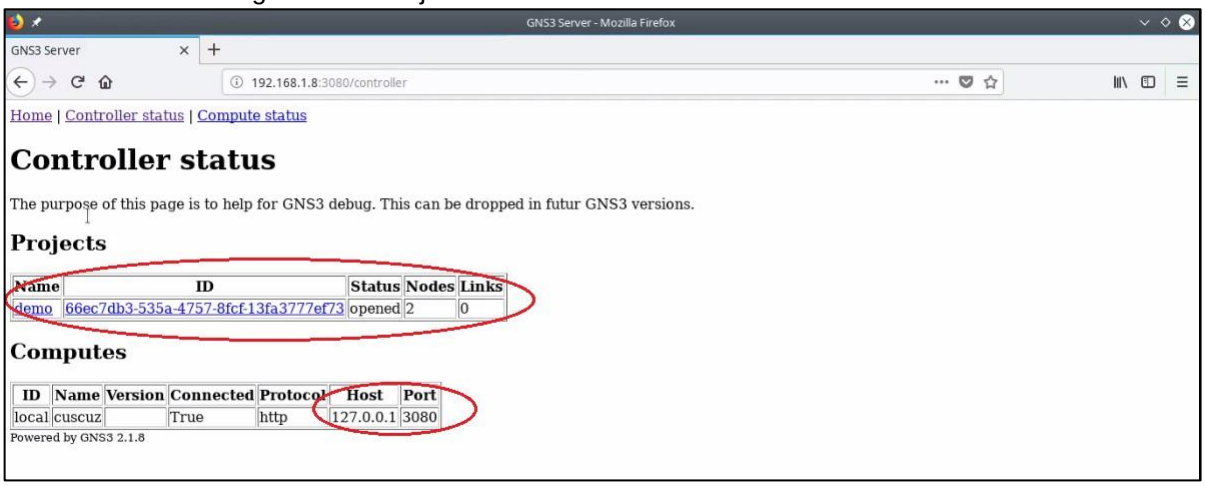
Enquanto isso, na guia *Computes* está a informação do *host* servidor com o endereçamento “IP local: 127.0.0.1” e “porta: 3080”. Por meio desse, serão processadas todas as tarefas da aplicação durante a simulação das componentes de rede de computadores.

Figura 24 – Interface inicial do servidor GNS3 *Web*



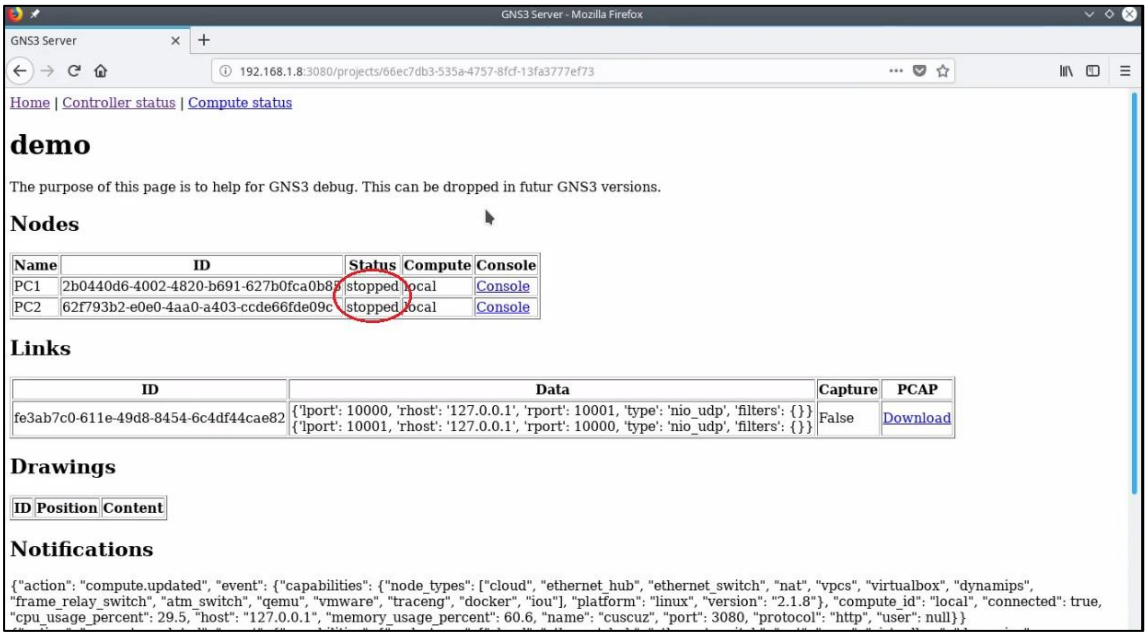
Na Figura 25, pode-se ser observado em *Projects* que o nome na guia *Name* do projeto GNS3 criado pelo usuário foi nomeado como projeto Demo, seguido pela guia *ID* de identificação desse projeto. O campo de notificação de *status* contendo informação de que o projeto está em uso no momento por meio da seguinte informação: *openned*, a guia *Nodes,* mostra a quantidade de nós criados, que são duas VPCS; e por fim, no campo *Link,* é especificada a quantidade de cabeamento responsável por interligar os nós de rede.

Figura 25 – Projeto do usuário salvo no servidor GNS3 *Web*



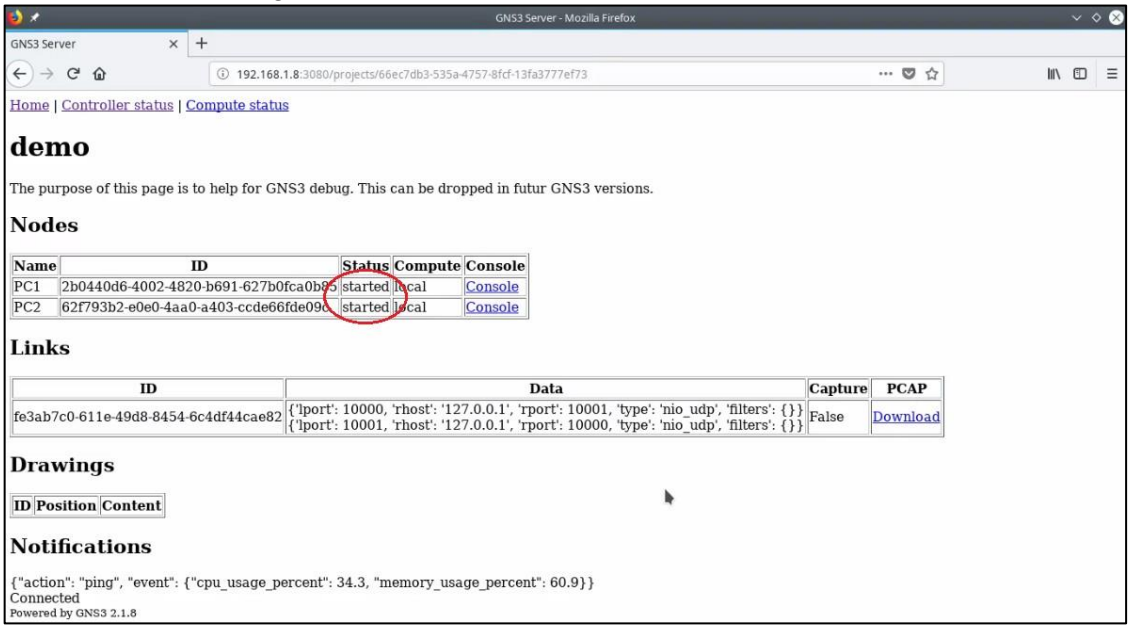
O Projeto Demo contém todos os nós e dispositivos de redes de computadores adicionados ao cenário da aplicação e automaticamente salvos no servidor. Entretanto, a guia *Status* contém informação de que os nós de rede, nesse caso as VPCS 1 e VPCS 2, ambas ainda não foram inicializadas na aplicação pelo usuário. Ver Figura 26.

Figura 26 – Interface inicial do servidor GNS3 *Web*



Ao acionar o submenu *start* na aplicação GNSMOOD, as máquinas VPCS 1 e 2 são automaticamente inicializadas no servidor GNS3, uma vez que o *status* de funcionamento delas foi atualizado de *stopped* para *started*, como pode ser observado na Figura 27.

Figura 27 – Interface inicial do servidor GNS3 *Web*



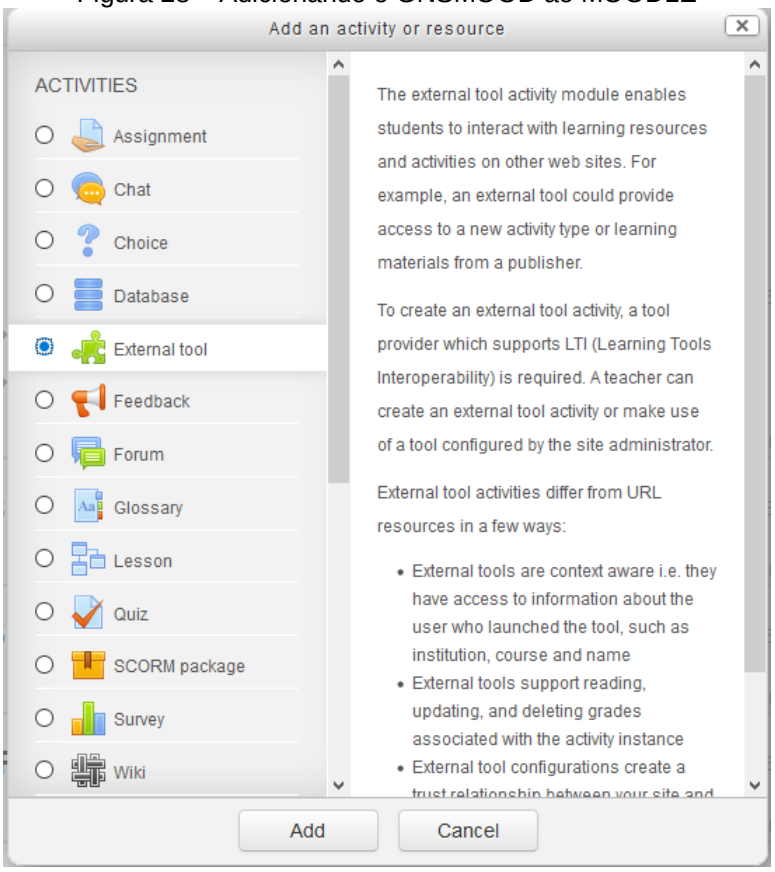
O resultado dessa simulação pode ser observado tanto na interface do servidor, através da Figura 27, quanto na interface de aplicação gráfica do GNSMOOD na Figura 23, em anexo na seção anterior.

Após apresentar alguns resultados de comunicação entre a aplicação GNSMOOD e o servidor GNS3, na seção a seguir, é descrito de forma mais detalhada o processo de compartilhamento do trabalho proposto no ambiente de aprendizagem MOODLE.

4.8 DISPONIBILIZANDO A FERRAMENTA GNSMOOD AO AVA MOODLE

Para disponibilizar o laboratório de redes de computadores ao ambiente de aprendizagem virtual MOODLE, faz-se necessário configurar a ferramenta de compartilhamento de aplicação *Learning Tools Interoperability* (LTI), ver Figura 28.

Figura 28 – Adicionando o GNSMOOD ao MOODLE



O LTI é um *plugin* utilizado pelo AVA MOODLE para disponibilizar e compartilhar recursos de aplicações por meio do endereço URL das mesmas, como também portas de serviços de ferramentas externas. O processo de compartilhamento da aplicação GNSMOOD pode ser exemplificado através das Figuras 28, 29 e 30.

Figura 29 – Compartilhamento do GNSMOOD com o AVA MOOODLE

Na Figura 29, é exibido o compartilhamento do projeto GNSMOOD com o ambiente virtual de aprendizagem MOODLE através da ferramenta de aplicação LTI. Essa ferramenta permite ao tutor do ambiente virtual de aprendizagem adicionar um endereço de serviço de aplicação externa ao AVA. Nesse caso, a

aplicação GNSMOOD é compartilhada entre os componentes que utilizam o ambiente virtual de aprendizagem.

Figura 30 – Compartilhamento do GNSMOOD com o AVA MOOODLE

O *plugin* LTI facilita o compartilhamento de recursos de aplicações, ferramentas e *sites* externos ao AVA. Como visto na figura 30, o tutor da disciplina de redes de computadores pode disponibilizar e compartilhar com seus alunos a aplicação GNSMOOD dentro do AVA, com a finalidade de integrar recursos de aplicações externas inseridas no ambiente de aprendizagem.

Essa integração permite que sejam desenvolvidos novos métodos de avaliação por parte do tutor da disciplina de redes de computadores para auxiliar na construção do ensino-aprendizagem por meio do ensino EaD.

5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

Neste trabalho foi proposto uma aplicação de simulação GNSMOOD que possibilita aulas mais dinâmicas entre professores e alunos por meio da plataforma AVA. Essa aplicação de laboratório virtual utiliza recursos e funcionalidades baseados na ferramenta GNS3, que atualmente possui versão apenas para *desktop*.

Esse laboratório de redes proposto foi integrado ao AVA MOODLE, permitindo a construção de cenários remotamente, por meio do *plugin* de compartilhamento de sistemas e aplicações LTI - esse processo de integração foi discutido na seção 4.8.

O teste de validação da aplicação GNSMOOD foi realizado utilizando duas máquinas VPCS interconectadas entre si, como forma de validação da aplicação - como pode ser observado na Figuras 20.

Além de poder criar cenários de simulação remotamente, o usuário poderá gerenciar outros recursos a nível de aplicação, como: adicionar e excluir graficamente nós de rede; criar, adicionar e editar projetos de usuários já existentes. Todos esses projetos gerenciados na aplicação proposta são armazenados virtualmente no servidor GNS3 *Web*, como exemplificado na Figura 26 na guia *Notifications*.

Apesar de disponibilizar um laboratório virtual de redes de computadores por meio do MOODLE para contribuir no suporte de tarefas práticas da disciplina de redes, alguns recursos da aplicação proposta podem ser aprimorados.

Alguns dos trabalhos futuros são elencados a seguir:

- Finalizar a implementação dos recursos gráficos dos dispositivos de rede, permitindo inserir mais opções de tipos de cabos, bem como animação gráfica dos eventos de simulação;
- Implementar os endereços IPs de cada dispositivo no ambiente simulado;
- Realizar análise de pacotes de rede por meio de ferramentas analisadoras de pacotes, como, por exemplo, Wireshark;
- Alocar máquinas virtuais na Nuvem no projeto de simulação como módulo do ambiente AVA;

- Realizar compartilhamento de conexão NAT do laboratório GNSMOOD com a rede local do usuário, para maiores experimentos a serem realizados através da captura de pacotes por meio de *sniffers*, como por exemplo, o *Wireshark*;
- Implementar uma nova versão do terminal Xterm para viabilizar os procedimentos de emulação através de recurso de imagem de dispositivos a serem gerenciados pelo tutor ou aluno;
- E, para finalizar, validar a aplicação proposta com uma turma de alunos no ambiente AVA.

5.1 DIFICULDADES ENFRENTADAS

A ferramenta GNS3 é *open source* e disponibiliza *sites* de fóruns para compartilhamentos de experiências entre usuários e programadores, tendo por meio dessa prática o objetivo de melhorar os recursos de utilização e aprimoramento da ferramenta entre usuários e desenvolvedores. Entretanto, alguns detalhes importantes precisam ser analisados com muito cuidado antes de qualquer aprofundamento sobre o desenvolvimento de versões dessa ferramenta de emulação.

Algumas dificuldades que ocorreram durante o trabalho proposto são elencadas a seguir:

- Alguns recursos gráficos da ferramenta não foram finalizados, uma vez que também houve grande dificuldade de se programar configurações entre conexões que simularia os cabos de rede;
- Não foi implementada a animação gráfica de execução dos cenários de simulação, bem como as interfaces gráficas dos demais dispositivos de rede;
- Mesmo permitindo realizar clique do *mouse* sobre a execução de funcionalidades em suas componentes, a aplicação ainda não disponibiliza dinamicidade entre as componentes, por exemplo: permitir o uso do *drag and drop*; ou seja, adicionar e arrastar componentes no cenário de simulação por meio dos recursos do *mouse*;
- Embora possua codificação da ferramenta aberta e fóruns específicos para usuários e programadores compartilharem experiências entre si, a

falta de documentação de projeto do GNS3 específica para o desenvolvimento de adaptações da própria ferramenta é um dos fatores que dificultam bastante a compreensão para que outros programadores pudessem continuar contribuindo no projeto de maneira mais objetiva.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO A DISTANCIA. **Censo EAD.BR**: relatório analítico da aprendizagem a distância no Brasil 2016. Curitiba: InterSaberes, 2017. Disponível em: <http://abed.org.br/censoead2016/Censo_EAD_2016_portugues.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2018.

AHRENHOLZ, J. **Comparison of core network emulator platforms**. IEEE, novembro 2010. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5680218>. Acesso em: 05 nov. 2017.

AMARAL, Érico; AVILA, Bárbara; ZEDNIK, Herik; TAROUCO, Liane. Laboratorio virtual de aprendizagem: Uma proposta taxonômica. **Revista novas tecnologias na educação**: RENOTE, v. 9, n. 2 (2011). Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/24821>. Acesso em: 02 fev. 2018.

API GNS3. *GNS3 2.0* **Documentation.@ONLINE**. 2017. Disponível em:<http://api.gns3.net/en/2.0/general.html#architecture>. Acesso em: 05 mar. 2018.

ARIEIRA, Jailson de Oliveira et al. Avaliação do aprendizado via educação a distancia: a visão dos discentes. **Ensaio: aval. pol. públ. Educ**., Rio de Janeiro, v. 17, n. 63, p. 313-340, abr./jun. 2009. Disponível em:<http://www.scielo.br/pdf/ensaio/v17n63/v17n63a07.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2018.

BRASIL. Portal do Software Público Brasileiro Ministério do Planejamento, Desenvolvimento E Gestão. **Amadeus LMS**: Sistema de gestão de aprendizagem para educação a distância. 2014. Disponível em: <https://softwarepublico.gov.br/social/amadeus>. Acesso em: 20 mar. 2018.

BRUGNARA, Telmo. **Nprof**: uma ferramenta para monitoramento de aplicações distribuídas. Porto Alegre, 2006. 100f Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2006. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/13650>. Acesso em: 06 nov. 2017.

CAMPOS, Cassio P. de; FERREIRA, Carlos E. **Boca**: um sistema de apoio para competições de programação. 2004. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~cassio/boca/campos-ferreira-wei2004.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2018.

CARISSIMI, A. **Texto dos minicursos**. 26. ed. [S.l.; s.n], 2008.

CASAGRANDE, R. A. **Técnicas de detecção de sniffers**. Porto Alegre, 2003. 59f Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2003. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3423/000400345.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2018.
CASTELUCCI, Daniella. **Protocolos de Comunicação em Redes de Computadores**. 2011. Disponível em:<https://pt.scribd.com/document/345064235/Protocolos-de-Comunicacao-Em-Redes-de-Computadores-Daniella-Castelucci>. Acesso em: dia mês. 201

CERF, Vint. **The catenet model for internetworking**: information processing techniques office. July 1978. Disponível em:<https://www.rfc-editor.org/ien/ien48.txt>. Acesso em: 05 dez. 2017.

COMER, D. E. **Redes de computadores e internet:** abrange transmissão de dados, ligações inter-redes, web e aplicações. [S.l.]: Bookman, 2007. v. 4.

COUTINHO, Emanuel Ferreira; COUTINHO JUNIOR, Antônio de Lisboa; SARMENTO, Wellington Wagner Ferreira. **Desenvolvimento de aplicações para educação à distância**: O ambiente virtual de aprendizagem solar. Fortaleza: Instituto UFC Virtual, Universidade Federal do Ceará, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/261994990_Desenvolvimento_de_Aplicacoes_para_Educacao_a_Distancia_O_Ambiente_Virtual_de_Aprendizagem_SOLAR>. Acesso em: 10 jun. 2018.

COUTO, Felipe Santos; SANTOS, Alex Ferreira dos; LOVATO, Agnaldo Volpe. Estudo comparativo de ferramentas analisadoras de pacotes em redes tcp/ip. **Revista eletrônica do Vale do Itajaí.** n. 1, Agosto 2012. Disponível em:<www.revistas.udesc.br/index.php/reavi/article/download/2561/2088>. Acesso em: 06 nov. 2017.

CURL. **command line tool and library**: for transferring data with URLs. 2017. Disponível em: <https://curl.haxx.se/>. Acesso em: 10 abr. 2018.

DAHR, Sumit. **Sniffers:** Básico e Detecção. ano 1, 2. ed., 2002. Disponível em: <https://www.scribd.com/doc/266255943/LinuxSecurityMagazine-Outubro02>. Acesso em: 25 jun. 2018.

DOUGIAMAS, Martin; TAYLOR, Peter. **Moodle**: using learning communities to create an open source course management system. EDMEDIA, 2003. Disponível em: <https://research.moodle.net/33/>. Acesso em: 20 set. 2018.

DUPONCHELLE, J.; GROSSMANN, J.; BLACKWELL, M. **Whats New in GNS3 Version 2.0**. 2017. Disponível em:<https://docs.gns3.com/1jtdTQAcKa7JmQTNH2LoxQmOYalts7O0urmZ9CNnoEpU/index.html>. Acesso em: 20 out. 2017.

EBERSPACHER, H. F.; JAMUR, J. H.; VASCONCELOS, C. D.; ELEUTERIO, M. A. **Eureka**: um ambiente de aprendizagem cooperativa baseado na web para educação a distancia. 1999.

FERREIRA, E.; EIS, D. **Curso de HTML5**. Curso W3C Brasil. 2017. Disponível em:<www.w3c.br/Cursos/CursoHTML5>. Acesso em: 22 fev. 2018.

FERREIRA, Karl H. A. et al. **Integrando o Network Simulator 2.0 a um Ambiente Virtual de Aprendizagem.** In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRESILEIRA DE COMPUTAÇÃO: WORKSHOP SOBRE EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO, 25, 2014. Natal. **Anais...** Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/281374937_Integrando_o_Network_Simulator_20_a_um_Ambiente_Virtual_de_Aprendizagem>. Acesso em: 25 ago. 2017.

FOUNDATION, W. **Wireshark Frequently Asked Questions**. 2018. Disponível em:<https://www.wireshark.org/faq.html>. Acesso em: 01 mar. 2018.

GLOBAL, I. **Learning Tools Interoperability Background**. 2017. Disponível em: <http://www.imsglobal.org/activity/learning-tools-interoperability>. Acesso em: dia mês. 201

GOMES, Alex Sandro et al. Amadeus: Um Novo Modelo de Sistema de Gestão de Aprendizagem. **Revista brasileira de aprendizagem aberta e a distancia**, v. 8, 2009. Disponível em: <http://seer.abed.net.br/index.php/RBAAD/article/view/216>. Acesso em: 19 abr. 2018.

KUMAR, Sheo.; GANKOTIYA, Anil Kumar; DUTTA, Kamlesh. **A comparative study of moodle with other e-learning systems**. In: *3* INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRONICS COMPUTER TECHNOLOGY. 3, 2011. Kanyakumari, Índia. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5942032/authors#authors>. Acesso em: 27 set. 2017.

LAMGRUBER, Márcio Silveira. **Educação a distancia**: para além dos caixas eletrônicos. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/conferencia/documentos/marcio_lemgruber.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2018.

LAUREANO, M. **Máquinas virtuais e emuladores**: conceitos, técnicas e aplicações. [S.l.; s.n], 2006.

LIMA, R. W. **Mapa de conteúdos e mapas de dependências**: ferramentas pedagógicas para uma metodologia de planejamento baseadas em objetivos educacionais e sua implementação em um ambiente virtual de aprendizagem. Natal, 2009, 116f. Tese (Doutorado em Engenharia da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2009. Disponível em: <http://www.teduc1001.net/corpus/RommelWL_TESE.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2018.

MARIONNET. **Le projet Marionnet**. Disponível em: <https://www.marionnet.org/site/index.php/fr/projet>. Acesso em: 06 set. 2017.

MOODLE. **Filosofia do Moodle**. Disponível em: <https://docs.moodle.org/all/pt_br/Filosofia_do_Moodle>. Acesso em: 05 mar. 2018.

OECHSLE, Rainer; GRONZ, Oliver; SCHULER, Markus. **Visusniff**: a tool for the visualization of network traffic. Março 2015. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/ 228753331_Visusniff_A_tool_for_the_visualization_of_network_traffic>. Acesso em: 01 abr. 2018.

OLIVEIRA, D. M.; CRUZ, R. S.; SALGUEIRO, R. J. P. B.; ROCHA, T. Entegrated development environment for the ns-2 network simulator. **Revista Scientia Plena**, v. 8, n. 3, 2012. Disponível em: < https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/907>. Acesso em: 06 jul. 2018.

OTSUKA, Joice Lee; ROCHA, Heloísa Vieira da. Avaliação formativa em ambientes de ead. **Educação (SBIE 2002)**. São Leopoldo, 12-14 de novembro, 2002. Disponível em: <http://www.teleduc.org.br/sites/default/files/publications/17_jh_sbie2002.pdf >. Acesso em: 09 set. 2017.

PEREIRA, Tânia Regina Dias Silva; CHAVES, Débora Alcina Rego. **Moodle**: Um experimento on-line para potencializar um ambiente de apoio à aprendizagem. Curitiba: Graphica, 2007. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos10/22_SegetMoodle_TI.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2017.

PETCU, Dragos et al. **Integrating cisco packet tracer with moodle platform**: Support for teaching and automatic evaluation. In: ROEDUNET INTERNATIONAL CONFERENCE: NETWORKING IN EDUCATION AND RESEARCH, 12, 2013, Iasi, Romania: IEEE, 2013. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6714190>. Acesso em: 27 jun. 2018.

PINHEIRO, Ricardo Paranhos; LINS, Fernando Antonio Aires; MELO, Jeane Cecília Bezerra de. **Utilização de simulação no ensino de redes de computadores**. Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/r0311-1.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2018.

PINOTTI, Fernando Luiz. **Simulação e emulação de tráfego multimídia em redes IP**. Limeira, 2011. 84f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Inovação) - Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2011. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/267794/1/Pinotti_FernandoLuiz_M.pdf >. Acesso em: 21 dez. 2017.

PSIMULATOR. **Psimulator2**: a graphical network simulator 2014. Disponível em: <http://www.brianlinkletter.com/psimulator2-graphical-network-simulator/>. Acesso em: 21 nov. 2017.

RAHNEMA, Moe. **The tcp protocols, issues, and performance tuning over wireless links**. 2008. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5681052>. Acesso em: 10 jan. 2018.

RFC768, U. D. P. **USER DATAGRAM PROTOCOL-(UDP)**. 1980. Disponível em: <https://tools.ietf.org/html/rfc768>. Acesso em: 21 maio 2018.

RFC791. Darpa Internet Program. **INTERNET PROTOCOL (IP)**. 1981. Disponível em: <https://tools.ietf.org/pdf/rfc791.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2017.

RFC793. **TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL (TCP)**.1981.Disponível em: <https://tools.ietf.org/html/rfc793>. Acesso em: 09 ago. 2017.

RIBEIRO, Luis Otoni Mereiles. **Planejamento e gestão de um Centro de Educação a Distancia (CEAD) voltado para a educação profissional e tecnológica**: um Estudo de Caso. Porto Alegre, 2008. 316f Tese (Doutorado) – Centro de Estudos Interdisciplinar em Novas Tecnologias da Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17243/000711316.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 nov. 2017.

RIVERBED. **SteelCentral**. 2014. Disponível em:<https://www.ikeriri.ne.jp/download/steelcentral%20packet%20analyzer/steelcentral%20packet%20analyzer%20pe%20demo%2010.8/steelcentral_aug2014_dg.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2018.

SABBATINI, Renato Marcos Endrizzi. **Ambiente de ensino e aprendizagem via internet**: a plataforma Moodle. 2007. Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/260385940_Ambiente_de_Ensino_e_Aprendizagem_via_Internet_A_Plataforma_Moodle>. Acesso em: 15 mar. 2018.

SANDERS, Chris. **Practical Packet Analysis:** using wireshark to solve Real-World network problems. 2. ed. San Francisco: No Starch Press, 2011. Disponível em:<http://repository.root-me.org/R%C3%A9seau/EN%20-%20Practical%20packet%20analysis%20-%20Wireshark.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2018.

SHANNON, Robert E. Introduction to the art and science of simulation. **ACM**, v.7, Issue 3, April 1976. Disponível em: <https://dl.acm.org/results.cfm?query=10.1145%2F1102746.1102759&Go.x=0&Go.y=0>. Acesso em: 21 abr. 2018.

SILVA, Carlos Henrique de Castro. **Desenvolvimento de um laboratório virtual para capacitação tecnológica a distância em proteção de sistemas elétricos**. Fortaleza, 2011, 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) — Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2011. Disponível em: < http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/7076/1/2011_dis_chcsilva.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2018

SILVA JR, Jucimar Maia da; FIRMINO, Emiliano Carlos M. Desenvolvimento de jogos em html5. **Anais do IX SBGames**, Florianópolis, IX, 2010. Disponível em: <http://www.sbgames.org/papers/sbgames10/computing/short/Computing_short13.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2018.

SILVA, M. S. **HTML5**. [S.l.]: Novatec, 2011. v. 1.

SINGH, Amit. **An introduction to virtualization**. 2004. Disponível em: <http://www.kernelthread.com/publications/virtualization>. Acesso em: 20 jul. 2018.

SIROTHEAU, S Silvério. et al. Aprendizagem de iniciativas em algoritmos e programação: foco nas competências de autoavaliação. **Anais do SBIE 2011**. Disponível em: < http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1637>. Acesso em: 16 dez. 2017.

SOARES, José Marques. **Um sistema de gestão para a educação tecnológica a distancia**: projeto e implementação. Fortaleza, 2001, 163f Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, 2001. Disponível em: < http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me001418.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2018.

SU, Xiaohong. et al. **Optimization and improvements of a moodle-based online learning system for c programing**. IEEE, 2016. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7757699>. Acesso em: 27 jul. 2018

VIANA, Wesley; OLIVEIRA, Elaine Harada Teixeira de. Uma abordagem ciente de contexto para a criação e realização de atividades restritas por localização em EaD. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 26, 2015. **Anais...** Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/5173>. Acesso em: 28 abr. 2018.

VOSS, Gleizer Bierhalz et al. Proposta de utilização de laboratórios virtuais para o ensino de redes de computadores: Articulando ferramentas, conteúdos e possibilidades. **Revista Renote**: novas tecnologias na educação, v. 10, n. 2, Dezembro 2012. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/36397>. Acesso em: 14 jun. 2018.

WELSH, Chris. **A little GNS3 History**. 2017. Disponível em:<https://rednectar.net/gns3-workbench/a-little-gns3-history/>. Acesso em: 27 mar. 2018.

APÊNDICE A - Instalação do ServidorGNS3

- Instalação do ServidorGNS3

Neste apêndice A será apresentado passo a passo os processos de instalação e configuração necessários para o funcionamento adequado da aplicação GNSMOOD no ambiente AVA. Devido aos testes da aplicação GNSMOOD terem sido feitos no sistema operacional Linux, versão Debian, é necessário seguir algumas etapas como os apresentados à seguir:

1. Preparar o ambiente virtual *python*: *python - m venv. ve*;
2. Inicializar o ambiente: *source.ve/bin/activate*;
3. Instalar nova versão do gerenciador de pacote *python*: *pip install – upgrade pip*;
4. Instalar o servidor GNS3 por meio do seguinte comando: *pip install gns3-server*;
5. Inicializar o servidor de aplicação: *gns3server.*

Os processos de instalação e inicialização do servidor GNS3 podem ser exemplificados nas Figuras 31 e 32.

Figura 31 – Instalação do servidor GNS3 e da biblioteca *Python*

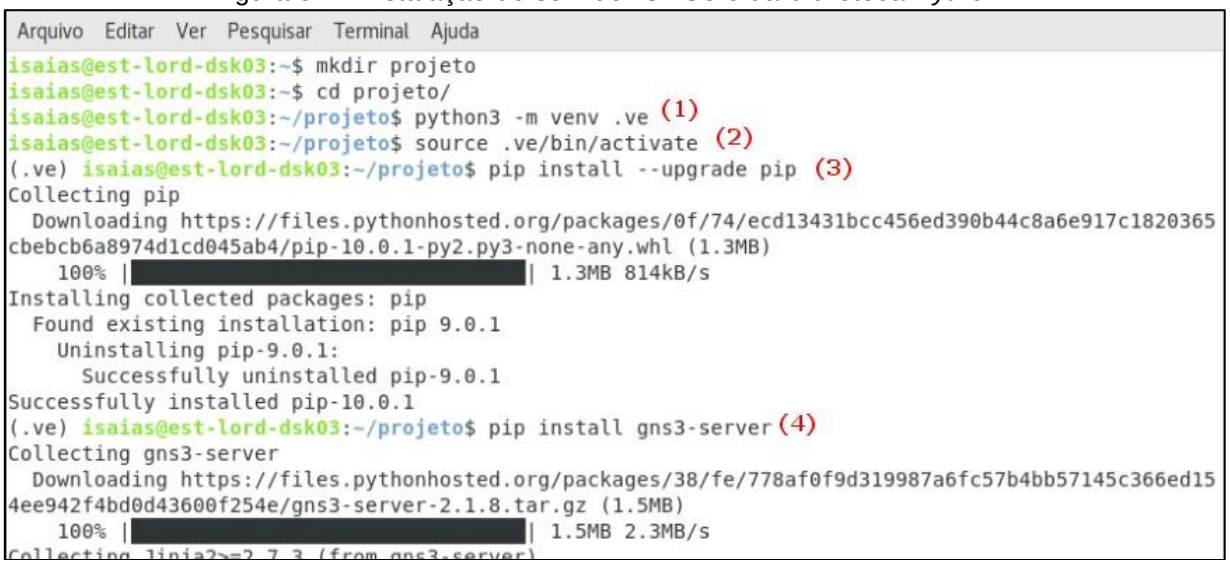


Figura 32 – Inicializando o servidor GNS3

Observe: Além do servidor GNS3, pode ser necessário instalar também algumas componentes de redes, como por exemplo, as *bridges* e VPCS utilizadas no cenário de aplicação GNSMOOD. Sem essas componentes previamente instaladas, fica inviável o processo de simulação das mesmas por parte do servidor.

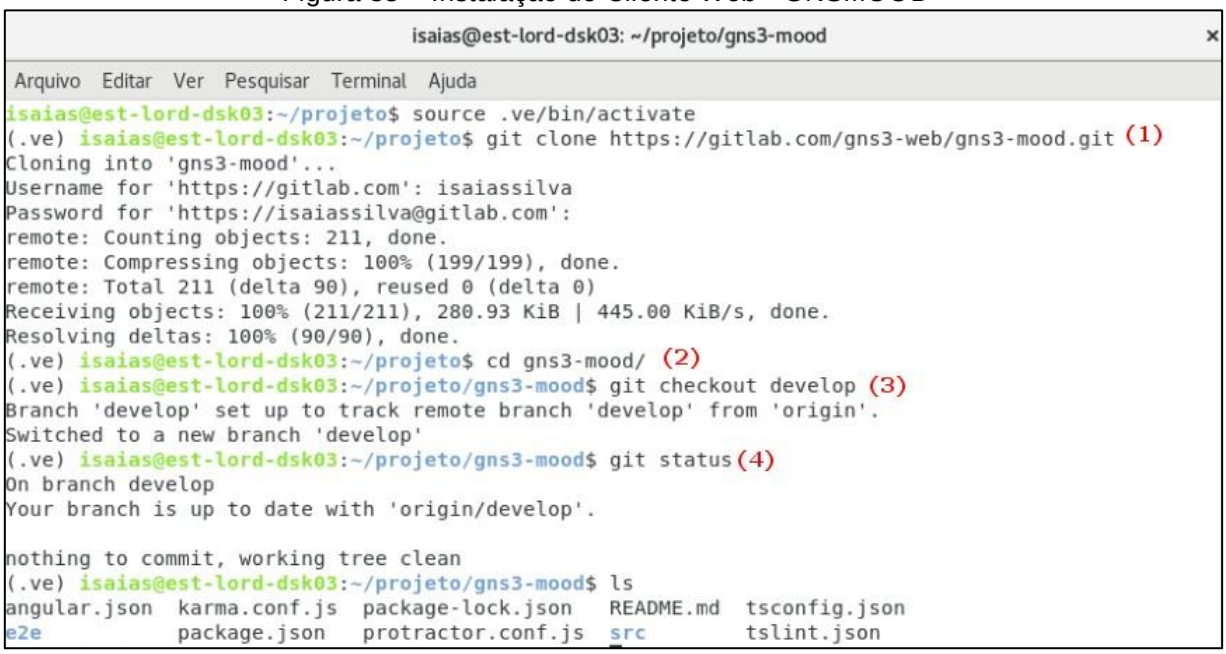
APÊNDICE B - Instalação do Cliente *Web* - GNSMOOD

- Instalação do Cliente *Web* - GNSMOOD

Neste Apêndice B, serão exemplificados os processos de configuração e instalação da aplicação GNSMOOD. Para isso, observe as etapas a seguir:

1. Baixe o código: *git clone https://gitlab.com/gns3-web/gns3-mood.git*;
2. Acesse o diretório *gns3-mood*;
3. No *branch* de desenvolvimento execute o seguinte comando: *git checkout develop* e;
4. Verifique o status do projeto *master* "*develop*"utilizando o comando: *git status*.

Figura 33 – Instalação do Cliente *Web* - GNSMOOD



A Figura 33 exemplifica o processo de instalação e configuração do projeto cliente GNSMOOD, através dos respectivos comandos do ambiente remoto para compartilhamento de projetos, GITLAB, com objetivo de viabilizar a instalação da aplicação cliente no diretório local *gns3-mood*.

APÊNDICE C - Instalação do *Node.js* pelo Gerenciador de Pacotes NVM

-Instalaçãodo *Node.*js pelo Gerenciador de Pacotes NVM

Neste Apêndice C, serão exemplificadas as etapas de instalação do servidor *Node.js*, responsável por gerenciar requisições da aplicação cliente *Web* GNSMOOD e o servidor GNS3. Seguem-se as etapas da instalação do servidor de aplicação *Web, Node*:

1. Inicialmente é preciso baixar o Gerenciador de Versões de Nós ou *Node Version Manager* (NVM) utilizando o seguinte comando: *curl -o- https://raw.githu busercon- tent.com/crea tionix/nvm/v0.33.11/install.sh* | *bash*;
2. Inicializa o ambiente do gerenciador NVM por meio do seguinte comando: *source/.bashrc*;
3. Pelo gerenciador de versões NVM, inicia-se o processo de instalação do servidor de aplicações *Web*, o *Node.js* digitando o seguinte comando: *nvm install 9*;
4. Atualiza o gerenciador de pacotes do *Node*:*npm i -g npm*, e finalmente;
5. Instala o *Angular cli*: *npm i -g @angular/cli@1.6.8*.

Figura 34 – Instalação do gerenciador NPM

```
(.ve) isaias@est-lord-dsk03:~/projeto/gns3-mood$ curl -o- https://raw.githubusercontent.com/creati
onix/nvm/v0.33.11/install.sh | bash (1)
  % Total    % Received % Xferd  Average Speed   Time    Time     Time  Current
                                 Dload  Upload   Total   Spent    Left  Speed
100 12819  100 12819    0     0   1549      0  0:00:08  0:00:08 --:--:--  3408
=> Downloading nvm from git to '/home/isaias/.nvm'
=> Cloning into '/home/isaias/.nvm'...
remote: Counting objects: 267, done.
remote: Compressing objects: 100% (242/242), done.
remote: Total 267 (delta 31), reused 86 (delta 15), pack-reused 0
Receiving objects: 100% (267/267), 119.47 KiB | 4.78 MiB/s, done.
Resolving deltas: 100% (31/31), done.
=> Compressing and cleaning up git repository

=> Appending nvm source string to /home/isaias/.bashrc
=> Appending bash_completion source string to /home/isaias/.bashrc
=> Close and reopen your terminal to start using nvm or run the following to use it now:

export NVM_DIR="$HOME/.nvm"
[ -s "$NVM_DIR/nvm.sh" ] && \. "$NVM_DIR/nvm.sh"  # This loads nvm
[ -s "$NVM_DIR/bash_completion" ] && \. "$NVM_DIR/bash_completion"  # This loads nvm bash_completi
on
(.ve) isaias@est-lord-dsk03:~/projeto/gns3-mood$ source ~/.bashrc (2)
```

Figura 35 – Instalação e atualização do pacote NODE.js

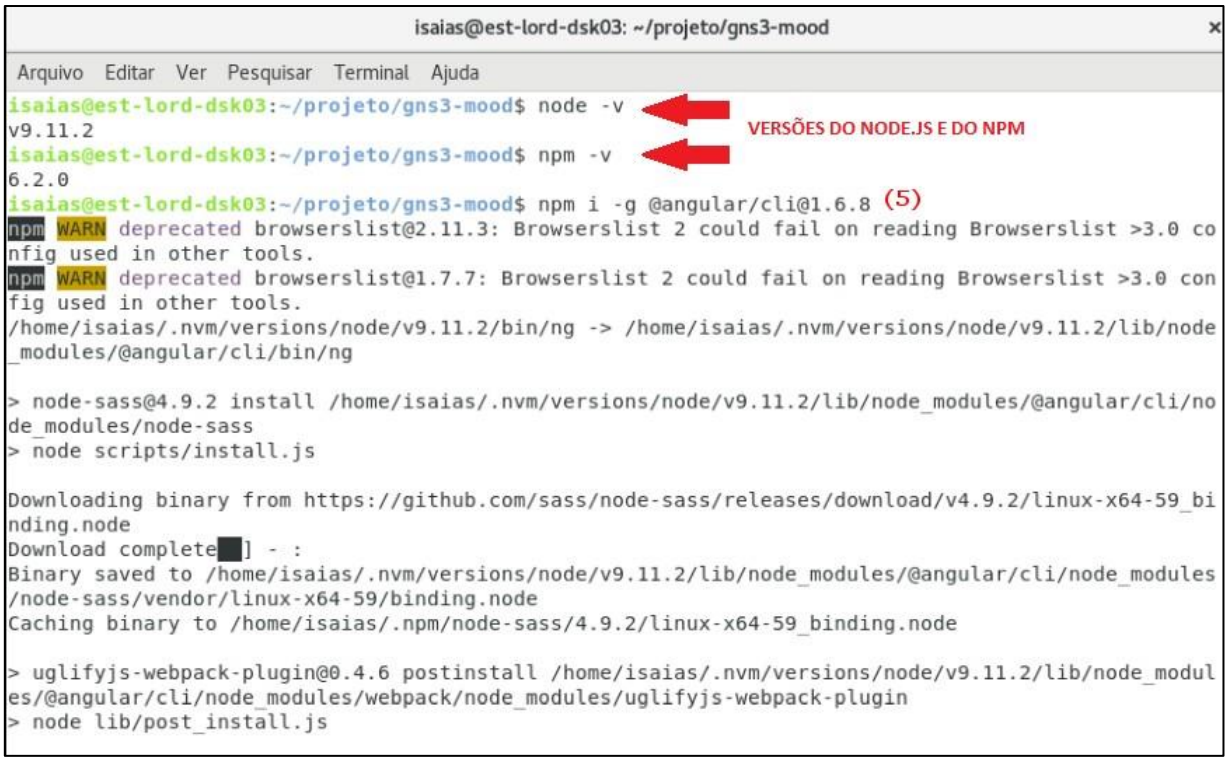



Figura 36 – Instalação do Angular Cli