

UNIVERSIDADE FUMEC  
MESTRADO PROFISSIONAL EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO  
E GESTÃO DO CONHECIMENTO

USO DE SIMULADORES COMO FERRAMENTA NO ENSINO E  
APRENDIZAGEM DE REDES DE COMPUTADORES EM UM  
NOVO MODELO DE ENSINO

**Área de concentração**

GESTÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E DO  
CONHECIMENTO

**Linha de pesquisa**

GESTÃO DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO

WALTER DOS SANTOS

Belo Horizonte  
2016

WALTER DOS SANTOS

USO DE SIMULADORES COMO FERRAMENTA NO ENSINO E  
APRENDIZAGEM DE REDES DE COMPUTADORES EM UM  
NOVO MODELO DE ENSINO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação stricto sensu no curso de Mestrado Profissional em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento da Universidade FUMEC, como requisito para obtenção do título de Mestre em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento.

Área de concentração: Gestão de Sistemas de Informação e do Conhecimento.

Linha de pesquisa: Gestão da Informação e do Conhecimento

Prof. Orientadora: Dra. Ana Maria Pereira Cardoso

S237u Santos, Walter dos  
Uso de simuladores como ferramenta no ensino e aprendizagem de redes de computadores em um novo modelo de ensino / Walter dos Santos. Belo Horizonte, 2016.  
104 p., il.

Orientador: Ana Maria Pereira Cardoso  
Dissertação (Mestrado) – Universidade FUMEC. Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento.

1. Redes de computadores. 2. Metodologia de ensino. 3. Redes de informação. I. Cardoso, Ana Maria Pereira. II. Universidade FUMEC. Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento. III. Título.

CDU: 004.7



UNIVERSIDADE  
FUMEC

Dissertação intitulada "USO DE SIMULADORES  
COMO FERRAMENTA NO ENSINO E  
APRENDIZAGEM DE REDES DE  
COMPUTADORES EM UM NOVO MODELO DE  
ENSINO" de autoria de Walter dos Santos, aprovada  
pela banca examinadora constituída pelos seguintes  
professores:

Prof. Dra. Ana Maria Pereira Cardoso – Universidade FUMEC  
(Orientadora)

Prof. Dr. Rodrigo Moreno Marques – Universidade FUMEC  
(Examinador Interno)

Prof. Dra. Fátima de Lima Procópio Duarte Figueiredo – PUC Minas  
(Examinador Externo)

Wesley Pedro Sobrinho, Me. – Roca Brasil  
(Consultor *Ad Hoc*)

Prof. Dr. Fernando Silva Parreiras  
Coordenador de Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Informação e Gestão do  
Conhecimento da Universidade FUMEC

Belo Horizonte, 05 de dezembro de 2016

“Ninguém caminha sem aprender a caminhar, sem aprender a fazer o caminho caminhando, refazendo e retocando o sonho pelo qual se pôs a caminhar”.

Paulo Freire

## **AGRADECIMENTOS**

É o momento de agradecer primeiramente a Deus. Ele, com sua infinita bondade, se fez presente em cada segundo dessa trajetória, amparando-me e concedendo-me forças para continuar firme na caminhada.

Aos meus pais, José Antônio e Lúdia. Vocês foram exemplos de perseverança e humildade. Dedicaram tudo para dar o melhor aos filhos, esquecendo-se da própria vida.

A minha amada esposa, Gislene, pelo amor incondicional, pelo companheirismo e paciência.

Aos meus filhos, Ana Luiza e Arthur. Embora muito pequenos, contribuíram com a alegria e muito carinho.

Aos professores do PPGSIGC, que tanto contribuíram para a minha formação.

Finalmente, quero agradecer a todos que estiveram ao meu lado nessa caminhada, que de alguma forma contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional e que agora festejam comigo o gostinho dessa vitória!

Walter dos Santos

## RESUMO

O ensino e aprendizagem de redes de computadores tem sido um desafio constante para instituições de Ensino Superior, tendo em vista o crescente aumento da concorrência entre instituições e o perfil das novas gerações de estudantes que demandam inovações na maneira de ensinar. Ao mesmo tempo, o processo de ensino de redes de computadores depende de infraestrutura de laboratórios capaz de proporcionar aulas práticas que permitam ao aluno vivenciar experiências bem próximas da realidade de sua futura atuação profissional. O problema é que as instituições de ensino têm dificuldade em disponibilizar toda infraestrutura de laboratórios capaz de atender essa demanda, considerando que os equipamentos de redes se tornam obsoletos em pouco tempo. Sendo assim, uma das alternativas mais viável é a utilização de ferramentas de simulação de redes de computadores, visto que existem ferramentas que simulam infraestruturas de redes cada vez mais próximas do real e ainda podem contribuir para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem de redes de computadores. Com base neste contexto, o objetivo desta pesquisa é identificar as contribuições de uma ferramenta de simulação no processo de ensino e aprendizagem de redes de computadores, dentro do novo modelo de ensino, a Sala de Aula Invertida ou *Flipped Classroom*. Para atingir o objetivo foi feito um estudo baseado em trabalhos relacionados e a seleção de um simulador com o qual foi realizada uma pesquisa de campo em uma IES, que está implantando o novo modelo de ensino. O levantamento de dados foi feito com as turmas do Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores, baseado na aplicação de questionários para alunos e professores, com o objetivo de identificar a percepção dos mesmos em relação ao uso da ferramenta no ensino e aprendizagem de redes de computadores. Como resultado da pesquisa ficou comprovado que o simulador Cisco Packet Tracer pode contribuir no processo de ensino e aprendizagem, baseado no modelo de ensino *Flipped Classroom*. Segundo a percepção de alunos e professores, a ferramenta pode contribuir nos três momentos de aula do *Flipped Classroom* e, indiretamente, ainda pode contribuir para que a Instituição de ensino não precise investir em laboratórios físicos para contemplar grande parte do conteúdo do ensino de redes de computadores.

**Palavras-chave:** Uso de simulador no ensino de redes. Laboratórios virtuais. Sala de Aula Invertida. Ensino de redes de computadores.

## ABSTRACT

The teaching and learning of computer networks has been a constant challenge for higher education institutions, with a view to increasing competition between institutions and the profile of new generations of students who require innovations in the way they teach. At the same time, the teaching of computer networks depends on infrastructure of laboratories capable of providing practical classes that allow students to experience experiences well close to the reality of their future professional activity. The problem is that educational institutions have difficulty in making the whole infrastructure of laboratories capable of meeting this demand, whereas the network equipment become obsolete in a short time. Thus, one of the alternatives more viable is the use of tools for simulation of computer networks, since there are tools that simulate infrastructure of networks each time closer to the real and also contribute to the improvement of the teaching and learning process of computer networks. Based in this context, the objective of this research is to identify the contributions of a simulation tool in the teaching and learning process of computer networks, within the new model of teaching, the classroom Inverted or Flipped Classroom. To achieve the goal was done a study based on work related and the selection of a simulator with which we conducted a survey of the field in a species, which is deploying the new model of teaching. The data collection was done with the divisions of the upper course of technology in computer networks, based on the application of questionnaires to teachers and students, with the goal of identifying the perception in relation to the use of the tool in the teaching and learning of computer networks. As a result of the research have proven that the simulator Cisco Packet Tracer can contribute to the process of teaching and learning, based on the model of teaching Flipped Classroom. According to the perception of students and teachers, the tool can contribute in three moments of the Flipped Classroom and, indirectly, may still contribute to the educational institution does not need to invest in physical laboratories to provide much of the content of the teaching of computer networks.

**Keywords:** Use of simulator in teaching networks. Virtual laboratories. The classroom reversed; Teaching computer networks.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Preferência do Usuário – Dispositivos móveis X Computador .....	15
Figura 2: Mercado mundial de TI e Telecomunicações .....	16
Figura 3: Representação da taxonomia para validação de LVA .....	32
Figura 4: Taxonomia proposta por Amaral et. al. (2011).....	33
Figura 5: Faixas de classificação da taxonomia.....	34
Figura 6: Resultado da análise do Cisco Packet Tracer na taxonomia .....	35
Figura 7: Arquitetura do Processador Neander.....	38
Figura 8: Método Flipped Classroom .....	40
Figura 9: Modelo Peer Instruction do Prof. Eric Mazur.....	41
Figura 10: Alguns dos dispositivos do Cisco Packet Tracer 7.0.....	49
Figura 11: Exemplo de simulação de Roteamento no Packet Tracer .....	50
Figura 12: Exemplo da utilização do recurso Multiuser no Packet Tracer.....	50
Figura 13: Dispositivos que compõe o ambiente do EstiNet.....	52
Figura 14: Interface da ferramenta de simulação EstiNet .....	53
Figura 15: Ferramenta de simulação GNS3 .....	55
Figura 16: Estrutura do NetKit – host emulando três computadores .....	57
Figura 17: Teste de conexão com dois PCs interligados no NetKit.....	58
Figura 18: Formato do trace no NS-2 .....	60
Figura 19: Exemplo simulação gráfica no NAM do NS-2.....	61
Figura 20: Resultado Simulação Rede Sensores sem Fio no NS2 .....	62
Figura 21: Script de simulação de Rede Sem Fio em NS2.....	63
Figura 22: Ambiente proposto para ensino de roteamento estático .....	69
Figura 23: Arquitetura básica do NSMoo .....	73
Figura 24: Interface gráfica do NSMoo (NS2 integrado ao Moodle) .....	74
Figura 25: Cenários utilizados no Percurso Cognitivo.....	76
Figura 26: Facilidade de instalação do Cisco Packet Tracer .....	83
Figura 27: Resultados sobre características pedagógicas do simulador .....	84
Figura 28: Compatibilidade do Packet Tracer com a ementa de Redes de Computadores .....	85
Figura 29: Resultado – Ensino sem Simulador e com Simulador.....	85
Figura 30: Cisco Packet Tracer na Sala de Aula Invertida – Visão dos Alunos.....	87
Figura 31: Cisco Packet Tracer na Sala de Aula Invertida – Visão dos Professores .....	88
Figura 32: Cisco Packet Tracer no Flipped Classroom - elaboração de conteúdos .....	89
Figura 33: Preferência pelo livro didático .....	90
Figura 34: Cisco Packet Tracer X Laboratório Real .....	91
Figura 35: Compatibilidade do Cisco Packet Tracer com dispositivos reais de rede .....	92

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Evolução: Número de Cursos x Vagas .....	16
Tabela 2 :Compatibilidade do CyberCIEGE com ementa Redes de Computadores .....	30
Tabela 3: Relação de perguntas destinadas à Classificação de LVA segundo a.....	34
Tabela 4: Comparativo entre as ferramentas Flaras e ARToolkit.....	39
Tabela 5: Recursos do NetKit.....	59
Tabela 6: Simulador de Redes X Linguagem programação .....	65
Tabela 7: Relação entre temas propostos e ferramentas por Voss et. al. (2012) .....	67
Tabela 8: Níveis de profundidade na abordagem de conteúdos .....	71
Tabela 9: Níveis de conhecimento adquirido definidos por Gurgel et. al. (2012) .....	71
Tabela 10: Resultados Comparativos - Níveis de Profundidade x Nível de Conhecimento .....	72
Tabela 11: Fases do Percurso cognitivo aplicado na escolha da ferramenta .....	76
Tabela 12: Resultado do Percurso cognitivo do Cisco Packet Tracer e do EstiNet.....	77
Tabela 13: Comparativo dos simuladores de Redes de Computadores.....	78
Tabela 14: Laudo final do Checklist de usabilidade .....	80

## LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

AAA	Authentication, Authorization and Accounting (Protocolo de Autenticação, Autorização e Auditoria)
ACG	Avaliação dos Cursos de Graduação
API	Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicativos)
ARP	Address Resolution Protocol (Protocolo de Resolução de Endereços)
BGP	Border Gateway Protocol (Protocolo de Gateway Limite)
C++	linguagem de programação compilada multi-paradigma
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol (Protocolo de configuração dinâmica de host)
DNS	Domain Name System (Sistema de Nomes de Domínios)
EaD	Ensino a Distância
ENADE	Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes
FTP	File Transfer Protocol (Protocolo de Transferência de Arquivos)
GNS3	Graphical Network Simulator-3 (Simulador Gráfico de Redes 3)
GUI	Graphical User Interface (Interface Gráfica com o Usuário)
HTTP	Hypertext Transfer Protocol (Protocolo de Transferência de Hipertexto)
IDC	International Data Corporation
IES	Instituições de Ensino Superior
IHC	Interação Homem Computador
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais
IOS	Sistema Operacional de Interface
IoT	Internet of Things - Internet das coisas
IP	Protocolo de Internet
IPSec	IP Security Protocol (Protocolo de Segurança IP)
IPv4	Protocolo de Internet Versão 4
IPv6	Protocolo de Internet versão 6
LAN	Local Area Network (Rede de área local)
LVA	Laboratórios Virtuais de Aprendizagem
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MOODLE	Modular ObjectOriented Dynamic Learning Environment
MPLS	Multi-Protocol Label Switching (Comutação de Rótulos Multiprotocolo)
NAT	Network Address Translation (Tradução de endereços de rede)

Netml	Network Markup Language
NS-2	Network Simulator versão 2
NS-3	Network Simulator versão 3
OSPF	Open Shortest Path First
PI	Peer Instruction
PPP	Point-to-Point Protocol (Protocolo Ponto-a-ponto)
RARP	Reverse Address Resolution Protocol (Protocolo de Resolução Reversa de Endereços)
RIP	Routing Information Protocol (Protocolo de Informação de Roteamento)
SINAES	Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior
SiReViW	Simulador Rede Virtual para Web 2.0
SSH	Protocolo Secure Shell (protocolo de rede criptográfico)
OTCL	Object Tool Command Language (Linguagem de Comandos de Ferramentas orientada a objeto)
TCP	Protocolo de Controle de Transferência
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
UDP	User Datagram Protocol
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
VirTraM	Virtual Training for Mobile Devices
VLANs	Redes Locais Virtuais
VPN	Rede Privada Virtual
WAN	Wide Área Network (Redes Longa Distância)
XML	eXtensible Markup Language (Linguagem Padronizada de Marcação Genérica)

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
1.1	O Problema .....	17
1.2	Objetivos .....	19
1.2.1	Objetivo geral .....	19
1.2.2	Objetivos específicos.....	19
1.3	Justificativa.....	19
1.4	Aderência ao Programa .....	23
1.5	Organização do Trabalho .....	23
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	24
2.1	Desafios no ensino de Redes de Computadores .....	24
2.2	Realidade virtual na educação .....	26
2.3	Sala de Aula Invertida ou Flipped Classroom .....	40
2.4	Simuladores de Redes de computadores .....	48
2.4.1	O simulador Cisco Packet Tracer .....	49
2.4.2	EstiNet .....	51
2.4.3	GNS3 (Graphical Network Simulator) .....	54
2.4.4	NetKit .....	56
2.4.5	NS-2 – Network Simulator.....	59
2.4.6	NS-3 – Network Simulator.....	64
2.5	Trabalhos relacionados.....	65
3	METODOLOGIA .....	75
3.1	Escolha da ferramenta de simulação.....	75
3.2	Pesquisa Empírica .....	81
4	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO .....	83
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	93
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	95
	APÊNDICE .....	100
	Apêndice A – Questionário de avaliação do simulador proposto para os alunos .....	100
	Apêndice B – Questionário de avaliação do simulador proposto para os professores .....	102
	ANEXOS.....	104
	Anexo 1 – Critérios de usabilidade do ErgoList.....	104

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica foi responsável por grandes mudanças na economia e conseqüentemente na vida das pessoas. No século XXI é perceptível a presença do “computador” embarcado em quase tudo, inclusive a dependência que o mesmo exerce sobre as pessoas. Vale ressaltar que no início da década de 90, o pesquisador Mark Weiser (1991) previu uma grande evolução da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e defendeu a ideia de que a computação iria se tornar onipresente com a evolução dos componentes eletrônicos, máquinas, redes de telecomunicações, entre outras, na qual o “Computador Pessoal” (PC) seria apenas um passo de transição para atingir o verdadeiro potencial das TIC. Com base na sua visão, Weiser (1991) propôs um modelo chamado de Computação Ubíqua, no seu artigo intitulado “O Computador no Século 21”, no qual afirmava que os computadores iriam ficar invisíveis aos olhos humanos, porém estariam presentes em tudo, embutidos em etiquetas, roupas, móveis, automóveis, eletrodomésticos, entre outros. Ele também afirmava que as pessoas estariam totalmente integradas à computação a ponto de utilizarem uma variedade de recursos de forma inconsciente e dependente. Diante da visão do pesquisador é interessante ressaltar que, numa época em que o acesso à tecnologia era muito restrito, Weiser já vislumbrava algo inovador, conhecido atualmente como “Internet das Coisas” (IoT - *Internet of Things*), que vem se concretizando no século XXI. O certo é que inserção social dessas novas tecnologias tem ocorrido com a mesma velocidade e intensidade como são incorporadas e, substituídas por outras mais novas e mais poderosas, tornando as pessoas cada vez mais dependentes da tecnologia.

Diante dessa projeção, a inovação e a gestão do conhecimento assumiram posição de destaque dentro das organizações, sendo vistas como estratégias para que a organização possa garantir sua efetiva participação no mercado, tendo em vista um ambiente de negócios cada vez mais competitivo. Baseado nesse contexto, o papel da educação é fundamental na formação de profissionais mais qualificados, com as novas competências que atendam às necessidades do mercado. Entretanto, para formar profissionais com um perfil mais adequado é necessário inovar a maneira de ensinar, visto que os alunos da geração atual, também conhecida como geração Y, não se adaptam muito bem a métodos tradicionais de ensino. Segundo Castanha (2010), esta é uma geração que não responde significativamente a modelos tradicionais de ensino, centrados no professor e no qual as estratégias são baseadas em práticas de ensino

unidirecionais, sem a interação efetiva dos alunos; sendo necessárias diferentes abordagens que permitam a comunicação educador-aluno, pois essa é a geração da comunicação. E, segundo Sangiorgio et. al. (2011),

[...] essas gerações são peculiares pelo fato de terem crescido em uma sociedade em transformação tecnológica. Isso quer dizer que, essas gerações se desenvolveram em um mundo conectado pela internet, utilizando jogos on-line e redes sociais, como Facebook, Whatsapp e Twitter; produzindo e compartilhando conteúdos digitais, experiências e conhecimentos pelos seus blogs, fotologs, vlogs e youtube. Não frequentaram cursos de informática, pois seu aprendizado tecnológico ocorreu de forma lúdica, por ensaio e erro, produzindo, compartilhando e aprendendo por meio de experiências on-line (Sangiorgio et. al., 2011, p. 14).

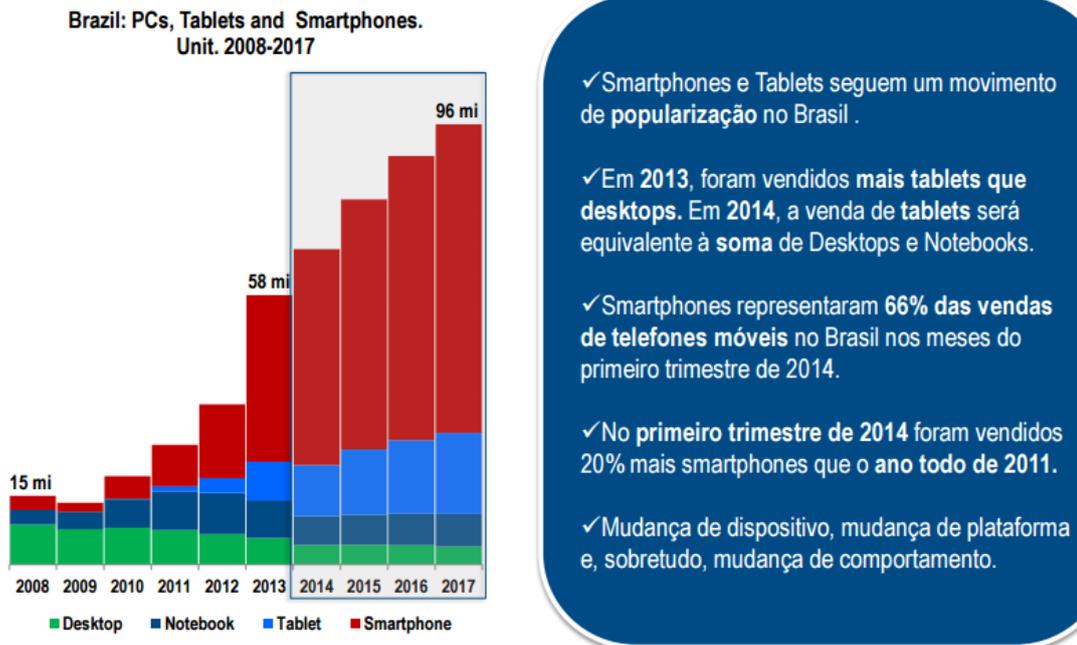
Ou seja, esta é uma geração que está sempre “antennada”, conectada à internet e utiliza os mais diversos e sofisticados dispositivos de comunicação. Sendo assim, pode-se afirmar que o mais coerente em termos de ensino é integrar nas atividades práticas o mundo tecnológico em que vivem os alunos das novas gerações. Lembrando que este aluno, principalmente o de graduação em redes de computadores, no caso em estudo, busca na educação superior uma forma de mudar sua condição econômica e social. Considerando ainda, que a maioria desses alunos não dispõe de tempo para se dedicar integralmente aos estudos devido a necessidade de ter que arcar com as despesas do investimento.

No intuito de inovar a maneira de ensinar, instituições de ensino brasileiras estão buscando novas estratégias para melhorar o processo de ensino e aprendizagem. O modelo da “Sala de Aula Invertida” (*Flipped Classroom*, em inglês), tem sido uma das estratégias adotadas no Brasil, tendo em vista que o modelo é centrado no aluno e foi concebido para que o tempo do aluno em sala de aula seja melhor aproveitado, proporcionando uma aprendizagem mais significativa. A metodologia de inversão da sala de aula coloca o aluno como um agente ativo na busca do conhecimento e o professor pode utilizar o tempo de aula para atividades mais dinâmicas e participativas. Segundo Valente (2014):

A Sala de Aula Invertida é uma modalidade de *e-learning* na qual o conteúdo e as instruções são estudados on-line antes de o aluno frequentar a sala de aula, que agora passa a ser o local para trabalhar os conteúdos já estudados, realizando atividades práticas como resolução de problemas e projetos, discussão em grupo, laboratórios etc. A inversão ocorre uma vez que no ensino tradicional a sala de aula serve para o professor transmitir informação para o aluno que, após a aula, deve estudar o material que foi transmitido e realizar alguma atividade de avaliação para mostrar que esse material foi assimilado. Na abordagem da Sala de Aula Invertida, o aluno estuda antes da aula e a aula se torna o lugar de aprendizagem ativa, onde há perguntas, discussões e atividades práticas.

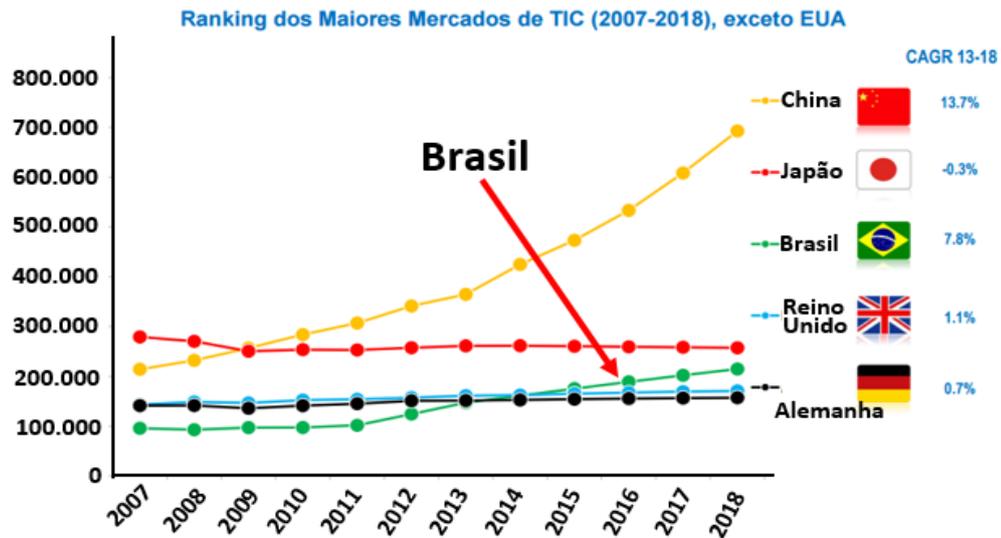
Outro aspecto que cabe ressaltar nesta introdução, é que a evolução tecnológica acabou com as distâncias, conectando pessoas ao redor do mundo todo. As redes, que antes eram restritas aos

ambientes empresariais, tomaram conta também das residências, deixando o usuário cada vez mais dependente da tecnologia. Vale ainda destacar que grande parte desta conectividade se deve a mobilidade proporcionada pela evolução dos dispositivos móveis e segundo o *International Data Corporation* (IDC) a tendência é de que o usuário tenha mais preferência pelos dispositivos móveis para acesso as redes (Figura 1). A consequência de toda esta conectividade é um aumento significativo em investimentos no setor de TI (IDC Brasil, 2014).



**Figura 1:** Preferência do Usuário – Dispositivos móveis X Computador  
**Fonte:** IDC Brasil (2014)

Em pesquisa realizada pelo *International Data Corporation Worldwide Black Book* (IDC Brasil, 2014), os investimentos brasileiros no setor de TI vêm registrando forte crescimento, seguindo a mesma tendência para os próximos anos (Figura 2). Com base neste cenário, existe uma previsão de crescimento muito significativo na demanda de profissionais mais qualificados da área de TI, são novas oportunidades de emprego nos mais diversos setores da sociedade, exigindo competências e capacidade técnica de resolver problemas e tomar decisões.



**Figura 2:** Mercado mundial de TI e Telecomunicações  
**Fonte:** IDC Brasil (2014)

O censo da educação superior dos anos de 2002 a 2013, realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP), mostrou que a concorrência entre instituições de Ensino Superior (IES) aumentou significativamente. Como pode ser observado na Tabela 1, com o aumento do número de novas IES, houve um aumento na oferta de cursos de graduação em mais de 100% e como consequência foram criadas mais de 5 milhões de vagas na educação superior. Diante desse cenário, o aluno tem à disposição várias opções de escolha e até mesmo, devido à concorrência, mudar de instituição ou de curso sem muita dificuldade ou burocracia.

**Tabela 1:** Evolução: Número de Cursos x Vagas

Nº de cursos graduação		X	Nº de Vagas
Ano	Cursos		Vagas
2002	14.399		1.773.087
2003	16.453		2.002.733
2004	18.644		2.320.421
2005	20.407		2.435.987
2006	22.101		2.629.598
2007	23.488		2.823.942
2008	24.719		2.985.137
2010	29.507		6.379.299
2011	30.420		6.739.689
2012	31.866		7.037.688
2013	32.049		7.305.977

**Fonte:** E-MEC. BRASIL. Ministério da Educação. 2014<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://emec.mec.gov.br/>>. Acesso em: 12 fevereiro 2016

Sabe-se que o Ministério da Educação e Cultura (MEC), através de instruções e resoluções normativas, disciplina e estabelece todos os procedimentos referentes ao credenciamento, autorização e reconhecimento de cursos superiores e da abertura de novas unidades de ensino. As IES devem passar por processos de autorização e reconhecimento dos novos cursos que irão ofertar, além dos processos de credenciamento de novas unidades de ensino e credenciamento periódico dos cursos já implantados. Entretanto, as IES têm o grande desafio de garantir a qualidade do seu ensino para continuar ofertando seus cursos. Para garantir essa qualidade, as IES são avaliadas continuamente pelo Ministério da Educação, mas é com base no Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE) que se mede o nível de conhecimento dos alunos, sendo este um dos principais parâmetros que garante a continuidade de um curso de graduação. Segundo Brito (2008), o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES), estabelecido na Lei 1086/04 de 14 de abril de 2004, estabeleceu:

Que serão os resultados da avaliação de instituições, dos cursos e do desempenho dos estudantes que constituirão o referencial básico dos processos de regulação e supervisão da educação superior, neles compreendidos o credenciamento e a renovação de credenciamento de instituições de educação superior, a autorização, o reconhecimento e a renovação de reconhecimento de cursos de graduação (Brito, 2008).

Também, segundo Pinto et al. (2016) a sistemática de avaliação estabelecida pelo SINAES, baseada nos processos de avaliação das IES (AVALIES), de Avaliação dos Cursos de Graduação (ACG) e do ENADE, na perspectiva de constituírem um Sistema, os processos estão ligados e articulados entre si. A ideia é captar indicadores de qualidade, em distintos níveis e enfoques, cujos resultados são analisados de modo sistemático e integrado, oferecendo elementos fundamentais para a avaliação das instituições e do sistema de educação superior.

Diante do exposto, é possível afirmar que devido à expansão da educação superior, com a abertura de novas instituições de ensino privadas, a necessidade crescente de mão-de-obra especializada e o perfil do novo aluno, fica em evidência o grande desafio para as IES em oferecer um ensino de qualidade, inovando o processo de ensino e aprendizagem.

## **1.1 O Problema**

De acordo com o cenário em questão, sabe-se que a evolução tecnológica é muito dinâmica e conseqüentemente as organizações empresariais têm que fazer regularmente investimentos na

área de TI, de forma que tenham ferramentas eficientes que possam contribuir nos processos de tomada de decisão e assim manter sua participação no mercado.

Entretanto, para as instituições de ensino os investimentos teriam que ser mais amplos, ou seja, os investimentos teriam que contemplar diversas áreas da TI, tendo em vista a responsabilidade de formar profissionais qualificados e atualizados de acordo com as novas competências exigidas pelo mercado. Dessa forma, o ensino de redes de computadores é um grande desafio devido ao alto custo dos equipamentos de redes (Concentradores, Roteadores, Firewall, etc.) e até mesmo em relação a espaço físico, tornando inviável manter os laboratórios compatíveis com a realidade do mercado.

Outro aspecto que deve ser levado em consideração, segundo Sarkar (2006), é a dificuldade de motivar o aluno no aprendizado de redes de computadores baseado na transmissão de teorias, pois os livros e artigos podem fornecer uma boa base teórica, porém o aluno precisa aplicar na prática a teoria aprendida anteriormente. O objetivo é que as atividades propostas, motivem uma participação mais efetiva facilitando o entendimento de conteúdos as vezes complexos, cansativos, mas de extrema importância na área de redes de computadores. Tendo em vista a dificuldade para a implementação de práticas experimentais, muitos dos conceitos aprendidos em sala de aula acabam se perdendo na memória do aluno. Desse modo, o autor orienta o uso de ferramentas que possibilitem a prática para o ensino e aprendizagem de redes de computadores.

A adoção de softwares simuladores de redes representa uma alternativa para enfrentar desafios como a diminuição da necessidade de investimentos elevados e constantes em infraestrutura (espaço físico e equipamentos) além de possibilitar a vivência de situações práticas, ainda que de forma virtual, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa nos três momentos de aula do modelo *Flipped Classroom*.

Com base no cenário apresentado, destaca-se como problema de pesquisa: **Quais as contribuições do uso de softwares simuladores de redes, como estratégias no processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de Redes de Computadores, em um novo modelo de ensino?**

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo geral

Identificar as contribuições do uso de softwares simuladores de redes, como estratégias no processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de Redes de Computadores em um novo modelo de ensino.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Selecionar entre as ferramentas citadas na literatura, a mais indicada para o processo de ensino de Redes de Computadores.
- b) Validar a ferramenta escolhida com base no *checklist* de usabilidade, utilizando o instrumento ErgoList.
- c) Identificar a percepção de professores em relação ao uso da ferramenta no ensino de redes de computadores.
- d) Identificar a percepção de alunos em relação ao uso da ferramenta na aprendizagem sobre redes de computadores.
- e) Analisar as contribuições da ferramenta para o ensino de Redes de Computadores e fatores que contribuem na aprendizagem sobre redes de computadores.

## 1.3 Justificativa

Justifica-se a realização desse estudo, tendo em vista os desafios enfrentados pelas instituições de ensino para atender as demandas relacionadas ao ensino de Redes de Computadores. A pesquisa visa a melhoria da qualidade do ensino, identificando contribuições no uso de ferramentas de simulação para o processo de ensino e aprendizagem no novo modelo de ensino, atendendo as demandas das novas gerações na aprendizagem de redes de computadores.

Segundo Filippetti (2008), os custos para se construir e manter um laboratório de redes de computadores que possibilite a aplicação e experimentação das teorias vistas em sala de aula, para algumas instituições de ensino, são muitas vezes elevados, o que acaba por penalizar um

grande número de estudantes, pois nem todas as instituições tem como fazer tamanho investimento. Dessa forma, muitos dos cursos oferecidos não abordam adequadamente o aspecto prático do assunto, pela simples inexistência de uma infraestrutura apropriada.

Em relação ao novo modelo de ensino, do estudo de campo da IES em questão, a Sala de Aula Invertida ou *flipped classroom*, sua implantação tem o objetivo unificar o conteúdo aplicado em todas as disciplinas, visando oferecer um ensino de qualidade e melhorar a empregabilidade do aluno. O novo modelo de ensino deve atender as demandas relacionadas ao ensino e aprendizagem dos alunos pertencentes às novas gerações, recorrendo ao uso de tecnologias para apoiá-lo na construção do próprio conhecimento. É um modelo centrado no aluno, no qual a tecnologia é utilizada para inverter o papel tradicional do tempo de aula e os alunos são expostos a conceitos fora da sala de aula. É importante ressaltar que os alunos não aprendem a partir da tecnologia, mas o apoio dela é essencial para estimular e facilitar o aprendizado.

Em diversos países, o modelo de ensino *flipped classroom*, vem ganhando força junto a diversas instituições de ensino, onde tem crescido de forma exponencial devido ao avanço tecnológico da web e das mídias digitais. Segundo Teixeira (2013), neste método de ensino-aprendizagem, os alunos assistem à exposição oral de conteúdos através de vídeos ou *vodcasts*<sup>2</sup> fora da sala de aula (como trabalho de casa), preparando-se, desta forma, para as atividades a desenvolver em espaço de sala de aula, isto é, colocando em prática o que aprenderam através da resolução de exercícios e desenvolvimento de projetos, privilegiando-se a estratégia de trabalho colaborativo.

Diante desta realidade, espera-se que ferramentas como os simuladores de redes possam ser usados na elaboração de aulas modelo, preparando os alunos para o momento da aula presencial, e também ser utilizado como ferramenta para auxiliar o professor em sala de aula, de forma que possa contribuir para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem de redes de computadores.

Ainda, em relação ao novo modelo de ensino, sabe-se que todo processo exige mudanças e adaptações constantes para acompanhar a evolução tecnológica e é dever da instituição de ensino proporcionar ao aluno melhores condições para construir seu conhecimento, baseado em

---

<sup>2</sup> **Vodcast** é um método de distribuição de vídeos pela Internet ou por uma rede de computadores que utiliza as ferramentas desenvolvidas no podcast para criar uma lista de vídeos em forma de streaming e que se atualiza automaticamente, conforme novos vídeos são inseridos em uma página da internet. Disponível em: < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Vodcast>>. Acesso em: 23 outubro 2015.

informações atuais. O aluno está cada vez mais exigente, sua ansiedade por experiências mais práticas é perceptível e em termos de aprendizagem profissional, ele espera construir um conhecimento compatível com sua futura área de atuação.

De acordo com o Catálogo Nacional de Cursos Superiores de Tecnologia, o MEC recomenda uma infraestrutura mínima para os laboratórios, devendo os mesmos ser bem equipados tecnologicamente para proporcionar ao aluno experiências práticas que possam atender suas expectativas (Brasil, 2016). Com base nas recomendações, é importante lembrar que o Catálogo Nacional de Cursos Superiores de Tecnologia é a base para o ENADE e ainda para os processos de regulação e supervisão da educação tecnológica, ou seja, as instituições são avaliadas constantemente de acordo com diretrizes nacionais, visando à qualidade da educação.

Para o ensino de Redes de Computadores, o MEC recomenda um mínimo de quatro laboratórios voltados para o desenvolvimento de atividades práticas, sendo um laboratório de Arquitetura de Computadores, um de Infraestrutura, um de Rede de Computadores e um de Informática com programas específicos e conectados à internet. Mas é claro que o mínimo recomendado não é suficiente para atender as demandas do ensino de redes de computadores. Sendo assim, cabe às instituições buscar novas alternativas metodológicas de ensino e aprendizagem que permitam aos alunos estar em contato com situações concretas e atividades práticas a serem vivenciadas no exercício da profissão. Dessa forma, segundo Filippetti (2008), cada vez mais, as instituições de ensino encontram-se pressionadas a incorporar ferramentas tecnológicas como meio para enriquecer o conteúdo de seus cursos e proporcionar uma experiência diferenciada aos seus alunos. Conforme Dutra (2002), as instituições de ensino devem optar por alternativas centradas no aluno, tendo por objetivo a preparação de profissionais que possuam, além do conhecimento técnico em redes, a habilidade de aplicar estes conhecimentos em problemas reais e buscar o aperfeiçoamento por meio da aprendizagem e do trabalho colaborativo.

O uso de simuladores no ensino e aprendizagem tem sido objeto de pesquisa de vários pesquisadores como alternativa de melhoria no processo de ensino-aprendizagem, aplicados a uma série de cursos de formação profissional. Segundo Mercado (2002, p. 131) o software educativo, no caso em questão o simulador, “pode contribuir para auxiliar os professores na sua tarefa de transmitir o conhecimento e adquirir uma nova maneira de ensinar cada vez mais criativa, dinâmica, auxiliando novas descobertas, investigações e levando sempre em conta o diálogo”. Tendo em vista que os simuladores estão cada vez mais reproduzindo a realidade,

para o aluno isto pode favorecer, motivando sua aprendizagem e proporcionando mais possibilidades de estar em contato com novas tecnologias. E o mais interessante é que, diante de tantas opções de simuladores, o próprio usuário já está acostumado a visualizar resultados mesmo antes da implementação real, ou seja, o perfil da geração atual já tem certa familiaridade com este tipo de software, o que contribui na sua aprendizagem apoiada por simuladores.

A proposta de uso de ferramentas de simulação, como suporte ao ensino e aprendizagem, dispensa o investimento em grandes laboratórios tecnologicamente equipados, proporcionando uma otimização nos custos e inovações significativas na maneira de ensinar. É interessante destacar, que os simuladores propostos são na sua maioria softwares gratuitos que propõem a virtualização da realidade, trazendo respostas cada vez mais reais, proporcionando mais aprendizado, flexibilidade e principalmente mais acesso de pessoas ao conhecimento. O uso de simulador, no ensino de redes de computadores, pode complementar o currículo, permitindo aos professores ensinar e demonstrar conceitos técnicos e sistemas de redes complexas com muita facilidade. Vale ainda destacar que o ambiente de aprendizagem, baseado em simuladores, pode ajudar os alunos a desenvolver suas habilidades técnicas e resolução de problemas, tendo em vista a possibilidade de visualizar, de forma detalhada, o comportamento de uma rede de computadores em funcionamento.

As instituições de ensino ainda têm a possibilidade de utilizar um laboratório de informática padrão, com softwares comuns e conectado à internet, para diferentes cursos, visto que os computadores podem ser configurados e reconfigurados para implementação de vários ambientes virtuais, proporcionando um ambiente totalmente dinâmico.

Quando o assunto é simulador, sabe-se que existe uma variedade deles. Desde jogos até simulações mais complexas, voltadas para as mais diversas áreas do conhecimento. Dentre as diversas opções de simuladores existentes na área de redes de computadores, esse projeto de pesquisa ocupou-se em selecionar, por meio de uma revisão da literatura, e analisar as características de softwares simuladores com o emprego de técnicas da área de interação humano computador (IHC). Em seguida foi realizada uma enquete entre professores e alunos de uma instituição de ensino superior para averiguar as percepções acerca do uso de uma das ferramentas analisadas (*Cisco Packet Tracer*) como suporte ao ensino e aprendizagem da disciplina Redes de Computadores seguindo os passos do *Flipped Classroom*.

#### **1.4 Aderência ao Programa**

Com base no objetivo do Programa de Pós-graduação *Strictu Sensu* em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento (PPGSIGC), da Universidade FUMEC, a pesquisa está alinhada com a área de concentração de Gestão de Sistemas de Informação e do Conhecimento, tendo em vista sua aplicação profissional no campo de Sistemas de Informação, além de sua contribuição interdisciplinar na área acadêmica.

De fato, o estudo trouxe elementos que propiciam a reflexão sobre metodologias de ensino no contexto de uma sociedade cada dia mais dependente dos aparatos tecnológicos, focalizando especificamente o ensino de disciplina do campo da Computação e de Sistemas de Informação, com evidente inserção na área pedagógica da formação de profissionais.

#### **1.5 Organização do Trabalho**

Para facilitar o entendimento, esta dissertação foi organizada em cinco capítulos e três apêndices descritos a seguir.

O presente capítulo apresentou a introdução, cujo objetivo é fazer uma contextualização da pesquisa, destacando seu problema, os objetivos, sua relevância e justificativa, assim como a estrutura da dissertação.

O segundo capítulo foi dedicado à fundamentação teórica, apresentando alguns temas considerados relevantes para o desenvolvimento da pesquisa e trabalhos relacionados na área.

O capítulo três apresenta uma descrição detalhada da abordagem metodológica adotada, os instrumentos utilizados, os sujeitos e também a descrição do estudo de caso em questão.

O capítulo quatro, trata da análise dos dados e apresenta os resultados obtidos.

No capítulo cinco são apresentadas as conclusões da pesquisa de acordo com os resultados obtidos na análise dos dados, procurando responder ao problema e objetivos propostos na pesquisa.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse trabalho tem características de pesquisa exploratória e foi precedido por estudo bibliográfico com objetivo de identificar, em trabalhos já publicados na área, propostas que apresentam alternativas de suporte ao ensino e aprendizagem baseadas em tecnologias de informação e comunicação e propostas específicas do ensino em redes de computadores, utilizando simuladores ou outros ambientes virtuais com tecnologias voltadas para a Realidade Virtual.

Para Sanches (2008), o avanço tecnológico tem influenciado muito a vida das pessoas, ditando modos e comportamentos, criando inovações e conhecimentos diversos e aguçando a curiosidade. Tendo em vista a influência natural do avanço tecnológico, é pertinente colocar o aluno frente a frente com as tecnologias que vão lhe proporcionar mais conhecimento e ao mesmo tempo despertar a sua criatividade.

Nesse capítulo, com intuito de situar melhor o leitor, é apresentado na primeira seção um referencial sobre os desafios no ensino de redes de computadores, em seguida é feita uma abordagem sobre realidade virtual na educação, tendo em vista que as tecnologias da informação e comunicação (TIC) tem se tornado fundamentais para atingir os objetivos na área de ensino e aprendizagem. E como este trabalho tem o objetivo de identificar e analisar as contribuições de um simulador de redes de computadores em um novo modelo de ensino-aprendizagem, a próxima seção traz um referencial sobre o *flipped classroom*, o novo modelo de ensino implementado na IES onde a pesquisa foi realizada. O referencial apresenta um histórico evolutivo do modelo e alguns trabalhos propostos por outros pesquisadores baseados na Sala de Aula Invertida. Na penúltima seção, o leitor vai encontrar uma descrição sucinta dos simuladores escolhidos como objetos da pesquisa e na última seção são apresentados os trabalhos relacionados com a utilização de simuladores no ensino de redes de computadores.

### 2.1 Desafios no ensino de Redes de Computadores

Com base na Portaria Inep nº 240, de 02 de junho de 2014, o ensino de redes de computadores tem como objetivo formar profissionais com o seguinte perfil:

- Profissional tecnicamente capacitado e especializado na elaboração e implantação de projetos lógicos e físicos de redes de computadores locais e de longa distância;

- Profissional com conhecimentos também voltados para o gerenciamento, manutenção e segurança de redes de computadores;
- Profissional empreendedor, capaz de identificar novas oportunidades de negócio na área de redes de computadores, de forma sustentável;
- Profissional cujas ações são pautadas na ética e na responsabilidade social;
- Profissional que busca sempre estar com os conhecimentos técnicos atualizados.

Depois de formado, o profissional vai encontrar um campo muito amplo de atuação, podendo ingressar naquele que for mais compatível com as suas expectativas. Com base nesses objetivos, um grande desafio para as instituições de ensino é proporcionar ao aluno uma aprendizagem que lhe permita adquirir novas competências e habilidades em função do perfil exigido pelo mercado e em conformidade com a Portaria Inep de nº 240. Entretanto, existe a necessidade de inovar o modelo de ensino e aprendizagem para contemplar as novas gerações de alunos que possuem um perfil incompatível com o modelo tradicional de ensino, para que se consiga realmente atingir esses objetivos.

O ensino de redes de computadores já é um desafio, devido à quantidade de disciplinas que envolvem um número significativo de conceitos puramente técnicos. Dessa forma, o professor pode introduzir os conceitos por meio do ensino teórico, mas depende da aplicação prática desses conceitos para consolidar o aprendizado. O problema é que, na maioria das vezes, o professor se depara com a ausência de laboratórios físicos para complementar a teoria. Sabe-se que no ensino de redes de computadores, a ausência de laboratórios físicos devidamente equipados se deve ao alto custo e a taxa elevada de obsolescência de equipamentos como *switchs*, roteadores, servidores, entre outros.

Segundo Pinheiro et. al. (2009), é possível trabalhar em ambientes tecnologicamente equipados, com o melhor do mercado, desde que a instituição possa investir regularmente uma boa quantia financeira. Também, é importante lembrar que mesmo existindo a disponibilidade de um conjunto de equipamentos, somente um pequeno grupo de alunos por vez pode realizar a atividade prática, já que tais equipamentos oferecem, tipicamente, a possibilidade de serem gerenciados por um ou dois administradores e não foram projetados para gerenciamento concorrente. Também não se pode esquecer que os laboratórios físicos não permitem grande flexibilidade de configurações para contemplar um maior número de disciplinas. Sendo assim, Voss et. al. (2013) afirmam que a utilização de um laboratório real de ensino pode ser muito onerosa, pois envolvem investimentos em infraestrutura, funcionários (e.g., professores,

monitores/tutores de laboratório, etc.), além de outras restrições como limite de horários, disponibilidade de espaços físicos (i.e., para comportar um número maior de alunos/turmas).

Segundo Fillipetti (2008), apenas grandes centros educacionais dispõem de verba suficiente para arcar com a construção de um laboratório físico de redes de computadores que suporte a aplicação de grande parte das teorias vistas em salas de aula, mas ainda assim, não conseguem atender os alunos em sua totalidade devido à limitação de tempo para utilização da infraestrutura. Com base nesse contexto, é possível evidenciar que o ensino e aprendizagem ficam prejudicados diante das restrições impostas pela forma tradicional de ensinar, caso a instituição de ensino não busque alternativas para contemplar boa parte do ensino prático necessário.

## **2.2 Realidade virtual na educação**

Tendo em vista os desafios enfrentados pelas IES, relacionados ao perfil das novas gerações e a disponibilização de infraestrutura, pesquisadores tem apresentado propostas de desenvolvimento e inserção de plataformas digitais no processo de ensino e aprendizagem. A ideia de utilização das TIC na educação vem crescendo de forma acelerada, de forma que o “computador” pode ser considerado um instrumento indispensável no processo educacional, tendo em vista as inúmeras contribuições que tem proporcionado para a construção do conhecimento nos mais diversos campos das ciências. Considerando o novo perfil dos alunos e o método de inversão da sala de aula, a utilização das TIC como ferramentas de apoio ao ensino e aprendizagem podem despertar o interesse do aluno na aprendizagem do conteúdo e ainda auxiliar o professor em todos os momentos de aula.

Embora o foco deste trabalho seja relacionado ao uso de simuladores na educação, existem outras propostas, relacionadas a TIC na educação, que podem também contribuir para o processo de ensino e aprendizagem dentro da Sala de Aula Invertida. Dentre as propostas apresentadas, muito se fala em plataformas com recursos de realidade virtual. São jogos, ambientes virtuais, entre outros, cujo o objetivo é cativar e proporcionar ao aluno um conhecimento de forma mais interativa e prazerosa. A realidade virtual, segundo Marins et. al. (2007), permite que o aprendiz experimente o conhecimento de forma interativa e aprenda sobre um assunto a partir de sua imersão no próprio contexto, tendo em vista a sensação de concretude

proporcionada pela realidade virtual devido aos seus aspectos de interatividade, imersão e navegação. Ainda, segundo os autores:

A Realidade Virtual é uma das possibilidades que as tecnologias da informação e da comunicação oferecem para tratar os conteúdos educativos visando cativar a atenção do aluno, interferindo positivamente na motivação para aprender e na retenção desse aprendizado. Para obtermos um melhor aproveitamento das possibilidades apresentadas pela Realidade Virtual no campo da educação, é preciso, no entanto, identificar métodos e técnicas adequadas para a construção desses conteúdos de aprendizagem e testar sua eficiência (Marins et. al., 2007).

De acordo com Clark (2006) a Realidade Virtual pode ser usada para fazer com que o processo de aprendizagem se torne mais interessante e divertido, melhorando e despertando a motivação e o interesse do aluno. O autor ainda chama a atenção para as inúmeras possibilidades de explorar ambientes do mundo real de acesso muitas vezes impossível, como por exemplo: explorar um planeta como Marte, viajar dentro do corpo humano, fazer explorações no fundo mar ou dentro de cavernas, visitar lugares muito pequenos, como o interior de moléculas, lugares muito caros ou muito longe, ou ainda visitar um ambiente histórico de um passado distante.

Segundo Psozka (2013), a inserção dos alunos no mundo virtual pode apresentar novas maneiras de construir o conhecimento e tornar possível que a educação acompanhe a evolução tecnológica. O autor também faz uma abordagem sobre a barreira curricular existente, que não se adapta totalmente a novas maneiras de construir o conhecimento até que se comprovem com resultados satisfatórios a eficácia deste tipo de método. O resultado de estudos com a utilização de ambientes virtuais combinados com ambientes reais oferece um suporte educacional que contribui para melhor aprendizagem e absorção de conteúdos didáticos por abordar uma maneira diferenciada de ensino.

O uso de ambientes virtuais é crescente e tem trazido muitas contribuições para diversas áreas do conhecimento, como por exemplo, medicina, ciência da computação, engenharia, educação, entre outras. No ensino da medicina, Machado et. al. (2011) apresentaram uma proposta de *serious games*<sup>3</sup> baseados em Realidade Virtual como suporte na aprendizagem de conteúdos específicos da área médica, destacando carências e lacunas que evidenciam oportunidades de pesquisa e desenvolvimento. O aspecto lúdico e educacional dos *serious games*, segundo os autores, torna este tipo de jogo uma importante ferramenta para o ensino, treinamento e

---

<sup>3</sup> *Serious games*, é uma classe de jogos que visa, principalmente, simular situações práticas do dia a dia, com o objetivo de proporcionar o treinamento de profissionais, a tomada de decisão em situações críticas, a conscientização de crianças, jovens e adultos, e a educação em temas específicos (ZYDA, 2005, p 25-39)

simulação de práticas médicas, tendo em vista que o jogador utiliza seus conhecimentos para resolver problemas, conhecer novas situações, tomar decisões e desenvolver habilidades específicas. Os autores destacaram no artigo a importância da Realidade Virtual no processo de ensino e aprendizagem de conteúdos médicos, tendo em vista as dificuldades encontradas na obtenção de materiais de laboratório, validação de produtos, limitações e riscos durante treinamentos em procedimentos médicos. Segundo eles, tais jogos podem se tornar importantes aliados do ensino na área médica, já que o uso de aplicações desta natureza é capaz de prover meios efetivos de treinamento por meio da reprodução de situações reais, podendo beneficiar tanto alunos quanto profissionais, e complementam:

Atualmente, os *serious games* que exploram a tecnologia de RV utilizam recursos computacionais específicos, que oferecem realismo e interatividade em tempo real. A visualização estereoscópica, que fornece profundidade às imagens gráficas do computador; os dispositivos de interação, como luvas e o Nintendo Wii, além do tradicional uso do mouse e do teclado; a solução de problemas de processamento gráfico (*rendering*) e de modelagem tridimensional de objetos; e o uso de métodos de simulação física para deformação visual de materiais são exemplos de características comuns aos *serious games* e à Realidade Virtual. (Machado et al, 2011)

Durante a abordagem sobre os *serious games* baseados em Realidade Virtual, Machado et. al. (2011) descreveram as três categorias voltadas para o ensino e aprendizagem: conscientização, construção de conhecimentos e treinamento. De acordo com o artigo, jogos voltados para a conscientização exigem do jogador um raciocínio para driblar as causas do problema ou buscar possibilidades de minimizá-lo, enquanto conhece suas particularidades. Na categoria de construção do conhecimento, o jogador precisa ter conhecimentos prévios para chegar à solução do problema, já que o objetivo principal dessa categoria é verificar se o jogador conhece o assunto e sabe identificar ou propor novas soluções, realizando atividades dependentes do conhecimento abordado. Já a categoria com a finalidade de treinamento é a que tende a apresentar jogos com maior realismo e empregar dispositivos especiais na interação com o jogador, pois além de exigir as habilidades das outras categorias, proporcionam meios de realizar tarefas repetidas vezes, permitindo verificar a acurácia e destreza do jogador.

Machado et. al. (2011) também fizeram uma abordagem sobre os desafios no desenvolvimento de jogos para o ensino e aprendizagem médica, pois a abordagem dos *serious games* baseados em Realidade Virtual era pouco explorada na educação médica, sendo mais comum em aplicações de treinamento em outros campos. A hipótese levantada pelos autores sobre a falta de aplicações de treinamento para a área médica poderia estar relacionada ao custo inicial relativamente alto para o desenvolvimento e disponibilização dos jogos, tendo em vista que grande parte destes utilizam equipamentos não convencionais para interação com o jogador.

Mas também afirmaram que a compra dos equipamentos pode melhorar a relação custo-benefício à medida que estes sejam difundidos e aplicados em larga escala, inclusive podendo ocorrer a diminuição da necessidade de laboratórios físicos que envolvam a aquisição e manutenção de cobaias e cadáveres.

Na conclusão do artigo, Machado et. al. (2011) afirmaram que ficou comprovado a importância dos jogos baseados na Realidade Virtual como aliados no processo educacional, visto que com a Realidade Virtual é possível obter o realismo desejado, e ainda comprovar que aprender pode ser divertido e jogar pode ser uma atividade séria.

Na área computação, segundo Piteira e Haddad (2011), algumas disciplinas apresentam altas taxas de abandono e retenção do aluno, causadas pela dificuldade em compreender conceitos abstratos pelo método de ensino tradicional, que são baseados em aulas expositivas sem interações entre os alunos, gerando baixa motivação e, conseqüentemente, a falta de interesse em aprender. Tendo em vista essas dificuldades, muitos pesquisadores têm direcionando suas pesquisas para o ensino e aprendizagem baseados em realidade virtual, proporcionando ambientes mais atrativos, voltados para jogos, realidade virtual e aumentada, entre outros.

Herpich et. al. (2014) também apresentaram um trabalho baseado em Realidade Virtual, porém fazendo uma análise da utilização do CyberCIEGE na disciplina de Segurança em Redes de Computadores, a estudantes do quinto período do Curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), possibilitando simulações da parte prática da disciplina como forma de complementação da teoria apresentada em sala de aula. A opção pelo CyberCIEGE, segundo os autores, foi porque é um jogo que disponibiliza um ambiente de simulação voltado para os principais conceitos de segurança de redes, apresentando ainda diversas opções de cenários (firewalls configuráveis, Redes privadas virtuais (VPNs), mecanismos de controle de acesso, entre outros), possibilidade de implementação de novos cenários e um vasto material de apoio para alunos e professores.

Para utilização do CyberCIEGE é necessário que o aluno tenha conhecimentos prévios dos conceitos de Redes de Computadores, sendo assim, segundo Herpich et. al. (2014) na primeira etapa foram ministradas aulas abordando diversos conceitos relacionados à Segurança da Informação e suas ferramentas e, na segunda etapa, foi realizada a aplicação do jogo em sala de aula, sendo distribuídos diferentes cenários para concretizar os objetivos propostos. A partir dos cenários, os alunos tiveram que aplicar os conhecimentos prévios, vistos na primeira etapa, para apresentar a solução do problema para cada um dos cenários. Lembrando que o objetivo

principal do CyberCIEGE é disponibilizar recursos para que o jogador os utilize da melhor maneira para defender a rede de ataques.

Herpich et. al. (2014) dividiram a análise dos resultados em duas etapas, sendo a primeira baseada na esquematização dos cenários existentes no jogo com os tópicos correspondentes à ementa da disciplina de Redes de Computadores da UFSM do curso de Sistemas de Informação (Tabela 2). Na segunda etapa, após ter sido aplicado o jogo CyberCIEGE, os autores fizeram uma análise com base numa avaliação submetida aos alunos, na qual foram questionados sobre os objetivos de cada fase, as ações adotadas para a solução dos problemas, contribuições e dificuldades encontradas na utilização da ferramenta.

**Tabela 2** :Compatibilidade do CyberCIEGE com ementa Redes de Computadores

<b>Ementa da Disciplina de Redes de Computadores da UFSM</b>	<b>Cenários do CyberCIEGE</b>
Introdução a Redes de Computadores	Todas se aplicam.
Meios de Transmissão: guiados e não guiados	6, 7, 8 e 11.
Extensão e Segmentação da Rede	5, 6, 7, 8 e 11.
Gerência de Redes de Computadores	Todas se aplicam.
Segurança de Redes de Computadores	6, 7, 8 e 10.
✓ Conceitos Básicos	1, 2, 3, 4, 5 e 11.
✓ Ameaças	Todas se aplicam.
✓ Ataque e Defesa	1, 2, 3, 6, 9 e 11.
✓ Políticas de Segurança	Todas se aplicam.
✓ Mecanismos de Segurança	4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10.
✓ Principais Vulnerabilidades	1, 2, 3, 4 e 5.
✓ Técnicas para Exploração de Vulnerabilidades	1, 2, 3, 4, 6 e 11.
✓ Técnicas para Obtenção de Informação	1, 2, 3 e 4.
✓ Ferramentas para Intrusão	6 e 11.

**Fonte:** Herpich et. al. (2014)

Segundo Herpich et. al. (2014), a interação dos alunos com o jogo CyberCIEGE proporcionou a prática do conhecimento construído em sala de aula e, a partir da conclusão das fases e dos resultados apresentados pelo próprio jogo, foi possível observar o nível de conhecimento assimilado com base no nível de experiência que o aluno alcançou para cada cenário concluído. Para trabalhos futuros, o interessante foi a proposta de implementação de novos cenários, enfatizando novos objetivos e desafiando o estudante em outros assuntos de segurança em redes.

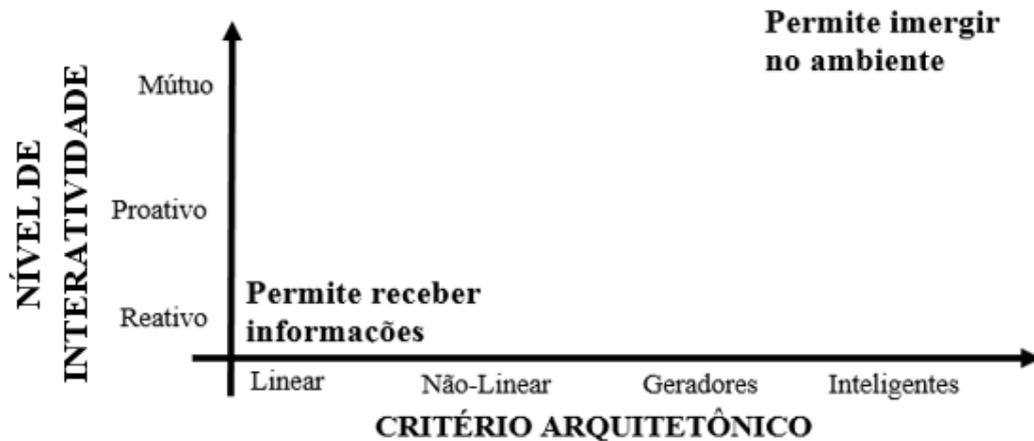
Como já foi citado anteriormente, mesmo que a IES disponha de verba suficiente para arcar com a construção de laboratórios físicos de redes de computadores que suporte à aplicação de grande parte das teorias vistas em salas de aula, ainda assim, não existe a possibilidade de atender os alunos em sua totalidade devido à limitação de tempo e espaço para utilização da infraestrutura. Sendo assim, é importante a inserção de laboratórios virtuais no processo de ensino e aprendizagem para suprir parte dessa demanda, porém, segundo Marins et. al. (2007), “para obter um melhor aproveitamento das possibilidades apresentadas pela Realidade Virtual no campo da educação, é preciso, no entanto, identificar métodos e técnicas adequadas para a construção desses conteúdos de aprendizagem e testar sua eficiência”. Diante dessa necessidade vale destacar duas propostas de avaliação de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVA) apresentadas em 2011 e 2012 como uma opção para o desenvolvimento de atividades práticas sem a necessidade de utilização dos espaços da Instituição de Ensino.

Os LVA consistem em plataformas digitais que oferecem ao aluno acesso a experimentos, a partir de um ambiente virtual capaz de reproduzir um laboratório real, compensando a falta de disponibilidade e interatividade comuns a estruturas físicas de laboratórios.

O primeiro trabalho, apresentado por Amaral et. al. (2011) propôs uma taxonomia para avaliação dos níveis de interatividade e de suporte oferecido pela arquitetura aplicada nos LVA. No trabalho, os autores estabeleceram como pontos principais a abordagem sobre os laboratórios de aprendizagem, com ênfase nos LVA, a apresentação da taxonomia e em seguida sua aplicação em dois laboratórios virtuais, sendo um de Matemática e o outro de Química. Inicialmente fizeram uma abordagem sobre a importância dos laboratórios de aprendizagem na complementação do conhecimento dando maior ênfase nos LVA, afirmando que estes são baseados em simuladores e por isso não há limitação de recursos por número de alunos, podendo ser acessado a qualquer momento e sem maiores restrições.

Em relação a proposta de uma taxonomia para LVA, Amaral et. al. (2011) afirmaram que os laboratórios virtuais podem contribuir para auxiliar o professor e favorecer a autonomia dos alunos, estimulando-os na construção de conhecimentos mais significativos. Entretanto, segundo os autores, é importante lembrar que os LVA podem contribuir de maneira significativa desde que apresentem interface amigável, ergonômica, sólida em relação ao conteúdo abordado e eficiente quanto à organização lógica do seu funcionamento. Com base nestas características, Amaral et. al. (2011) desenvolveram uma taxonomia para validação dos

LVA, a partir do nível de interatividade da aplicação e dos critérios de sua arquitetura. A Figura 3 mostra a representação gráfica da taxonomia proposta pelos autores.



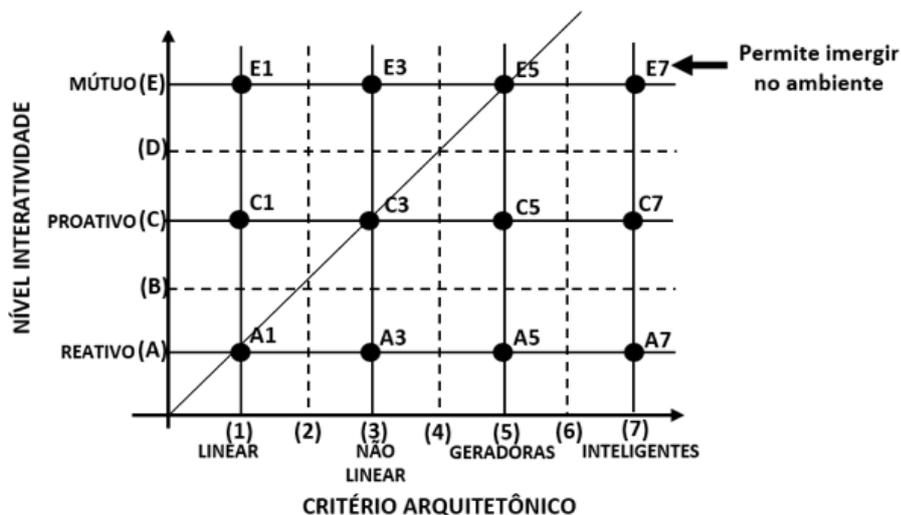
**Figura 3:** Representação da taxonomia para validação de LVA  
**Fonte:** Amaral et. al. (2011)

Como pode ser observado na representação da taxonomia, o eixo horizontal apresenta o critério arquitetônicos da estrutura do LVA e, segundo Amaral et. al. (2011) essa dimensão está relacionada a programação do laboratório, ou seja, se dispõe ou não de mais recursos que possam facilitar a interação do usuário. Um LVA considerado mais limitado em termos de ambiente é situado no gráfico como uma arquitetura de programação linear e um LVA que dispõe de mais recursos tende a estar situado como uma arquitetura de critério arquitetônico inteligente. Já o eixo vertical define qual nível de interatividade um LVA proporciona ao usuário. Então, quanto mais interativo for o LVA, mais próximo estará do nível de interatividade mútuo. É importante destacar que variáveis (níveis e critérios) utilizados na representação da taxonomia foram relacionadas e/ou adaptadas por Amaral et. al. (2011) partir dos trabalhos de Gilberto Santos (2001) e de Schwier e Misanchuk (1994).

Os critérios arquitetônicos foram classificados por Santos (2001, *apud* Amaral et al., 2011) e divididos em quatro tipos distintos: linear, ramificado, gerador e inteligente. Sendo o linear baseado no funcionamento voltado para estímulo-resposta e o inteligente fundamentado nos princípios da inteligência artificial. Já os níveis de interatividade, segundo Schwier e Misanchuk (1994, *apud* Amaral et al., 2011)

[...] de um determinado sistema pode ser classificado de acordo com 4 diferentes níveis: nível 1, caracterizado por uma baixa interatividade; o nível 2 é identificado por um grau intermediário de interação; um alto grau de interatividade é identificado no nível 3 por meio da união de diferentes mídias; e o nível 4 é definido pela união de todas mídias disponíveis em um único ambiente, com o domínio de inovações futuras.

Para validar a proposta, Amaral et al. (2011) utilizaram os pontos de cruzamento entre os eixos horizontal e vertical de uma matriz 5x7 (Figura 4) com os quais é possível identificar os limites do nível de interatividade e dos critérios arquitetônicos para classificar em qual categoria um determinado LVA pode se encaixar. Segundo os autores a linha que cruza a matriz demonstra as fronteiras de interatividade imposta pelos critérios arquitetônicos.



**Figura 4:** Taxonomia proposta por Amaral et. al. (2011)

**Fonte:** Amaral et. al. (2011) adaptado pelo autor

Para validar a taxonomia, Amaral et. al. (2011) avaliaram dois laboratórios virtuais de aprendizagem, sendo um na área de matemática e outro de química. Com o resultado da experiência, segundo os autores, ficou demonstrada a eficiência da matriz na categorização dos LVA nos níveis de interatividade e arquitetura funcional.

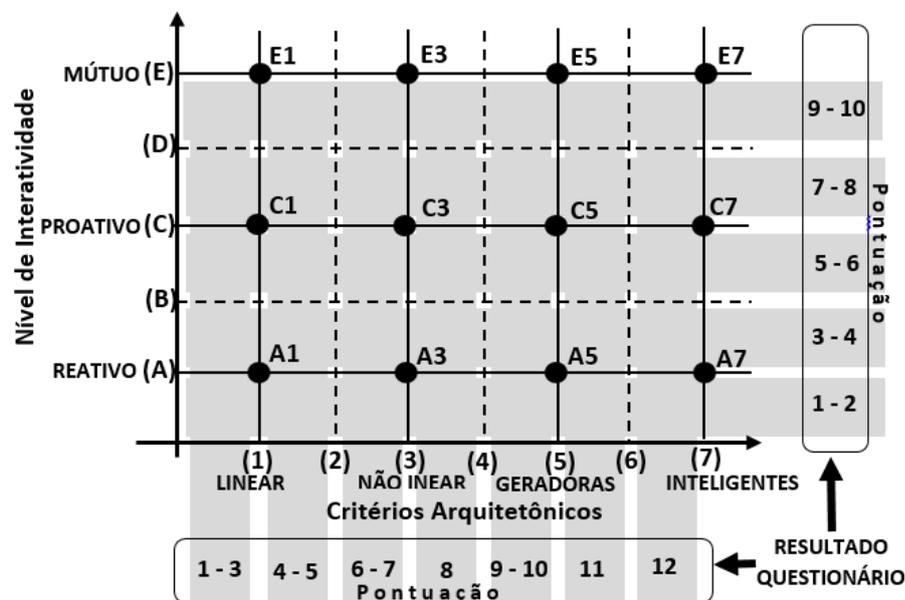
Uma nova pesquisa mais abrangente para validar a taxonomia foi proposta por Ávila et. al. (2012), e contou com a avaliação feita por um grupo de 12 (doze) professores sobre um conjunto de seis LVA. Tendo em vista que os LVA eram de área distintas do conhecimento e localizados em diferentes instituições de Ensino superior (PUCRS, UNISINOS, USP, UFRS), cada um deles foi avaliado por dois professores locais. A ideia foi identificar a percepção dos professores em relação ao uso dos laboratórios virtuais em atividades didáticas, por meio de um questionário com questões elaboradas e organizadas de modo a elencar informações que pudessem categorizar o LVA. Como pode ser observado na Tabela 3, Ávila et. al. (2012) formularam questões visando obter informações específicas para a classificação pontual em cada eixo da taxonomia.

**Tabela 3:** Relação de perguntas destinadas à Classificação de LVA segundo a Taxonomia

Nível de Interatividade	Crítérios Arquitetônicos
O Laboratório Virtual de Aprendizagem permite uma participação ativa do usuário?	A partir de sua experiência com o uso deste Laboratório Virtual de Aprendizagem, qual a linha de concepção pedagógica presente?
Qual o contato do aluno com o sistema?	O conteúdo explorado no LVA obedece alguma sequência?
Qual o nível de colaboração disponibilizado pela aplicação?	Qual o papel do aluno frente ao LVA?
	Em relação a estrutura do LVA, fornece diferentes caminhos, com estruturas pré-definidas ou não?

Fonte: Ávila et. al. (2012) adaptado pelo autor

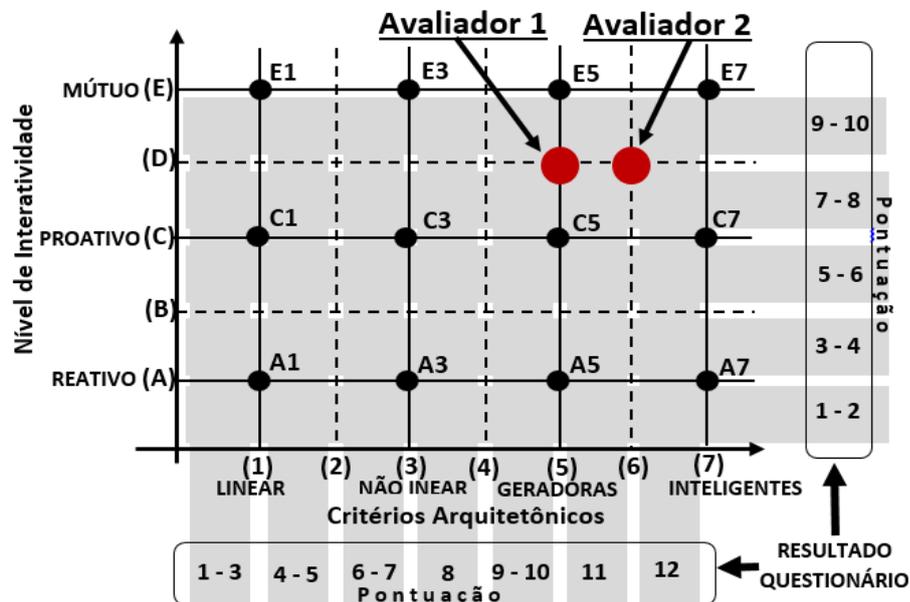
Para obter a classificação, Ávila et. al. (2012) definiram a pontuação baseada no valor de cada resposta com o montante dos valores das questões respondidas, sendo que a faixa de classificação do Nível de Interatividade, pode assumir valor de 1 a 10 pontos e em relação aos Crítérios Arquitetônicos a faixa pode alcançar de 1 a 12 pontos (Figura 5).



**Figura 5:** Faixas de classificação da taxonomia  
Fonte: Ávila et. al. (2012) adaptado pelo autor

Na seção dos resultados, Ávila et. al. (2012) apresentaram as avaliações dos seis laboratórios virtuais realizadas pelo grupo de professores e partir daí os autores fizeram uma análise dos laboratórios com base na taxonomia. Dos seis laboratórios virtuais em questão, um deles foi o

Cisco Packet Tracer e tendo em vista que o mesmo é objeto desta pesquisa é interessante apresentar a sua classificação segundo a taxonomia de validação de LVA (Figura 6) proposta por Ávila et. al. (2012).



**Figura 6:** Resultado da análise do Cisco Packet Tracer na taxonomia  
Fonte: Ávila et. al. (2012) adaptado pelo autor

Sobre as respostas relacionadas ao Cisco Packet Tracer, segundo Ávila et. al. (2012) foi possível identificar que as avaliações dos participantes convergiram a uma mesma pontuação, na qual o primeiro avaliador caracterizou o Cisco Packet Tracer como um LVA de categoria D5 e o segundo o avaliou como um LVA de categoria D6. De acordo com a matriz é visível que na interpretação dos avaliadores a interação com o usuário, proporcionada pela ferramenta, ficou acima do nível correspondente a um alto grau de interatividade e o critério arquitetônico foi classificado pontualmente como Gerador pelo primeiro avaliador, ficando acima de Gerador, na visão do segundo avaliador. Dessa forma, ficou demonstrado que o Cisco Packet Tracer apresenta um alto nível de interatividade com usuário e oferece uma gama de recursos que o classifica como um software inteligente.

Nas considerações finais, Ávila et. al. (2012) destacaram que nenhum dos LVA ficou abaixo do nível intermediário, embora a avaliação tenha sido feita por dois avaliadores gerando resultados diferentes, porém, bem semelhantes, comprovando a eficiência da matriz de classificação adotada.

Com o desenvolvimento de novas ferramentas baseadas em realidade virtual, a educação passou a contar com aplicações tecnológicas inovadoras que podem contribuir para melhorar o entendimento e a compreensão dos mais variados assuntos. São simuladores, jogos e ambientes virtuais de todos os tipos, desde os mais simples aos mais avançados, sendo utilizados para proporcionar ao usuário experiências cada vez mais próximas da realidade.

Em relação ao desenvolvimento de novas ferramentas é importante destacar o trabalho de Marçal et. al. (2005), que apresentou um framework para o desenvolvimento de aplicações educacionais voltadas para dispositivos móveis com recursos de realidade virtual. O framework proposto por Marçal et. al. (2005) foi o VirTraM (*Virtual Training for Mobile Devices*), tendo em vista que é um modelo orientado a objetos reutilizáveis, ou seja, é formado por um conjunto de classes que podem ser adaptadas pelo programador para o desenvolvimento de aplicações educacionais específicas e inovadoras, que incorporam recursos de realidade virtual em dispositivos móveis. No contexto educacional, o framework proposto pelos autores facilita o desenvolvimento de aplicações móveis abstraindo os detalhes de implementação, ou seja, tornando a tarefa de desenvolvimento de aplicativos mais simples, sem comprometer a eficiência da aplicação.

Ainda, segundo Marçal et. al. (2005), as aplicações desenvolvidas a partir do VirTraM atendem os principais requisitos de softwares voltados para treinamentos utilizando dispositivos móveis com recursos de realidade virtual. Dentre os requisitos, os autores citaram a mobilidade, interatividade, portabilidade, facilidade de uso, informação essencial e conteúdo.

Em relação ao requisito de mobilidade, Marçal et. al. (2005) destacaram a independência de conexão para o funcionamento do aplicativo, visando não interromper a aprendizagem em caso de falta de comunicação e a possibilidade de acessá-lo em qualquer lugar e a qualquer hora. Quanto à interatividade e portabilidade, os autores afirmaram que o usuário deve ter autonomia para navegar livremente dentro do ambiente virtual e poder utilizá-lo sem se preocupar com a plataforma de sistema operacional. O destaque dado aos outros requisitos foram relacionados ao tipo de interface com o usuário e a importância do foco em informações e conteúdos atualizados para possibilitar melhor entendimento do ambiente virtual.

Para validar a ferramenta, Marçal et. al. (2005) desenvolveram um protótipo a partir do VirTraM, utilizando recursos de realidade virtual para simular um museu real ou imaginário, a fim de propiciar aos alunos visitas virtuais interativas e aumentar a motivação na construção do conhecimento sobre acervos de museus. O protótipo desenvolvido é composto por duas salas,

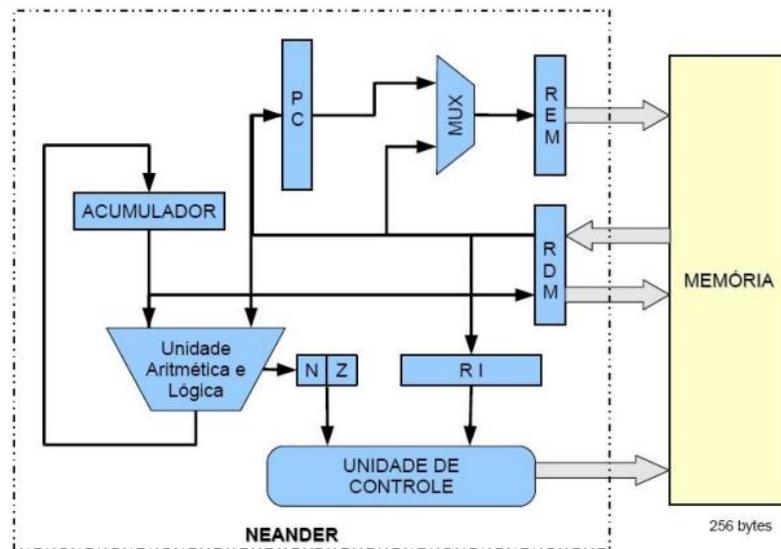
com quadros e uma escultura, possibilitando o visitante navegar pelas salas, utilizando as teclas do telefone celular, visualizando tudo em três dimensões.

É importante destacar que o protótipo de Marçal et. al. (2005) foi desenvolvido numa época em que a tecnologia dos celulares ainda era restrita para a utilização dos teclados físicos, as telas não eram *touchscreen* e bem menores que as atuais. Apesar de todas as limitações tecnológicas da época, com o protótipo desenvolvido por Marçal et. al. (2005) era permitido ao usuário

[...] ora movimentar-se, ora movimentar o apontador, ou ainda movimentar um objeto 3D. Ao selecionar um objeto 3D, um menu aparecia e o usuário podia escolher entre consultar a descrição daquela obra ou executar uma animação associada, caso existisse. É importante ressaltar que o protótipo implementado utiliza o conceito de realidade virtual não imersiva, a qual o usuário não necessita de equipamentos sofisticados como luvas 3D ou óculos especiais.

Marçal et. al. (2005) concluíram o trabalho apresentando as contribuições que o protótipo desenvolvido trouxe para a construção do conhecimento, demonstrando a integração entre o ambiente tridimensional e o conteúdo educativo, sem complicar a usabilidade da aplicação e considerando as restrições do visor do dispositivo. Os autores também concluíram que a partir da evolução do VirTraM é possível desenvolver aplicações baseadas em realidade virtual para as outras áreas do conhecimento. Como trabalho futuro, Marçal et. al. (2005) citaram a possibilidade de o visitante ser guiado em um ambiente real, utilizando tecnologias de localização automática incorporada ao aplicativo.

Embora a realidade virtual se destaque em muitas plataformas, não se pode desconsiderar a inserção de informações e objetos virtuais no mundo real, ou seja, ao invés de entrarmos num mundo tridimensional, são as imagens, objetos ou pontos geográficos em 3D que imergem no nosso mundo, proporcionando mais interatividade e movimento com um aspecto lúdico. São as plataformas conhecidas como Realidade Aumentada. No ensino e aprendizagem da disciplina de Arquitetura de Computadores, tendo em vista a dificuldade de disponibilizar laboratórios que atendam a demanda real do aluno, Brum et al. (2015) apresentaram uma metodologia de aplicação da realidade aumentada, cujo objetivo foi proporcionar um objeto interativo e divertido de aprendizagem ativa capaz de tornar mais significativo o processo ensino e aprendizagem do aluno, visto que esta é uma das disciplinas fundamentais dos cursos da área de computação. A ideia dos autores era demonstrar ao aluno o funcionamento interno de um modelo da arquitetura do processador Neander (Figura 7) em um modelo tridimensional, como se o mesmo estivesse utilizando uma plataforma de jogos em 3D.



**Figura 7:** Arquitetura do Processador Neander  
 Fonte: (Borges e Silva, 2006)

Segundo Brum et. al. (2015), o ensino de Arquitetura de Computadores é carente de materiais didáticos que possibilitem a visualização das sequências de interações entre os componentes de uma arquitetura e organização de computadores, sendo que a visualização dessa interação entre os componentes pode facilitar para um aluno iniciante o entendimento de suas funções. Diante dessa necessidade os autores fizeram uma análise de duas ferramentas voltadas para desenvolvimento de aplicações em Realidade Aumentada para saber qual seria mais adequada para o ensino e aprendizagem de Arquitetura de Computadores. A primeira a ser analisada foi o ARToolKit, ferramenta que possibilita o desenvolvimento de aplicações que permitem posicionar um objeto tridimensional em cena no mundo real, sendo esta uma forma de interação do usuário com a aplicação. Além de ser uma ferramenta que apresenta boas possibilidades, segundo Brum et. al. (2015) o ARToolKit pode ser baixado gratuitamente, possui código aberto, rápida para aplicações em tempo real e funciona nas principais plataformas de sistemas operacionais existentes. O *Flash Augmented Reality Authoring System* (FLARAS) foi a segunda ferramenta analisada e difere do ARToolKit devido a maior quantidade de recursos disponibilizados, foi elaborada a partir das ferramentas FLARToolKit e SACRA e suas aplicações são executadas diretamente no navegador através do Adobe Flash Player, necessitando de poucos recursos tecnológicos. A partir da análise, Brum et. al. (2015) elaboraram uma tabela comparativa entre as duas ferramentas, baseada nas possíveis necessidades adequadas ao propósito do ensino de Arquitetura de Computadores (Tabela 4). Ainda, segundo os autores, com base na tabela foi possível verificar que a ferramenta FLARAS

possui uma maior quantidade de respostas favoráveis (FLARAS possui 12 respostas favoráveis contra 6 respostas favoráveis do ARToolKit) em relação as questões elaboradas, e, em função disto, ela foi escolhida para ser utilizada no trabalho.

Brum et. al. (2015) concluíram o trabalho reforçando as possibilidades que a ferramenta FLARAS proporciona no desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada e já considerando para a próxima fase, a conclusão da modelagem da organização do Neander, para assim, projetar uma forma de demonstrar as interações entre seus componentes. A ideia segundo os autores é que durante o desenvolvimento das simulações, sejam feitas apresentações de versões preliminares do objeto de aprendizagem para os alunos da turma de Introdução a Arquitetura de Computadores, de forma a obter dados para validar a aplicação. Para trabalhos futuros, a proposta de Brum et. al. (2015) é a utilização da tecnologia para arquiteturas mais complexas.

**Tabela 4:** Comparativo entre as ferramentas Flaras e ARToolkit

Questões	FLARAS	ARToolkit
A ferramenta dispõe de uma tela que diretamente ativa a webcam?	<b>SIM</b>	<b>SIM</b>
É possível visualizar em tela cheia?	<b>NÃO</b>	<b>SIM</b>
A ferramenta reconhece objetos do tipo .wrl?	<b>NÃO</b>	<b>SIM</b>
A ferramenta reconhece objetos do tipo .kmz?	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
É possível adicionar áudio aos modelos 3D?	<b>SIM</b>	<b>SIM</b>
É necessário conhecimento de bibliotecas para adicionar áudio aos modelos 3D?	<b>NÃO</b>	<b>SIM</b>
É possível adicionar outros tipos de arquivos?	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
A ferramenta possibilita criação ou alteração de marcadores?	<b>NÃO</b>	<b>SIM</b>
É possível associar mais de um objeto ao mesmo marcador?	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
A ferramenta possui menus com possibilidades de interação?	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
O visual da ferramenta facilita no aprendizado?	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
O processo de importar arquivos é intuitivo?	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
O aluno precisará necessariamente de suporte ou manual ao usar essa ferramenta?	<b>NÃO</b>	<b>SIM</b>
É possível interação com a aplicação através do teclado?	<b>SIM</b>	<b>SIM</b>
É necessário conhecimento de alguma linguagem para fazer interação com o teclado?	<b>NÃO</b>	<b>SIM</b>

**Fonte:** Brum et. al. (2015)

### 2.3 Sala de Aula Invertida ou *Flipped Classroom*

A revolução tecnológica vem proporcionando novas formas de adquirir conhecimento, contribuindo para facilitar na formação acadêmica dos alunos, acabando com as distâncias e colocando-os frente a um leque de opções rumo a construção do conhecimento. Inclusive, é importante lembrar que o perfil do novo aluno mudou muito nos últimos anos, a nova geração é mais dinâmica e muito dependente da tecnologia, visto que já nasceram em meio a uma parafernália tecnológica. Diante desse cenário, é perceptível que o modelo tradicional de ensino não é compatível com o perfil das novas gerações e nem mesmo com as novas competências exigidas dos aprendizes.

Com base nessa nova demanda, diversas instituições têm buscado novos métodos de ensino e aprendizagem, dentre os quais o chamado *flipped classroom* tem se destacado. A *flipped classroom*, cuja tradução livre é a “Sala de Aula Invertida”, está sendo considerada uma boa alternativa em relação ao modelo tradicional de ensino, tendo em vista que os alunos estudam os conteúdos teóricos em casa antes da aula presencial, de forma que a aprendizagem na sala de aula passa a ser mais ativa, voltada para atividades de solução de problemas, projetos, discussões ou debates, laboratórios, entre outros (Figura 8).



**Figura 8:** Método Flipped Classroom

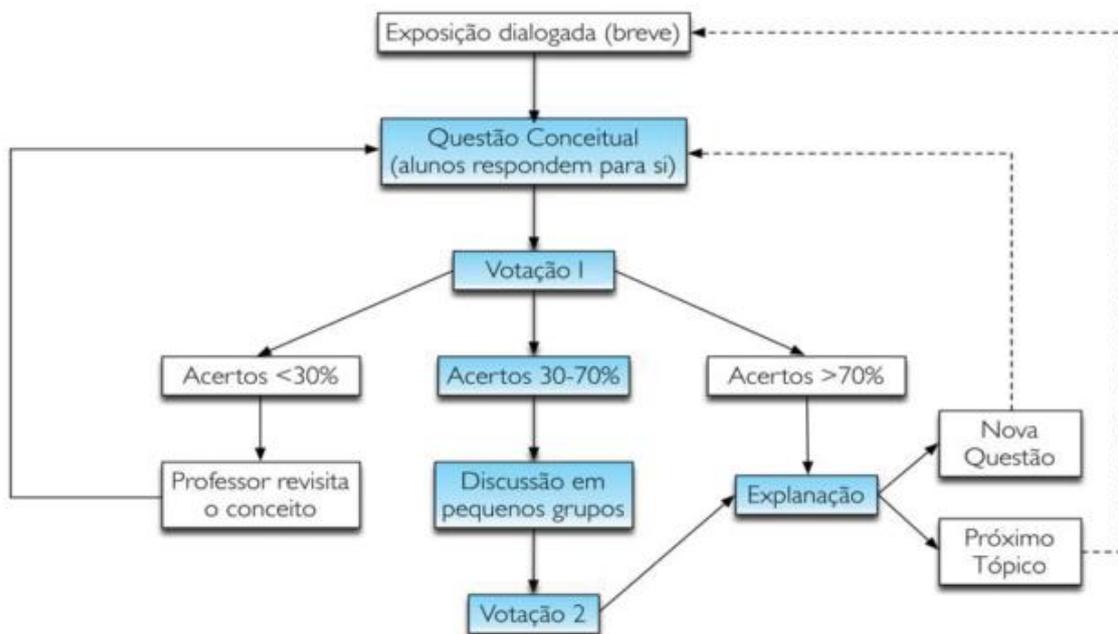
Fonte: próprio autor

Graças às inovações tecnológicas, os conteúdos teóricos podem ser disponibilizados em formato multimídia, baseados em vídeos, arquivos de áudio, animações, entre outros, permitindo que o aluno possa estudar utilizando o próprio smartphone, um *tablet* ou qualquer outro recurso de multimídia compatível. Segundo Valente (2014):

Essas tecnologias têm alterado a dinâmica da escola e da sala de aula como, por exemplo, a organização dos tempos e espaços da escola, as relações entre o aprendiz e a informação, as interações entre alunos, e entre alunos e professor. A integração

das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) nas atividades da sala de aula tem proporcionado o que é conhecido como *blended learning* ou ensino híbrido, sendo que a "Sala de Aula Invertida" (*flipped classroom*) é uma das modalidades que têm sido implantadas tanto no Ensino Básico quanto no Ensino Superior.

Na verdade, a *Flipped Classroom* não é um método de ensino novo, os primeiros estudos relacionados à inversão da sala de aula foram propostos nos anos 90. Em 1991, o Prof. Eric Mazur, da Universidade de Harvard (EUA), introduziu o método *Peer Instruction* (PI) (Figura 9) em uma disciplina de Física básica nessa mesma universidade. O método, desenvolvido por ele e publicado em 1997, é baseado no estudo prévio pelo aluno e na interação com seus colegas de classe em discussões sobre questões conceituais mediadas pelo professor, tendo como objetivo modificar comportamentos em sala de aula e fazendo com que todos se envolvam com o conteúdo ensinado, por meio de questionamentos estruturados, promovendo o aprendizado colaborativo (Mazur, 1997).



**Figura 9:** Modelo Peer Instruction do Prof. Eric Mazur  
Fonte: Mazur (1997)

Em 1993, a Professora Alison King publicou um artigo destacando a importância do uso do tempo de aula para a construção de uma aprendizagem mais ativa e não dedicado somente a transmissão de informação (KING, 1993). O trabalho de Alison King não contemplava

explicitamente os conceitos da *Flipped Classroom*, mas o método foi citado por vários pesquisadores como impulso para novas propostas de ensino.

Mas foi com Lage, Platt e Treglia que a chamada Sala de Aula Invertida, concebida como “*inverted classroom*”, foi aplicada pela primeira vez, em 1996 na Universidade de Miami (EUA), para ensino da disciplina Microeconomia. Eles disponibilizavam para os alunos, antes de cada aula, os livros didáticos para estudo, palestras em vídeos e apresentações em PowerPoint com superposição de voz, submetendo uma lista de exercícios avaliativos para garantir a adesão dos alunos ao novo processo de ensino-aprendizagem. Embora a experiência tenha apresentado resultados positivos, inclusive dando origem ao artigo “*Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment*” publicado em 2000 no *The Journal of Economic Education*, a ideia não foi disseminada. No seu trabalho, o educador brasileiro Valente (2014) diz acreditar que a ideia de inversão da sala de aula não foi disseminada na época por ser um estilo de aprendizagem totalmente contrário ao tradicional e também pela dificuldade do professor em preparar o material da pré-aula, considerando o nível de desenvolvimento tecnológico no final dos anos 1990.

Porém em 2007, a *flipped classroom* começou a ganhar forma com os professores norte-americanos Jonathan Bergman e Aaron Sams, na época professores de química na *Woodland Park High School* no Colorado. Apesar da parceria dos dois ter se iniciado em 2004, somente em 2007 começaram a aplicar o método de ensino *flipped classroom*, como uma estratégia diferenciada para atender alunos atletas, que precisavam se ausentar por longo tempo das aulas regulares para participar de jogos. Então, a solução adotada pelos dois professores foi passar a gravar suas aulas e postá-las na internet para que esses alunos pudessem acompanhar a turma regular. A partir da experiência inicial, Bergman e Sams decidiram ampliar o método para todos os alunos, invertendo a lógica da sala de aula. Desta forma, a ideia acabou sendo disseminada e, em meados de 2010, o método *flipped classroom* passou a ser adotado por outras escolas norte americanas, despertando ainda o interesse de instituições de ensino em outros países.

Devido aos bons resultados alcançados com a adoção do método *flipped classroom* em diversas instituições de ensino norte americanas, seus professores desenvolveram guias para auxiliar a implantação da Sala de Aula Invertida, contendo as melhores práticas utilizadas, resultados obtidos, ganhos educacionais, entre outras informações. Visto que o trabalho de inovação educacional em torno da *Flipped Classroom* estava muito restrito a cada instituição de ensino, um grupo de professores, de diferentes instituições, resolveu formar uma comunidade centrada

na compilação das melhores práticas e recursos em torno da inversão da sala de aula. A troca de experiências entre educadores de diferentes níveis e disciplinas resultou na compilação do chamado Guia de campo da Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom Field Guide*, 2013).

A ideia é que o método *flipped classroom* não seja confundido com o Ensino a distância (EaD) e para que isto não ocorra foram definidas quatro regras básicas para inverter a sala de aula, que segundo Guia de campo da Sala de Aula Invertida, disponível no portal *Flipped Classroom Field Guide* (2013), são consideradas regras de ouro para uma implementação bem-sucedida do método. São elas:

1. As atividades em sala de aula devem envolver uma quantidade significativa de questionamento, resolução de problemas, debates e de outras atividades que proporcionem uma aprendizagem ativa, de forma que o aluno possa recuperar, aplicar e ampliar seus conhecimentos fora do ambiente escolar baseando-se no material aprendido;
2. Os alunos devem receber feedback imediatamente após a realização das atividades presenciais;
3. Os alunos devem ser incentivados a participar das atividades on-line e presenciais, que devem ser consideradas e computadas na avaliação formal do aluno, através de pontuação;
4. Tanto o material a ser disponibilizado on-line quanto os ambientes de aprendizagem em sala de aula devem ser altamente estruturados e bem planejados.

Segundo Bergmann e Sams (2012), a ideia da *Flipped classroom* não é sinônimo de curso online, substituição de professores e modelo de estudos autônomos. Segundo Oliveira (2015, p.11), a *Flipped classroom* oferece uma instrução invertida ao aluno, afirmando que:

Com a nova proposta de ensino, busca-se romper com o ensino tradicional tão presente nas escolas. O professor deixa de ser o centro de distribuição do saber. Os alunos passam a construir o seu próprio conhecimento através de pesquisas, explorações, descobertas e discussões em torno dos temas estudados em casa. É um mix de instrução direta e construtivismo, aumentando o tempo de interação e contato entre professores e alunos.

O método *Flipped classroom* tem o objetivo de colocar o aluno no centro do processo de ensino e aprendizagem, fazendo com que ele assuma a responsabilidade pela própria aprendizagem, procurando assimilar a parte expositiva do conteúdo antes da aula e esta se torna um lugar de aprendizagem ativa, onde há perguntas, discussões e atividades práticas. Dessa forma o

professor pode trabalhar as dificuldades dos alunos, ao invés de expor o conteúdo da disciplina. Em relação ao ensino de redes de computadores, considerando que alguns alunos não têm tempo disponível para atividades extraclasse, é necessário adaptar o método *Flipped classroom* de forma que as atividades possam ser feitas por todos os alunos sem comprometer a aprendizagem dos mesmos. Na IES em questão, os alunos cursam uma disciplina por dia e somente uma vez por semana, permitindo aos mesmos um tempo hábil para se prepararem para a disciplina da semana seguinte. Inclusive, como o tempo de aula presencial é menor, o aluno pode aproveitar para fazer as atividades extraclasse na própria IES.

Apesar da existência de muitos trabalhos comprovando o sucesso da abordagem, é claro que existem profissionais da educação que não estão convencidos que a Sala de Aula Invertida é a solução para alguns problemas que afetam a educação. Mas é importante considerar que o público discente mudou e está cada vez mais escravo da tecnologia, devendo ser educado a construir seu conhecimento continuamente, utilizando ferramentas que já fazem parte do seu dia a dia – a tecnologia.

No Brasil, a *flipped classroom* tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores e já existem instituições que adotaram ou estão adotando o método, como é o caso da IES em questão neste trabalho.

Dentre os estudos relacionados, Trevelin et. al. (2013) compararam os resultados do ensino da disciplina Sistemas Operacionais, a dois grupos de alunos da Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga, onde para o primeiro grupo a disciplina foi ministrada pelo método tradicional e para o outro utilizaram uma metodologia de aula desenvolvida com a utilização de recursos de tecnologia da informação baseada no modelo *Flipped Classroom*. A ideia dos autores foi comparar os resultados finais do segundo grupo com os resultados de três semestres anteriores, nos quais as aulas foram ministradas no método tradicional, a fim de verificar se houve diferença nos resultados de reprovação e satisfação dos alunos. O trabalho permitiu concluir, segundo Trevelin et. al. (2013) que houve uma melhoria quantitativa dos resultados, pois diminuiu o número de alunos reprovados e também houve uma melhoria qualitativa tendo em vista que 90% dos alunos afirmaram ter preferência pela nova metodologia aplicada.

O trabalho de Schneider et. al. (2013) também se baseou no modelo *Flipped Classroom*, porém o foco foi no Ensino a Distância (EaD). O trabalho intitulado como “Sala de Aula Invertida em EaD: uma proposta de Blended Learning”, foi uma proposta de organização dos tempos e espaços de ensino e aprendizagem, na qual o aluno assume o papel de sujeito ativo de seu

próprio conhecimento, com o objetivo de promover uma reflexão sobre o currículo dos cursos superiores de tecnologia na modalidade EaD, do Centro Universitário Internacional Uninter.

Para promover a reflexão, Schneider et. al. (2013) apresentaram um modelo, que chamaram de “*Blended*”, como possibilidade de maximizar os pontos positivos do ensino presencial e do EaD, demonstrando como o “*Blended*” pode se apoiar na organização do “*Flipped Classroom*” na qual os níveis de aprendizagem ocorrem por meio do estudo individualizado, com o objetivo de construir o conhecimento, a partir de discussões, resolução de problemas, entre outros. Concluíram destacando a importância da participação de todos os envolvidos no processo e reiteraram o desejo de contribuir para o avanço das discussões sobre a organização curricular da EaD.

No seu trabalho, Valente (2014) apresentou uma revisão sobre diferentes modalidades do ensino híbrido (*Blended Learning*), destacando a importância das tecnologias de informação e comunicação (TIC) na implantação do modelo pedagógico. O autor destacou como as TIC são utilizadas em diferentes modelos de implantação da Sala de Aula Invertida e como elas passam a fazer parte das atividades de sala de aula. Na conclusão do trabalho, foi feita uma abordagem relacionada às razões, baseadas em argumentos teóricos e resultados práticos, e nos aspectos positivos e negativos para se implantar uma Sala de Aula Invertida no ensino superior. Em relação aos aspectos positivos propostos para inversão da sala de aula por Valente (2014), vale destacar:

- O aluno pode estudar no seu ritmo, onde e quando quiser, e tentar desenvolver o máximo de compreensão possível, tendo em vista que o conteúdo é disponibilizado em formato de vídeos, animações, simulações, entre outros recursos tecnológicos que permitem ao aluno visualizar o material quantas vezes forem necessárias, dedicando mais atenção aos conteúdos em que tiver mais dificuldade, podendo aprofundar mais seus conhecimentos.
- O aluno pode se preparar para a aula antecipadamente, estudando o material disponível e em seguida fazer uma avaliação diagnóstica online para medir o nível de aprendizagem, permitindo que ele próprio identifique qual parte do conteúdo precisa estudar mais e quais as dúvidas podem ser esclarecidas em sala de aula. Dessa forma o aluno pode planejar o seu tempo de aula presencial, dedicado ao aprofundamento do conteúdo, tendo a chance de recuperá-lo, aplicá-lo e com isso, construir novos conhecimentos.

- Outro aspecto importante é que o resultado da avaliação diagnóstica, além de medir o nível de aprendizagem do aluno, sinaliza ao professor os temas com os quais os alunos apresentaram maior dificuldade e que devem ser trabalhados em sala de aula. Nesse sentido, o professor pode direcionar as atividades da aula de acordo com as deficiências sinalizadas no resultado da avaliação diagnóstica.
- Finalmente, outro aspecto que merece destaque em relação ao modelo de aula tradicional, é que o momento em sala de aula é voltado para atividades que incentivam a colaboração entre alunos e a interação com o professor, aspectos fundamentais para o sucesso do processo de ensino-aprendizagem.

O trabalho de Dantas et al. (2015) apresentou um estudo de caso, intitulado de “Uma avaliação do Modelo Sala de Aula Invertida no Ensino Superior”, com objetivo de incentivar a aprendizagem ativa e analisar o comportamento de uma turma de pós-graduação em Informática na Educação do Instituto Federal do Amazonas quanto à utilização do modelo Sala de Aula Invertida. Os autores elaboraram atividades que foram utilizadas como método para avaliação dos alunos no modelo da Sala de Aula Invertida, a fim de identificar o potencial de aprendizagem da turma em relação às outras disciplinas que foram aplicadas no modelo tradicional de ensino. A avaliação teve como principal objeto de análise o número de acessos dos alunos a partir da realização de atividades no ambiente virtual de aprendizagem. Concluíram que a aplicação do método levou a uma participação mais ativa dos alunos com ampliação no número de atividades realizadas.

Na IX Conferência Internacional de TIC na Educação, realizada na Universidade do Minho em Portugal, Carvalho e Ramos (2015) apresentaram um trabalho de pesquisa, cuja proposta era integrar nas práticas pedagógicas o mundo de imersão tecnológica em que vivem os alunos das novas gerações, como estratégia para melhorar o processo de ensino e aprendizagem no novo modelo de ensino. A ideia dos autores foi utilizar no modelo *Flipped Classroom* ferramentas tecnológicas que pudessem apoiar o aluno no processo de reflexão e de construção do conhecimento, conhecidas como ferramentas cognitivas. O trabalho deles foi intitulado de “*Flipped Classroom - Centrar a aprendizagem no aluno recorrendo a ferramentas cognitivas*”, no qual foram utilizadas as ferramentas Cisco Packet Tracer e a Plataforma conhecida como TED-Ed<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Plataforma que permite adicionar perguntas, exercícios e conteúdo extra a qualquer vídeo disponível no YouTube, por parte de professores e alunos (Fonseca, 2012)

Considerando que o modelo *Flipped Classroom* foi concebido a partir da gravação de aulas em vídeos para os alunos assistirem em casa, a plataforma TED-Ed pode ser considerada uma boa alternativa para disponibilizar conteúdo para os momentos de estudo fora da sala de aula. Carvalho e Ramos (2015), recorreram a esta ferramenta tendo em vista os vários recursos que ela tem disponível e que podem contribuir para o ensino e aprendizagem do aluno. Ainda, segundo os autores,

os vídeos do TED já são utilizados por alguns educadores como fonte de referência nas suas aulas. A novidade da plataforma está na possibilidade de o professor ou aluno fazer intervenções no vídeo, incluindo questões de escolha múltipla ou dissertativas, adicionar hiperligações para conteúdos extras e atividades relacionadas. Sendo considerada a parte mais inovadora do projeto a possibilidade de utilização da ferramenta de customização das aulas para qualquer vídeo disponível no YouTube (Carvalho e Ramos, 2015, p. 376).

Inicialmente, Carvalho e Ramos (2015) fizeram uma abordagem sobre o perfil do aluno atual e a importância de desenvolver no mesmo a capacidade de se tornar responsável pela construção do próprio conhecimento, destacando a inserção das TIC no processo de ensino e aprendizagem voltadas para a resolução de problemas, no envolvimento de professores e alunos enquanto agentes ativos e na melhoria da qualidade dos ambientes de aprendizagem. Em relação ao novo modelo de ensino, o *Flipped Classroom*, eles o explicam e destacam como as ferramentas cognitivas podem apoiar o aluno na aprendizagem seguindo tal proposta de ensino. Os autores consideram que a inversão da sala de aula atualmente é uma boa alternativa, tendo em vista que o modelo está ganhando força junto às instituições de ensino graças a evolução das TIC e sua inserção como ferramenta de apoio ao ensino e aprendizagem.

A pesquisa de Carvalho e Ramos (2015) focalizou uma proposta de intervenção na prática pedagógica, numa escola secundária, localizada em uma cidade da região norte de Portugal. Segundo os autores, a escola secundária tem foco na aprendizagem profissional com o desenvolvimento de competências voltadas para atender as empresas da região, porém, a maioria dos seus alunos, tem dificuldade de aprendizagem e são provenientes de famílias com baixa escolaridade. De acordo com o cenário apresentado, Carvalho e Ramos (2015) identificaram como problema de pesquisa a falta de motivação dos alunos em aprender e de perspectiva de sucesso nos estudos.

A intervenção pedagógica, segundo Carvalho e Ramos (2015), foi aplicada em turma de 15 (quinze) alunos, sendo 11(onze) meninos e quatro meninas, dos quais três alunos tinham

deficiência auditiva, todos pertencentes ao 12º ano do Curso Profissional de Técnico de Gestão de Equipamentos Informáticos (CPTGEI). Na intervenção pedagógica, os autores utilizaram o método *Flipped Classroom* para melhorar a maneira de ensinar, devido a possibilidade de proporcionar ao aluno a “liberdade” de aprender no próprio tempo, visto que se tratava de uma turma muito heterogênea. Vale considerar que a questão da liberdade de aprender no próprio tempo não se aplica a qualquer curso, tendo em vista que cada curso possui seu grau de dificuldade e obedece a cronogramas distintos. A intervenção pedagógica, aplicada por Carvalho e Ramos (2015), contemplava um cronograma mais flexível por se tratar de uma turma com necessidades especiais, na qual um cronograma mais rígido não iria contribuir para a aprendizagem dos alunos. Foram utilizadas também duas ferramentas cognitivas para contribuir na melhoria do processo de ensino e aprendizagem dos alunos. A plataforma TED-Ed já era utilizada por alguns professores, porém, foi otimizada para que os professores pudessem fazer intervenções e disponibilizar vídeos aulas para que os alunos pudessem rever o conteúdo fora da sala de aula. Já o Packet Tracer foi utilizado pelos alunos para construir, configurar e solucionar problemas de redes, utilizando equipamentos virtuais e conexões simuladas, sozinho ou em colaboração com outros estudantes.

Na conclusão, Carvalho e Ramos (2015), com base nos resultados de uma metodologia mista de observação direta e aplicação de questionários, ficou comprovado que as estratégias estimularam os alunos a assumirem a responsabilidade pela sua aprendizagem e todo processo de ensino ficou mais centrado no aluno. A observação direta, segundo os autores, evidenciou que os conceitos estavam sendo absorvidos na totalidade dos alunos, tendo em vista que para dar continuidade no conteúdo era requisito o entendimento do conteúdo anterior. E ainda, segundo os autores, a inserção de ferramentas cognitivas no auxílio ao ensino e aprendizagem possibilita ao docente ganhar tempo que pode ser utilizado para investigação, discussão, colaboração, pensamento crítico e monitorização individual prestada ao aluno.

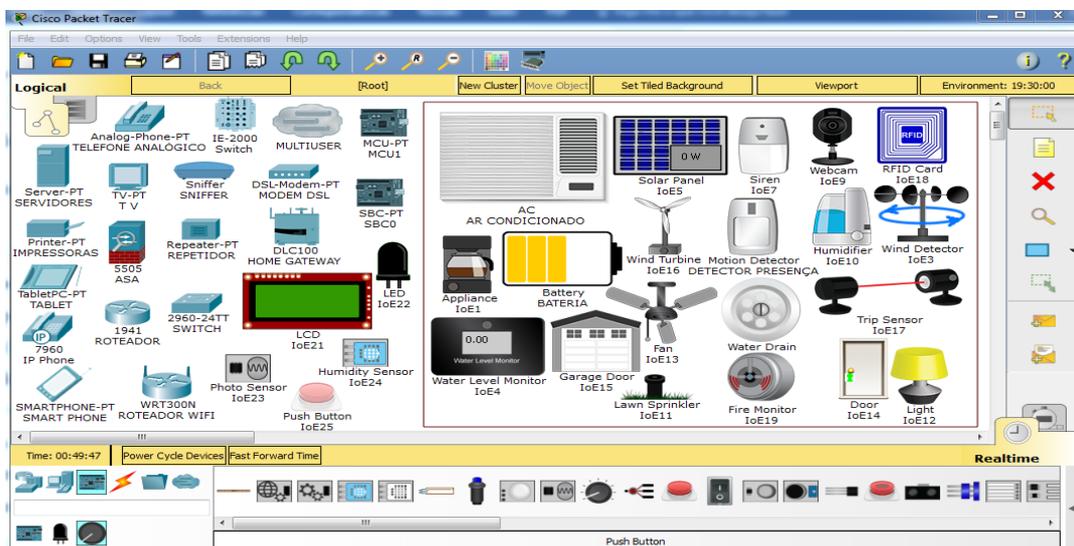
## **2.4 Simuladores de Redes de computadores**

A utilização de ambientes de simulação vem aumentando de forma significativa, tendo em vista que são ambientes muito utilizados para estudo, desenvolvimento, análise e aperfeiçoamento de protocolos de comunicação, sem a necessidade da utilização de grandes infraestruturas de laboratórios físicos.

Para a realização deste estudo foi feita uma busca na literatura para identificação dos softwares simuladores de redes de computadores mais adotados e suas características. A descrição sucinta das ferramentas identificadas pelo levantamento é apresentada a seguir.

#### 2.4.1 O simulador Cisco Packet Tracer

*Cisco Packet Tracer* foi desenvolvido pela empresa *Cisco Systems Inc.* Atualmente a versão 6.2 é a mais popular, porém o simulador *Cisco Packet Tracer* já está na versão 7.0, lançada em 2016, com suporte à internet das coisas. O simulador roda em diferentes plataformas de sistemas operacionais (Microsoft Windows e Linux), tendo sido lançada recentemente uma versão para a plataforma Android. Segundo a empresa, o software foi desenvolvido para fins acadêmicos, voltado para modelagem, simulação e testes de ambientes de redes de computadores. Para tanto, a ferramenta dispõe de vários dispositivos de rede como: switches, roteadores, servidores (FTP, DNS, DHCP, AAA, EMAIL, HTTP, etc.), equipamentos para transmissão sem fio, internet das coisas, dentre outros (Figura 10).

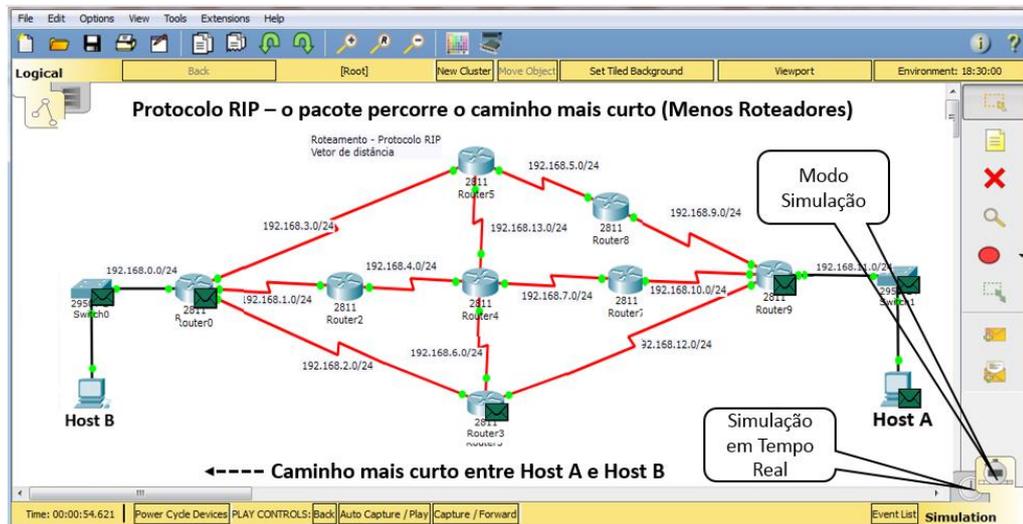


**Figura 10:** Alguns dos dispositivos do Cisco Packet Tracer 7.0

**Fonte:** Próprio autor – Print do próprio software

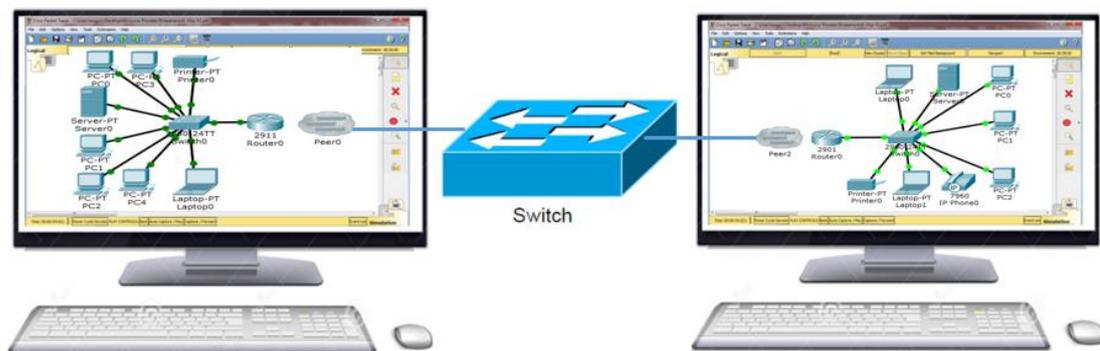
O *Packet Tracer* conta ainda com suporte para simular operações utilizando diferentes protocolos para Redes Locais (LAN) e Redes de longa distância (WAN). O estudante pode visualizar o comportamento dos pacotes na rede, em tempo real ou simulado, de acordo com o protocolo configurado, possibilitando entender o funcionamento do mesmo. A Figura 11 apresenta uma arquitetura de rede composta de vários roteadores entre os hosts A e B, sendo

que em cada um dos roteadores foi configurado o protocolo de roteamento RIP, que direciona o pacote até seu destino através do caminho mais curto. Com a arquitetura em funcionamento, em qualquer um dos modos de operação do Packet Tracer, é possível observar o caminho percorrido pelos pacotes entre os dois hosts.



**Figura 11:** Exemplo de simulação de Roteamento no Packet Tracer  
**Fonte:** Próprio autor – Print a partir do próprio software

Além disso, esta ferramenta permite desenvolvimento de projetos em ambiente colaborativo ou multiusuário. O simulador possui um dispositivo chamado de nuvem *multiuser* que permite que usuários do Packet Tracer em máquinas distintas interliguem suas topologias remotamente, podendo inclusive habilitar qualquer protocolo de roteamento ou outra configuração qualquer entre as estruturas remotas (Figura 12). A partir da conexão, utilizando a nuvem *multiuser*, os usuários podem executar os comandos de *ping* e/ou *traceroute*, muito utilizados pelos técnicos e administradores de redes, para testar a conectividade entre os ambientes.



**Figura 12:** Exemplo da utilização do recurso Multiuser no Packet Tracer  
**Fonte:** Próprio autor

Com esta ferramenta um estudante pode implementar, visualizar e configurar topologias de redes complexas, realizando análises que em um cenário real, seria quase impossível, devido a dificuldade de disponibilização de infraestrutura física de laboratórios bem equipados. O software permite ainda, a realização de atividades práticas fora do ambiente escolar, tendo em vista que é gratuito e pode ser instalado e utilizado a partir de qualquer computador pessoal ou mesmo em dispositivo móvel.

O Cisco Packet Tracer possibilita ao estudante de redes a visualização do ambiente de rede antes de sua implementação real, podendo inclusive visualizar a criação e transmissão de pacotes em tempo real. Dessa forma o software permite ao estudante desenvolver habilidades para solução de problemas potenciais, configurar e criar topologias de redes complexas. Já para o professor, o programa possibilita ensinar os conhecimentos com o nível de profundidade requeridos para alunos que queiram buscar certificação na área, oferece uma demonstração visual e com animações de tecnologias complexas, auxilia num trabalho colaborativo entre os alunos com acesso a distância e oferece suporte a grande maioria das tecnologias exigidas pelos exames de certificação da empresa Cisco.

Voss et. al. (2012), em uma proposta de ensino de redes de computadores baseada na utilização de vários softwares simuladores, dentre eles o Cisco Packet Tracer, afirmaram que a ferramenta pode ser usada para auxiliar os alunos a desenvolver habilidades práticas relacionadas a topologias de rede. Ainda em relação ao tema, Voss et. al. (2012) justificaram o uso do Packet Tracer afirmando o seguinte:

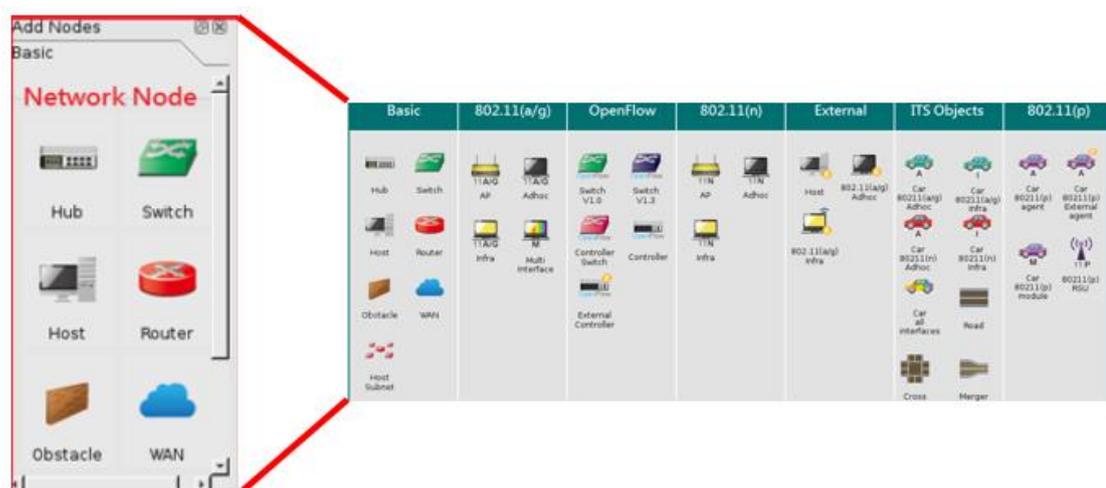
Além disso, esta ferramenta suporta uma vasta gama de simulações físicas e lógicas, que permite visualizações e avaliação de recursos que facilitam a aprendizagem de conceitos complexos a respeito da tecnologia de redes de computadores (e.g, roteamento estático e dinâmico, funcionamento dos protocolos, etc.), e ainda ajuda a desenvolver habilidades, tais como: tomada de decisão, pensamento crítico e resolução de problemas. Associado a isso, a ferramenta ainda permite visualizações que ajudam a entender os trabalhos internos de uma rede (e.g, *subnetting*, encaminhamento de pacotes, entre outros) (Voss et. al.,2012, p. 6).

#### 2.4.2 EstiNet

EstiNet é um simulador e emulador de redes de computadores desenvolvido pela EstiNet Technologies Inc. O EstiNet está na versão 9.0 e é na verdade uma versão comercial do NCTUns, que foi desenvolvido pelo *Department of Computer Science da National Chiao Tung University*. O EstiNet é um software utilizado para o planejamento, análise e desenvolvimento

de protocolos, ensino e aprendizagem de redes de computadores e telecomunicações, na previsão e análise de desempenho de aplicações em redes de computadores. É considerado como uma ferramenta muito útil para estudar computação em nuvem e redes de próxima geração, capaz de simular diversos protocolos utilizados tanto nas redes IP, com fio e sem fio. Atualmente, ele é executado no sistema operacional Linux Fedora, utilizando a pilha de protocolos TCP/IP real do kernel do sistema para gerar resultados de simulação de alta fidelidade.

O EstiNet possui uma interface gráfica com o usuário bastante intuitiva, visto que facilita a escolha dos elementos a serem adicionados na topologia rede simulada (computadores, roteadores, hubs, cabos, antenas, dispositivos para redes veiculares e etc.) clicando em seus respectivos ícones (Figura 13). Vale destacar que a configuração do simulador é exatamente a mesma utilizada em redes reais IP, porém a ferramenta não é gratuita.



**Figura 13:** Dispositivos que compõe o ambiente do EstiNet

**Fonte:** Estinet (2015) adaptação do autor

Para conhecer um pouco mais da ferramenta NetKit, a seguir será apresentada uma descrição sucinta dos componentes principais da interface gráfica e na Figura 14 será apresentada a interface do EstiNet, na qual estão destacados os cinco componentes da interface.

- **Barra de Menu:** Como padrão em grande parte das ferramentas, é barra que possibilita ao usuário ter acesso a todas as operações disponíveis no EstiNet.
- **Barra de Controle do Usuário:** É composta por todos os ícones de funções de controle para operar ou modificar topologia de rede, recursos de zoom e os ícones para entrar nos quatro modos de operação do simulador.

- Nos da Rede: Painel lateral que possui todos os dispositivos que o usuário pode utilizar para montar uma topologia de rede na área de trabalho.
- Área de Trabalho: É o espaço reservado para o usuário montar, modificar a topologia da rede e também os parâmetros ou configurações dos dispositivos.
- Controles de Reprodução: Conjunto de controles que permitem iniciar, pausar, parar, acelerar, voltar e visualizar a reprodução dos arquivos de simulação gerados no modo de execução.



**Figura 14:** Interface da ferramenta de simulação EstiNet  
**Fonte:** Estinet (2015) adaptação do autor

Para conseguir utilizar a ferramenta é necessário selecionar o modo de operação de acordo com a operação a ser executada. A ferramenta possui quatro modos de operação e a seguir é apresentada uma descrição de cada um dos mesmos.

- O modo de desenho (D - *Draw Topology*): é modo de implementação de cenários, no qual o usuário escolhe os elementos (equipamentos) da rede e os posiciona de acordo com a topologia de rede que deseja montar.
- O modo de edição (E - *Edit Property*): modo no qual o usuário tem a possibilidade de editar os parâmetros de cada elemento, como endereço IP, comandos a serem executados e qualquer outra configuração pertinente.

- O modo *run* (R - *Run Simulation*): modo em que o programa se encarrega de gerar os arquivos relacionados à simulação e os salvar em seu respectivo diretório, funcionando como um compilador de códigos.
- O modo *play* (P - *Playback*): Após a geração dos arquivos relacionados à simulação, neste modo o usuário tem a possibilidade de ver a simulação em andamento, seja por meio da visualização da direção do fluxo de dados na rede, ou ainda por meio de gráficos dinâmicos que mostram os parâmetros da rede.

Outro aspecto interessante do EstiNet está relacionado a quantidade de recursos disponibilizados na ferramenta, que além de herdar todos os recursos da última versão do NCTUns, possui novos e importantes recursos, como simulações de rede *OpenFlow*<sup>5</sup>, simulações de rede sem fio, emulações de arquiteturas distribuídas, simulações de redes veiculares, entre outras. A ferramenta simula ainda uma série de protocolos muito utilizados na área e todos os protocolos de camada de aplicação utilizados em aplicações de rede de tempo real.

#### 2.4.3 GNS3 (Graphical Network Simulator)

O software simulador GNS3 é um software gratuito, de código aberto (*open source*), que pode ser baixado a partir do site [www.gns3.net](http://www.gns3.net) e utilizado livremente. O interessante é o GNS3 funciona com imagens de Sistemas Operacionais reais Cisco, que são emuladas através de um programa chamado *Dynamips*, ou seja, possui a capacidade de emular sistemas operacionais de equipamentos reais CISCO e de computadores com sistemas operacionais Linux/Windows. Segundo Marcelo Samsoniuk, do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Paraná,

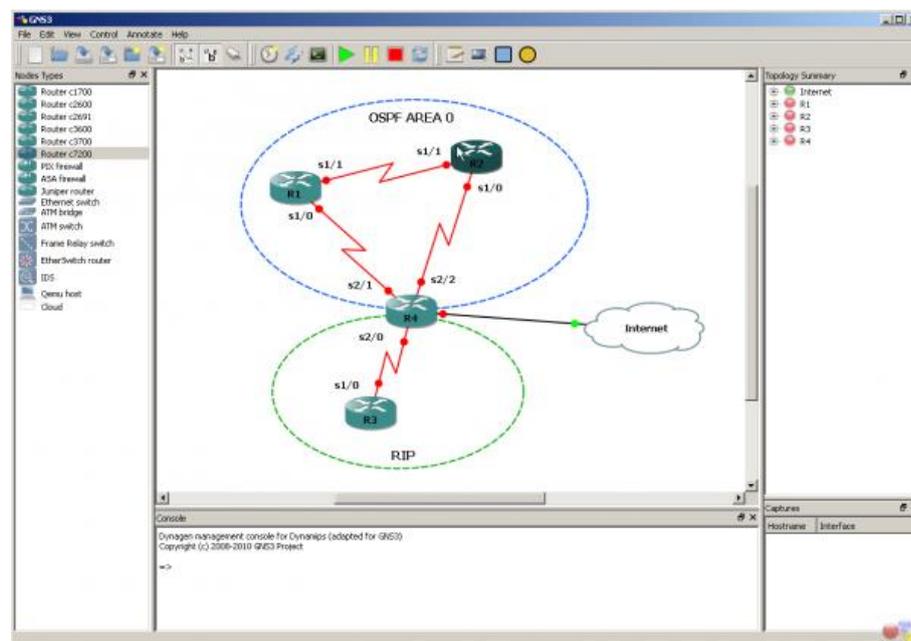
“[...] o *Dynamips* simula os processadores MIPS e PowerPC, que por sua vez executam imagens do IOS destinadas aos roteadores Cisco da série 1700, 2600, 3600, 3700 e 7200. Já o QEMU simula o processador x86 e executa imagens do IOS destinadas ao firewall Cisco PIX e imagens do JunOS destinadas aos roteadores Juniper” (Samsoniuk, 2010).

---

<sup>5</sup> Openflow tira o controle do tráfego dos ativos da rede, switches e routers e transfere esse controle para o administrador da rede, usuários ou até aplicações. Isso permite aos usuários definir políticas de tráfego com a melhor banda disponível, menor latência ou sem congestionamento.

No GNS3 é necessário possuir imagens reais do Sistema Operacional de Interface (IOS) da Cisco que não são distribuídas livremente, por se tratar de software proprietário, de modo que a ferramenta acaba se tornando mais restrita para diversas simulações. Alguns usuários procuram driblar o problema utilizando cópias de sistemas disponíveis nos próprios equipamentos, mas seria necessário ter todos os modelos necessários. De qualquer forma, o GNS3 não deixa de ser uma ótima ferramenta para simulação, tendo em vista que permite gerenciar a simulação de redes complexas e observar se um determinado equipamento ou programa alcançou o objetivo desejado, antes de sua implantação no ambiente real.

Em relação à interface gráfica, o GNS3 possibilita a implementação de diversas topologias de rede, na qual a configuração dos equipamentos no simulador é realizada por meio de um terminal idêntico ao usado em equipamentos reais. A Figura 15 apresenta uma visão geral da área de trabalho do GNS3.



**Figura 15:** Ferramenta de simulação GNS3  
**Fonte:** Samsoniuk (2010)

Segundo Samsoniuk (2010), o GNS3 permite a integração de sistemas simulados com sistemas reais, tendo em vista que qualquer interface de rede presente na máquina hospedeira pode ser mapeada e utilizada. Um bom exemplo seria a utilização do acesso à internet por meio de um dispositivo virtual conectado a uma interface física da máquina hospedeira. Ainda segundo Samsoniuk (2010), o GNS3 possui uma interface gráfica de grande qualidade e o conjunto como um todo é incrivelmente robusto e sólido, lembrando que o simulador foi desenhado para operar sempre em tempo real, podendo dificultar simulações casadas de hardware e eventualmente

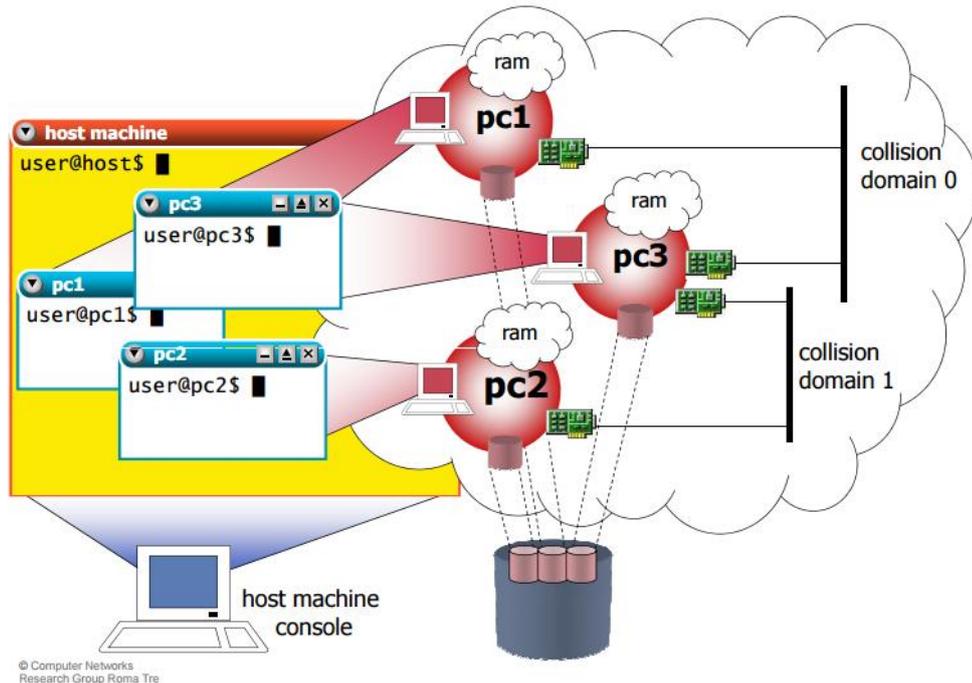
mascarar detalhes de temporização em casos mais críticos. Mas é interessante ressaltar a importância da ferramenta na simulação de roteadores Cisco, pois representa uma oportunidade ideal para validar produtos, ou seja, como a simulação depende do sistema operacional real do modelo de roteador simulado, é possível validar qualquer roteador da marca Cisco antes de fazer o investimento no equipamento.

#### 2.4.4 NetKit

O software Netkit é um emulador de redes de computadores, criado por um grupo de pesquisadores da Universidade de Roma, que permite a criação de ambientes virtuais, incluindo todos os dispositivos e recursos necessários para implementação de uma rede de computadores, como roteadores, servidores, switches, enlaces, entre outros. Segundo Barbosa (2009), O Netkit foi criado visando auxiliar nas pesquisas e no ensino de conteúdos relacionados da área de Redes de Computadores, tendo em vista que é difícil pensar no aprendizado sem que o aluno realize atividades práticas sobre ambientes de rede completos e que criar ambientes reais tem custos elevados. Entretanto, segundo Barbosa et. al. (2009),

[...] “apesar de inicialmente ter sido projetado com fins educacionais, com o tempo o netkit foi saindo do cenário acadêmico e entrando no meio profissional, pois para os administradores de redes é interessante saber antecipadamente se determinadas configurações terão os resultados esperados quando forem implementadas, sem a necessidade de gastar com hardware antes de ter a certeza do sucesso do projeto. Desta forma, os alunos que utilizarem o netkit para o seu aprendizado, poderão utilizá-lo no mercado de trabalho” (Barbosa et. al., 2009, p. 2).

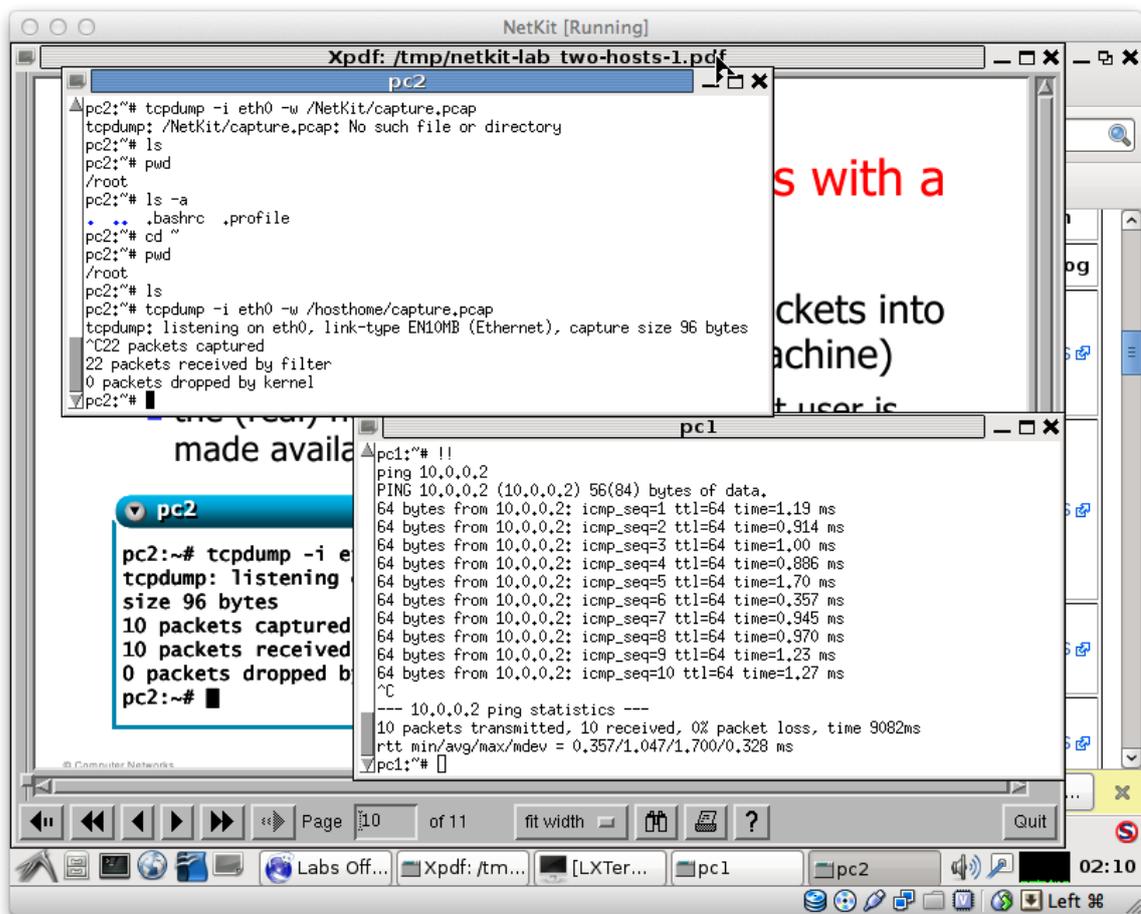
Com o NetKit o usuário pode criar vários dispositivos de rede virtuais, formando uma rede de computadores dentro de um único computador físico e os dispositivos apresentam características reais, inclusive a interface de configuração. Na Figura 16 pode-se ter uma ideia de emulação de uma rede com três computadores (PC1, PC2 e PC3) e como funciona a estrutura dentro da ferramenta.



**Figura 16:** Estrutura do NetKit – host emulando três computadores  
**Fonte:** Rimondini et. al. (2014)

Além dos dispositivos de hardware, cada equipamento virtual possui um sistema operacional real que coloca o estudante em contato com tecnologias que proporcionam experiências bem compatíveis com o seu futuro profissional. No emulador estes equipamentos virtuais são inicializados com softwares reais que em execução oferecem experiência real ao estudante para a realização de diversos estudos, mesmo que tenha apenas um computador em seu domicílio.

Para emular uma rede, o Netkit utiliza um conjunto de arquivos de configurações e pastas, que formam um laboratório virtual. Um laboratório também pode ser inicializado através de scripts ou através da linguagem NetML que é uma linguagem baseada em XML para descrição de redes. A Figura 17 mostra a área de trabalho do emulador NetKit, na qual é possível observar as janelas que formam os dispositivos virtuais, sendo dois computadores interligados executando testes de conexão.



**Figura 17:** Teste de conexão com dois PCs interligados no NetKit

**Fonte:** [brianlinkletter.com/netkit-test-drive](http://brianlinkletter.com/netkit-test-drive)<sup>6</sup>

O NetKit possui uma série de recursos que podem ser utilizados na implementação das mais diversas topologias de redes. Na Tabela 5 são listados os diversos recursos, protocolos e serviços disponíveis de acordo com cada uma das camadas de rede.

<sup>6</sup> Disponível em: [http://i2.wp.com/www.brianlinkletter.com/wpcontent/uploads/2012/08/NetKit\\_running\\_5.png?w=828](http://i2.wp.com/www.brianlinkletter.com/wpcontent/uploads/2012/08/NetKit_running_5.png?w=828). Acesso em: 21 mar. 2016.

**Tabela 5:** Recursos do NetKit

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Recursos e protocolos</b></li> <li>• Camada física: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Camada física Ethernet</li> </ul> </li> <li>• Camada de enlace: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Protocolo 802.1D ponte e brctl</li> <li>◦ Configuração de VLANs (802.1Q)</li> <li>◦ Protocolo PPP</li> </ul> </li> <li>• Comutação de pacotes <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ MPLS</li> <li>◦ manipulação de pilhas de rótulos</li> <li>◦ Distribuição de rótulos via LDP</li> </ul> </li> <li>• Camada de redes: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Resolução ARP e RARP</li> <li>◦ Controle de mensagens por ICMP</li> <li>◦ Roteamento Ipv4 e Ipv6</li> </ul> </li> <li>• Camada de transporte <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Protocolo TCP</li> <li>◦ Protocolo UDP</li> </ul> </li> <li>• Camada de aplicação <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ DHCP</li> <li>◦ DNS (Servidor e Cliente)</li> <li>◦ Email POP / IMAP / SMTP</li> <li>◦ FTP</li> <li>◦ HTTP</li> <li>◦ NFS</li> <li>◦ Telnet</li> <li>◦ Samba</li> <li>◦ SSH</li> <li>◦ Squid</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Roteamento</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Comutação de pacotes por MPLS</li> <li>◦ Protocolos de roteamento <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ BGP</li> <li>▪ OSPF</li> <li>▪ RIP</li> <li>▪ Balanceamento de carga</li> </ul> </li> <li>◦ Multicast <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PIM-SM</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• <b>Ferramentas de segurança</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ IPsec, ESP e AH</li> <li>◦ IKE</li> <li>◦ Sistema de detecção de intrusão</li> <li>◦ Radius</li> </ul> </li> <li>• <b>Manipulação de pacotes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Encapsulamento <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tunneis GRE e MPLS</li> </ul> </li> <li>◦ Captura e análise de pacotes <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ettercap</li> <li>▪ SSLDump</li> <li>▪ TCPDump</li> <li>▪ TCPReen</li> <li>▪ Tethereal</li> </ul> </li> <li>◦ Filtro de pacotes <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ NAT</li> </ul> </li> <li>◦ Montagem de pacotes <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dsniff</li> <li>▪ Hping</li> <li>▪ Sendip</li> <li>▪ Tcpreplay</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• <b>Diversos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Linguagens de script <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Awk</li> <li>▪ Bash</li> <li>▪ Expect</li> <li>▪ Python</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
--	---

**Fonte:** Gurgel et. al. (2015)

#### 2.4.5 NS-2 – Network Simulator

O NS-2 é um simulador de redes de computadores discreto baseado em eventos, desenvolvido na Universidade de Berkeley usando as linguagens C++ e OTcl. O software é muito utilizado nos meios acadêmicos por ter o código fonte aberto, permitindo ao usuário adaptá-lo de acordo com sua necessidade.

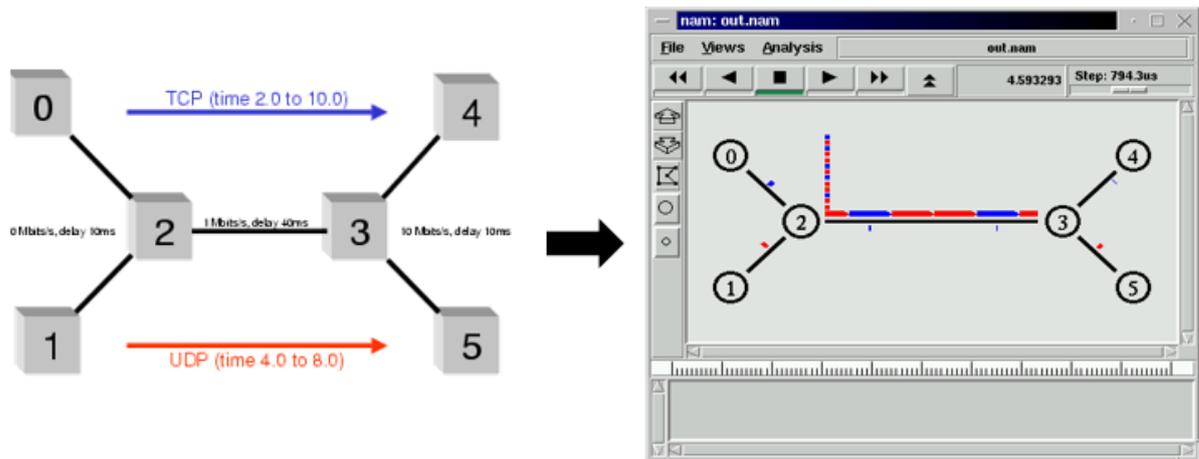
Segundo Coutinho (2007), “o simulador oferece suporte à simulação de um grande número de tecnologias de rede (com e sem fio), diferentes cenários baseados nos protocolos TCP e UDP, diversos escalonadores e políticas de fila, caracterização de tráfego com diversas distribuições estatísticas e muito mais”. Entretanto, o NS-2 não possui uma interface amigável com o usuário, tendo em vista que todas as simulações são escritas na forma de *scripts* em linguagem OTCL e

toda estrutura de protocolos e agentes são desenvolvidos em linguagem C++. Sendo assim, é necessário que o usuário tenha conhecimentos prévios de programação para desenvolver os scripts de acordo com a simulação de redes que deseja fazer na ferramenta, inclusive os conhecimentos prévios em programação também serão necessários para interpretar os resultados, chamados no NS-2 de trace (Figura 18).

Formato do cabeçalho do trace											
event	time	from node	to node	pkt type	pkt size	flags	fid	src addr	dst addr	seq num	pkt id
<b>r</b> : receive (at to_node) <b>+</b> : enqueue (at queue) <b>-</b> : dequeue (at queue) <b>d</b> : drop (at queue)						<b>src_addr</b> : node.port (3.0) <b>dst_addr</b> : node_port (0.0)					
<pre> r 1.3556 3 2 ack 40 ----- 1 3.0 0.0 15 201 + 1.3556 2 0 ack 40 ----- 1 3.0 0.0 15 201 - 1.3556 2 0 ack 40 ----- 1 3.0 0.0 15 201 r 1.35576 0 2 tcp 1000 ----- 1 0.0 3.0 29 199 + 1.35576 2 3 tcp 1000 ----- 1 0.0 3.0 29 199 d 1.35576 2 3 tcp 1000 ----- 1 0.0 3.0 29 199 + 1.356 1 2 cbr 1000 ----- 2 1.0 3.1 157 207 - 1.356 1 2 cbr 1000 ----- 2 1.0 3.1 157 207           </pre>											

**Figura 18:** Formato do trace no NS-2  
**Fonte:** Coutinho (2007)

O NS-2 não possui tela gráfica, mas para os usuários que gostam de visualizar a simulação em forma de animação gráfica, existe o *Network Animator* – NAM. O Nam é uma ferramenta de animação baseada na linguagem Tcl / TK. A linguagem Tcl, sigla de *Tool Command Language* (Linguagem de Comandos de Ferramentas), é muito utilizada para a escrita de programas com interface gráfica, cuja interface gráfica padrão é a extensão Tk (*Toolkit*). Para reproduzir graficamente a topologia da rede e a movimentação dos pacotes, os *scripts* de saída do NS-2 são utilizados como dados de entrada no *Network Animator* (NAM). Vale lembrar que o NAM é utilizado normalmente para visualização gráfica da simulação, caso o usuário precise obter dados estatísticas sobre os resultados da simulação, deve analisar os arquivos de saída do NS-2. A Figura 19, mostra um exemplo de simulação gráfica no NAM com uma topologia composta por quatro hosts (0, 1, 4, 5), conectados a dois roteadores (2, 3) interligados por links de 10Mbps (10 Mega bits por segundo).



**Figura 19:** Exemplo simulação gráfica no NAM do NS-2  
 Fonte: <http://pi4.informatik.uni-mannheim.de/><sup>7</sup> - adaptação do autor

Na figura 20 é apresentada uma imagem de um resultado de simulação e é possível perceber que o arquivo é dividido em campos que correspondem exatamente ao cabeçalho mostrado na Figura 18.

<sup>7</sup> Disponível em: < <http://pi4.informatik.uni-mannheim.de/pi4.data/content/projects/mobileip/ns-example/>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

```

File Edit Format View Help
r 0.215579698131004 S262 S318 ----- 18 MAC 512 999.882371368421
s 0.107790285027391 S309 S318 ----- 21 MAC 512 999.857687578948
r 0.215579878201258 S309 S318 ----- 21 MAC 512 999.879245473685
d 0.107789662393279 A14 S319 LQI---- 25 MAC 512 999.913953684211
s 0.107790217129645 A26 S319 ----- 21 MAC 512 999.834314526317
r 0.215579784206692 A26 S319 ----- 21 MAC 512 999.910827789474
s 0.107790312863695 A15 A26 ----- 28 MAC 512 999.871178526317
r 0.215579915991163 A15 A26 ----- 28 MAC 512 999.83118863158
f 0.323369389675373 A26 S319 ----- 28 RTR 512 999.826661473685
r 0.431159702539068 A26 S319 ----- 28 RTR 512 999.907701894737
s 0.10778980329679 S20 S319 ----- 18 MAC 512 999.865340631579
r 0.21557943350576 S20 S319 ----- 18 MAC 512 999.904576000001
s 0.10778989334015 S33 S319 ----- 16 MAC 512 999.883772631579
r 0.215579516281779 S33 S319 ----- 16 MAC 512 999.901450105264
s 0.10778979078916 S75 S319 ----- 20 MAC 512 999.853160421053
r 0.215579309811608 S75 S319 ----- 20 MAC 512 999.898324210527
r 0.107789623721239 S83 S319 ----- 18 MAC 512 999.872993684211
s 0.215579262901334 S83 S319 ----- 18 MAC 512 999.89519831579
r 0.107789733128053 S95 S319 ----- 23 MAC 512 999.862214736842
r 0.215579270843509 S95 S319 ----- 23 MAC 512 999.892072421053
s 0.107789790981828 S161 S319 ----- 17 MAC 512 999.890024421053
r 0.215579396995598 S161 S319 ----- 17 MAC 512 999.888946526316
s 0.107789651729153 S165 S319 ----- 17 MAC 512 999.869867789474
r 0.215579242507823 S165 S319 ----- 17 MAC 512 999.885820631579
d 0.215579500268697 S184 S319 LQI---- 17 MAC 512 999.885820631579
d 0.215579525269587 S200 S319 LQI---- 15 MAC 512 999.885820631579
r 0.107789775106762 S212 S319 ----- 19 MAC 512 999.868466526316
r 0.21557928679682 S212 S319 ----- 19 MAC 512 999.882694736843
s 0.107789841862921 S213 S319 ----- 18 MAC 512 999.876119578948
r 0.215579412443412 S213 S319 ----- 18 MAC 512 999.879568842106
d 0.215579501580877 S225 S319 LQI---- 14 MAC 512 999.879568842106
d 0.215579533813632 S232 S319 LQI---- 13 MAC 512 999.879568842106
s 0.107789729852551 S234 S319 ----- 19 MAC 512 999.860813473685
r 0.215579220203428 S234 S319 ----- 19 MAC 512 999.876442947369
s 0.107789901092403 S252 S319 ----- 17 MAC 512 999.872993684211
r 0.215579537530686 S252 S319 ----- 17 MAC 512 999.873317052632
s 0.107789847998404 S267 S319 ----- 16 MAC 512 999.868466526316
r 0.215579428401352 S267 S319 ----- 16 MAC 512 999.870191157895
d 0.215579233665641 S272 S319 LQI---- 16 MAC 512 999.870191157895
s 0.107789743766506 S274 S319 ----- 17 MAC 512 999.860813473685
r 0.215579262172075 S274 S319 ----- 17 MAC 512 999.867065263158
s 0.107789714516094 S276 S319 ----- 22 MAC 512 999.897677473685
r 0.215579318882271 S276 S319 ----- 22 MAC 512 999.863939368421
s 0.107789819532599 S312 S319 ----- 15 MAC 512 999.868466526316
r 0.2155793766616786 S312 S319 ----- 15 MAC 512 999.860813473685
s 0.107790547333197 S17 S320 ----- 13 MAC 512 999.920636631579
r 0.215580106457446 S17 S320 ----- 13 MAC 512 999.928936421053
d 0.215580318470818 S89 S320 LQI---- 8 MAC 512 999.928936421053
Ln 1, Col 1

```

**Figura 20:** Resultado Simulação Rede Sensores sem Fio no NS2

**Fonte:** [codeproject.com](http://codeproject.com)<sup>8</sup>

Para entender melhor a estrutura de funcionamento do NS-2, o *script* em linguagem OTCL é o código da simulação, ou seja, o cenário a ser simulado pelo usuário é um código em OTCL que usa bibliotecas desenvolvidas em C++ e as quais possuem os objetos necessários para o escalonamento de eventos e elementos de rede que farão parte do cenário a ser simulado. Na Figura 21 pode ser visualizado um *script* em OTCL de simulação de uma rede sem fio composta por dois nós.

<sup>8</sup> Disponível em: < <http://www.codeproject.com/Articles/606364/Wireless-Sensor-Network-Localization-Simulator-v>>. Acesso em: 03 nov. 2015.

**Simulação de uma rede sem fio numa área de 250.000 m<sup>2</sup>**

```

set topografia [new Topography]
$topografia load_flatgrid 500 500

```

Definição da Nova topologia para a área de 250.000 m<sup>2</sup>

```

create-god [expr 2]

```

Definição de um objeto chamado GOD (*General Operations Director*), que armazena informações globais sobre o ambiente (Rede e Nós), no exemplo [expr 2] corresponde a uma rede WiFi com dois nós móveis

```

set chan_1_ [new Channel/WirelessChannel]

```

Definição do canal de comunicação WiFi

```

$ns_ node-config -adhocRouting AODV[1] \
  -llType LL[2] \
  -macType Mac/802_11[3] \
  -ifqType Queue/DropTail/PriQueue[4] \
  -ifqLen 50[5] \
  -antType Antenna/OmniAntenna[6] \
  -propType Propagation/TwoRayGround[7] \
  -phyType Phy/WirelessPhy[8] \
  -channel $chan_1_[9] \
  -topoInstance $topografia[10] \
  -agentTrace ON[11] \
  -routerTrace OFF[12] \
  -macTrace OFF[13]

```

[1]- protocolo de roteamento  
 [2]- tipo de camada de enlace  
 [3]- tipo MAC (Media Access Control)  
 [4]- tipo de interface de fila  
 [5]- número máximo de pacotes na interface de fila  
 [6]- modelo de antena (OMNI –irradia o sinal por 360°)  
 [7]- modelo de propagação de rádio  
 [8]- tipo de interface de rede  
 [9]- tipo de canal definido acima  
 [10]- Topografia definida anteriormente  
 [11],[12],[13]- Parâmetros de Ajuste do Trace.

```

for {set i 0} {$i < 2} {incr i} {
set node_($i) [$ns_ node]
$node_($i) random-motion 0[1];
}

```

Especificação dos nós, seus respectivos movimentos e o tráfego que será estabelecido entre eles. A definição dos Nós pode ser feita em um laço.  
 [1]- Desabilita o movimento aleatório dos Nós

```

set god_ [God instance]
$node_(0) set X_ 5.8[1]
$node_(0) set Y_ 22.1[2]
$node_(0) set Z_ 0.0[3]
$node_(1) set X_ 21.0[4]
$node_(1) set Y_ 7.7[5]
$node_(1) set Z_ 0.0[6]
$ns_ at 10.0[7] "$node_(0) setdest 40.0[8] 22.1[9] 0.5[10]"
$ns_ at 30.0 "$node_(1) setdest 21.0 5.4 0.5"
$ns_ at 50.0 "$node_(1) setdest 20 5.4 0.5"
$ns_ at 80.0 "$node_(1) setdest 20 0.5 0.5"
$ns_ at 130.0 "$node_(1) setdest 20 22,1 0.5"

```

**Código do Cenário da rede WiFi**  
 Anteriormente foram criados dois Nós denominados *node\_(0)* e *node\_(1)*. [1],[2] e [3] especificam as coordenadas que marcam a posição inicial do primeiro nó *node\_(0)*. [4],[5] e [6] fazem o mesmo para o nó *node\_(1)*. A partir daí define-se o movimento dos nós. No momento 10.0 de simulação [7], o nó *node\_(0)* deve-se deslocar para as coordenadas X= 40.0 [8] Y=22.1[8] a uma velocidade média de 0.5 metros por segundo. [10]

**Figura 21:** Script de simulação de Rede Sem Fio em NS2

**Fonte:** Coutinho (2007)

#### 2.4.6 NS-3 – Network Simulator

O ns-3 também é um simulador de redes baseado em eventos discretos, tem o código aberto, licenciado sob a licença GNU GPLv2, e está disponível ao público para a pesquisa, desenvolvimento e uso educacional. O projeto ns-3 iniciou em 2006, porém não é uma extensão do NS-2. O NS-3 é um simulador totalmente novo e não suporta as API do NS-2, embora algumas funcionalidades tenham sido portadas para o mesmo. A grande diferença, em relação ao NS-2, é que o NS-3 foi totalmente desenvolvido em linguagem C++ com suporte opcional a linguagem Python. Graças ao suporte à linguagem Python, os códigos de simulação podem ser escritos também em Python, que para muitos usuários é considerada uma linguagem de programação mais fácil de interpretar devido a sua familiaridade com os pseudocódigos utilizados em programação. Outra novidade, é que o NS-3 gera arquivos de saída (*packet trace*) no formato pcap, possibilitando utilizar outras ferramentas para a análise de pacotes. Arquivos com extensão pcap são arquivos de dados primariamente associados a aplicações de monitoramento de tráfego de pacotes na rede, por isso existem várias aplicações que utilizam esse tipo arquivo.

Tendo em vista a licença de uso do NS-3, existe um conjunto de organizações que colaboram para apoiar e desenvolver o software ns-3, chamado de Consórcio NS-3. O consórcio é regido por um acordo estabelecido entre os membros fundadores: Centro de pesquisa Inria Sophia Antipolis (INRIA) e da Universidade de Washington. A ideia é ser um ponto de apoio ao projeto de código aberto, sendo um elo entre os membros industriais e os desenvolvedores ns-3 e ainda, garantir o suporte técnico ao núcleo do ns-3.

## 2.5 Trabalhos relacionados

Nesta seção são apresentados alguns trabalhos cujas propostas foram baseadas em ferramentas de simulação no apoio à pesquisa e ao ensino e aprendizagem de redes de computadores.

Siraj et. al. (2012), apresentaram uma proposta de pesquisa baseada em diferentes simuladores de redes de computadores, destacando suas principais características, vantagens e desvantagens. O objetivo do artigo era servir de fonte de referência para ajudar na escolha do simulador mais apropriado para uma determinada pesquisa sobre redes de computadores. Os autores fizeram uma abordagem da importância do uso de simuladores em diversos setores da sociedade e destacaram suas contribuições relacionadas à redução de custos e tempo de implementações.

A comparação entre os simuladores foi baseada nas seguintes características: do mais simples até o muito complexo, linguagens utilizadas, forma de configuração de *hosts*, das ligações e tráfego entre eles, na especificação e configuração dos protocolos existentes, interface com usuário, modos de operação (normal e avançado) e nas demais ferramentas para criar as simulações. Dentre os diferentes tipos de simuladores existentes, os autores utilizaram, como objeto de estudo, os simuladores OPNET, NS-2, NS-3, NetSim, OMNeT ++, REAL, J-Sim e QualNet. O interessante do artigo é que esses simuladores utilizados possuem características bem distintas, contribuindo com várias opções de escolha. Dentre todas as características apresentadas, é importante ressaltar que as linguagens utilizadas na programação dos simuladores podem ser consideradas decisivas para a escolha, de acordo com a aplicação de destino (Tabela 6).

**Tabela 6:** Simulador de Redes X Linguagem programação

<b>Name of Network Simulator</b>	<b>Language</b>
NS2	C++,Otel
NS3	C++, Python
OPNET	C (C++):
NetSim	Java
OMNeT++	C++
REAL	C
J-Sim	Java, Tcl

**Fonte:** Siraj at. al. (2012)

Siraj et. al. (2012) descreveram as principais características e funcionamento geral dos simuladores, destacando as linguagens usadas e os componentes de cada um deles. E seguida, apresentaram alguns exemplos de simulação, demonstrando interfaces, formato da programação de cenários, formato em que os resultados são visualizados e recursos disponíveis nas interfaces gráficas.

A conclusão do artigo, foi baseada nos pontos fortes e fracos dos simuladores, mas tendo em vista o objetivo de servir de fonte de referência para ajudar na escolha do simulador, os autores só se preocuparam com a aplicabilidade e concluíram descrevendo um cenário que era o mais adequado para ser simulado em cada um dos simuladores.

Para o ensino da disciplina Redes de computadores, Voss et. al. (2012) apresentaram uma proposta de utilização de laboratórios virtuais como sugestão para o ensino da disciplina. Os autores nomearam a proposta de Projeto “Lab-RC”, dividindo-a em duas fases. Sendo que na primeira fase, Voss et. al. (2012) dedicaram-se à pesquisa das ferramentas e nos testes das suas funcionalidades, e com base nos resultados apresentaram sugestões para a utilização dessas ferramentas de forma didática na disciplina, com o objetivo de estimular o aluno a refletir sobre os temas desenvolvidos a fim de atingir uma aprendizagem significativa. A segunda fase seria a validação das ferramentas pesquisadas com alunos em sala de aula, considerando três instituições e cursos de ensino superior envolvidos no projeto de pesquisa.

Voss et. al. (2012) apresentaram como justificativa para o trabalho, entre outros motivos, a necessidade de inovar a maneira de ensinar para atender as novas gerações de alunos que não se adaptam ao ensino tradicional. Com base na justificativa, os autores definiram como objetivo do artigo a apresentação de sugestões para o desenvolvimento da disciplina de Redes de Computadores, utilizando, de forma articulada, laboratórios virtuais (softwares, ferramentas computacionais e simuladores) considerando os conteúdos a serem tratados, associando-os às ferramentas mais adequadas para a exploração e reflexão de determinado assunto, bem como possibilidades de utilização.

Com base numa revisão bibliográfica, Voss et. al. (2012) escolheram os simuladores de rede Cisco Packet Tracer, Cnet, GNS3, Jimsim, NCTUns, NetSimK, NS2, OPNET e o SiReViW, em seguida fizeram a instalação e os testes dos mesmos para identificar seus principais recursos, potencialidades, limitações e adequação para apoiar no ensino e aprendizagem dos conteúdos de redes de computadores.

Na fase metodológica Voss et. al. (2012) fizeram uma análise na ementa da disciplina de redes de computadores de três instituições do ensino superior, visando identificar os principais conteúdos vistos durante o andamento da disciplina e seus respectivos objetivos. Com base na análise os autores constataram uma semelhança dos temas abordados nas três instituições de ensino. A partir dos objetivos associados aos conteúdos em comum apresentados nas ementas, os autores associaram cada um dos temas a ferramentas com recursos que poderiam contribuir para o ensino e aprendizagem. A Tabela 7 apresenta o resultado resumido da análise realizada pelos autores, com associação de conteúdos e ferramentas que podem ser utilizadas para auxiliar na compreensão e reflexão sobre determinado assunto.

**Tabela 7:** Relação entre temas propostos e ferramentas por Voss et. al. (2012)

<b>Temas propostos</b>	<b>Packet Tracer</b>	<b>Jim Sim</b>	<b>Net Simk</b>	<b>OPNET IT Guru</b>	<b>Sire ViW</b>
Topologias de redes	X		X	X	X
Modelo TCP/IP	X	X	X	X	X
Projeto e gerência de redes	X		X	X	X

**Fonte:** Voss et. al. (2012)

Tendo em vista a proposta de apresentar sugestões para o desenvolvimento da disciplina de Redes de Computadores, utilizando os simuladores de forma articulada, Voss et. al. (2012) citaram alguns exemplos das possíveis articulações, nos quais sugeriram o Cisco Packet Tracer para auxiliar os alunos a desenvolver habilidades práticas em topologias de rede e o SiReViW (Simulador Rede Virtual para Web 2.0) para que o aluno tenha uma visão do funcionamento das redes, da interligação e da interação entre elas, beneficiando o aprendizado. Para o tema “Modelo TCP/IP”, a sugestão foi a utilização do Jimsim que emula três roteadores que são conectadas a quatro redes virtuais separadas, no qual o aluno aprende a usar e configurar os equipamentos utilizando simplesmente o comando *telnet*. A outra sugestão para o tema foi o simulador NetSimk, cuja principal característica é a capacidade de gerar erros aleatórios na rede implementada, auxiliando o aluno na resolução de problemas (*troubleshooting*). Para o tema "Projeto e Gerência de Redes", os autores afirmaram que todas as ferramentas podem viabilizar a elaboração do projeto, mas destacaram a utilização da ferramenta OPNET IT para realizar simulações de redes com configurações idênticas a de uma rede real, com acesso a diversas estatísticas a respeito da simulação.

Também é importante lembrar que no estudo realizado, os autores analisaram um total de nove ferramentas, mas optaram por sugerir somente cinco delas com base em algumas características que foram decisivas para a utilização das mesmas no trabalho. Uma das características consideradas como essenciais foi a interface gráfica com o usuário (GUI - *Graphical User Interface*) que eliminou da lista as ferramentas Cnet e NS2. Outra característica considerada importante foi a livre utilização, que não é caso das ferramentas NCTUns e GNS3, pois o NCTUns passou a ser comercializado e o GNS3 depende da imagem do sistema operacional do roteador que só pode ser obtido utilizando uma conta online com a empresa Cisco System.

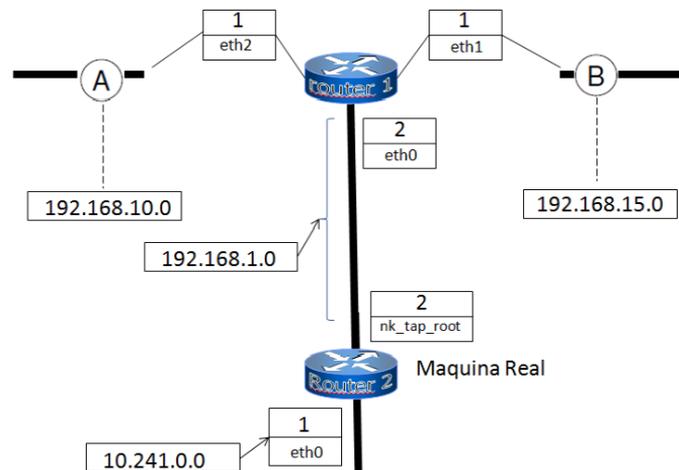
Nas considerações finais, Voss et. al. (2012) concluíram que as ferramentas Cisco Packet Tracer, Jim Sim, Net Simk, OPNET IT Guru e SireViW atenderam os objetivos da disciplina de Redes de Computadores em nível de graduação e que são as mais indicadas para apoiar as atividades envolvendo os conteúdos, considerando a praticidade de instalação, a facilidade de uso e aprendizado, além dos recursos oferecidos e as interfaces gráficas das mesmas. Os autores ainda afirmaram que a partir dos resultados obtidos na primeira fase do trabalho, pretendiam avaliar em sala de aula, além da compreensão dos conceitos envolvidos com a utilização das ferramentas, o grau de motivação dos alunos para o aprendizado, considerando outras possibilidades, cenários e testes possíveis, e também o quanto o grau de motivação poderia influenciar na sua formação cognitiva.

No ensino de redes de computadores existem conceitos que são melhor entendidos com prática, como é caso do ensino de roteamento estático e dinâmico de pacotes, que exigem do aluno uma visão do funcionamento do processo de roteamento para que o mesmo consiga configurar os equipamentos responsáveis pelo processo de forma correta. O uso do simulador NetKit no ensino de Roteamento Estático foi uma proposta apresentada por Barbosa et. al. (2009) como estratégia de ensino para os alunos da disciplina de Redes de Computadores I, do curso de Sistemas de Informação do Centro universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA). Inicialmente, os autores fizeram a exposição da dificuldade de compreensão de alguns conceitos relacionados ao conteúdo de redes de computadores, caso o aluno não veja na prática os conceitos apresentados. Entretanto, segundo os autores, para se ter uma relação adequada entre teoria e prática, é necessário oferecer uma estrutura física de laboratórios adequada, porém, é quase impossível para instituição de ensino disponibilizar estrutura capaz de atender a todos os alunos. Segundo eles, oferecer uma estrutura física adequada para esse estudo prático acarretaria um custo financeiro muito alto, sendo inviável para as instituições de ensino.

Com base no problema, Barbosa et. al. (2009) afirmaram que a utilização de emuladores de redes poderia ser uma solução satisfatória, visto que possibilitam criar ambientes virtuais de rede que funcionam de forma semelhante a ambientes reais. Diante dessa visão, os autores propuseram o uso do NetKit, por ser uma solução gratuita e de simples utilização, que possibilita a reprodução do comportamento e funcionamento de redes de computadores reais, pequenas ou grandes, dentro de uma única máquina virtual.

Para validar a solução proposta, Barbosa et. al. (2009) implementaram um ambiente para estudo do roteamento estático (Figura 22), que pode ser utilizado de duas maneiras. Na primeira, os alunos podem fazer a configuração manual de cada uma das máquinas virtuais e com isto, aprender os comandos necessários para configurar e testar uma rede, tendo em vista que a configuração é idêntica à realizada nas máquinas reais. Na segunda, o professor pode criar um laboratório para que os alunos executem todo ambiente e compreendam o funcionamento, sem se preocupar com a configuração do mesmo.

Na conclusão, Barbosa et. al. (2009) afirmaram que foram evidenciadas as contribuições do uso do Netkit no ensino de roteamento estático em redes de computadores, tendo em vista que foi possível proporcionar um ambiente de rede completo por aluno, permitindo ao aluno assimilar com facilidade o conceito teórico com a atividade prática.



**Figura 22:** Ambiente proposto para ensino de roteamento estático

Fonte: Barbosa et. al. (2009).

A utilização do NetKit para o ensino de roteamento de pacotes também foi proposta por Araujo e Bogo (2012), porém com o objetivo de desenvolver laboratórios virtuais, para simular

processos de roteamento estático e dinâmico. Para simular o roteamento dinâmico, autores utilizaram o protocolo *Open Shortest Path First* (OSPF). Ambos os laboratórios foram desenvolvidos com a tecnologia de endereçamento *Internet Protocol* versão 6 (IPv6), utilizando os softwares Netkit e Netgui (Interface Gráfica do NetKit) como ferramentas de virtualização. Com a utilização dessas ferramentas, os autores conseguiram criar ambientes virtuais de roteamento estático e dinâmico, utilizando o IPv6, criados a partir de laboratórios de roteamento *Internet Protocol* versão 4 (IPv4), criados anteriormente, como parte do projeto. Dessa forma, Araujo e Bogo (2012) demonstraram a eficiência das ferramentas e os benefícios alcançados com a criação de laboratórios virtuais.

A criação de laboratórios virtuais, utilizando a ferramenta de simulação NetKit, também foi proposta por Gurgel et. al. (2012). Porém, a proposta teve como objetivo apresentar a ferramenta e suas contribuições no ensino e aprendizagem de redes de computadores. Segundo os autores, embora seja possível ensinar e aprender redes por meio de livros, revistas e fóruns especializados, a experimentação prática é um fator de grande importância e relevância no ensino e aprendizagem da disciplina.

Segundo Gurgel et. al. (2012), o ensino de redes de computadores é um desafio, tendo em vista os problemas e dificuldades enfrentados para realização de atividades práticas, pois depende da disponibilidade de diversos equipamentos e ainda, não oferece grande flexibilidade de configurações para atender o volume de atividades práticas necessárias. Com base nesse desafio, os autores apresentaram o NetKit como ferramenta de apoio ao ensino e aprendizagem de redes de computadores, sendo utilizado criação de laboratórios virtuais.

Para validar a proposta, os autores elaboraram 11 (onze) tutoriais com atividades práticas de laboratórios virtuais, que foram aplicados aos alunos das disciplinas de Redes de Computadores e da disciplina de Administração e Gerenciamento de Redes, do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC/USP). A avaliação foi aplicada no ano de 2010, em duas etapas, sendo que na primeira, uma turma de 40 (quarenta) alunos fizeram as atividades práticas dos tutoriais sem o uso da ferramenta NetKit e na segunda, uma turma de 17 (dezessete) alunos fizeram os mesmos tutoriais utilizando a ferramenta. Ainda, segundo Gurgel et. al. (2012):

“Todos os tutoriais possuem instruções que, intencionalmente, não obtém sucesso na execução. A intenção é exibir não só situações de sucesso aos estudantes, como situações de erros e falhas comuns de configuração. Entrementes, em todos os tutoriais eles devem realizar a captura dos pacotes de redes utilizados para comunicação e posterior estudo através da ferramenta gráfica wireshark, onde eles

podem visualizar o conteúdo do pacote e a formação dos cabeçalhos dos importantes protocolos de rede sendo estudados” (Gurgel et. al. 2012, p. 7).

Em relação aos outros trabalhos que utilizaram a ferramenta NetKit, o trabalho de Gurgel et. al. (2012) foi o que mais explorou a ferramenta, tendo em vista que dos 11 (onze) tutoriais elaborados pelos autores, dez contemplavam laboratórios com cenários diferentes. É importante destacar que os dez cenários em questão possibilitaram aos alunos configurar os endereçamentos de redes, fazer testes de comunicação, diferenciar tipos de redes, configurar roteadores com rotas estáticas e dinâmicas, configurar *Firewall*, aprender a compartilhar internet via roteador, entender o funcionamento de servidores de DNS, entre outros.

Também é importante destacar no trabalho de Gurgel et. al. (2012) que os resultados da avaliação foram baseados em quatro níveis de profundidade (Tabela 8) em que os tópicos foram abordados e também em quatro níveis de habilidade adquirida, denominados pelos autores de níveis de conhecimento (Tabela 9), sobre cada tópico abordado.

**Tabela 8:** Níveis de profundidade na abordagem de conteúdos

Nível	Nome	Descrição	Peso
1	Superficial	O assunto foi introduzido e indicado ao aluno, de modo superficial, sem que seu conteúdo fosse cobrado posteriormente em avaliação.	0
2	Teórico	O assunto foi apresentado ao aluno teoricamente, durante o curso ou em disciplina pré-requisito. Conceitos teóricos foram avaliados sobre o assunto.	0,70
3	Prático	Foi exigido em atividade prática executada com orientação. Os conceitos teóricos e resultados da experiência foram avaliados.	0,85
4	Pleno	O assunto foi avaliado através de trabalho prático individual ou coletivo, bem como através de avaliação escrita.	1,00

**Fonte:** Gurgel et. al. (2012)

**Tabela 9:** Níveis de conhecimento adquirido definidos por Gurgel et. al. (2012)

Nível	Nome	Descrição	Nota
1	Desconhecido	O aluno neste nível de conhecimento não consegue descrever a utilidade da determinada ferramenta, protocolo ou serviço da rede.	0  -- 2,5
2	Reconhecido	O aluno entende a finalidade da ferramenta, protocolo ou serviço na teoria, mas não saberia como aplicar este conhecimento na prática	2,5  -- 5,5
3	Manutenível	O aluno não só sabe a finalidade, como é capaz de fazer pequenos e médios ajustes e adaptações, bem como utilizar as ferramentas e serviços da rede.	5,5  -- 7,5
4	Crítico	O aluno não só é capaz de fazer ajustes e adaptações, como é capaz de implantar novas ferramentas e funcionalidades, realizar projetos e avaliar o rendimento do sistema e soluções implantadas.	7,5  -- 10

**Fonte:** Gurgel et. al. (2012)

Na conclusão do trabalho, segundo os autores, foi possível constatar os benefícios da virtualização de redes no ensino, e em particular o uso da ferramenta Netkit, na ampliação da profundidade do conteúdo ministrado e na efetividade do aprendizado prático facilitado pela ferramenta. Na Tabela 10, elaborada pelos autores, é possível verificar o quanto foi ampliada a aprendizagem dos conteúdos com a utilização da ferramenta e inclusive pode ser observado que assuntos como Firewall, Servidor SSH, SysLog e Segurança não puderam ser aplicados no laboratório sem o uso do NetKit.

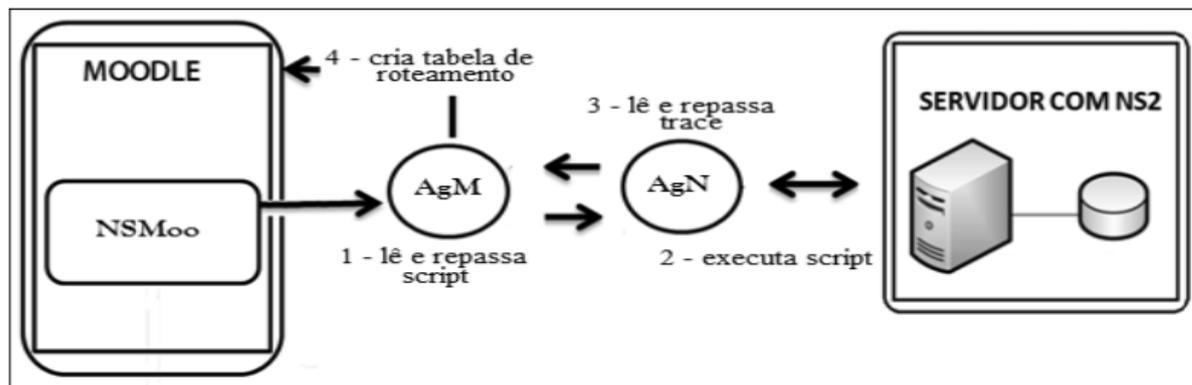
**Tabela 10:** Resultados Comparativos - Níveis de Profundidade x Nível de Conhecimento

Assunto	Turma A Sem uso do NetKit				Turma B Com uso do NetKit					
	N.Prof	Média	MP	N.Con	D.P	N.Prof	Média	MP	N.Con	D.P
Endereçamento	4	6,18	6,18	3	4,37	4	8,00	8,00	4	1,40
Roteamento	4	4,83	4,83	2	5,09	4	7,00	7,00	3	2,10
Servidor HTTP	2	7,33	5,13	2	2,66	3	7,50	6,38	3	0,80
Servidor FTP	2	7,33	5,13	2	2,66	3	9,00	7,65	4	0,30
Servidor SSH	1	NA	NA	NA	NA	2	9,00	6,30	3	0,30
Firewall	1	NA	NA	NA	NA	4	6,50	6,50	3	0,60
NAT	3	6,08	5,17	2	4,19	4	6,50	6,50	3	0,80
DNS	2	7,33	5,13	2	2,66	4	6,00	6,00	3	1,20
SysLog	1	NA	NA	NA	NA	3	8,00	6,80	3	0,40
SNMP	2	5,96	4,17	2	3,65	4	7,50	7,50	4	1,90
Ferramentas	2	7,24	5,07	2	2,79	3	6,50	5,53	3	1,50
Conceitos	3	6,13	5,21	2	3,71	4	8,00	8,00	4	1,20
Segurança	1	NA	NA	NA	NA	3	7,00	5,95	3	1,30
Ldap	1	NA	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA	NA
Email	1	NA	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA	NA
Samba	1	NA	NA	NA	NA	1	NA	NA	NA	NA
Geral	2	6,29	4,40	2	1,51	4	6,90	6,90	3	0,50

Fonte: Gurgel et. al. (2012)

Em todos os trabalhos citados até agora, os autores sem exceção, tem justificado o uso de laboratórios virtuais baseados em simuladores de redes devido à necessidade de desenvolvimento de atividades práticas ser essencial para a construção de uma aprendizagem mais significativa. Seguindo a mesma linha, Ferreira et. al. (2014) propôs o uso do NS2 (*Network Simulator*) na aprendizagem de redes de computadores, porém o objetivo foi a integração do simulador NS2 no Ambiente Virtual de Aprendizagem. Os autores também concordam que para o ensino e aprendizagem de redes existe uma carência de equipamentos e de disponibilidade de horários nas instituições para atender a demanda. Segundo os autores, NS-2 possui características que podem apoiar o aluno no processo de simulação dos principais cenários de redes, mas apresenta algumas restrições relacionadas à interatividade com o usuário, visto que não possui interface gráfica e os cenários são implementados por meio de *scripts* de linguagem de programação. O problema, também segundo os autores, é que a carga horária da

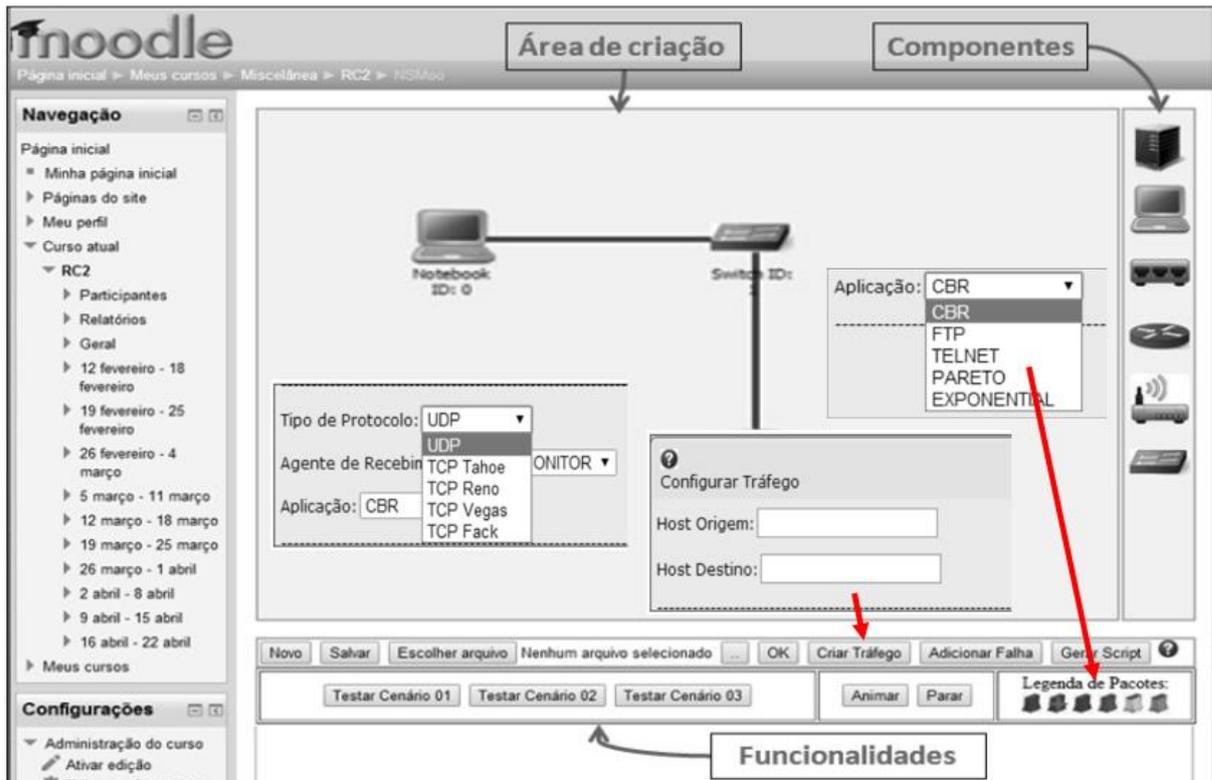
disciplina não possibilita o aluno ter mais tempo para familiarizar com a ferramenta. Sendo assim, para utilizar o NS-2 a proposta de integração consiste na implementação de uma outra ferramenta, que os autores chamaram de NSMoo (*Network Simulator for Moodle*), uma ferramenta que faz a integração do NS-2 ao *Modular ObjectOriented Dynamic Learning Environment* (Moodle). Em resumo, a proposta de Ferreira et. al. (2014) foi implementar uma interface gráfica para o NS-2 utilizando ferramentas do próprio ambiente Moodle e a linguagem HTML5 para gerar módulos que proporcionaram a criação e configuração de cenários de redes. Com base na Figura 23, pode-se verificar a arquitetura e o funcionamento da ferramenta NSMoo, na qual é possível perceber que a interface gráfica implementada pelos autores cria automaticamente os scripts a partir da implementação gráfica feita pelo usuário, dispensando conhecimentos prévios sobre as linguagens de programação do NS-2.



**Figura 23:** Arquitetura básica do NSMoo

**Fonte:** Ferreira et. al. (2014)

É interessante observar na Figura 24 que o trabalho de Ferreira et. al. (2014) realmente proporcionou maior interatividade do NS-2 com o usuário, possibilitando que todo processo de criação e configuração dos cenários fosse feito dentro do próprio ambiente Moodle, no qual o aluno pode acessar o ambiente de qualquer lugar, utilizando simplesmente uma máquina conectada à internet.



**Figura 24:** Interface gráfica do NSMoo (NS2 integrado ao Moodle)  
**Fonte:** Ferreira et. al. (2014) -adaptação do autor

De acordo com os resultados, Ferreira et. al. (2014) concluíram que a utilização de simuladores no ensino e aprendizagem de redes de computadores podem contribuir muito e em relação à ferramenta NSMoo, afirmaram que proporciona ao aluno um ambiente interativo, bem atrativo e que facilita o aprendizado e a utilização do NS-2 por meio da geração de scripts na linguagem OTCL. Lembrando que ainda pode otimizar os custos da instituição de ensino com a implantação de laboratórios físicos tendo em vista a utilização do Moodle já existente na instituição e o NS-2 ser um software gratuito.

### 3 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se, inicialmente, como exploratória e descritiva. Exploratória porque a proposta deste trabalho é utilizar uma ferramenta de simulação para auxiliar no ensino e aprendizagem dos conteúdos relacionados ao ensino de redes de computadores, em um novo modelo de ensino que vem sendo adotado por algumas instituições em todo mundo. Descritiva porque o novo modelo de ensino e a utilização da ferramenta vão ao encontro da demanda de inovar a maneira de ensinar em razão do perfil das novas gerações de alunos que já nasceram em meio a uma evolução constante das TIC.

#### 3.1 Escolha da ferramenta de simulação

O primeiro passo da pesquisa consistiu em identificar as ferramentas mais citadas na literatura revista, dentre as quais foram escolhidas cinco: Cisco Packet Tracer, NS2, Netkit, GNS3 e o EstiNet. Em seguida foi realizado novo levantamento bibliográfico voltado para trabalhos relacionados a cada uma das cinco ferramentas e com base nos resultados, foi feito um estudo comparativo entre elas para a escolha daquela que seria o objeto da pesquisa. Tendo em vista que as ferramentas selecionadas atendem a vários requisitos para o suporte no ensino e aprendizagem de redes de computadores, a escolha foi baseada em duas etapas distintas.

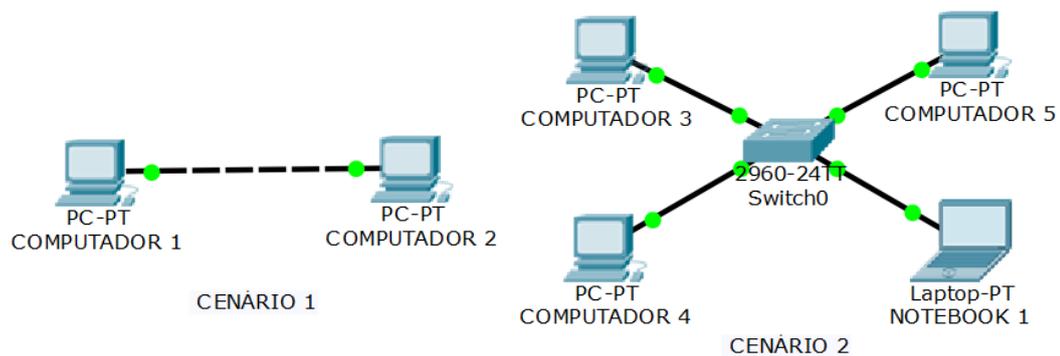
Na primeira etapa foi utilizada a técnica conhecida como percurso cognitivo, voltada para uma avaliação analítica da Interface Homem Computador (IHC). De acordo com Wharton (1994) *apud* Prates et. al. (2003),

“Percurso cognitivo é um método analítico que avalia uma proposta de projeto de IHC no contexto de tarefas específicas do usuário. Ele visa avaliar principalmente a facilidade de aprendizado do sistema, em particular pela exploração dos usuários. A motivação para este tipo de avaliação advém do fato de que muitas pessoas preferem aprender sobre a funcionalidade de um sistema computacional enquanto trabalham em suas tarefas típicas, adquirindo conhecimento sobre novas características ou funções apenas quando seu trabalho as requerer”.

Ainda, segundo Prates et. al. (2003) antes de disponibilizar um software pronto para uso, é importante saber se ele realmente é adequado para apoiar o usuário em suas tarefas, se possui uma interface com o usuário que facilita a sua utilização, entre outros requisitos. A técnica do percurso cognitivo é realizada em duas fases distintas, sendo que a primeira é uma preparação para a análise, na qual, segundo Prates et.al. (2003) são definidas:

- As hipóteses sobre os usuários e o conhecimento prévio sobre a tarefa e sobre a interface proposta;
- Cenários de tarefas, contemplando tarefas importantes e mais frequentes;
- Sequência de ações para completar cada tarefa;
- Proposta de design contendo passo a passo e indicando o status antes e depois.

Para a fase de preparação foram definidos dois cenários que possibilitam ao usuário explorar a interface da ferramenta gradativamente (Figura 25).



**Figura 25:** Cenários utilizados no Percurso Cognitivo  
**Fonte:** Print da própria ferramenta

Na fase de análise, foram definidas cinco perguntas, que de acordo com as respostas é possível identificar se uma determinada interface possui recursos capaz de guiar o usuário na execução de uma tarefa sem a necessidade de utilizar manual de utilização. Com base nos cenários propostos, o usuário deve-se guiar pela interface, sabendo por onde começar, identificar os recursos e/ou equipamentos necessários, qual o passo seguinte, sabendo se executou uma ação não permitida e se atingiu o objetivo.

A partir da definição dos cenários, a Tabela 11 apresenta as duas fases que compõem a técnica, com suas hipóteses, cenários, sequência de passos e as questões da fase de análise das ferramentas.

**Tabela 11:** Fases do Percurso cognitivo aplicado na escolha da ferramenta

<b>PERCURSO COGNITIVO</b>	
<b>Fase de preparação</b>	
<b>Tipo de usuário:</b>	alunos e professores
<b>Tarefa proposta:</b>	Interligar computadores em rede
<b>Cenários:</b>	Dois computadores interligados diretamente e quatro computadores interligados por meio de um concentrador ( <i>Switch</i> )

**Etapas necessárias:** Identificar os equipamentos na barra de ferramentas; escolher os equipamentos necessários para cada um dos cenários; montar os cenários na área de trabalho; fazer as conexões necessárias, utilizando os cabos corretos; verificar se a rede está funcionando e pronta para as configurações lógicas.

### **Fase de Análise (Perguntas)**

Para montagem do cenário inicial, o usuário saberá por onde começar? Saberá qual o próximo passo?
O usuário irá identificar corretamente todos os equipamentos e cabos necessários?
O usuário irá perceber que a ação executada está correta?
O usuário irá perceber quando a ação executada não é permitida?
O usuário consegue saber se atingiu o objetivo da tarefa?

**Fonte:** Próprio autor

A utilização do percurso cognitivo para análise das ferramentas efetuou uma filtragem inicial, eliminando algumas das ferramentas em questão. Considerando que a técnica é voltada para análise de interfaces IHC, os simuladores NS2 e o NetKit não se encaixam porque exigem do usuário conhecimentos prévios de programação para elaboração de scripts necessários para a implementação dos cenários. Quanto às outras ferramentas, o GNS3 em termos de recursos é mais voltado para cenários com roteadores, então, não é caso de aplicar os cenários propostos para análise da ferramenta na técnica em questão. Entretanto, o Cisco Packet Tracer e o EstiNet são ferramentas que possuem uma diversidade de recursos e interfaces gráficas que apresentam uma série de ferramentas que direcionam o usuário no desenvolvimento da tarefa. Sendo assim, de acordo com a proposta de análise por meio do percurso cognitivo, a Tabela 12 apresenta o resultado da análise do Cisco Packet Tracer e do EstiNet.

**Tabela 12:** Resultado do Percurso cognitivo do Cisco Packet Tracer e do EstiNet

<b>PERCURSO COGNITIVO</b>	
<b>Fase de preparação</b>	
<b>Tipo de usuário:</b> alunos e professores	
<b>Tarefa proposta:</b> Interligar computadores em rede	
<b>Cenários:</b> Dois computadores interligados diretamente e quatro computadores interligados por meio de um concentrador ( <i>Switch</i> )	
<b>Etapas necessárias:</b> Identificar os equipamentos na barra de ferramentas; escolher os equipamentos necessários para cada um dos cenários; montar os cenários na área de trabalho; fazer as conexões necessárias, utilizando os cabos corretos; verificar se a rede está funcionando e pronta para as configurações lógicas.	
<b>Fase de Análise – Cisco Packet Tracer (Perguntas e Respostas)</b>	
Para montagem do cenário inicial, o usuário saberá por onde começar? Saberá qual o próximo passo?	Sim. A barra de ferramentas é bem posicionada e possui identificação para todos os recursos.
O usuário irá identificar corretamente todos os equipamentos e cabos necessários?	Sim. A interface utiliza simbologia popular.
O usuário irá perceber que a ação executada está correta?	Sim. O Simulador apresenta sinalização (animação) de status (ativo/inativo – on/off, etc.)
O usuário irá perceber quando a ação executada não é permitida?	Sim. O simulador não permite a ligação de cabos no conector errado e nem configurações fora do padrão.
O usuário consegue saber se atingiu o objetivo da tarefa?	Sim. Além da sinalização de status, a arquitetura apresenta graficamente o funcionamento ou não.

<b>Fase de Análise – EstiNet (Perguntas e Respostas)</b>	
Para montagem do cenário inicial, o usuário saberá por onde começar? Saberá qual o próximo passo?	Sim. A barra de ferramentas é bem completa, basta posicionar o mouse para identificar o recurso.
O usuário irá identificar corretamente todos equipamentos e cabos necessários?	Sim. A interface apresenta uma simbologia padrão e os ícones são bem sugestivos.
O usuário irá perceber que a ação executada está correta?	Não. Somente quando efetuar algum teste relacionado.
O usuário irá perceber quando a ação executada não é permitida?	Sim. O simulador não permite a ligação de cabos no conector errado e nem configurações fora do padrão.
O usuário consegue saber se atingiu o objetivo da tarefa?	Sim. Ao executar arquitetura apresenta graficamente o funcionamento ou não.

**Fonte:** Próprio autor

É importante observar que na análise feita por meio do percurso cognitivo, deve-se tomar cuidado para não direcionar o resultado de acordo com o interesse próprio, visto que a análise é feita a partir de cenários e perguntas elaboradas pelo próprio autor. Diante desta possibilidade e mesmo sabendo que alguns simuladores já foram descartados na primeira fase, a escolha do simulador mais adequado para este trabalho foi baseada também nos seguintes parâmetros: o tipo de interface com o usuário, a plataforma de sistema operacional para instalação, frequência de atualizações e recursos disponíveis, considerados como importantes para que o aluno possa ser apoiado sem restrições. A Tabela 13 apresenta um comparativo entre as ferramentas, com base nos parâmetros pré-definidos.

**Tabela 13:** Comparativo dos simuladores de Redes de Computadores

<b>COMPARATIVO - SIMULADORES DE REDES DE COMPUTADORES</b>						
<b>Ferramentas</b>	<b>Interface Gráfica</b>	<b>Plataforma Sistema Operacional</b>	<b>Atualizações Frequentes</b>	<b>Portable</b>	<b>Software Gratuito</b>	<b>Recursos Disponíveis (Pontuação*)</b>
<b>NS2 - Network Simulator</b>	Não	Linux	sim	não	sim	5
<b>NetKit</b>	não	Linux	sim	não	sim	4
<b>GNS3 - Graphical Network Simulator</b>	sim	Windows / Linux	sim	sim	sim	3
<b>EstiNet - EstiNet Technologies Inc.</b>	sim	Linux	sim	não	não	5
<b>Cisco Packet Tracer Student</b>	sim	Windows / Linux	sim	sim	sim	5

\* Pontuação mínima = 1 e máxima = 5

**Fonte:** Próprio autor

A partir dos resultados do estudo comparativo, pode-se observar mais uma vez que todas as ferramentas têm recursos que podem contribuir para o ensino e aprendizagem de redes. No entanto, diante desta série de parâmetros, vale destacar que não pode ser exigido que o aluno aprenda programação para aprender conceitos básicos de redes, utilizar um sistema operacional diferente daquele que o mesmo já tem instalado fora da sala de aula e jamais pode ser exigido que o aluno compre uma licença de software, pois é responsabilidade da instituição disponibilizar os recursos para que o aluno possa fazer as atividades práticas. Sendo assim, justifica-se a escolha da ferramenta Cisco Packet Tracer por ser um software que tem versões para diferentes plataformas de sistema operacional, inclusive para o sistema Android, é gratuita, tem uma interface gráfica “amigável” com o usuário, dispõe de uma série de recursos capazes de proporcionar uma diversidade de atividades práticas voltadas para o ensino e aprendizagem de redes de computadores e possui atualizações constantes, inclusive com acréscimo de novos recursos e dispositivos de rede. É interessante ressaltar que o Cisco Packet Tracer ainda tem versões diferenciadas para aluno e professor, funcionando como facilitador no ensino e aprendizagem de redes de computadores.

Uma proposta de estratégia para apoiar o ensino e aprendizagem deve ser bem embasada para realmente contribuir para construção de um conhecimento mais significativo. Diante da responsabilidade em questão, foi feito um *checklist* de usabilidade, utilizando o instrumento ErgoList<sup>9</sup> como complemento da análise, sobre o ponto de vista ergonômico de usabilidade do software Cisco Packet Tracer. Sendo importante lembrar que o ErgoList foi escolhido por ser um sistema de listas de verificação de qualidades ergonômicas de softwares desenvolvido em 1997, com o apoio da Fundação Softex, sendo considerado um instrumento completo, objetivo e validado por meio de testes para análise de interfaces de diferentes sistemas. A Tabela 14 apresenta o laudo final da análise quantitativa do Cisco Packet Tracer com base nos critérios de ergonomia contemplados pelo ErgoList. O Anexo 1 apresenta uma tabela com todos os critérios ergonômicos avaliados no *checklist*.

---

<sup>9</sup> ErgoList - Lista de verificação de exigências ergonômicas para interfaces com o usuário. *Site* LabiUtil Home Page da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Disponível em: < <http://www.labiutil.inf.ufsc.br/>>.

**Tabela 14:** Laudo final do Checklist de usabilidade

<b>SOFTWARE DE SIMULAÇÃO - CISCO PACKET TRACER STUDENT</b>				
<b>LAUDO FINAL - CHECKLIST DE USABILIDADE (ErgoList)</b>				
<b>Aspecto ou Critério</b>	<b>Total questões</b>	<b>Respondidas</b>	<b>Em Conformidade</b>	<b>Não aplicáveis</b>
PRESTEZA	17	17	76%	4
AGRUPAMENTO POR LOCALIZAÇÃO	11	11	82%	2
AGRUPAMENTO POR FORMATO	17	17	65%	5
FEEDBACK	12	12	58%	5
LEGIBILIDADE	27	27	44%	14
CONCISÃO	14	14	64%	5
AÇÕES MÍNIMAS	5	5	100%	0
DENSIDADE INFORMACIONAL	9	9	78%	2
AÇÕES EXPLÍCITAS	4	4	50%	1
CONTROLE DO USUÁRIO	4	4	100%	0
FLEXIBILIDADE	3	3	100%	0
EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO	6	6	67%	2
PROTEÇÃO CONTRA ERROS	7	7	86%	1
MENSAGENS DE ERRO	9	9	67%	2
CORREÇÃO DE ERROS	5	5	80%	1
CONSISTÊNCIA	11	11	100%	0
SIGNIFICADOS	12	12	92%	1
COMPATIBILIDADE	21	21	52%	10
<b>TOTAL</b>	<b>194</b>	<b>194</b>	<b>70%</b>	<b>55</b>

**Fonte:** Próprio autor.

Com base na Tabela 14, é importante observar que, do total geral de questões pertencentes às categorias de critérios que compõem o Ergolist, 70% dos critérios estão em conformidade e considerando que das 194 questões, 55 não são aplicáveis ao Cisco Packet Tracer, teria um total de 190 questões em conformidade, logo o percentual de conformidade a ser considerado é de 97,94%. Considerando as questões em conformidade, percebe-se que a média geral entre os critérios ficou acima do total (76%).

Em relação ao Packet Tracer, é interessante também considerar o trabalho de validação de laboratórios virtuais de aprendizagem proposto por Ávila et. al. (2012), apresentado no capítulo 3, baseada em uma taxonomia desenvolvida para avaliação de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVAs) no que se refere à sua estrutura e nível de interatividade. Os autores fizeram uma avaliação do Cisco Packet Tracer e o resultado reforça a qualidade da ferramenta em termos de arquitetura e interatividade.

### 3.2 Pesquisa Empírica

Definida a ferramenta, foi realizado um levantamento em campo em uma IES, localizada na cidade Belo Horizonte – MG, que está implantando o modelo de ensino *flipped classroom*.

O estudo foi feito com três grupos de alunos do Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores que estão cursando períodos distintos. Para pesquisa foram elaborados dois questionários quantitativos, sendo um para alunos e outro destinado aos professores, contendo 30 (trinta) questões cada (Apêndices A e B). As questões foram divididas em três grupos:

- 1) características técnicas do Cisco Packet Tracer;
- 2) características pedagógicas do simulador;
- 3) aplicação do simulador na Sala de Aula Invertida.

Para resposta a cada questão, foi usada a escala Likert de 5 pontos, em que o respondente manifestava de forma crescente seu grau de concordância em relação a questão, indo do discordo totalmente (1) ao concordo totalmente (5).

A ideia foi identificar com base na percepção dos alunos e professores se o Cisco Packet Tracer pode contribuir na melhoria do ensino e aprendizagem de redes de computadores no novo modelo de ensino adotado pela IES, auxiliando os alunos nas atividades dos três momentos de aula, e indiretamente contribuindo para a instituição como um todo. Os questionários foram aplicados para um grupo de 65 (sessenta e cinco) alunos e para 8 professores do Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores. O questionário destinado aos alunos foi aplicado para 3 (três) grupos, sendo o primeiro grupo formado por 21 (vinte um) alunos que estavam cursando o 1º período, o segundo formado por 22 (vinte e dois) alunos que estavam cursando o 3º período e o terceiro grupo formado por 22 (vinte e dois) alunos que estavam cursando o último período.

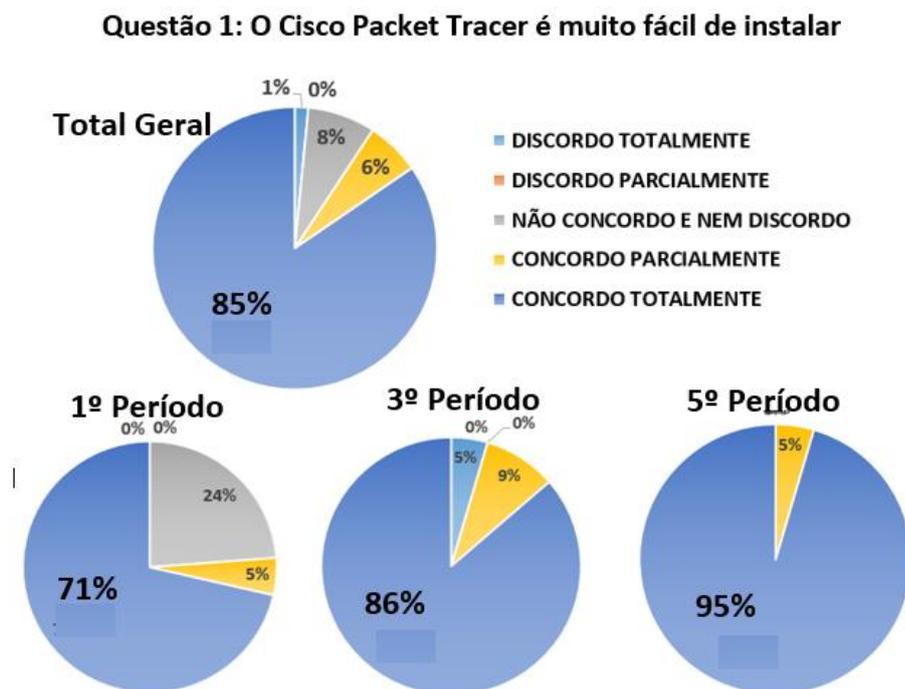
Neste trabalho, a experiência dos alunos e professores em relação à utilização do Cisco Packet Tracer foi considerada a partir do primeiro semestre de 2014, quando a IES fechou uma parceria com a Academia Cisco, embora não exista a obrigatoriedade de professores e alunos utilizarem a ferramenta. Entretanto, os professores conhecem e já utilizam a ferramenta em algumas disciplinas do curso. Dessa forma, a experiência dos respondentes em níveis distintos, pode gerar resultados mais significativos, tendo em vista que um questionário aplicado no primeiro período traz resultados de alunos que estão utilizando a ferramenta pela primeira vez,

permitindo comprovar se ela pode contribuir para a aprendizagem de conceitos básicos, para um aluno completamente leigo no assunto. Por outro lado, a experiência no quinto período pode reforçar ou não o potencial da ferramenta como suporte ao ensino e aprendizagem de redes de computadores.

O questionário aplicado para os professores teve o objetivo de coletar a percepção deles sobre as contribuições da ferramenta também dentro do novo modelo de ensino. Conforme foi abordado na seção 2, o *Flipped Classroom* é centrado no aluno e o professor assume o papel de mediador, provocando discussões, resolução de problemas, propondo atividades que possam contribuir para uma aprendizagem mais significativa do aluno. Com base na proposta deste trabalho, os professores foram questionados também sobre a utilização da ferramenta na elaboração de aulas modelo que são postadas no ambiente virtual do novo modelo de ensino, com o intuito de verificar se o Cisco Packet Tracer pode contribuir também para o desenvolvimento de vídeos aulas, uma vez que a ferramenta possui um bom nível de interatividade e animações em tempo real que podem facilitar a aprendizagem de conceitos complexos sobre redes de computadores.

#### 4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO

Uma das primeiras características que deve ser considerada na escolha de uma ferramenta para os alunos, é a facilidade de instalação, porque se o aluno encontrar alguma dificuldade no processo, terá resistência em utilizá-la. Pretendeu-se com este estudo analisar as contribuições do software nos três momentos de aula do *Flipped Classroom*, tanto para alunos e professores. A Figura 26 apresenta o resultado da percepção dos alunos quanto à facilidade de instalação do Cisco Packet Tracer e é visível que a maioria dos alunos não encontrou dificuldade e ainda pode-se perceber a diferença entre o primeiro e o quinto períodos, no qual ficou demonstrado que a experiência dos alunos em relação a instalação e configuração do software aumentou significativamente. Quanto à percepção dos professores, todos foram unânimes quanto à facilidade de instalação da ferramenta.



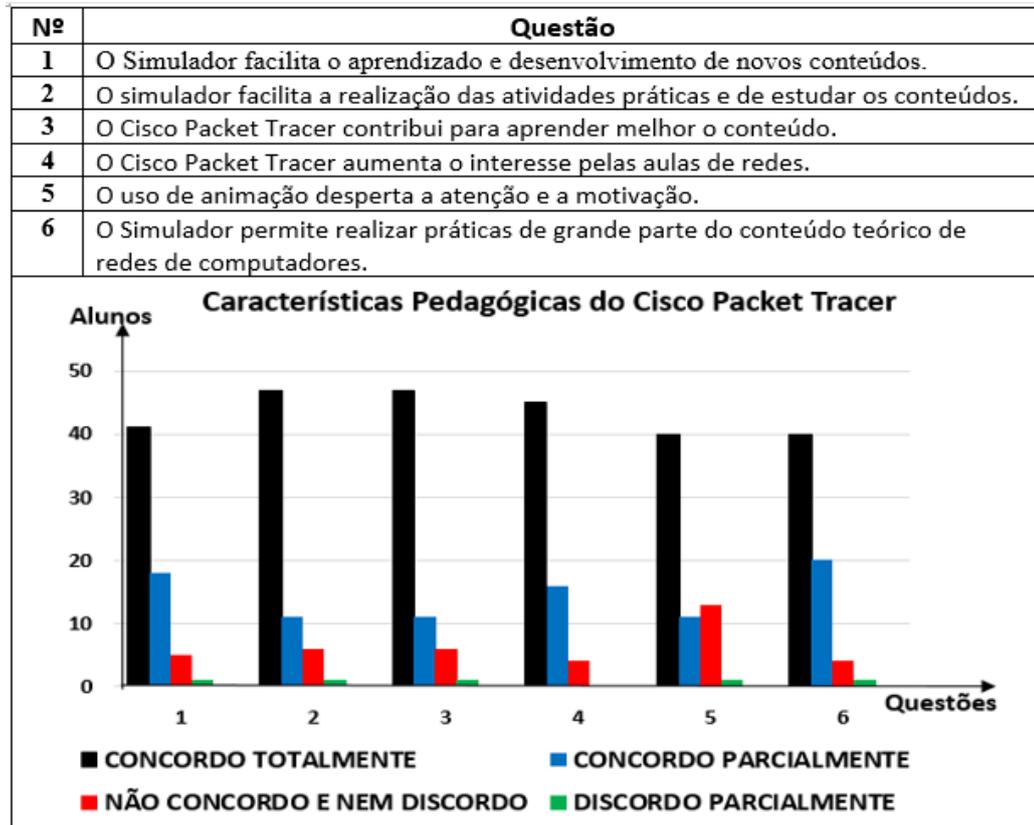
**Figura 26:** Facilidade de instalação do Cisco Packet Tracer

**Fonte:** Próprio autor – baseada nos dados da pesquisa

Em relação às características pedagógicas da ferramenta, os alunos tiveram que expor a opinião sobre algumas questões afirmativas sobre as contribuições didático-pedagógicas do Cisco Packet Tracer para o ensino e aprendizagem de redes de computadores (Figura 27).

A ideia foi saber se os alunos acham que aprenderam mais com uso do simulador, se ele é interessante o bastante para despertar interesse em utilizá-lo nas atividades práticas extraclasse

e se com ele é possível realizar atividades de boa parte do conteúdo relacionado à aprendizagem de redes de computadores.

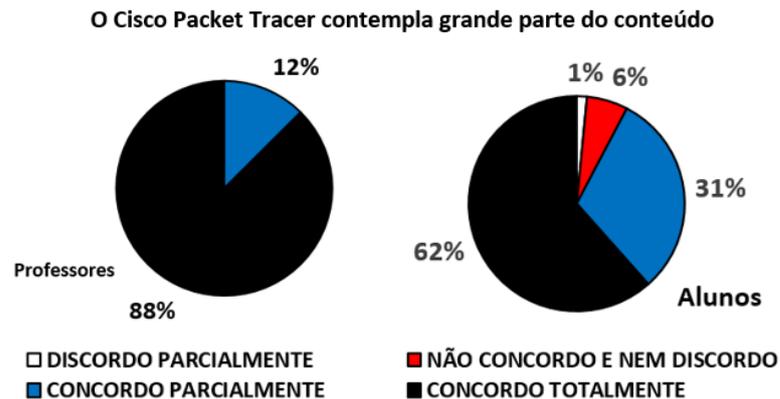


**Figura 27:** Resultados sobre características pedagógicas do simulador  
**Fonte:** Próprio autor – baseada nos dados da pesquisa

O gráfico apresentado na Figura 27 destaca o interesse despertado pelos alunos no uso do Cisco Packet Tracer nas aulas, tendo em vista que cada um pode montar a estrutura individualmente e visualizar seu funcionamento como se fosse uma estrutura real. O gráfico também mostra que a maioria concorda que a ferramenta os auxilia nas atividades práticas, os modos de operação facilitam o aprendizado do conteúdo e ainda contempla grande parte dos conteúdos. Tais resultados corroboram Voss et al. (2012) que justificaram o uso do Packet Tracer afirmando que é possível realizar uma série de simulações diferenciadas podendo inclusive visualizar os trabalhos internos da rede, como encaminhamento de pacotes, funcionamento de protocolos, entre outros. Os autores ainda destacaram que a ferramenta ajuda a desenvolver habilidades como tomada de decisão, pensamento crítico e resolução de problemas.

Os professores também foram questionados se o Cisco Packet Tracer permitia realizar atividades práticas de grande parte do conteúdo de redes de computadores. Com base no resultado, foi feito um comparativo com a resposta dos alunos e pode ser comprovado como

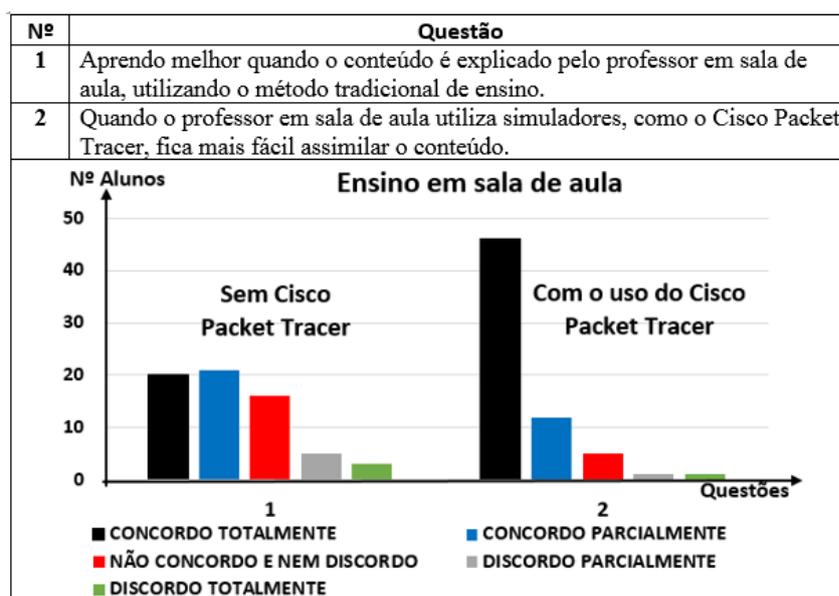
mostra o gráfico da Figura 28, que alunos e professores concordam, totalmente ou parcialmente, que a ferramenta contempla grande parte dos conteúdos, tendo em vista que o Cisco Packet Tracer suporta uma vasta gama de simulações físicas e lógicas, que permitem visualizações e avaliação de recursos que facilitam a aprendizagem de conceitos complexos a respeito da tecnologia de redes de computadores, podendo ser aplicados em diferentes disciplinas do curso de Redes de Computadores, corroborando os resultados apresentados por Voss et. al. (2012).



**Figura 28:** Compatibilidade do Packet Tracer com a ementa de Redes de Computadores

**Fonte:** Próprio autor – baseada nos dados da pesquisa

As questões a seguir (Figura 29) tiveram o propósito de saber se os alunos têm mais interesse pela aula quando professor utiliza o Cisco Packet Tracer para demonstrar um conteúdo e se a utilização da ferramenta contribui para entender melhor determinados conceitos.



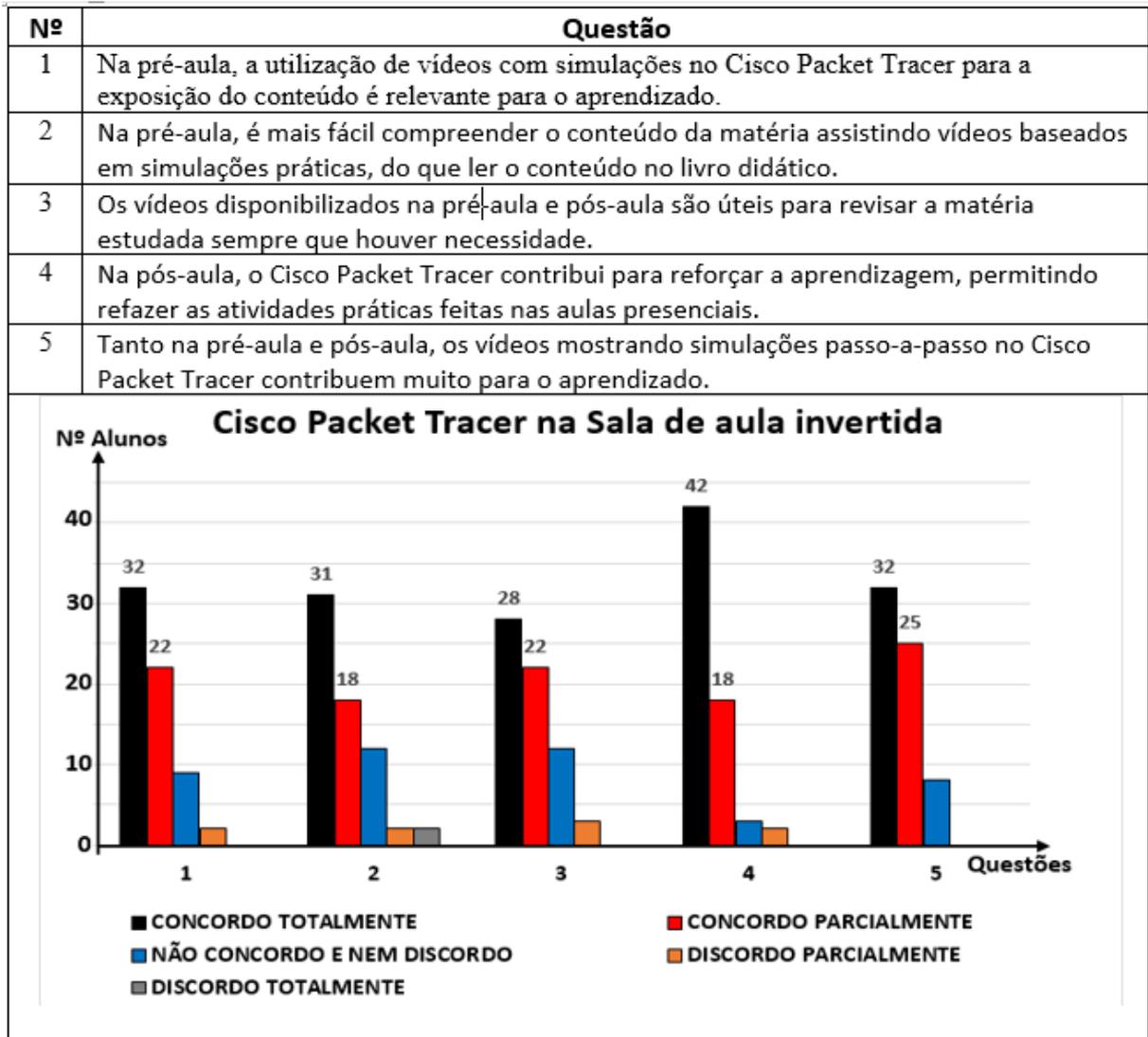
**Figura 29:** Resultado – Ensino sem Simulador e com Simulador

**Fonte:** Próprio autor – baseada nos dados da pesquisa

Com base nas questões foi possível traçar um paralelo entre o ensino de redes de computadores com e sem a utilização do simulador em sala de aula para demonstração de cenários relacionados ao conteúdo das disciplinas. O gráfico da Figura 29 mostra que aproximadamente 90% dos alunos concordam que assimilar um conteúdo com o professor utilizando o simulador em sala de aula é mais fácil. Em relação à aprendizagem sem a utilização do simulador, ou seja, pelo método tradicional de ensino, o resultado demonstra que menos da metade consegue aprender o conteúdo baseado em aulas expositivas, mas sem auxílio do simulador. O resultado mostra a preferência dos alunos pelas aulas menos tradicionais, mostra que a figura do professor é essencial no processo de ensino e a ferramenta pode auxiliar para facilitar na aprendizagem de novos conteúdos.

Conforme assinalado anteriormente, o *Flipped Classroom* pressupõe três momentos de aprendizagem: a pré-aula, quando o aluno assiste em casa as webaulas preparadas pelo professor e disponibilizadas na internet; a aula presencial, quando o aluno pode tirar dúvidas e esclarecer o conteúdo diretamente com o professor; e a pós-aula, em que o aluno revê as webaulas e realiza atividades como reforço ao aprendizado.

Sendo assim, as questões propostas levaram em consideração o novo perfil do aluno e ainda considerando que nos cursos de tecnologia tem alunos com pouca disponibilidade de tempo para se dedicar aos estudos extraclasse, em razão de responsabilidades e encargos de trabalho remunerado. A seguir são apresentadas na Figura 30 as cinco questões propostas nos dois questionários, relacionadas às contribuições do Cisco Packet Tracer nos três momentos da Sala de Aula Invertida, sendo todas votadas para a percepção de alunos e professores no uso da ferramenta para facilitar o aprendizado do aluno. Na visão dos alunos, o gráfico da Figura 31 mostra que eles concordam que a ferramenta contribui, facilitando a aprendizagem dos conteúdos e ainda, com base na questão quatro, a maioria concorda que a ferramenta pode reforçar os estudos, tendo em vista a possibilidade de refazer atividades práticas, feitas na aula presencial, no momento da pós-aula. Vale lembrar que a questão relacionada à relevância na utilização de vídeos baseados em simulações é uma prática que vem sendo utilizada por grande parte dos estudantes para obter uma informação de forma mais rápida e fácil. Dessa forma, na percepção dos alunos a utilização desse tipo de recurso é mais aceitável dentro do modelo *Flipped Classroom*.

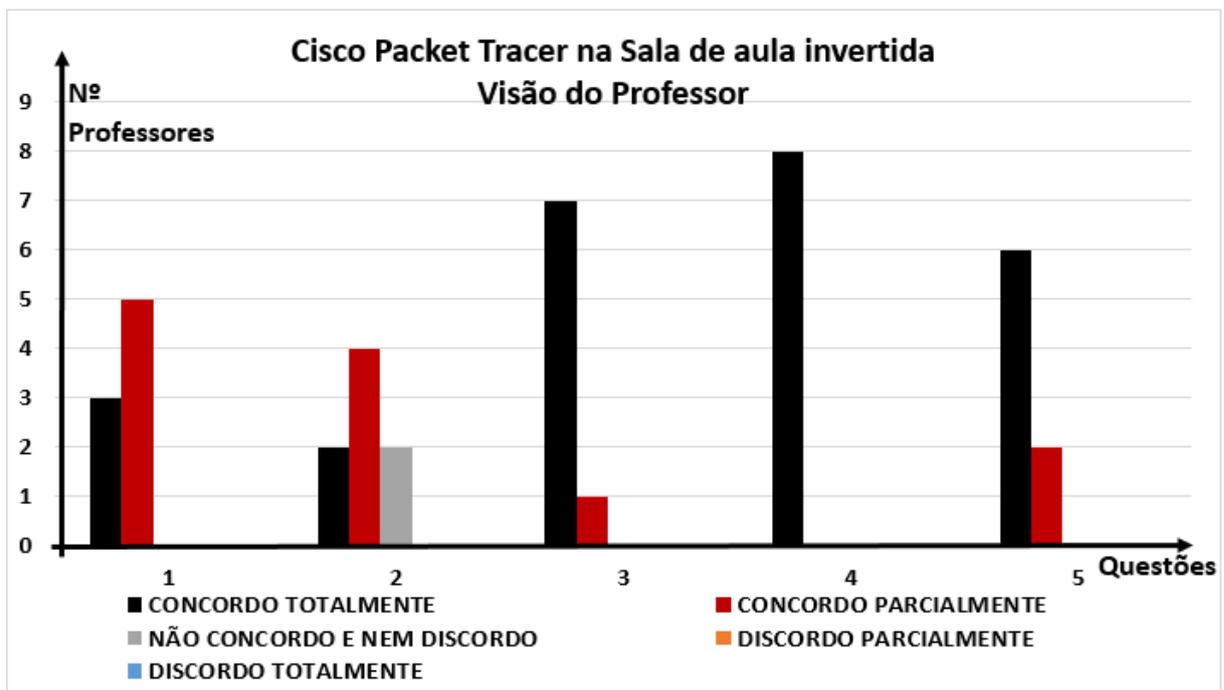


**Figura 30:** Cisco Packet Tracer na Sala de Aula Invertida – Visão dos Alunos

Fonte: Próprio autor – baseada nos dados da pesquisa

A percepção dos professores não foi muito diferente, exceto nas questões 1 e 2 relacionadas a utilização da ferramenta na pré-aula. Talvez a divergência esteja relacionada com particularidades de alguns dos docentes, tendo em vista que a pesquisa não foi totalmente direcionada só a professores que possuem um bom domínio na utilização do simulador. Em relação a questão 2, existem professores que defendem a leitura dos livros, embora não estejam errados, é visível que grande parte dos alunos tem pressa em obter uma informação e sempre recorrem ao recurso mais fácil – a internet. Vale também considerar que as cinco perguntas estão inter-relacionadas, ou seja, se a grande maioria afirma, na questão de número 5, que “Tanto na pré-aula e pós-aula, utilização de vídeos mostrando simulações passo-a-passo no Cisco Packet Tracer contribuem muito para o aprendizado”, como a maioria não concorda totalmente que utilização de vídeos na pré-aula é relevante? Apesar da divergência, pode ser

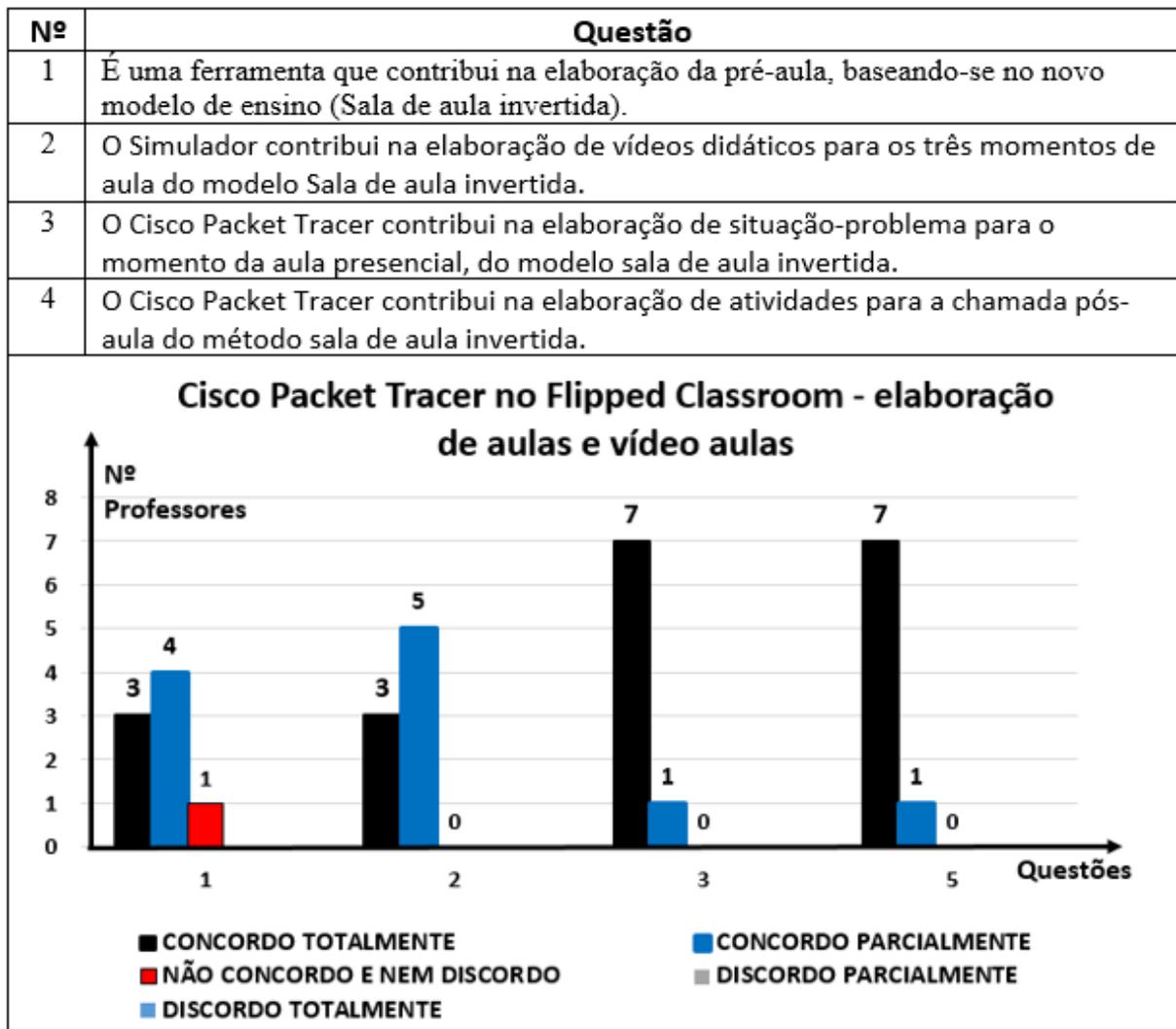
observado no gráfico da Figura 31 que a maioria concorda totalmente ou parcialmente que a ferramenta pode contribuir para a aprendizagem dos conteúdos e vale destacar que na visão da maioria dos professores o Cisco Packet Tracer, utilizado diretamente ou a partir de vídeos, pode contribuir para melhorar a aprendizagem de forma muito significativa. Outro aspecto a ser considerado nos resultados é que a maioria absoluta concorda que a ferramenta pode contribuir para reforçar a aprendizagem devido a possibilidade de o aluno poder refazer as atividades em casa.



**Figura 31:** Cisco Packet Tracer na Sala de Aula Invertida – Visão dos Professores  
**Fonte:** Próprio autor – baseada nos dados da pesquisa

Os resultados apresentados nos gráficos das Figuras 30 e 31 mostram que o uso do Cisco Packet Tracer nos três momentos de aula do modelo *Flipped Classroom* obteve aprovação total ou parcial da maioria dos respondentes. Sendo importante destacar que o novo modelo de ensino já vem sendo utilizado pelos alunos e professores desde o primeiro semestre de 2015, assim, os mesmos têm experiência suficiente para avaliar que tipo de material é melhor para os estudos nos momentos de pré-aula e pós-aula. Confirma-se, assim, a percepção de que a simulação de situações práticas do Cisco Packet Tracer mostradas por meio de vídeos pode facilitar e é relevante para auxiliar nos estudos dos conteúdos de redes de computadores.

A Figura 32 mostra questões relacionadas à percepção dos professores sobre as contribuições do Cisco Packet Tracer na elaboração de aulas e vídeo aulas para o modelo *Flipped Classroom*.



**Figura 32:** Cisco Packet Tracer no Flipped Classroom - elaboração de conteúdos

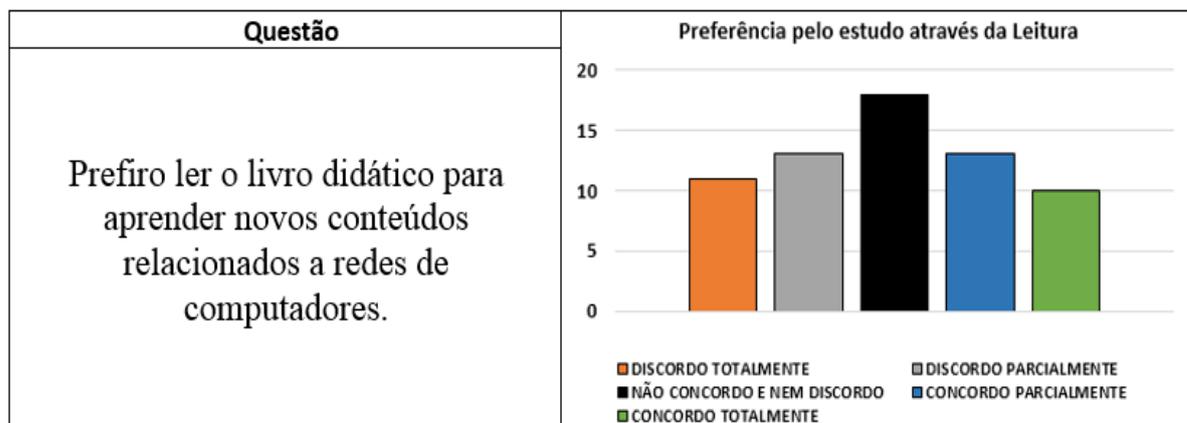
Fonte: Próprio autor – baseada nos dados da pesquisa

O resultado exibido no gráfico da Figura 32 mostra que o uso do simulador pode contribuir na elaboração de material para os três momentos de aula do modelo *Flipped Classroom*, tendo em vista que a partir da ferramenta, é possível elaborar estudos de caso com problemas reais, montar e testar projetos de redes de computadores, fazer simulações em sala de aula e gravar as simulações para montagem de vídeo aulas.

Tendo em vista o perfil das novas gerações de alunos e as melhores práticas recomendadas no *Flipped Classroom Field Guide (2013)*, a preferência pela leitura no processo de aprendizagem

foi colocada em questão para saber o que realmente os alunos preferem ter acesso nos momentos de pré-aula e pós-aula, no modelo de ensino *Flipped Classroom*. Vale também observar que a questão foi totalmente direcionada ao conteúdo de redes de computadores, considerando que o público do Curso de Tecnologia em Redes de Computadores é mais focado em tecnologias e ao mesmo tempo alguns não tem a disponibilidade necessária para se dedicar aos estudos fora da sala de aula. Inclusive, vale considerar que a maioria desses estudantes recorrem a vídeos explicativos no youtube para obter informações de novos conteúdos.

O resultado da questão, apresentado no gráfico da Figura 33, mostra que não há uma preferência entre os alunos para aprender novos conceitos relacionados a redes de computadores. Percebe-se pelo gráfico que os alunos ficaram divididos em grupos, sendo que um dos grupos não concorda e nem discorda, um outro que concorda totalmente com a afirmativa, seguido por um grupo, com um aproximadamente a mesma quantidade de alunos, que não tem preferência pelo livro didático, ou seja, discordam totalmente da afirmativa e dois grupos que não dispensam um livro didático.

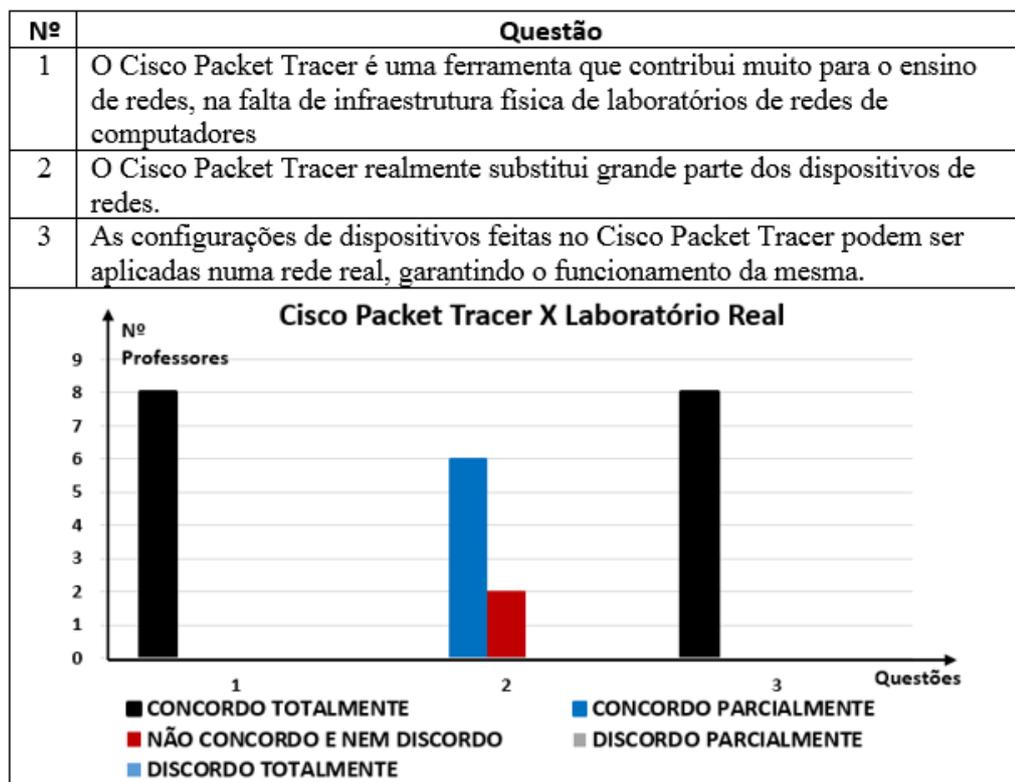


**Figura 33:** Preferência pelo livro didático  
**Fonte:** Próprio autor – baseada nos dados da pesquisa

A partir deste estudo, também foi possível identificar contribuições para a instituição de ensino em relação à infraestrutura de laboratórios, tendo em vista a percepção dos respondentes em relação aos equipamentos contemplados pelo Cisco Packet Tracer e o quanto o mesmo reproduz a realidade.

Para os professores, foram elaboradas questões relacionadas à contribuição do Cisco Packet Tracer em suprir dificuldades encontradas na disponibilização de infraestrutura de laboratórios. A Figura 35 mostra as questões e os resultados da pesquisa.

De acordo com o resultado mostrado no gráfico da Figura 34, entre os professores não existe dúvida que o simulador contribui no processo de ensino de redes de computadores na falta de infraestrutura compatível com o conteúdo das disciplinas e o simulador realmente consegue reproduzir topologias reais, permitindo inclusive exportar configurações feitas no simulador para dispositivos reais. Em relação à ferramenta substituir grande parte dos dispositivos de redes, a maioria dos respondentes concorda parcialmente, considerando que a ferramenta deve ser utilizada como auxílio e não para substituir grande parte da infraestrutura física necessária.



**Figura 34:** Cisco Packet Tracer X Laboratório Real

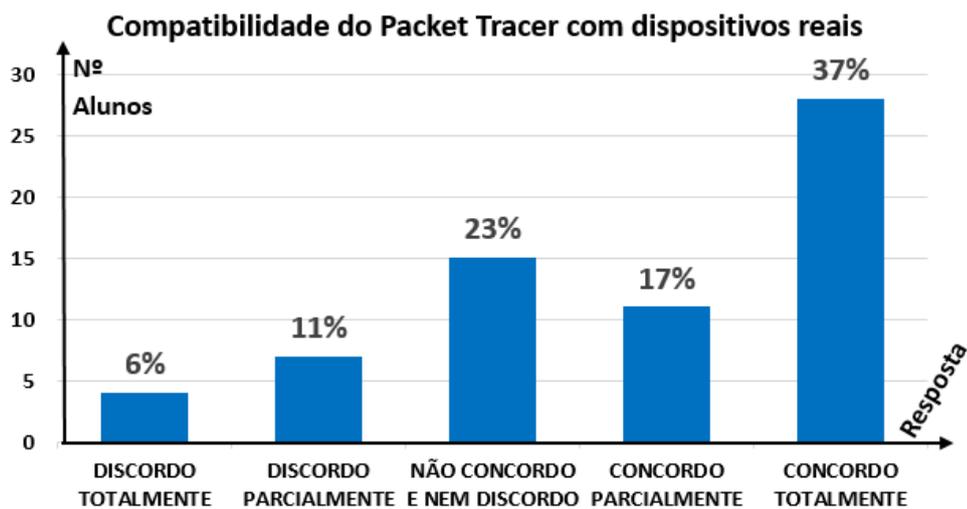
Fonte: Próprio autor – baseada nos dados da pesquisa

No questionário para os alunos, foi afirmado que o simulador Cisco Packet Tracer substitui a ausência de dispositivos físicos, funcionando como um laboratório real e de acordo com o resultado deve-se considerar:

- Que o aluno precisa ter acesso a equipamentos reais para atender suas expectativas em relação ao que vai encontrar no mercado de trabalho. Na prática, ligações físicas (cabo de força, terra, cabos de dados, entre outros) podem causar problemas que não são simulados.
- O simulador Cisco Packet Tracer permite que configurações feitas em seus ativos de redes (Roteador, Switch) sejam exportadas para dispositivos físicos. Entretanto, o

professor deve demonstrar a compatibilidade, entre a simulação e uma rede real, na prática para que o aluno se sinta seguro em relação ao simulador.

O gráfico da Figura 35 mostra que menos da metade dos alunos concordam com a afirmativa. O resultado pode estar relacionado com problemas de interpretação ou na formulação da afirmativa, como também da falta de informação do aluno em relação a ferramenta. Sendo assim, considerando a falta de informação e visto que a ferramenta possui muitos recursos que nem todos dominam, é importante demonstrar a capacidade da ferramenta, baseando-se em topologias reais. Não se pode dispensar a utilização de dispositivos físicos nas atividades práticas e sempre que possível, propor que alguma atividade prática feita no simulador seja também implementada com dispositivos reais. Dessa forma o aluno estará mais seguro em relação ao conteúdo de redes de computadores aprendido a partir do Cisco Packet Tracer.



**Figura 35:** Compatibilidade do Cisco Packet Tracer com dispositivos reais de rede

**Fonte:** Próprio autor – baseada nos dados da pesquisa

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o objetivo de identificar as contribuições do uso de simuladores no ensino e aprendizagem de redes de computadores no modelo *Flipped Classroom*, é possível afirmar que o resultado do estudo foi positivo, visto que a proposta pode beneficiar alunos, professores e também para a Instituição de Ensino. As contribuições identificadas neste estudo podem melhorar a aprendizagem dos conteúdos de redes de computadores, proporcionar ao docente mais alternativas para inovar o processo de ensino, colocar o aluno em contato com tecnologias mais atuais, tornar a instituição de ensino mais competitiva e inclusive, permitir a otimização de investimentos em infraestrutura de laboratórios.

Em relação ao novo perfil dos estudantes, sabe-se que eles já nasceram em meio à tecnologia e por isso tem dificuldade de se adaptar ao ensino voltado para a exposição unidirecional de conteúdos. Conforme foi citado anteriormente, o método *Flipped Classroom* é uma boa alternativa para inovar o processo de ensino e aprendizagem, visto que o aluno tem acesso ao conteúdo das aulas mais expositivas pelo portal, podendo se programar para estudar e revisar de acordo com suas dificuldades. No tempo de aula, o aluno passa a ser mais ativo e o ensino deixa de ser unidirecional, visto que o professor não vai fazer exposição de todo conteúdo e sim direcionar o ensino para atender demandas mais significativas, propondo resoluções de situações problema, discussões, debates, entre outros. Mas é importante considerar que o método *Flipped Classroom*, segundo Valente (2014), só alcançou seu objetivo com a evolução das TIC. Dessa forma, para que o método dê bons resultados, é necessário a adoção de ferramentas que possam contribuir para melhoria do processo.

A escolha da ferramenta como objeto deste estudo, foi baseada em parâmetros que pudessem garantir a sua utilização sem a necessidade de conhecimentos prévios de conteúdos não relacionados às disciplinas de redes de computadores. Com base nesses parâmetros, o Cisco Packet Tracer foi mais bem avaliado, considerando a facilidade de instalação, implementação de cenários, funcionamento nas principais plataformas de sistemas operacionais, inclusive em dispositivos móveis e principalmente pela quantidade de recursos disponíveis. Mas vale lembrar que a escolha não descarta a utilização das outras ferramentas, pois cada uma tem potencialidades que podem contribuir para o ensino e aprendizagem de redes de computadores. Em resumo, o processo de escolha teve o objetivo de encontrar uma ferramenta com um grande potencial em termos de simulação de redes de computadores, mas que fosse gratuita e simples de usar.

Para o aluno, o Cisco Packet Tracer possibilita a realização de atividades dentro e fora da sala de aula. O aluno tem à disposição o acesso à configuração de dispositivos de última geração, tendo em vista que o software é desenvolvido e atualizado constantemente pela maior empresa do mundo voltada para dispositivos de redes de computadores. Ou seja, o aluno terá em mãos um minilaboratório para fazer e refazer suas atividades práticas, independente de infraestrutura específica. Mas vale lembrar a importância do aluno ter acesso a um mínimo de infraestrutura de laboratórios específicos para área de redes, pois o simulador reproduz cenário reais, porém, o aluno não tem acesso a práticas, como por exemplo de instalação física dos equipamentos, conhecimento de conexões e conectores, cabeamento, entre outros.

Acredita-se que o professor não será limitado em relação ao uso das novas tecnologias uma vez que Cisco Packet Tracer permite preparar suas atividades inserindo os estudantes em um mundo “novo” o qual as instituições nem sempre tem condições financeiras para acompanhar os avanços tecnológicos tendo em vista a sua rapidez. A ferramenta pode ser usada como um facilitador na exposição de conteúdos mais complexos, tendo em vista a preferência do aluno pelos conteúdos em multimídia.

Acredita-se também que a instituição terá, além da otimização de investimentos em infraestrutura, uma ferramenta que inserida adequadamente no modelo *Flipped Classroom* pode dar bons resultados em termos de aprendizagem, sendo um diferencial para competir no mercado.

Como trabalhos futuros, outras pesquisas podem ser conduzidas em caráter qualitativo, de forma a avaliar o potencial desta e de outras ferramentas de simulação, dentro do modelo da Sala de Aula Invertida, visando mensurar a contribuição das ferramentas no nível de aprendizagem dos alunos. Inclusive, seria interessante aplicar a pesquisa para alunos dos cursos técnicos e para outros cursos que tem disciplinas relacionadas a rede de computadores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. C. B. **Avaliação de usabilidade em softwares educativos**. 2010. 109 f. dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza. Disponível em: <[http://www.uece.br/mpcomp/index.php/arquivos/doc\\_download/231-dissertacao-72](http://www.uece.br/mpcomp/index.php/arquivos/doc_download/231-dissertacao-72)>. Acesso em: 18 mai. 2015.

AMARAL, E.; ÁVILA, B.; MULLER, T. J.; TAROUCO, L. **Validação de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem baseada em uma visão Taxonômica**. RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação. v. 9, n. 2, dez. 2011. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/renote/article/view/24821>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

ARAUJO, D. J. R.; BOGO, M. **Simulação de Ambientes de Rede para Suporte ao Ensino de Redes de Computadores: Projeto e Criação de Novos Ambientes**. In: ENCONTRO DE COMPUTAÇÃO E INFORMÁTICA DO TOCANTINS, 14., 2012, Palmas. Anais... Palmas: CEULP/ULBRA, 2012. Disponível em: <[http://ulbra-to.br/encoinfo/artigos/2012/Simulacao\\_de\\_Ambientes\\_de\\_Rede\\_para\\_Suporte\\_ao\\_Ensino\\_de\\_Redes\\_de\\_Computadores\\_Projeto\\_e\\_Criacao\\_de\\_Novos\\_Ambientes.pdf](http://ulbra-to.br/encoinfo/artigos/2012/Simulacao_de_Ambientes_de_Rede_para_Suporte_ao_Ensino_de_Redes_de_Computadores_Projeto_e_Criacao_de_Novos_Ambientes.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2015.

ÁVILA, B.; AMARAL, E.; ZEDNIK, H.; TAROUCO, L. **Laboratório Virtual de Aprendizagem: Uma Proposta Taxonômica**. RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação. v. 10, n. 3, dez. 2012. Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/ciclo20/artigos/5b-erico.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

BARBOSA, N. M. S.; ANJOS, M. L.; BOGO, M. **Uso do Netkit no Ensino de Roteamento Estático**. In: XI Encontro de Estudantes de Informática do Tocantins, 2009, Palmas. Anais do XI Encontro de Estudantes de Informática do Tocantins. Palmas: Centro Universitário Luterano de Palmas, 2009. p. 215-222. Disponível em: <[http://www3.ulbra-to.br/eventos/encoinfo/2009/Anais/Use\\_do\\_Netkit\\_no\\_Ensino\\_de\\_Roteamento\\_Estatico.pdf](http://www3.ulbra-to.br/eventos/encoinfo/2009/Anais/Use_do_Netkit_no_Ensino_de_Roteamento_Estatico.pdf)>. Acesso em 22 mai. 2015.

BERGMANN, J; SAMS, A. **Flip your classroom: Reach every student in every class every day**. International Society for Technology in Education, 2012.

BISOL, C. A. Ciberespaço: terceiro elemento na relação ensinante/aprendente. In: VALENTINI, Carla Beatriz; SOARES, Eliana Maria do Sacramento (Org.). **Aprendizagem em ambientes virtuais: compartilhando ideias e construindo cenários**. Caxias do Sul: EducS, 2010. Disponível em: <<http://www.uces.br/etc/revistas/index.php/aprendizagem-ambientes-virtuais/article/view/393/323>>. Acesso em: 01 jun. 2015.

BORGES, J. A.; SILVA, G. P. **NeanderWin - Um Simulador Didático para uma Arquitetura do Tipo Acumulador**: I Workshop sobre Educação em Arquitetura de Computadores, SBAC-PAD, 2006. Disponível em: <<http://www.dcc.ufrj.br/~gabriel/WEAC2006.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2016.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Portaria Inep nº 240, de 02 de junho de 2014**. Define as diretrizes para avaliação do componente do componente específico da área de Tecnologia em Redes de Computadores. Diário Oficial da União, Brasília, 04 jun 2014. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/enade/legislacao-2014>>. Acesso em: 03 nov. 2015.

BRASIL. **Lei nº 10.861, de 14 de abril de 2004.** Instituto Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior e das outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 14 abril 2004

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. **Catálogo Nacional dos Cursos Superiores de Tecnologia.** Brasília. 2016. 3 Ed. Disponível em: < [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=44501-cncst-2016-3edc-pdf&category\\_slug=junho-2016-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=44501-cncst-2016-3edc-pdf&category_slug=junho-2016-pdf&Itemid=30192)>. Acesso em: 25 jul. 2016.

BRITO, M. R. F. O. **SINAES e o ENADE: da concepção à implantação.** Avaliação (Campinas), Sorocaba, v. 13, n. 3, p. 841-850, nov. 2008. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-40772008000300014>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

CARVALHO, R. J. O.; RAMOS, A. **Flipped classroom: centrar a aprendizagem no aluno recorrendo a ferramentas cognitivas.** In: IX Conferência Internacional de TIC na Educação-Challenges 2015: Meio Século de TIC na Educação, Half a Century of ICT in Education. Universidade do Minho. Centro de Competência TIC do Instituto de Educação, 2015. p. 369-381.

CASTANHA, D.; CASTRO, M. B. **A necessidade de refletir sobre as estratégias pedagógicas para atender à aprendizagem da Geração Y.** Revista de Educação do Cogeime. 2010; 19(36): 27-38.

CLARK, D. **Motivation in e-learning.** Epic, 2006. Disponível em: <<http://www.epic.co.uk>>. Acesso em: 05 mai. 2016.

COUTINHO, M. M. Network Simulator: Guia Básico para Iniciantes. 2007. Disponível em: < [http://www.margalho.pro.br/material\\_did\\_tico.html](http://www.margalho.pro.br/material_did_tico.html)>. Acesso em: 25 fev. 2016.

DANTAS, A. D.; BARBOSA, L. S. O.; SILVA, I. L.; CASTRO, T. H. C.; SILVA, N. V.; NETO, A. R. C. **Uma avaliação do Modelo Sala de Aula Invertida no Ensino Superior.** In: IV Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE), 10, 2015, Maceió. Anais... Maceió: CIBIE 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.5753/cbie.wcbie.2015.512>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

DUTRA, R. L. S. **AAERO: Ambiente de Aprendizado para o Ensino de Redes de Computadores Orientado a Problemas.** Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/1892>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

ESTINET Technologies Inc. **The GUI User Manual for the EstiNet 9.0 Network Simulator** – 2015. Disponível em: < [http://www.estinet.com/ns/?page\\_id=21169](http://www.estinet.com/ns/?page_id=21169)>. Acesso em: 10 jan. 2016.

FILIPPETTI, M. A. **Uma arquitetura para a construção de laboratórios híbridos de redes de computadores remotamente acessíveis.** 2008. (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Computação) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Redes de Computadores. São Paulo.

FLIPPED CLASSROOM FIELD GUIDE. **Portal Flipped Classroom Field Guide.** Abr. 2013. Disponível em: < <http://www0.sun.ac.za/ctl/wp-content/uploads/2015/10/Flipped-Classroom-Field-Guide.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

FONSECA, M. **Inovações em Educação: TED-Ed permite a criação de aulas customizadas.** 2012. Disponível em: <<http://porvir.org/ted-ed-possibilita-a-criacao-de-aulas-customizadas/>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

GURGEL, P. H.; BARBOSA E. F.; BRANCO K. C. **A ferramenta Netkit e a virtualização aplicada ao ensino e aprendizagem de redes de computadores.** In: XXXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC), 7, 2012, Curitiba. Anais... Curitiba: CSBC 2012. Disponível em: <[http://www.imago.ufpr.br/csbc2012/anais\\_csbc/eventos/wei/index.html](http://www.imago.ufpr.br/csbc2012/anais_csbc/eventos/wei/index.html)>. Acesso em: 01 jun. 2015.

GURGEL, P. H.; BRANCO, K. R. L. J. C.; BRANCO, L. H. C.; BARBOSA, E. F.; TEIXEIRA, M. M. **Redes de Computadores: da Teoria à Prática com Netkit.** Rio de Janeiro: Ed. Elsevier, 1. ed. 2015.

HERPICH, F.; JARDIM, R. R.; SILVA, R. F.; VOSS, G. B.; NUNES, F. B.; MEDINA, R. D. **CYBERCIEGE: Uma abordagem de Jogos Sérios na educação de Redes de Computadores.** RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação. v. 12, n. 1, jul. 2014. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/49817>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

IDC Brasil. **Tendências de Mercado na 3ª Plataforma de Tecnologia.** 2014. IDC Worldwide Black Book, Q2 2014. Disponível em: <<http://go.sap.com/brazil/docs/download/2014/12/b84cb9cf-407c-0010-82c7-eda71af511fa.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

KING, A. **"From Sage on the Stage to Guide on the Side."** College Teaching 41, no. 1 (1993): 30-35. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/27558571>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

LABIUTIL. ErgoList. Florianópolis: UFSC; SENAI-SC; CTAI, 2011. Disponível em: <<http://www.labiutil.inf.ufsc.br/ergolist/>>. Acesso em: 10 mai. 2015.

LAGE, M. J.; PLATT, G. J.; TREGLIA, M. **Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment.** The Journal of Economic Education, v. 31, p. 30-43, 2000. Disponível em: <[https://dl.dropboxusercontent.com/u/249331/Inverted\\_Classroom\\_Paper.pdf](https://dl.dropboxusercontent.com/u/249331/Inverted_Classroom_Paper.pdf)> Acesso em: 28 nov. 2015.

MACHADO, L. S.; MORAES, R. M.; NUNES, F. L.S.; COSTA, R. M. E. M. **Serious games baseados em realidade virtual para educação médica.** Rev. bras. educ. med., Rio de Janeiro, v. 35, n. 2, p. 254-262, jun. 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-55022011000200015&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-55022011000200015&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 05 mai. 2016.

MARÇAL, E.; ANDRADE, R.; RIOS, R. **Aprendizagem utilizando dispositivos móveis com sistemas de realidade virtual.** Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, V.3, N. 1, Mai. 2005. Disponível em: <[http://lumenagencia.com.br/dcr/arquivos/a51\\_realidade\\_virtual\\_revisado.pdf](http://lumenagencia.com.br/dcr/arquivos/a51_realidade_virtual_revisado.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2016.

MARINS, V.; HAGUENAUER, C.; CUNHA, G. **Realidade Virtual em Educação: Criando Objetos de Aprendizagem com VRML.** Revista Digital da CVA - Ricesu, v. 4, n. 15, set. 2007. Disponível em: <<http://pead.ucpel.tche.br/revistas/index.php/colabora/article/viewFile/97/83>>. Acesso em: 05 mai. 2016.

MAZUR, E. **Peer instruction.** Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1997.

MERCADO, L. P. L. (Org.). **Novas tecnologias na educação: Reflexões sobre a prática.** Maceió: EDUFAL, 2002.

PINHEIRO, R. P.; LINS, F. A. A.; MELO, J. C. B. **A Utilização de Simulação no Ensino de Redes de Computadores.** Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/jepe2009/cd/resumos/R0311-1.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

PINTO, R. S.; MELLO, S. P. T.; MELO, P. A. **Meta-avaliação: uma década do Processo de Avaliação Institucional do SINAES.** Avaliação (Campinas), Sorocaba, v. 21, n. 1, p. 89-108, mar. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1414-40772016000100005>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

PITEIRA, M. and HADDAD, S. R. **Innovate in your program computer class: an approach based on a serious game.** In Proceedings of the 2011 Workshop on Open Source and Design of Communication (OSDOC '11). ACM, New York, NY, USA, 49-54, 2011. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2016716.2016730>>. Acesso em: 31 mai. 2015.

PRATES, R. O.; BARBOSA, S. D. J. Avaliação de Interfaces de Usuário - **Conceitos e Métodos Anais do XXIII Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação.** XXII Jornadas de Atualização em Informática (JAI). SBC 2003. Ago. 2003. Disponível em: <<http://www2.serg.inf.puc-rio.br/index.php/published-work/207-avaliacao-de-interfaces-de-usuario-conceitos-e-metodos>>. Acesso em: 29 set. 2015.

PSOTKA, J. **Educational games and virtual reality as disruptive technologies.** Educational Technology & Society, April, 2013, Vol.16(2), p.69(12), 1436-4522. Disponível em: <[http://www.ifets.info/journals/16\\_2/7.pdf](http://www.ifets.info/journals/16_2/7.pdf)>. Acesso em: 31 mai. 2015.

RIMONDINI, M.; BATTISTA, G. D.; PATRIGNANI, M.; PIZZONIA, M. **The poor man's system for experimenting computer networking: an introduction to the architecture, setup, and usage of Netkit.** 2014. Disponível em: <[http://wiki.netkit.org/netkit-labs/netkit\\_introduction/netkit-introduction.pdf](http://wiki.netkit.org/netkit-labs/netkit_introduction/netkit-introduction.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2016.

SAMSONIUK, M. Tutorial do Simulador de Redes GNS3. Departamento de Engenharia Elétrica UFPR – 2010. Disponível em: <[http://framework.sourceforge.net/pics/ufpr/Projeto\\_TE815.pdf](http://framework.sourceforge.net/pics/ufpr/Projeto_TE815.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2016.

SANCHES, V. J. C. **Tecnologia para inovações na didática do ensino: Um Estudo de Caso: Lousa Eletrônica.** Disponível em: <<http://www2.dc.uel.br/nourau/document/?down =742>>. Acesso em: 03 mai. 2015.

SANGIORGIO, J. P. M.; GABRIEL, M.; MOREIRA, F. S.; TANAKA, E. E. **Geração Y: a motivação para construção do conhecimento.** Rev. ABENO, Londrina, v. 11, n. 2, dez. 2011. Disponível em: <[http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext &pid=S1679-542011000200003&lng=pt&nrm=iso](http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext &pid=S1679-542011000200003&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 20 abr. 2016.

SARKAR, N. **“Tools for Teaching Computer Networking And Hardware Concepts”, Information Science Publishing.** Taiwan, 2006, v. 10, p. 268-270. Disponível em: <[http://www.ifets.info/journals/10\\_1/24.pdf](http://www.ifets.info/journals/10_1/24.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2015.

SCHNEIDER, E. I.; SUHR, I. R. F.; ROLON, V. E. K.; ALMEIDA, C. M. **Sala de Aula Invertida em EAD: uma proposta de Blended Learning.** Revista Intersaberes, v. 8, n. 16, p. 68-81, dez. 2013.

SIRAJ, S.; GUPTA, A. K.; BADGUJAR, R. **Network Simulation Tools Survey.** International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering Vol. 1, Issue 4. Department of Computer Science and Engineering, PGMCOE, Wagholi, Pune. June 2012.

Disponível em: < [http://www.ijarce.com/upload/june/3-Network%20 Simulation%20Tools %20Survey.pdf](http://www.ijarce.com/upload/june/3-Network%20Simulation%20Tools%20Survey.pdf)>. Acesso em: 22 nov. 2015.

TAJRA, S. F. **Informática na Educação: novas ferramentas pedagógicas para o professor na atualidade**. 9. ed. rev. e ampl. São Paulo: Érica, 2012.

TEIXEIRA, G. **Flipped Classroom: Um contributo para a aprendizagem da lírica camoniana**. Lisboa: Universidade Nova Lisboa 2013. Disponível em:< [http://run.unl.pt/bitstream/10362 /11379/1/29841\\_Teixeira\\_FlippedClassroom\\_LiricaCamoniana.pdf](http://run.unl.pt/bitstream/10362/11379/1/29841_Teixeira_FlippedClassroom_LiricaCamoniana.pdf)>. Acesso em: 15 mai. 2016.

TOLEDO, B. S. **O USO DE SOFTWARES COMO FERRAMENTA DE ENSINO E APRENDIZAGEM NA EDUCAÇÃO DO ENSINO MÉDIO/TÉCNICO NO INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS** (Projeto de Pesquisa). Faculdade de Ciências Empresariais – FACE/FUMEC. Belo Horizonte, Minas Gerais. 2014.

TREVELIN, A; PEREIRA, M. A. A.; OLIVEIRA NETO, J. D. **A Utilização da Sala de Aula Invertida em Cursos Superiores de Tecnologia: Comparação entre o Modelo Tradicional e o Modelo Invertido “Flipped Classroom” adaptado aos Estilos de Aprendizagem**. Revista de Estilos de Aprendizaje, v. 11, p. 137-150, 2013. Disponível em: <<http://learningstyles.uvu.edu/index.php/jls/article/view/12>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

VALENTE, J. A. **Blended Learning e as mudanças no Ensino Superior: a proposta da Sala de Aula Invertida**. Educar em Revista, p. 79-97, 2014. Disponível em: < [http://dx.doi.org/ 10.1590/0104-4060.38645](http://dx.doi.org/10.1590/0104-4060.38645)>. Acesso em: 29 mar. 2016.

VOSS, G. B.; MEDINA, R. D.; ARAUJO, F. V.; NUNES, F. B.; OLIVEIRA, T. **Proposta de utilização de laboratórios virtuais para o ensino de redes de computadores: articulando ferramentas, conteúdos e possibilidades**. Novas Tecnologias na Educação. Cinted-UFRGS, Santa Maria, v. 10, n. 3, dez. 2012. Disponível em: < [www.cinted.ufrgs.br](http://www.cinted.ufrgs.br) >. Acesso em: 22 mai. 2015.

WATKINS, J.; MAZUR, E. **Retaining students in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) majors**. J. Coll. Sci. Teach., v. 42, n. 5, p. 36-41, abr. 2013. Disponível em: <<http://www.cssia.org/pdf/20000243-RetainingStudentsinSTEMMajors.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2015.

WEISER, M. **"The Computer for the Twenty-First Century,"** Scientific American, pp. 94-10, September 1991. Disponível em: <[http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/SciAm Draft3.html](http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/SciAmDraft3.html)> Acesso em: 15 mai. 2015.

ZYDA, M. **"From visual simulation to virtual reality to games,"** in Computer, vol. 38, no. 9, pp. 25-32, Sep. 2005. Disponível em: [http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=& arnumber=1510565&isnumber=32339](http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1510565&isnumber=32339)>. Acesso em: 05 mai. 2016.

## APÊNDICE

### Apêndice A – Questionário de avaliação do simulador proposto para os alunos

#### Questionário - Cisco Packet Tracer e suas contribuições no ensino e aprendizagem de Redes de Computadores em um novo modelo de ensino

Prezado (a) aluno (a) estou fazendo uma pesquisa, cujo objetivo é investigar as contribuições do simulador Cisco Packet Tracer no processo de ensino e aprendizagem de Redes de Computadores no novo modelo de ensino adotado pela instituição.

Sua opinião é muito importante e a sua participação sigilosa. Em momento algum você será identificado. Desde já agradeço a colaboração.

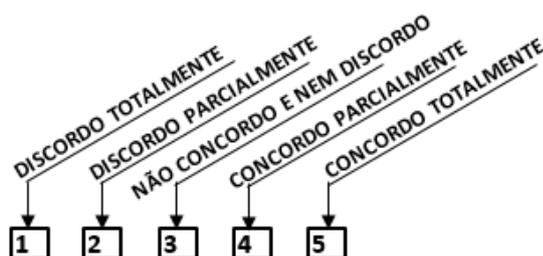
Att. Prof. Walter dos Santos - Faculdade Pitágoras

Participante nº: \_\_\_\_\_

#### Instruções:

Para cada item, você deve marcar um “X” no número correspondente a escala de notas abaixo.

#### ESCALA DE NOTAS



Características técnicas e pedagógicas do Simulador Cisco Packet Tracer		Escala de Notas				
		1	2	3	4	5
1.	O Cisco Packet Tracer é um software muito fácil de instalar.	1	2	3	4	5
2.	O Cisco Packet Tracer pode ser executado a partir de um dispositivo móvel.	1	2	3	4	5
3.	O Cisco Packet Tracer é de fácil compreensão.	1	2	3	4	5
4.	O Cisco Packet Tracer é de fácil utilização.	1	2	3	4	5
5.	Na internet existe muito material de apoio a utilização do Simulador, inclusive diversos exemplos de simulações práticas.	1	2	3	4	5
6.	As configurações de dispositivos feitas no Cisco Packet Tracer podem ser aplicadas numa rede real, garantindo o funcionamento da mesma.	1	2	3	4	5
7.	O Simulador desperta o interesse em utilizá-lo para aprender um conteúdo.	1	2	3	4	5
8.	O Simulador facilita o aprendizado e desenvolvimento de novos conteúdos.	1	2	3	4	5
9.	O Cisco Packet Tracer mantém interação constante ao usá-lo.	1	2	3	4	5
10.	O simulador facilita a realização das atividades práticas e de estudar os conteúdos.	1	2	3	4	5

11.	O simulador torna o aprendizado mais interessante e menos cansativo.	<input type="checkbox"/>				
12.	O Cisco Packet Tracer contribui para aprender melhor o conteúdo.	<input type="checkbox"/>				
13.	O Cisco Packet Tracer aumenta o interesse pelas aulas de redes.	<input type="checkbox"/>				
14.	O Cisco Packet Tracer ampliou conhecimentos técnicos na área de redes.	<input type="checkbox"/>				
15.	O Cisco Packet Tracer contém recursos que despertaram atenção.	<input type="checkbox"/>				
16.	O uso de animação desperta a atenção e a motivação.	<input type="checkbox"/>				
17.	O Cisco Packet Tracer apresenta resistência a configurações inadequadas assegurando reforçando o aprendizado teórico.	<input type="checkbox"/>				
18.	O Simulador permite realizar práticas de grande parte do conteúdo teórico de redes de computadores.	<input type="checkbox"/>				
19.	O simulador substitui a ausência de dispositivos físicos, funcionando como um laboratório real.	<input type="checkbox"/>				
<p>Após ter tido a oportunidade de fazer disciplinas ministradas no novo método de ensino e aprendizagem, conhecido como <u>Sala de Aula Invertida</u>, <b>dê sua opinião sobre as contribuições do Cisco Packet Tracer na Pré-aula, Sala de aula (Aula Presencial) e Pós-aula.</b></p>						
20.	Na pré-aula, a utilização de vídeos com simulações no Packet Tracer para a exposição da matéria é relevante para aprendizado.	<input type="checkbox"/>				
21.	Aprendo melhor quando o conteúdo é explicado pelo professor em sala de aula, utilizando o método tradicional de ensino.	<input type="checkbox"/>				
22.	Na pré-aula, é mais fácil compreender o conteúdo da matéria assistindo vídeos baseados em simulações práticas, do que ler o conteúdo no livro didático.	<input type="checkbox"/>				
23.	Os vídeos disponibilizados na pré-aula e pós-aula são úteis para revisar a matéria estudada sempre que houver necessidade.	<input type="checkbox"/>				
24.	Quando o professor em sala de aula utiliza simuladores, como o Cisco Packet Tracer, fica mais fácil assimilar o conteúdo.	<input type="checkbox"/>				
25.	Na pós-aula, o Cisco Packet Tracer contribui para reforçar a aprendizagem, permitindo refazer as atividades práticas feitas nas aulas presenciais.	<input type="checkbox"/>				
26.	Tanto na pré-aula e pós-aula, os vídeos mostrando simulações passo-a-passo no Cisco Packet Tracer contribuem muito para o aprendizado.	<input type="checkbox"/>				
27.	Prefiro aprender o conteúdo em sala de aula com o professor e fazer os exercícios em casa.	<input type="checkbox"/>				
28.	Prefiro ler o livro didático para aprender novos conteúdos relacionados a redes de computadores.	<input type="checkbox"/>				
29.	Prefiro assistir um vídeo mostrando simulações feitas no Packet Tracer, pois considero o método mais fácil para aprender um novo conteúdo.	<input type="checkbox"/>				
30.	Prefiro assistir uma apresentação do professor baseada slides projetados em tela.	<input type="checkbox"/>				

Fonte: Próprio autor

## Apêndice B – Questionário de avaliação do simulador proposto para os professores

### Questionário - Cisco Packet Tracer e suas contribuições no ensino e aprendizagem de Redes de Computadores no novo modelo de ensino

Prezado (a) professor (a) estou fazendo uma pesquisa, cujo objetivo é investigar as contribuições do simulador Cisco Packet Tracer no processo de ensino e aprendizagem de Redes de Computadores no novo modelo de ensino adotado pela instituição.

Sua opinião é muito importante e a sua participação sigilosa. Em momento algum você será identificado. Desde já agradeço a colaboração.

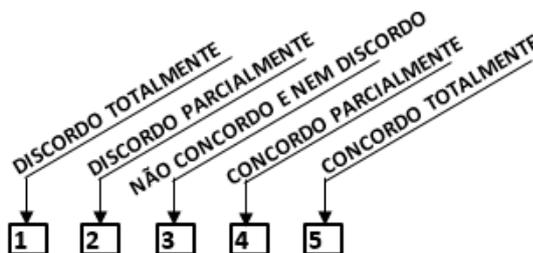
Att. Prof. Walter dos Santos - Faculdade Pitágoras

Participante nº: \_\_\_\_\_

#### **Instruções:**

Para cada item, você deve marcar um “X” no número correspondente a escala de notas abaixo.

#### **ESCALA DE NOTAS**



Características técnicas e pedagógicas do Simulador Cisco Packet Tracer		Escala de Notas				
		1	2	3	4	5
1.	O Cisco Packet Tracer é um software muito fácil de instalar.	<input type="checkbox"/>				
2.	O Cisco Packet Tracer é uma ferramenta que contribui muito para o ensino de redes, na falta de infraestrutura física de laboratórios de redes de computadores.	<input type="checkbox"/>				
3.	O Cisco Packet Tracer realmente substitui grande parte dos dispositivos de redes	<input type="checkbox"/>				
4.	As configurações de dispositivos feitas no Cisco Packet Tracer podem ser aplicadas numa rede real, garantindo o funcionamento da mesma.	<input type="checkbox"/>				
5.	O Cisco Packet Tracer oferece recursos que justificam sua utilização na sala de aula, em atividades de laboratório e em casa.	<input type="checkbox"/>				
6.	O aluno encontra a sua disposição muito material disponível na internet sobre a utilização do Simulador, inclusive diversos exemplos de simulações práticas.	<input type="checkbox"/>				
7.	É uma ferramenta que contribui na elaboração da pré-aula, baseando-se no novo modelo de ensino (Sala de Aula Invertida).	<input type="checkbox"/>				
8.	O Simulador desperta o interesse do aluno pelo conteúdo de redes de computadores.	<input type="checkbox"/>				
9.	O simulador facilita a realização das atividades práticas pelo aluno, dentro e fora das salas de aula.	<input type="checkbox"/>				
10.	O Simulador contribui na elaboração de vídeos didáticos para os três momentos de aula do modelo Sala de Aula Invertida.	<input type="checkbox"/>				

11.	O simulador torna o aprendizado mais interessante e menos cansativo.	<input type="checkbox"/>				
12.	O Cisco Packet Tracer contribui na elaboração de situação-problema para o momento da aula presencial, do modelo Sala de Aula Invertida.	<input type="checkbox"/>				
13.	Na pré-aula, a utilização de vídeos com simulações no Packet Tracer para a exposição da matéria é relevante para aprendizado.	<input type="checkbox"/>				
14.	O Cisco Packet Tracer aumenta o interesse do aluno pelas aulas de redes.	<input type="checkbox"/>				
15.	O Cisco Packet Tracer é uma ferramenta que auxilia o professor em sala de aula para explicar conteúdos, tirar dúvidas do alunos e expor situações práticas.	<input type="checkbox"/>				
16.	O professor consegue a atenção do aluno, pelo método tradicional de ensino, explicando o conteúdo em slides projetados em telas.	<input type="checkbox"/>				
17.	O Cisco Packet Tracer contém recursos motivacionais que despertam a atenção do aluno.	<input type="checkbox"/>				
18.	O professor consegue a atenção do aluno, ministrando aulas mais interativas, com solução de problemas e estudos de caso.	<input type="checkbox"/>				
19.	O Cisco Packet Tracer contribui na elaboração de atividades para a chamada pós-aula do método Sala de Aula Invertida.	<input type="checkbox"/>				
20.	É uma ferramenta que contribui na elaboração de atividades práticas.	<input type="checkbox"/>				
21.	O uso de animação desperta mantém e reforça a atenção e a motivação do aluno.	<input type="checkbox"/>				
22.	O aluno prefere aprender o conteúdo em sala de aula com o professor e fazer os exercícios propostos em casa, pelo método de ensino tradicional	<input type="checkbox"/>				
23.	Os vídeos disponibilizados na pré-aula e/ou pós-aula são úteis para o aluno revisar a matéria estudada sempre que houver necessidade.	<input type="checkbox"/>				
24.	O aluno assimila melhor o conteúdo assistindo uma apresentação do professor, baseada slides projetados em tela.	<input type="checkbox"/>				
25.	O Simulador permite realizar práticas de grande parte do conteúdo teórico de redes de computadores.	<input type="checkbox"/>				
26.	Na pré-aula, é mais fácil para o aluno compreender o conteúdo da matéria assistindo vídeos, baseados em simulações práticas, do que ler o conteúdo no livro didático.	<input type="checkbox"/>				
27.	O aluno prefere ler o livro didático para aprender novos conteúdos relacionados a redes de computadores.	<input type="checkbox"/>				
28.	Apresentações no formato de slides, disponibilizados na pré-aula, contribui mais do que os vídeos explicativos para o aprendizado do aluno.	<input type="checkbox"/>				
29.	O aluno assimila melhor o conteúdo explicado pelo professor em sala de aula, utilizando o método tradicional de ensino.	<input type="checkbox"/>				
30.	O aluno tem mais facilidade de assimilar o conteúdo através de vídeos mostrando simulações passo a passo feitas no Packet Tracer.	<input type="checkbox"/>				

Fonte: Próprio autor

## ANEXOS

## Anexo 1 – Critérios de usabilidade do ErgoList

Quadro 1: Critérios de usabilidade do ErgoList

<b>Presteza</b>	Verificação de que o sistema informe e conduza o usuário durante a interação.
<b>Agrupamento por localização</b>	Verificação de que a distribuição espacial dos itens traduza as relações entre as informações.
<b>Agrupamento por formato</b>	Verificação dos formatos dos itens como meio de transmitir associações e diferenças.
<b>Feedback</b>	Avaliação da qualidade do <i>feedback</i> imediato às ações do usuário.
<b>Legibilidade</b>	Verificação da legibilidade das informações apresentadas nas telas do sistema.
<b>Concisão</b>	Verificação do tamanho dos códigos e termos apresentados e introduzidos no sistema.
<b>Ações Mínimas</b>	Verificação da extensão dos diálogos estabelecidos para a realização dos objetivos do usuário.
<b>Densidade Informacional</b>	Avaliação da densidade informacional das telas apresentadas pelo sistema.
<b>Ações Explícitas</b>	Verificação de que seja o usuário quem comanda explicitamente as ações do sistema.
<b>Controle do Usuário</b>	Avaliação das possibilidades de o usuário controlar o encadeamento e a realização das ações.
<b>Flexibilidade</b>	Verificação de que o sistema permita personalizar as apresentações e os diálogos.
<b>Experiência do Usuário</b>	Avaliação de que usuários com diferentes níveis de experiência tenham iguais possibilidades de obter sucesso em seus objetivos.
<b>Proteção contra erros</b>	Verificação de que o sistema ofereça as oportunidades para o usuário prevenir eventuais erros.
<b>Mensagens de erro</b>	Avaliação da qualidade das mensagens de erro enviadas aos usuários em dificuldades.
<b>Correção de erros</b>	Verificação de que as facilidades oferecidas para que o usuário possam corrigir os erros cometidos.
<b>Consistência</b>	Avaliação de ser mantida uma coerência no projeto de códigos, telas e diálogos com o usuário.
<b>Significados</b>	Avaliação de que os códigos e denominações sejam claros e significativos para os usuários do sistema.
<b>Compatibilidade</b>	Verificação da compatibilidade do sistema com as expectativas e necessidades do usuário em sua tarefa.

Fonte: Labutil (2011)