

A ferramenta Netkit e a virtualização aplicada ao ensino e aprendizagem de redes de computadores

Paulo Henrique Gurgel, Ellen Francine Barbosa, Kalinka Castelo Branco

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC/USP

Caixa Postal 668 – 13.560-970 – São Carlos – SP – Brasil

{gurgel, francine, kalinka}@icmc.usp.br

***Abstract.** The computer network study is not a trivial task. Although it is possible to learn computer networks through books, magazines, and specialized forums, it is known that practical experimentation is a very important factor in learning this discipline. This is the problem that appears, as this is a costly process, involving the availability of some facilities and privileges to modify settings for any of them, including the possibility of making them unavailable. Thus, this Works aims at presenting both the use and advantages of using Netkit in teaching computer network. The results presented in this paper demonstrate the viability and increase in learning when students use Netkit and the tutorials to teaching computer network.*

***Resumo.** O ensino e aprendizagem de redes de computadores não é uma tarefa trivial. Embora seja possível ensinar/aprender redes por meio de livros, revistas e fóruns especializados, sabe-se que a experimentação prática constitui fator de grande importância e relevância no ensino e aprendizagem dessa disciplina. De fato, a experimentação prática é um processo custoso, que envolve a disponibilidade de diversos equipamentos e privilégios para modificar configurações de qualquer um deles, inclusive com a possibilidade de “travá-los”, tornando-os indisponíveis. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo apresentar tanto a utilização quanto as vantagens do uso do software Netkit no ensino de redes de computadores. Os resultados apresentados neste artigo demonstram a viabilidade e o aumento na aprendizagem quando os alunos fazem uso da ferramenta e dos tutoriais elaborados nas disciplinas voltadas para o ensino de redes.*

1. Introdução

Redes de computadores estão presentes cada vez mais nas empresas, instituições de ensino e residências das pessoas. Como infra-estrutura de funcionamento, tais redes possuem diversos equipamentos, englobando servidores, roteadores, pontes, *modems*, transmissores e receptores sem fio, protocolos e softwares que precisam ser bem instalados, configurados e monitorados para o bom funcionamento dos serviços por elas prestados. Tais serviços compreendem, dentre outros, acessos a base de dados dos sistemas de informação corporativos, e-mail, redes sociais e de comunicação.

Logo, redes de computadores, sua administração e gerenciamento são objetos de estudos de diversos cursos de nível técnico e superior da área de computação. De fato, para instalar e manter estas redes funcionando são necessários profissionais qualificados

que têm a tarefa de realizar o projeto físico e lógico destas redes, instalarem os softwares necessários de modo a prover os serviços por elas fornecidos com bom desempenho, segurança e disponibilidade, e monitorar o funcionamento das redes para garantir as condições de funcionamento e prestação de serviços, agindo proativamente no caso de incidentes. O ensino e aprendizagem de redes de computadores, no entanto, não é uma tarefa simples. Assim como diversas outras disciplinas da área de computação, é necessário um conjunto de teoria e prática para reforçar o aprendizado [Rimondini 2007]. Entretanto, diferentemente de uma disciplina de programação onde o aluno pode usar um software livre em seu computador pessoal para executar um determinado algoritmo, criar um ambiente de redes exige investimento em equipamento, o que pode ser oneroso para a instituição de ensino e certamente inviável para o estudante.

Torna-se importante então, ao invés de aplicar aulas puramente teóricas ou com atividades práticas pouco relacionadas com o dia a dia do profissional de redes, buscar um meio de realizar as atividades práticas necessárias para complementar a aprendizagem em redes do estudante. Neste contexto, pode-se reafirmar o unânime reconhecimento da eficácia do computador como instrumento de apoio ao processo de ensino, fator preponderante no processo de aprendizagem em todas as áreas do conhecimento [Gadelha, Azevedo, *et al.* 2010].

Fiolhais e Trindade (2003) mostram que no estudo das ciências físicas, um dos modos de reforçar a fixação do conteúdo por parte do estudante é por meio do uso de simuladores, uma vez que as experiências reais são difíceis de reproduzir ou observar [Fiolhais e Trindade 2003]. No caso de redes de computadores, é possível ir além da simulação, de modo que uma das soluções é o uso de emuladores de redes para reproduzir o cenário que está sendo estudado com a maior proximidade possível dos ambientes reais. Este artigo insere-se nesta perspectiva, discutindo os problemas da realização de atividades práticas em redes de computadores e a utilização do *Netkit* como ferramenta de criação de laboratórios virtuais para o estudo de redes de computadores [Rimondini 2007]. Em linhas gerais, o *Netkit* é um emulador de rede de computadores, de simples operação, que permite o uso de máquinas virtuais *Linux*, interligadas por meio de enlaces virtuais onde os diversos experimentos de redes, denominados, neste artigo, laboratórios, podem ser realizados de forma segura e sem custo [Rimondini 2007].

O restante deste artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados. Na Seção 3 são apresentados os problemas relativos à execução de atividades práticas em redes de computadores, no âmbito institucional e doméstico. A Seção 4 apresenta a ferramenta *Netkit* e o modo como foi utilizado nos cursos de redes e administração e gerenciamento de redes do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC/USP). A Seção 5 apresenta uma avaliação de efetividade de aprendizagem. Por fim, a Seção 6 apresenta as conclusões e a continuidade deste trabalho.

2. Trabalhos correlatos

É importante ressaltar que os autores não são os criadores da ferramenta *Netkit*. A autoria a estes atribuídos são dos tutoriais utilizados e da avaliação formal da efetividade da utilização deste método de ensino e ferramentas, corroborando resultados

demonstrados em outras áreas de conhecimento ao ensino e aprendizado de redes de computadores. São destacados alguns trabalhos que, embora fossem aplicados a outras áreas de conhecimento, ajudaram no desenvolvimento dos tutoriais e na avaliação realizada neste trabalho.

Em [Gadelha, Azevedo, *et al.* 2010] é apresentado o **OS Simulator**, que consiste em um simulador de sistema de arquivos para apoiar o ensino e aprendizagem de sistemas operacionais. O trabalho dos autores demonstra a ferramenta criada e o retorno positivo obtido por meio de questionários aos alunos. Neste artigo não são apresentadas informações que demonstrem a efetividade do aprendizado quando da utilização da ferramenta. Fuertes e Vergana [Fuertes e Vergara 2007] apresentam o **VNUML**, uma ferramenta de virtualização similar ao *Netkit* para virtualização de redes, com recursos muito similares e também baseado no *Kernel UML (User Mode Linux)*. O UML permite que um sistema operacional *Linux* seja instanciado no espaço de usuários do computador hospedeiro [Rimondini 2007]. O artigo mostra um comparativo de desempenho entre o **VNUML**, o *Netkit* e outras ferramentas similares. Entretanto, não é foco do artigo apresentar as ferramentas como meio de ensino de redes de computadores. Este trabalho motivou a escolha do *Netkit* como ambiente para desenvolvimento dos tutoriais de ensino de redes, uma vez no comparativo com demais ferramentas para virtualização de redes o *Netkit* é a ferramenta que apresenta melhor utilização de memória, boa capacidade de processamento e apresenta-se como um ambiente de fácil configuração.

RCOS.Java é um simulador de sistemas operacionais *open source* apresentado em (JONES e NEWMAN, 1996). O artigo demonstra a motivação dos autores para a criação da ferramenta, embora a mesma não tenha, a época do artigo, sido avaliada em curso para detecção do nível de aprendizado. Entretanto, este trabalho contribuiu significativamente para as bases pedagógicas exploradas nos tutoriais desenvolvidos para o ensino de redes de computadores. Barbosa *et al.* (2009) apresentam o uso do *Netkit* para ensino de algoritmos de roteamento. Entretanto é um estudo bastante simples, mas que já evidenciava a possibilidade de exploração da ferramenta para o ensino completo de uma disciplina. Esse estudo, entretanto, é bastante simples quando comparado ao apresentado neste trabalho, uma vez que esse apresenta não só a idéia da confecção de tutoriais, mas também avalia o nível de aprendizado dos estudantes [Barbosa *et al.* 2009].

Esses trabalhos mostram que é relevante para o processo de ensino e aprendizagem o uso de ferramentas de apoio computacional, em particular de simuladores. O artigo de Fuertes em particular compara várias ferramentas que poderiam ter sido escolhidas de modo a atingir o mesmo objetivo. Entretanto, o pouco consumo de memória do *Netkit* foi um fator relevante para a escolha do mesmo, de acordo com alguns cenários idealizados. Vários são os simuladores de redes de computadores, entretanto, nenhum deles é utilizado com intuito de melhorar a qualidade do ensino e o nível de aprendizado dos estudantes, principalmente da forma como é apresentado neste artigo.

3. Problemas e dificuldades para as práticas de redes

Sarkar (2006) descreve a dificuldade de motivar o aprendizado de redes de computadores aos estudantes devido às teorias, por estes, consideradas tediosas, e

orienta aos leitores o uso de ferramentas de ordem prática para o ensino e aprendizagem de redes de computadores [Sarkar 2006].

Para a realização de atividades práticas de redes, em um laboratório físico convencional, é necessário um conjunto de computadores adequados ao tamanho da turma. Além disso, estes deverão estar conectados a um conjunto de roteadores de boa qualidade, para que possam ser estudados, por exemplo, os protocolos de roteamento dinâmicos. Além dos roteadores, *switches*, *bridges* e *hubs* devem estar presentes. As senhas de administração destes dispositivos gerenciáveis, bem como dos computadores, devem ser disponibilizadas aos alunos para que estes possam alterar livremente a configuração e fazer os experimentos solicitados. A **Figura 1a** ilustra um laboratório físico de redes, onde se destaca um *rack* com os roteadores. A **Figura 1b** exemplifica o projeto físico simplificado desta mesma rede.



Figura 1. a) Laboratório Físico de Redes do Campus II da USP São Carlos; b) Projeto Físico da Rede do Laboratório

É possível perceber na descrição deste ambiente que diversos problemas de ordem prática relacionados à criação de tal laboratório podem surgir. Um dos problemas associado, por exemplo, refere-se ao custo envolvido com a montagem de tal infraestrutura, pois roteadores de núcleo, que possuem protocolos dinâmicos de roteamento, e *switches* gerenciáveis são equipamentos de elevado custo.

No caso do uso de laboratórios reais, ainda que exista a disponibilidade de um conjunto de equipamentos, somente um pequeno grupo de alunos por vez pode realizar os experimentos, já que tais equipamentos oferecem, tipicamente, a possibilidade de serem gerenciados por um ou dois administradores e não foram projetados para gerenciamento concorrente. Além disso, o projeto da rede precisaria ser único e seguido por todos os alunos que, neste caso, não teriam liberdade de experimentar configurações alternativas que inviabilizassem por qualquer motivo o funcionamento da rede e em consequência, uma aula que ocorresse logo a seguir no mesmo laboratório físico [Barbosa *et al.* 2009]. Neste caso, a restrição das contas administrativas impediria a livre instalação e configuração dos softwares de serviços de redes, bem como de gerenciamento e de configurações alternativas de segurança.

Adicionalmente aos problemas já identificados, outro aspecto importante a ser considerado diz respeito à modalidade de ensino utilizada. De fato, com o advento do ensino a distância, o aluno não tem mais, necessariamente, suas aulas na instituição de ensino em sala presencial. Boa parte de sua aprendizagem se dá em sua residência por meio de material de auto-estudo que pode ser fornecido pela instituição em diversas opções de mídia ou *online*. Neste contexto, o aluno está muitas vezes distante fisicamente da instituição de ensino [Moran 2007].

É importante evidenciar que o Brasil conta com mais de 200 instituições de ensino oferecendo alguma modalidade de formação por ensino a distância, visto como um meio de inclusão social para estudantes com poucos recursos econômicos [Moran 2007]. No contexto de inclusão e ensino à distância, sem o uso de ferramentas como a tratada por este artigo, a aprendizagem de redes de computadores é prejudicada pela possível impossibilidade de realização de qualquer experimento, devido à inexistência do laboratório físico.

O conjunto de problemas apresentados evidencia que o estudo individualizado, a livre pesquisa e experimentação e a conveniência física e temporal, importantes e amplamente exploradas em outras disciplinas da computação são prejudicados em disciplinas que fazem uso do laboratório físico convencional.

A necessidade de inclusão social por meio do ensino à distância, a possibilidade de experimentação sem restrições pode ser resolvida pela virtualização destes laboratórios. Ferramentas de apoio vêm sendo exploradas nesta perspectiva. A próxima seção descreve uma destas ferramentas, o *Netkit*, e demonstra como este pode ser utilizado para a solução dos problemas descritos.

4. O Netkit como ferramenta de apoio ao ensino/aprendizagem

4.1. Descrição da ferramenta

O software *Netkit* é um emulador de redes que permite a criação de experimentos de redes de computadores virtuais, incluindo os dispositivos de hardwares necessários para seu suporte, bem como a criação dos enlaces virtuais que os interligam. O *Netkit* começou a ser desenvolvido, como um software livre, no ano de 1999, na *Roma Tre Università* da Itália, recebendo posteriormente o apoio da comunidade científica [Rimondini 2007]. Os computadores virtuais são inicializados com os softwares reais que, em execução, oferecem a experiência prática ao estudante, mesmo que este tenha apenas um computador em seu domicílio. Na **Figura 2a** é ilustrado um exemplo de laboratório virtual, e na **Figura 2b** a topologia de rede implementada por este laboratório.

A escolha de um software livre para o problema a ser solucionado é relevante, pois, ao evitar custos de licenciamento, permite-se que instituições com baixa disponibilidade de recursos financeiros e que os próprios estudantes utilizem-no sem preocupação com as despesas oriundas de um produto comercializado.

Uma máquina virtual iniciada pelo *Netkit* é como um computador completo executando uma distribuição *Debian GNU/Linux* em modo mono usuário. Para transformar essa máquina virtual em um dispositivo específico basta executar o software adequado [Rimondini 2007]. O sistema de arquivos básico que acompanha o *Netkit* traz diversas ferramentas pré-instaladas para configuração de topologias de redes diversas, administração, gerenciamento e segurança.

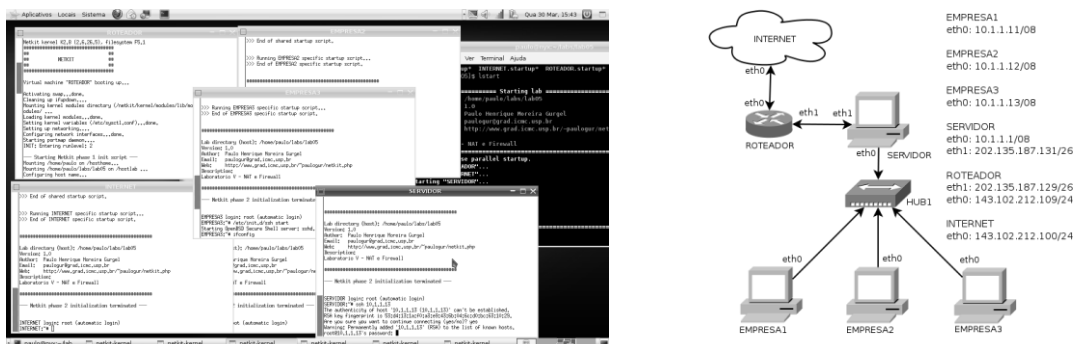


Figura 2 a) Laboratório Virtual em Execução; b) Cenário representado

4.2. A utilização do Netkit no ICMC/USP

Para a realização das atividades práticas nas disciplinas SSC-0142 (Redes de Computadores) e SSC-0152 (Administração e Gerenciamento de Redes) do ICMC/USP, foram desenvolvidas 11 atividades de laboratório virtuais. Uma atividade de laboratório virtual, chamada simplesmente de *lab* (Laboratório de Aprendizado Básico), é composta por um tutorial de execução de uma atividade e o conjunto de arquivos necessários para a ativação do cenário no laboratório virtual pelo *Netkit*. O tutorial, formulado em linguagem simples e acessível ao estudante, possui as seguintes seções:

1. uma apresentação com os objetivos do experimento/atividade;
2. explicação do cenário reproduzido pelo laboratório virtual;
3. breve explicação sobre os conceitos de redes e/ou administração de redes sendo estudados pelo tutorial;
4. a sequência de instruções para a execução da prática;
5. propostas de experimentos alternativos que podem ser realizados no cenário;
6. exercícios teóricos e práticos relacionados com o assunto sendo estudado;
7. explicação de conteúdos relacionados ao *Linux* e ao *Netkit* para apoio ao estudante.

A disciplina de administração e gerenciamento de redes do ICMC é uma disciplina prática, de modo que a parte teórica é ministrada no início de cada aula. Posteriormente os tutoriais são executados sendo que a docente responsável pela disciplina e estagiário/desenvolvedor dos *labs* acompanharam a execução sanando eventuais dúvidas. A **Figura 3a** ilustra a estrutura de arquivos de um dos *labs* e o conteúdo de um deles. Na **Figura 3b** é ilustrada a visualização de um dos tutoriais.

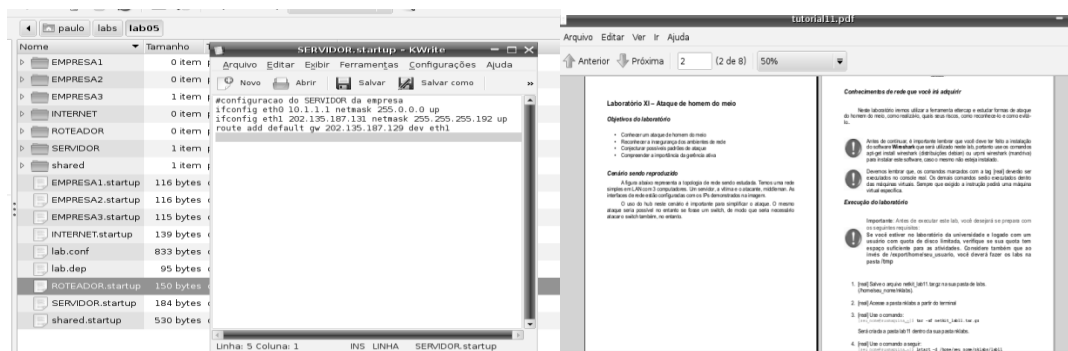


Figura 3. a) Representação de um lab; b) Imagem de um tutorial.

4.3. Laboratórios aplicados

Os tutoriais aplicados, em língua portuguesa, estão disponíveis, junto a outros posteriormente disponibilizados, no site <http://www.paulogurgel.com.br/netkit.php>.

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. A seguir é apresentada uma lista dos assuntos abordados pelos tutoriais:

1. **Rede de difusão:** O primeiro *lab* mostra um cenário bastante simples, com um *hub*, onde se deve configurar os endereçamentos e testar a comunicação.
2. **Rede ponto a ponto:** Demonstra a diferença entre redes de difusão e ponto a ponto por meio do uso de um *software switch*.
3. **Roteamento estático:** Neste tutorial o estudante tem contato com o comando *route* do *Linux* e aprende a configurar rotas e *gateway* manualmente.
4. **Roteamento dinâmico:** Em uma rede com 5 roteadores, são demonstrados os roteadores *Quagga* e o protocolo RIP (*Routing Internet Protocol*) para roteamento dinâmico.
5. **Firewall e Network Address Translation (NAT):** Conduz o estudante pela configuração de um firewall completo, compartilhamento de internet e redirecionamento de portas TCP para computadores da rede interna.
6. **Domain Name System (DNS) com Bind9:** Este tutorial explica o processo de configuração do serviço de DNS e DNS reverso fornecidos pelo servidor Bind9, um dos servidores mais utilizados do mundo¹.
7. **Servidores:** Instrui o estudante como montar uma estrutura de servidores *Linux*, com os softwares *Apache 2.0*, *MySQL 5.1*, *ProFTP 1.3* e *PHP 5.3*.
8. **SysLog e Simple Network Management Protocol (SNMP):** Este tutorial demonstra a configuração dos serviços de *logging* e dos agentes SNMP para gerência de redes.
9. **Multi Router Traffic Grapher² (MRTG):** O tutorial de *MRTG* demonstra a instalação e configuração de uma ferramenta que permite a monitoria de tráfego e outras informações emitidas por SNMP.
10. **Ataque do homem do meio:** Neste tutorial é apresentado o ataque conhecido como “ataque do homem do meio” por meio da técnica de “*Address Resolution Protocol (ARP) Spoofing*”.

5. Avaliação de efetividade

Para avaliar a efetividade da aplicação da virtualização e do uso dos tutoriais práticos no aprendizado, realizou-se uma comparação entre duas turmas da disciplina SSC-0152

¹ Segundo Internet Systems Consortium, disponível no link <http://www.isc.org/software/bind> - acessado em 30/03/2011

² Mais informações e documentação disponível em <http://oss.oetiker.ch/mrtg/doc/index.en.html>, acessado em 30/03/2011

(Administração e Gerencia de Redes) do ICMC/USP, com pré-requisitos equivalentes e com o mesmo docente. A primeira turma, denominada turma A, contou com a participação de 40 alunos, foi ministrada no primeiro semestre de 2010 e teve as aulas usando apenas a estrutura física do laboratório, sem o uso do *Netkit*. A segunda turma, denominada turma B, contou com 17 alunos, foi conduzida no segundo semestre de 2010, sendo utilizado o *Netkit* para a realização das aulas. As aulas de ambas as disciplinas ocorreram no mesmo laboratório.

Considerando a ementa da disciplina, ao término da mesma o aluno deve ter conhecimentos iniciais sobre administração e gerenciamento de redes, configuração de servidores e roteadores, aspectos de segurança e gerenciamento de redes. Cada um destes tópicos poderia ser estudado de modo aprofundado em um curso específico. A **Tabela 1** ilustra os possíveis níveis de profundidade dos tópicos abordados durante o curso e como este tópico foi avaliado. A coluna peso contém um fator de ajuste, utilizada posteriormente para o cálculo dos níveis de conhecimento, sendo que para o nível 1, o peso deve ser 0 pois o assunto não foi avaliado. A finalidade deste peso é reajustar o efeito de uma pergunta simples sobre um determinado tópico que poderia ser explorado amplamente.

Tabela 1: Níveis de profundidade

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

Tabela 2: Níveis de conhecimento

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

Para avaliação foram estipulados quatro níveis de habilidade adquirida, denominados níveis de conhecimento, sobre cada tópico abordado. Para cada estudante individualmente, por meio das avaliações, numa escala de 0 a 10, foi atribuído um nível de conhecimento, considerando o fator de ajuste adequado. Na tabela, a notação “|--” indica que o valor a esquerda está incluído no intervalo considerado, enquanto o valor à direita não. O símbolo “|--” indica que as duas notas estão incluídas no intervalo. Na **Tabela 3** são apresentados os resultados obtidos comparando o nível de profundidade a o nível de conhecimento das turmas A e B. Para a classificação do nível de

conhecimento foi considerado a média ponderada (MP) da turma baseado no nível de profundidade do tópico. Tópicos não avaliados, mas que constam da ementa do curso, aparecem com o valor “NA” (não avaliado). Na tabela também é apresentado o desvio padrão como informação adicional.

Tabela 3: Resultados Comparativos - Níveis de Profundidade x Nível de Conhecimento

Assunto	Turma A					Turma B				
	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

Como pode ser verificado, a partir da observação da Tabela 3, a turma B apresenta um nível de profundidade (N.Prof) maior ou igual à profundidade dos assuntos abordados em aula em relação a turma A. O uso do *Netkit* proveu maior cobertura dos tópicos e intensificação das atividades práticas. Embora este aumento represente, intuitivamente, o aumento do grau de dificuldade do assunto para os estudantes, a média geral apresentou melhora de 0,61 pontos, com redução de 1,01 pontos no desvio padrão, demonstrando maior homogeneidade na aprendizagem. É possível verificar também que as médias ponderadas da turma “A” são penalizadas pelo baixo nível de profundidade abordado durante o curso. Comparando as médias absolutas, os itens “Ferramentas” e “DNS” da turma A possuem média geral melhor. Isso é explicado pela avaliação muito simples destes comparado à avaliação realizada com a turma B. Para todos os demais tópicos, mesmo a média geral foi melhorada, sem o fator de correção.

Aspectos que podem ter influenciado negativamente o desempenho da turma A foram os problemas causados pelo ambiente inadequado, problemas talvez agravados pelo maior número de alunos. Esta comparação também considera que os alunos das diferentes turmas, em média, têm o mesmo conhecimento prévio sobre os assuntos estudados.

6. Considerações finais

Neste artigo foram discutidos os problemas encontrados para o ensino de redes de computadores e quais estratégias podem ser utilizadas para a melhoria da aprendizagem, propondo um método de trabalho que pode ser utilizado em sala de aula, ou mesmo nas residências dos estudantes em disciplinas de ensino a distância.

Deve-se observar que a principal contribuição deste trabalho é demonstrar a efetividade do uso da ferramenta, como meio de aperfeiçoar o processo de ensino e aprendizagem em disciplinas de redes de computadores. Entrementes, houve o desenvolvimento de material de estudo seguindo os modelos aqui descritos, disponíveis no site³, sendo este o primeiro material de estudo de redes com *Netkit* disponível em língua portuguesa, para o curso completo de redes. Em relação às dificuldades encontradas para a realização do trabalho a avaliação de efetividade foi desafiadora uma vez que não foi encontrado estudo similar no uso de simuladores/emuladores para disciplinas de computação. É possível concluir e observar 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.

Como trabalho futuro dever-se-á realizar novos estudos comparativos para verificar os resultados ora apresentados e o aperfeiçoamento dos métodos de avaliação da efetividade da metodologia aplicada. Do ponto de vista técnico, a revisão contínua dos tutoriais procurando detectar pontos onde dificuldades de compreensão são percebidas e inclusão de novos *labs* para abordar outros tópicos além dos enumerados na Tabela 3.

7. Referências

- Barbosa, N. M. S., Anjos, M. L. D. A., Bogo, M. (2009). “Uso do Netkit no Ensino de Roteamento Estático”, Em: Anais do XI Encontro de Estudantes de Informática do Tocantins, Palmas, páginas 215-222.
- Fiolhais, C.; Trindade, J. (2003). “Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas”, Em: Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, páginas 259-272.
- Fuertes, V. M.; Vergara, J. E. L. (2007). “A quantitative comparison of virtual network environments based on performance measurements”, Em: 14th Workshop of the HP Software University Association, Munique.
- Gadelha, R. N. S., Azevedo, R. R., Oliveira, H. T. A. (2010). “OS Simulator: Um simulador de sistemas de arquivos para apoiar o ensino/aprendizagem de sistemas operacionais”, Em: Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, João Pessoa.
- Jones, D.; Newman, A. (1996). “RCOS.java: An animated operating system for computer science education”, Em: Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, Nova York, Janeiro.
- Moran, J. M. (2010). “Avaliação do Ensino Superior a Distância no Brasil”, <http://www.eca.usp.br/prof/moran/avaliacao.htm>, Março.
- Rimondini, M. (2007). “Emulation of Computer Networks with Netkit.” <http://www.netkit.org/publications/netkit-tr.pdf>, Abril.
- Sarkar, N. (2006). “Tools for Teaching Computer Networking And Hardware Concepts”, Information Science Publishing.

³ <http://www.paulogurgel.com.br/netkit.php>