



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS QUIXADÁ
TECNÓLOGO EM REDES DE COMPUTADORES

WELLINGTON LUIZ DE LIMA REBOUÇAS JÚNIOR

**DESKTOP VIRTUALIZATION: CRIANDO ÁREAS DE TRABALHO
VIRTUAIS EM AMBIENTE ACADÊMICO**

**QUIXADÁ
2016**

WELLINGTON LUIZ DE LIMA REBOUÇAS JÚNIOR

**DESKTOP VIRTUALIZATION: CRIANDO ÁREAS DE TRABALHO
VIRTUAIS EM AMBIENTE ACADÊMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso Tecnólogo em Redes de
Computadores da Universidade Federal do
Ceará como requisito parcial para obtenção do
grau de Tecnólogo.

Área de Concentração: Computação

Orientador Prof^o. Antonio Rafael Braga

**QUIXADÁ
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca do Campus de Quixadá

-
- R24d Rebouças Júnior, Wellington Luiz de Lima
 Desktop virtualization: criando áreas de trabalho virtuais em ambiente acadêmico/ Wellington
 Luiz de Lima Rebouças Júnior. – 2016.
 58 f.: il. color., enc.; 30 cm.
- Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus Quixadá, Curso de
 Tecnologia em Redes de Computadores, Quixadá, 2016.
 Orientação: Prof. Me. Antônio Rafael Braga
 Área de concentração: Computação
1. Sistemas operacionais (Computadores). 2. Virtualização. 3. Computação em nuvem. I.
Universidade Federal do Ceará (Campus Quixadá). II. Título.

CDD 004.6068

WELLINGTON LUIZ DE LIMA REBOUÇAS JÚNIOR

**DESKTOP VIRTUALIZATION: CRIANDO ÁREAS DE TRABALHO
VIRTUAIS EM AMBIENTE ACADÊMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso Tecnólogo em Redes de
Computadores da Universidade Federal do
Ceará como requisito parcial para obtenção do
grau de Tecnólogo.

Área de Concentração: Computação

Aprovado em: 04 / Fevereiro / 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Antonio Rafael Braga (Orientador)
Universidade Federal do Ceará-UFC

Prof. Me. Alisson Barbosa de Souza
Universidade Federal do Ceará-UFC

Prof. Me. Paulo Antônio Leal Rego
Universidade Federal do Ceará-UFC

Aos meus pais, Wellington Luiz de Lima Rebouças e
Maria Leonice de Sena Rebouças por toda a dedicação
na minha formação e na construção da minha educação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me proporcionado o dom da vida, permitindo mais uma conquista em minha vida e pode estar concluindo um curso de nível superior.

Ao meu pai, Wellington Luiz de Lima Rebouças e a minha mãe, Maria Leonice de Sena Rebouças, embora esteja hoje ao lado do Pai, deixou sua contribuição e todo o seu apoio na construção da minha formação, e a eles por estarem sempre ao meu lado, educando e motivando em todas as etapas da minha vida.

Aos professores Paulo Rêgo e Rafael Braga pela orientação nesta pesquisa.

A todos os professores do curso Redes de Computadores da UFC, Campus Quixadá que contribuíram para a minha formação acadêmica.

A todos os meus familiares, padrinhos e namorada, pela compreensão e força durante todos os momentos, e a todos os meus amigos que contribuíram pra que eu chegasse até essa conquista.

Aos meus amigos do AP 102, Joel Sousa, Matheus Silveira e Renato Cavalcante pelo companheirismo e amizade durante todos os momentos.

A todos os meus amigos do curso Redes de Computadores que tive a oportunidade de conhecer e compartilhar momentos durante todo o curso.

E a todos que contribuíram de forma direta e indiretamente.

"Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível."
(Charles Chaplin)

RESUMO

Virtualização e computação em nuvem são diretrizes de pesquisa que estão ficando cada vez mais populares nos últimos anos. Hoje, estão sendo utilizadas cada vez mais pelas organizações, onde através das mesmas, recursos de tecnologia da informação podem ser entregues como serviços através da Internet para o usuário final. Este trabalho visa desenvolver uma solução que permita criar espaços virtuais de trabalho para uso nos laboratórios do ambiente acadêmico, de modo que os usuários finais, alunos e professores, possam ter acesso a um ambiente dedicado e customizado em função de suas necessidades, sendo possível ter acesso a ele através da rede, por qualquer dispositivo, a qualquer hora e em qualquer lugar dentro do ambiente acadêmico. Foi realizado a revisão detalhada do tema, onde propomos um serviço de nuvem com intuito educacional, e por fim realizado as análises e a avaliação da proposta.

Palavras chave: Virtualização de *desktop*. Virtualização. Computação em nuvem.

ABSTRACT

Virtualization and cloud computing are research guidelines that are becoming increasingly popular in recent years. Today, they are being increasingly used by organizations where through cloud computing and virtualization, information technology resources can be delivered as services over the Internet to the end user. This work aims to develop a solution to create virtual workspaces for use in the academic environment laboratories, so that end users, students and teachers can access a dedicated and customized environment according to their needs, and you can have access to it through the network by any device, anytime and anywhere within the academic environment. It was carried out a detailed review of the topic which we propose a cloud service with educational purpose, and finally carried out the analysis and evaluation of the proposal.

Keywords: *Desktop* virtualization, Virtualization, Cloud computing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Virtualização total	20
Figura 2: Paravirtualização	21
Figura 3: Virtualização no nível do sistema operacional	21
Figura 4: Virtualização assistida por <i>hardware</i>	22
Figura 5: Estrutura da VDI.....	23
Figura 6: Visão geral da proposta.....	27
Figura 7: Acesso ao ambiente OpenNebula	31
Figura 8: Página inicial do usuário	32
Figura 9: Criando a máquina virtual.....	32
Figura 10: Detalhes da máquina virtual.....	33
Figura 11: Execução da máquina virtual	33
Figura 12: Escrita no disco	36
Figura 13: Leitura de disco.....	37
Figura 14: Entrada de rede.....	38
Figura 15: Saída de rede	39
Figura 16: Utilização de CPU.....	40
Figura 17: Memória livre.....	40
Figura 18: 3 MV - Entrada de rede.....	41
Figura 19: 6 MV - Entrada de rede.....	42
Figura 20: 10 MV - Entrada de rede.....	42
Figura 21: 3 MV - Saída de rede	43
Figura 22: 6 MV - Saída de rede	43
Figura 23: 10 MV - Saída de rede	44
Figura 24: 3 MV - Leitura de disco	44
Figura 25: 6 MV - Leitura de disco	45
Figura 26: 10 MV - Leitura de disco	45
Figura 27: 3 MV - Escrita no disco	46
Figura 28: 6 MV - Escrita no disco	46
Figura 29: 10 MV - Escrita no disco	47
Figura 30: 3 MV - Utilização de CPU.....	47
Figura 31: 6 MV - Utilização de CPU.....	48
Figura 32: 10 MV - Utilização de CPU.....	48
Figura 33: 3 MV - Memória livre.....	49
Figura 34: 6 MV - Memória livre.....	49
Figura 35: 10 MV - Memória livre.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 TRABALHOS RELACIONADOS	15
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1 Virtualização	19
3.2 Virtualização de <i>Desktop</i>	22
3.3 Computação em Nuvem.....	24
4 PROPOSTA.....	26
4.1 Infraestrutura para o ambiente de nuvem.....	27
4.2 Instalação e configuração da plataforma OpenNebula.....	27
4.3 Configurações da interface gráfica <i>Sunstone</i>	29
4.4 Instalação e configuração da ferramenta para análise de desempenho	29
4.5 Criação das máquinas virtuais.....	30
4.6 Execução da proposta.....	31
5 ESTUDO DE CASO	34
5.1 Cenários.....	34
5.2 Resultados	35
5.3 Análise de Desempenho	41
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS	51
APÊNDICES	54
APÊNDICE 1 – Tabelas com os resultados das amostras	54
APÊNDICE 2 – Tabelas análises de desempenho	57

1 INTRODUÇÃO

A cada ano que passa cresce o número de organizações que têm utilizado recursos da Tecnologia da Informação (TI) para realizar suas operações (LUNARDI; DOLCI; MAÇADA, 2010). Quando bem gerenciada, a TI possibilita às organizações e instituições a penetração em novos mercados, agregação de valores, diminuição dos custos de aquisição, a busca por vantagem competitiva e processamento rápido das informações, diminuindo assim o tempo de execução das atividades (OLIVEIRA; SANTOS; JÚNIOR, 2013). Segundo Lunardi, Dolci e Maçada (2010), os gastos e investimentos realizados em equipamentos de informática, sistemas e telecomunicações vêm acompanhando essa expansão.

Nos últimos anos, as empresas passaram a sofrer forte pressão para diminuir os altos gastos com TI (AROUCHA; COSTA; BARRETO, 2011). Com essa necessidade de diminuição de gastos e aproveitamento dos recursos, surgiu a necessidade de adotar alguma medida para a resolução destes problemas de forma que a realização e o desempenho das atividades executadas não fossem comprometidos. Para atingir esse objetivo, uma das tecnologias utilizadas foi a virtualização (SEO, 2009).

Conforme Carissimi (2008), a virtualização é uma técnica que permite particionar um único sistema computacional em vários outros denominados máquinas virtuais. Cada máquina virtual oferece um ambiente completo muito similar a uma máquina física. Existe grande número de formas de virtualização no cenário atual. A virtualização de infraestrutura de servidor é a forma mais dominante, contudo, a virtualização de *desktop* tem ganhado destaque nos últimos anos (PETROVIĆ; FERTALJ, 2009).

Como o tamanho dos sistemas de computador cresce a cada dia com novos aplicativos e com as novas exigências dos clientes e do mercado, é necessário que algo seja feito para facilitar a administração e tornar os dados efetivamente seguros (PETROVIĆ, FERTALJ, 2009). Gerenciar os ambientes de *desktop* tradicionais é incrivelmente desafiador e caro. Tarefas como instalações e mudanças de configuração exigem medidas de segurança, procedimentos e suporte dedicado e demorado (BEATY; KOCHUT; SHAIKH, 2009). A administração manual de muitos computadores é uma tarefa difícil, tediosa e requer um trabalho demorado, pois possui uma variedade de opções existente para a instalação e reinstalação de diferentes *software* e *hardware* para o usuário executar em um computador local (PETROVIĆ; FERTALJ, 2009).

A virtualização de *desktops* é a técnica que se refere à virtualização do *desktop* do computador, a fim de alcançar a segurança e flexibilidade do uso do ambiente de trabalho. Com

essa tecnologia, o usuário possui mobilidade de utilização do seu *desktop* virtual, sendo possível ter acesso a ele através da rede, por qualquer dispositivo, a qualquer hora e em qualquer lugar (YAN, 2011). Segundo Planus (2013), enquanto o computador utilizador reside em uma mesa, o computador virtual está localizado com segurança, dentro de salas de servidores como um *datacenter* ou até mesmo em um ambiente de nuvem. Sendo assim, o que tráfegará na rede não serão os dados dos usuários, serão apenas os dados de controle e as imagens que formam a tela da aplicação. A maior facilidade para a realização de *backup* e uma maior proteção quanto aos vírus, são também motivações para a utilização do *desktop* virtual.

Segundo Planus (2013), com a implantação da virtualização de *desktop*, a redução de custos se dá principalmente na administração e suporte de TI, não sendo mais necessário instalar aplicações e sistema operacional em cada equipamento de usuário. O usuário é exposto às aplicações autorizadas para o seu perfil e com isso há uma diminuição dos chamados *help desk* para suporte, além da facilidade de criação do *desktop* virtual em minutos, enquanto um *desktop* físico, com sistema operacional e aplicações instaladas e configuradas, pode demorar dias para chegar ao usuário final.

Segundo Orchilles (2013), usar a virtualização de *desktop* pode ajudar a economizar tempo, além de fornecer uma maior defesa contra falhas catastróficas, melhora a velocidade de atualização e oferece uma maneira fácil de personalizar os *desktops* para determinados usuários ou grupos de usuários. Com esta técnica de virtualização, em vez de executar uma cópia local no *desktop* de cada usuário, pode ser criada uma imagem comum e armazená-la em um ou mais ambientes de armazenamento. Para a implantação de atualizações e alterações na imagem do *desktop*, por exemplo, basta atualizar a imagem para todos os usuários. Assim, da próxima vez que os usuários acessarem o sistema, eles terão a imagem atualizada com todas as suas configurações mantidas. Se houver problema com uma atualização e necessitar reverter para uma versão estável anterior da imagem de *desktop*, esta solução poderá ser feita rapidamente. Para isso, será necessário apenas salvar uma cópia da imagem anterior antes de executar a atualização, que pode ser feita de modo fácil (ORCHILLES, 2013).

Segundo Sena (2009), com todas essas características apresentadas, a virtualização de *desktop* visa a otimização das cargas de trabalho, a facilidade de implantação, *backup* e recuperação de desastres, flexibilidade e eficiência da gestão dos recursos. Para manipular as máquinas virtuais é necessário a utilização de hipervisores. Segundo Rego (2012), o hipervisor possui a finalidade de suportar, interceptar e emular algumas das instruções que são emitidas pelas máquinas hospedeiras. Ele provê uma interface que permite aos usuários realizar as ações de inicializar, pausar e desligar múltiplas máquinas virtuais. Por meio dos hipervisores, as

organizações têm a facilidade de gerenciar usuários e áreas de trabalho sem muitas das dificuldades encontradas antes do advento dos *desktops* virtuais (SENA, 2009).

Considerando que dentro de uma universidade possui vários cursos e muitos destes cursos utilizam alguns *softwares* específicos, ou até mesmo compartilham um mesmo ambiente, mas com necessidades de configurações distintas, é necessário tempo para equipe de TI realizar essas configurações. A disponibilidade de tempo para manutenção é uma dificuldade presente em quase todas as instituições. A alta demanda de uso dos equipamentos tem proporcionado cada vez períodos menores para a manutenção, tanto de *hardware* como *software*, fator que prejudica o trabalho da equipe (SILVA et al., 2015).

Conforme Silva et al. (2015), quando se trabalha com atividades práticas, é comum a realização de configurações por parte dos alunos que acarretam algum dano no sistema e que torna-se necessário manutenção. Quanto a substituição de algum computador e considerando a disponibilidade imediata de outra máquina, é necessário tempo para preparar esse computador com as mesmas configurações de *software* para a substituição. Com esses problemas encontrados, é preciso encontrar formas de realizar as manutenções de maneira eficiente e que tenha um período de tempo menor. Uma solução seria a virtualização de *desktops*, onde cada configuração de computador exigida pelos cursos e disciplinas das instituições poderia ser executada em uma máquina virtual, onde qualquer laboratório poderia carregar essa máquina virtual em todos os computadores, ajudando a reduzir a demanda com manutenção e facilitando o gerenciamento da equipe de TI.

Nesse contexto, este trabalho visa desenvolver uma solução que permita criar espaços virtuais de trabalho para uso nos laboratórios do ambiente acadêmico, de modo que os usuários finais, alunos e professores, possam ter acesso a um ambiente dedicado e customizado em função de suas necessidades.

Com o desenvolvimento desta solução, cada usuário terá sua própria área de trabalho virtual, que poderá ser acessada de qualquer local e de qualquer computador, não sendo obrigatória a utilização de uma determinada máquina física para realização das atividades. Dessa forma, pode-se obter maior flexibilidade e melhor desempenho nas atividades. Outro fator positivo é que as instalações e configurações realizadas serão nas máquinas virtuais, não havendo qualquer alteração no *hardware* ou sistema operacional da máquina física, evitando assim, para a equipe de manutenção, o trabalho de recuperação de falhas. Outro fator determinante é que as aplicações podem ser instaladas em uma única máquina virtual e replicadas entre as outras, evitando o trabalho demorado e repetitivo, como ocorre com as máquinas físicas, onde o trabalho de instalação e manutenção ocorre em cada máquina, sendo

esse um dos diferenciais dos *desktops* virtuais neste tipo de cenário com grande quantidade de máquinas virtuais.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Existem diferentes trabalhos que utilizam a virtualização de *desktop*. Neste capítulo serão abordados alguns destes trabalhos, onde será apontado o que eles têm em comum com o trabalho em desenvolvimento e também as diferenças entre ambos.

Em (MANVAR, 2012), o autor define seu projeto como DeskVirt. Este projeto visa fornecer solução de código aberto para a área de trabalho remota fazendo uso da tecnologia de virtualização e utilização de *software* de código aberto existente. Os resultados dos experimentos realizados mostram que o projeto visa garantir que os usuários finais obtenham aproximadamente a mesma experiência de trabalhar em uma máquina tradicional independente. Além disso, a solução implementa diferentes máquinas virtuais e algoritmos para a consolidação destas nas máquinas físicas, a fim de melhorar o desempenho do sistema (MANVAR, 2012). Nosso trabalho também tem o objetivo de proporcionar ao cliente um serviço de *desktop* remoto para os usuários. Cada usuário pode possuir sua máquina virtual personalizada que está sendo executada em um servidor remoto e sendo acessada por um *software*. Assim, o usuário obtém a experiência de utilizar um *desktop* virtual em uma máquina pessoal, como se estivesse sendo executadas atividades no próprio computador local. Outra característica é a utilização de hipervisores e protocolos para acesso ao *desktop* remoto.

No projeto DeskVirt, os usuários podem acessar sua área de trabalho fora da rede local. Segundo Manvar (2012), como os navegadores estão disponíveis em quase todos os computadores pessoais ou *laptops*, podemos fornecer um *desktop* remoto usando aplicações *web* para o acesso através da Internet. Outro fator é a utilização do hipervisor Xen usado para fornecer um ambiente de virtualização e LTSP (*Linux Terminal Server Project*) para acesso ao *desktop* remoto. No nosso trabalho, o acesso ao *desktop* virtual será disponibilizado apenas na rede local, uma vez que, ao abranger toda a *web*, poderá haver riscos de segurança. Em relação ao hipervisor será utilizado o KVM e sobre o protocolo será utilizado o VNC, por permitir um acesso *web* remoto eficiente para virtualização de aplicações dentro de um ambiente de nuvem (SILVA et al., 2015). Outro fator que difere ao trabalho de Manvar (2012) é a utilização do ambiente de nuvem como forma de armazenamento das máquinas virtuais. No seu trabalho, ele utilizava uma máquina central onde estava armazenada as máquinas virtuais dos usuários.

A solução Neblina (FERNANDES; SCHULZE; MURY, 2012) tem como objetivo permitir que pesquisadores, especialistas e estudantes possam ter acesso remoto a aplicações

dedicadas e configuradas de acordo com as suas necessidades. Estes acessam suas aplicações por meio de um portal, utilizando o poder computacional disponível em um ambiente remoto de grade/nuvem. O utilizador é capaz de acessar o sistema por meio de um navegador, em qualquer lugar, ao precisar, bastando apenas realizar a autenticação para uso do serviço.

O Neblina se assemelha com nossa proposta quanto ao fato de fornecer um *desktop* remoto para os usuários e cada usuário pode possuir sua máquina virtual personalizada. Outro fator importante é que ambos os trabalhos utilizam a ferramenta OpenNebula. Segundo Fernandes, Schulze e Mury (2012), durante a execução deste projeto, o OpenNebula foi escolhido para gerenciar o ambiente de nuvem por ser o de concepção mais próxima à ideia proposta, uma vez que já disponibiliza as funcionalidades básicas necessárias a um ambiente virtualizado. Por fim, foi utilizado o sistema Linux como ferramenta para o desenvolvimento dos trabalhos.

Os trabalhos apresentam várias características em comum, mas também existem alguns recursos que os diferem. Uma dessas características é o fato do projeto Neblina permitir o acesso remoto ao *desktop* virtual de qualquer local, através de um portal utilizando autenticação. Conforme Fernandes, Schulze e Mury (2012) a ideia foi criar um ambiente acessado remotamente, a qualquer momento, por meio de um navegador, para execução de aplicativos ou uso de plataformas, com um ganho em termos de gestão e compartilhamento de recursos. Além disso, o hipervisor utilizado foi o VirtualBox, com o intuito de acelerar o aprendizado e os testes no ambiente. Utilizaram também o protocolo RDP com o protocolo HTTP para permitir a apresentação da plataforma virtualizada no navegador. Nosso trabalho pretende fornecer o acesso aos *desktops* virtuais apenas no ambiente local. Como é destinado ao ambiente acadêmico, terá acesso ao serviço apenas alunos e professores da instituição, levando em conta que fora do ambiente, poderá estar sujeito a ataques externos. Além disso, será utilizado o hipervisor KVM e como protocolo de acesso remoto o VNC, por permitir um acesso *web* remoto eficiente para virtualização de aplicações dentro de um ambiente de nuvem (SILVA et al., 2015).

No trabalho de Robinson e Hacker (2012) foi utilizado a virtualização com o intuito de criar *clusters* virtuais para a computação de alto desempenho no ambiente educacional, comparando o desempenho do gerenciador de nuvem, OpenNebula, utilizando tanto o NFS, SSH e OrangeFS para o compartilhamento de imagens das máquinas virtuais.

O trabalho relacionado e o projeto em desenvolvimento se assemelham quanto a utilização de algumas ferramentas para o desenvolvimento da solução. Outra característica importante é que ambos os trabalhos utilizam o conceito de computação em nuvem com a

utilização de *desktops* virtuais. Em Robinson e Hacker (2012), utilizam como hipervisor, o KVM, para o gerenciamento do ambiente de nuvem, o OpenNebula, e como o protocolo de acesso remoto, não houve especificação. Na solução em desenvolvimento utiliza as mesmas ferramentas e também a utilização do protocolo de acesso remoto, o VNC, para fornecer a interface gráfica para o acesso remoto as máquinas virtuais.

Embora utilize os conceitos de computação em nuvem e algumas ferramentas em comum, os trabalhos se diferem em sua implementação e objetivo. No trabalho de Robinson e Hacker (2012) tem como objetivo realizar testes com o NFS, SSH e OrangeFS para o compartilhamento de imagens das máquinas virtuais, especificando qual apresenta o melhor desempenho em rede e leitura e escrita de disco com o OpenNebula. No nosso trabalho, o objetivo é fornecer o acesso aos *desktops* virtuais no ambiente acadêmico, sendo assim, terá acesso ao serviço apenas os usuários pertencentes da instituição e estando presente na mesma. Será utilizado o NFS para compartilhar as imagens dos *desktops* virtuais.

Em Fuzi, Hamid e Ahmad (2014) tem por objetivo desenvolver um servidor de nuvem para dispositivos finais utilizando a virtualização de *desktop* para separar o ambiente de trabalho e executar aplicativos, permitindo pessoas acessá-los remotamente. Nosso trabalho também tem o objetivo de proporcionar ao cliente um serviço de *desktop* remoto para seus usuários. Cada usuário pode possuir sua máquina virtual personalizada de acordo com suas necessidades que será executada em um servidor de nuvem e sendo acessada por um hipervisor. Outra semelhança entre os trabalhos é a utilização do protocolo de acesso remoto para fornecer a interfaces gráfica remota.

Além de suas semelhanças, os trabalhos apresentam algumas diferenças. Em Fuzi, Hamid e Ahmad (2014) podemos destacar o ambiente de nuvem instalado *Xen Cloud Platform*, que permiti utilizar mais de um sistema operacional. Dentre os sistemas operacionais foram utilizados o *Windows 7* e *Ubuntu 12.04*. Em relação ao hipervisor foi utilizado a plataforma *Xen* da *Citrix*. A aplicações utilizadas nas máquinas virtuais foram o *Gimp*, *Eclipse* e *Blender*. No nosso trabalho desenvolvido foi utilizado o ambiente de nuvem OpenNebula junto com o sistema operacional *Ubuntu 14.04*. O hipervisor utilizado foi o KVM por ter o acesso direto ao *hardware*, tendo nesse tipo de ambiente um melhor desempenho. A aplicação instalada nas máquinas virtuais foi o *Eclipse*, destinado a disciplina de Fundamentos de Programação.

No trabalho de Lethanhman e Kayashima (2012) tem por objetivo utilizar a computação em nuvem e a virtualização de *desktop* para estudar a carga de trabalho de CPU, memória e discos rígidos de 172 máquinas que fornecem *desktops* virtuais para usuários remotos.

O trabalho relacionado e o projeto em desenvolvimento se assemelham no objetivo de fornecer *desktop* remoto. Outra característica importante é que ambos os trabalhos utilizam o conceito de computação em nuvem para o armazenamento dos *desktops* virtuais. Por fim, ambos analisaram a carga de trabalho de CPU, memória e disco das máquinas.

Embora apresente suas semelhanças, os trabalhos possuem diferenças em sua implementação. No trabalho de Lethanhman e Kayashima (2012), em relação ao ambiente de nuvem, não houve especificação de qual ambiente utilizado, assim como o protocolo de acesso remoto e hipervisor. O sistema operacional utilizado foi Windows XP, como aplicações das máquinas virtuais foram utilizados editores de texto e apresentação, e por fim, para coleta dos dados referente a carga de trabalho do servidor, foi utilizado a ferramenta Perfmon. No nosso trabalho será utilizado o hipervisor KVM e como protocolo de acesso remoto será utilizado o VNC. Como ambiente de nuvem será utilizado o OpenNebula. O sistema operacional das máquinas será utilizado o Ubuntu e como aplicações das máquinas virtuais será utilizado o *Eclipse*. Por fim, para coleta da carga de trabalho do servidor será utilizado a ferramenta NMON.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A virtualização vem sendo um assunto cada vez mais abordado quando se trata de tecnologia, mas este recurso de virtualizar através de máquinas virtuais não é algo recente. Devido à popularização dos computadores pessoais, a virtualização perdeu um pouco de espaço dentre os cenários de TI. Mas, com o aumento do poder computacional presente nas atuais máquinas e processadores, e por vários outros fatores, estes influenciaram no ressurgimento da virtualização. Esse destaque que vem sendo dado à virtualização recentemente é resultado da baixa taxa de utilização dos recursos computacionais, o que tornou muitos desses ociosos. A fim de aproveitar esses recursos, a ideia da virtualização retornou ao cenário da TI (MATTOS, 2008).

Dentre as técnicas de virtualização existentes, a virtualização de *desktop* tem atraído atenção considerável nos últimos anos. A flexibilidade e a portabilidade das máquinas virtuais tornam interessante o uso desta técnica da virtualização de *desktop* (CARISSIMI, 2008). Devido a estes e outros fatores, ela vem sendo cada vez mais abordada tanto academicamente quanto por motivos comerciais. Segundo Liao et al. (2010), a virtualização de *desktops* tem o potencial de oferecer uma nova e eficiente mudança de paradigma para aliviar a demanda por recursos, maximizando o retorno sobre o investimento.

Outro conceito e recurso bastante utilizado é a computação em nuvem. Na implantação do ambiente de nuvem, geralmente ocorre a virtualização de servidores, que pode substituir a utilização de máquinas físicas como armazenamento de recursos. Além disso, podendo ser utilizado para armazenamento e acesso de *desktop* virtuais (JADEJA; MODI, 2012). Na próxima seção, seguem os conceitos de Virtualização (*Virtualization*), Virtualização de Desktop (*Desktop Virtualization*) e Computação em Nuvem (*Cloud Computing*).

3.1 Virtualização

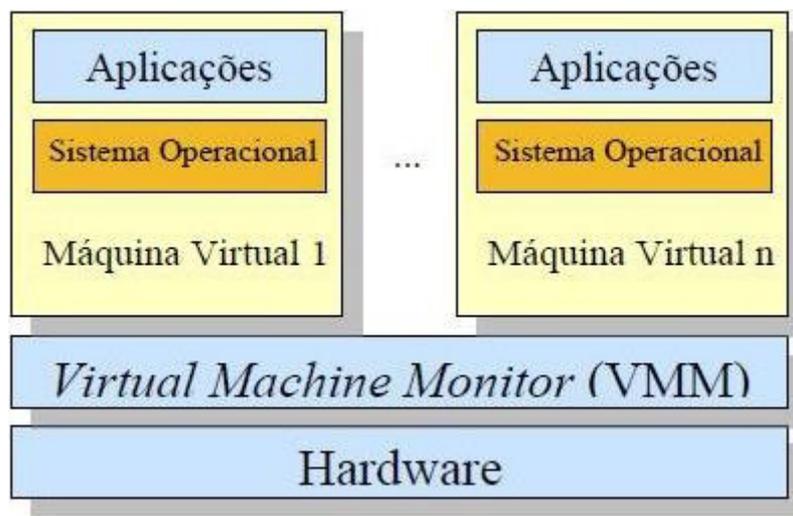
O conceito de virtualização surgiu no ano de 1960, no IBM Thomas J. Watson Research Center, durante um projeto que visava avaliar os então recentes conceitos de compartilhamento de sistemas (SEO, 2009). Em virtude da criação de novos *hardwares* e *softwares*, tornou-se esta ferramenta mais eficiente e segura. Segundo Seo (2009), a evolução dos sistemas de hardware, o aumento da capacidade de processamento, memória, disco e a necessidade crescente de executar mais tarefas computacionais ao mesmo tempo com um custo cada vez menor, fez com que a virtualização aparecesse em maior escala nos últimos anos.

Há vários termos quando se trata do conceito de virtualização. Conforme Caciato (2011), virtualização é o processo de executar vários sistemas operacionais em um único equipamento. A máquina virtual é um ambiente operacional completo que se comporta como se fosse um computador independente. Com a virtualização, um servidor ou uma máquina simples pode manter vários sistemas operacionais em uso. O *software* que faz com que um servidor suporte a implantação de máquinas virtuais é denominado monitor de máquina virtual (VMM - *Virtual Machine Monitor*) ou hipervisor (*hypervisor*). O hipervisor é uma camada de *software* inserida entre o sistema visitante e o *hardware* onde o sistema visitante executa. Essa camada faz uma interface entre os sistemas visitantes e o *hardware* que é compartilhado por eles. Ele é responsável por gerenciar toda a estrutura de *hardware* como CPU, dispositivos de E/S, controladores, rede, criando um ambiente completo onde os sistemas visitantes executam (AROUCHA; COSTA; BARRETO, 2011). Assim como existem diversos hipervisores, existem também diferentes maneiras de fazer virtualização. A principal diferença entre elas é a maneira como as instruções privilegiadas das máquinas virtuais chegam de fato ao *hardware*. As diferentes maneiras de fazer virtualização são (REGO, 2012):

Virtualização total: este tipo de virtualização fornece uma simulação completa do *hardware* subjacente através da emulação de hardware. Dispositivos de *hardware* artificiais são criados com tudo o que é preciso para executar um SO, sem a necessidade de modificar o *kernel* do SO visitante (REGO, 2012). Em outras palavras, isso resulta num sistema capaz de executar

qualquer *software* que acesse diretamente o *hardware*, porém o sistema virtualizado executa de forma mais lenta. O acesso aos dispositivos de entrada e saída é realizado pelo monitor de máquinas virtuais. Uma ilustração da virtualização total é mostrada na Figura 1 (MATTOS et al., 2013). Com este tipo de virtualização é possível executar máquinas virtuais com sistemas operacionais Windows em máquinas físicas com sistemas operacionais Linux, por exemplo. Os hipervisores VMWare e Virtual Box utilizam esse tipo de virtualização.

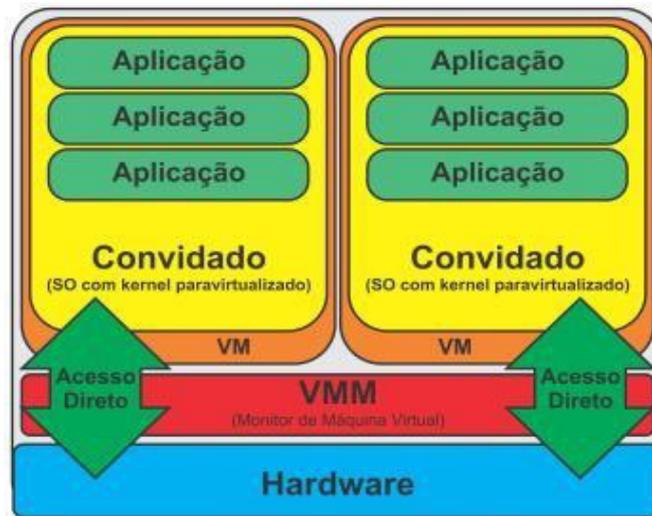
Figura 1: Virtualização total



Fonte: MATTOS, et al., (2013)

Paravirtualização: A paravirtualização é uma alternativa à virtualização total. Nesse modelo de virtualização, o sistema operacional é modificado para chamar o VMM sempre que executar uma instrução que possa alterar o estado do sistema. Isso acaba com a necessidade de o VMM testar instrução por instrução, o que representa um ganho significativo de desempenho. Outro ponto positivo da paravirtualização é que os dispositivos de *hardware* são acessados por *drivers* da própria máquina virtual, não necessitando mais do uso de *drivers* genéricos que inibiam o uso da capacidade total do dispositivo (MATTOS, 2008). A paravirtualização permite que os sistemas operacionais visitantes tenham acesso direto ao *hardware* subjacente. Ela permite que o sistema operacional visitante tenha conhecimento do que está sendo executado no *hardware* virtualizado, diferente da virtualização total, onde as chamadas críticas são interceptadas e traduzidas usando tradução binária (REGO, 2012). Uma visão desse tipo de virtualização pode ser verificada na Figura 2.

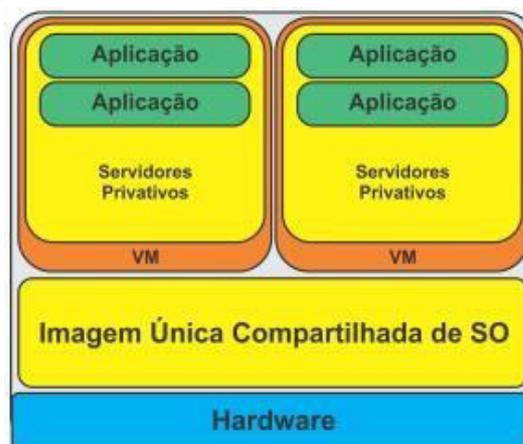
Figura 2: Paravirtualização



Fonte: XENSOUCE (2010)

Virtualização no nível do sistema operacional: Esta técnica também é conhecida como virtualização baseada em recipiente (*container*). Este conceito de virtualização executa mais instâncias do mesmo sistema operacional em paralelo. Isto significa que não é o *hardware*, mas o sistema operacional hospedeiro que está sendo virtualizado. Esta arquitetura facilita a administração do sistema, permitindo que os administradores possam atribuir recursos como memória, garantias de CPU e espaço em disco, tanto na criação de uma máquina virtual, bem como dinamicamente em tempo de execução. Quando comparado com outras soluções de virtualização de servidores, virtualização ao nível do sistema operacional tende a ser mais eficiente. No entanto, esta abordagem apresenta uma desvantagem: uma vez que as máquinas virtuais usam o mesmo *kernel* que o sistema operacional hospedeiro, o sistema operacional convidado deve ser o mesmo que o sistema operacional hospedeiro. (SAHOO; MOHAPATRA; LATH, 2010). Uma visão desse tipo de virtualização pode ser verificada na Figura 3.

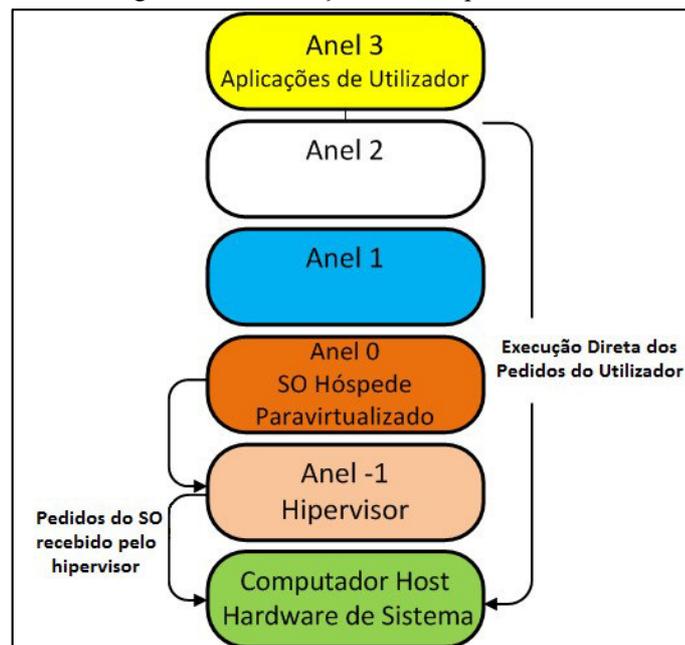
Figura 3: Virtualização no nível do sistema operacional



Fonte: XENSOUCE (2010)

Virtualização assistida por *hardware*: Este tipo de virtualização utiliza recursos de virtualização incorporados nas últimas gerações de processadores da Intel e AMD. As tecnologias conhecidas como Intel VT e AMD-V oferecem extensões necessárias à execução de máquinas virtuais com sistema operacional não modificado, sem as desvantagens inerentes à emulação de CPU da virtualização total (necessidade de tradução binária). Com a virtualização assistida por *hardware*, o hipervisor pode virtualizar eficientemente todo o conjunto de instruções x86 ao lidar com essas instruções críticas usando um modelo clássico por *hardware*, em vez de *software* (REGO, 2012). Os hipervisores que suportam esta tecnologia podem funcionar no Anel -1 e os sistemas operacionais hóspedes podem aceder à CPU no Anel 0, como fariam normalmente se estivessem a ser executados numa máquina física. Isto permite virtualizar sistemas operacionais hóspedes sem nenhuma modificação. Podemos observar esse tipo de virtualização na Figura.

Figura 4: Virtualização assistida por *hardware*



Fonte: MATTOS, et al., (2013)

No trabalho a ser desenvolvido será utilizada a virtualização assistida por *hardware*. Com esse tipo de virtualização, o hipervisor pode virtualizar eficientemente o *hardware*, tendo assim uma maior proximidade da máquina virtual com a máquina física.

3.2 Virtualização de *Desktop*

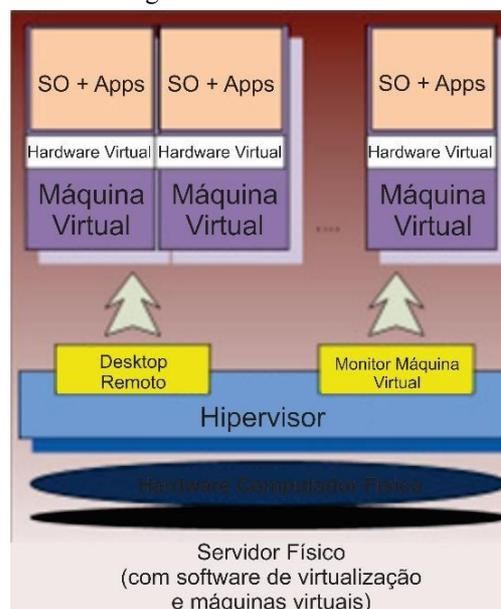
Conforme Rego (2012), a virtualização tem sido definida como a abstração dos recursos do computador ou como uma técnica para esconder as características físicas dos recursos computacionais e pode ser feita de diversas formas. Recentemente, uma nova forma

de virtualizar tem ganhado destaque, a virtualização de *desktop*. O seu funcionamento ocorre quando um sistema operacional é instalado em diferentes máquinas virtuais e estas estão localizadas em uma infraestrutura de armazenamento, e o usuário opera remotamente os *desktops* virtuais através de sua própria máquina física (MAN; KAYASHIMA, 2011).

Segundo Petrović e Fertalj (2009), os usuários se conectam às suas máquinas virtuais usando máquinas físicas que podem conter recursos mínimos. Esta máquina é utilizada apenas para conectar à máquina virtual, através de protocolos de acesso a *desktop* remoto, mas dá ao usuário muito mais flexibilidade e autonomia. Existem algumas vantagens já introduzidas por servidores virtuais, também disponíveis dentro de computadores virtuais: a alta confiabilidade e disponibilidade do sistema, flexibilidade de atualização e o acesso móvel. A virtualização de *desktops* permite que dados e aplicativos sejam centralizados, e, portanto, o custo de gerenciar a máquina é reduzido e o risco de vazamento de informações minimizado (MAN; KAYASHIMA, 2011).

A virtualização de *desktop* possui uma infraestrutura específica para o acesso ao *desktop* virtualizado. A Infraestrutura de *Desktop* Virtual (VDI) é um modelo de arquitetura para virtualização de *desktop* que permite que o sistema operacional do cliente possa ser executado no servidor com base na virtualização de máquinas. Com o VDI, podem ser hospedados *desktops* individuais dentro de máquinas virtuais que estão alocados em um ambiente de nuvem, por exemplo. Os usuários acessam esses *desktops* remotamente a partir de uma máquina física usando protocolo de acesso remoto (DASILVA et al., 2012). A estrutura de uma VDI pode ser analisada na Figura 5.

Figura 5: Estrutura da VDI



Fonte: PETROVIĆ; FERTALJ (2009)

Segundo Beaty, Kochut e Sahikh (2009), o próximo passo para essas comunidades de usuários será a transição dos *desktops* tradicionais, que possuem *hardware* e *software* dedicado para instalações da nuvem de *desktop* virtuais. O *Desktop* como Serviço (*DaaS*) é uma evolução natural do paradigma de *desktop* virtual através do qual *desktops* seriam entregues como serviços a partir de uma “nuvem de *desktop*”. Conforme Beaty, Kochut e Sahikh (2009), nuvem de *desktop* é um conjunto de recursos físicos (tais como armazenamento, servidores, equipamentos de rede e etc.), juntamente com a virtualização e *software* de gerenciamento que permite o acesso remoto a um grande número de *desktops*. O provedor desses *desktops* utiliza o conceito de computação em nuvem para fornecer a quantidade de *desktop* necessária à execução de atividades de acordo com a necessidade de seus clientes. As vantagens para esta transição incluem o suporte de *desktop* em termos do sistema operacional, atualizações de aplicativos e de segurança, usuários móveis terão um acesso mais amplo às suas aplicações e os dados, e a segurança dos dados será melhorada porque os dados confidenciais do usuário não residem fisicamente em *thin-clients* e sim no ambiente de armazenamento (SRIDHARAN et al., 2011). Este trabalho utilizará a técnica de virtualização de *desktops*, seguindo o objetivo de que cada usuário terá acesso ao seu próprio *desktop* virtual.

3.3 Computação em Nuvem

O termo "nuvem" teve origem no mundo das telecomunicações quando os provedores começaram a usar serviços de rede privada virtual (VPN) para comunicações de dados. Computação em nuvem (*cloud computing*) trata de computação, *software*, acesso a dados e serviços de armazenamento que não podem exigir o conhecimento do usuário final da localização física e configuração do sistema que está entregando os serviços (JADEJA; MODI, 2012). Segundo Jadeja e Modi (2012), a definição da computação em nuvem fornecida pelo Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST), diz que “a computação em nuvem é um modelo para permitir conveniente acesso à rede sob demanda a um *pool* compartilhado de recursos computacionais configuráveis (por exemplo, redes, servidores, armazenamento aplicações e serviços) que podem ser rapidamente provisionados e liberados com um esforço mínimo de gerenciamento ou interação com o provedor de serviços”. Com a proliferação em larga escala da Internet em todo o mundo, as aplicações podem agora ser entregues como serviços através da internet. Como resultado, este reduz o custo total.

O sistema de computação em nuvem pode ser dividido em duas seções: o *front-end* e *back-end*. Eles se conectam uns com os outros através da Internet. O *front-end* é acessado pelo usuário que utiliza o serviço fornecido pelo *back-end*, que é a seção de nuvem do sistema.

Para a implantação de uma solução de computação em nuvem, a tarefa principal é decidir sobre o tipo de nuvem que será implementada, uma vez que a computação em nuvem oferece os modelos de implantação: nuvem híbrida, nuvem comunidade, nuvem privada e nuvem pública (LIU, 2012).

A nuvem híbrida é a composição de duas ou mais nuvens e são delimitadas por norma ou tecnologia proprietária. Nuvens híbridas combinam caráter de nuvens públicas, privadas e de comunidade (LIU, 2012). A nuvem de comunidade é implantada quando muitas organizações constroem e compartilham uma infraestrutura em nuvem, em conjunto, de acordo com as suas necessidades e as políticas. A infraestrutura de nuvem pode ser hospedada por um provedor de terceiros ou dentro de uma das organizações (JADEJA; MODI, 2012).

A nuvem privada é implantada na empresa e a segurança pode ser feita facilmente. Segundo Rego (2012), compreende uma infraestrutura de nuvem que é utilizada exclusivamente por uma organização, sendo esta nuvem local ou remota e administrada pela própria empresa ou por terceiros. A nuvem pública é uma infraestrutura de nuvem disponibilizada para o público em geral através do modelo de pagamento baseado no uso. São tipicamente oferecidas por companhias que possuem grandes capacidades de armazenamento e processamento, como a Amazon e Microsoft (REGO, 2012). O ambiente de computação em nuvem é composto de três modelos de serviços que são detalhados a seguir.

Software como um Serviço (SaaS): este modelo proporciona sistemas de *software* com propósitos específicos, que são disponíveis para os usuários por meio da internet e acessíveis a partir de aplicações como o navegador Web (REGO, 2012). Segundo Liu (2012), o usuário não precisa instalar ou comprar *hardware* para ele. Tudo o que tem a fazer é ligar e usar. Exemplos de SaaS são Flickr, Google Docs, Siri, Amazônia e Cloud Drive.

Plataforma como um Serviço (PaaS): neste modelo de serviço, a plataforma de nuvem oferece um ambiente no qual os desenvolvedores criam e implantam as aplicações. Ele fornece a plataforma onde as aplicações e serviços podem ser executados. Os consumidores não precisam cuidar de infra-estrutura básica em nuvem, incluindo rede, servidores, sistema operacional ou armazenamento, mas tem um controle sobre a implantação da aplicação. Google Application Engine, Microsoft Azure e RightScale são exemplos de tal modelo (PARIKH, 2013).

Infraestrutura como um Serviço (IaaS): neste modelo o cliente não precisa comprar os servidores necessários, *datacenter* ou os recursos de rede. Além disso, a principal vantagem é que os clientes precisam pagar apenas pelo tempo que utilizam o serviço. Como resultado os

clientes podem alcançar uma prestação de serviços muito mais rapidamente e com menor custo. Exemplo de IaaS é a Amazon Elastic Compute Cloud (EC2) (JADEJA; MODI, 2012).

Dessa maneira, com todas essas formas e serviços, a computação em nuvem caracteriza-se por ser um serviço baseado na oferta de recursos. Devido à disponibilidade destes, é muito importante para os provedores de nuvem gerenciar e atribuir os variados tipos de recursos no ambiente de nuvem, abrangendo os diferentes tipos de usuários.

Este trabalho utilizará uma nuvem privada como modelo de implantação junto ao modelo de serviço infraestrutura como um serviço (IaaS). A utilização da nuvem privada é motivada pela existência de um ambiente de nuvem na universidade, podendo assim utilizarmos essa infraestrutura para fornecer serviços aos usuários de acordo com suas necessidades.

4 PROPOSTA

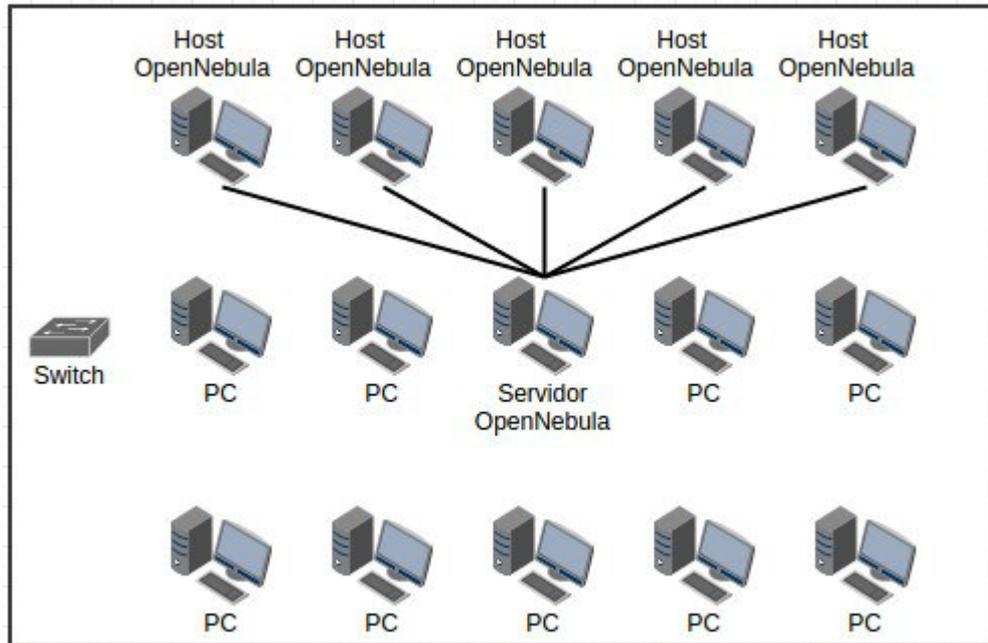
O trabalho tem como objetivo desenvolver uma solução sobre a virtualização de *desktop*, onde cada aluno possua o seu próprio *desktop* virtual e possa ter acesso de qualquer ambiente local da instituição, utilizando o recurso de computação em nuvem.

Por não conter uma infraestrutura de computação em nuvem destinada ao experimento, capaz de armazenar uma grande de máquinas virtuais e disposição de memória RAM, serão utilizado 6 máquinas físicas do laboratório de Redes de Computadores da instituição para simular esta infraestrutura, onde o desenvolvimento da proposta e o acesso a essas máquinas físicas poderão ocorrer de forma simultânea com os *desktops* virtuais para os usuários finais, sem que ocorra nenhum comprometimento em suas atividades cotidianas, ficando transparente para os usuários.

Com a agregação dessas máquinas físicas, serão compartilhados na nuvem os recursos disponíveis em cada máquina, tornando a nuvem capaz de executar uma maior quantidade de máquinas virtuais.

Uma visão geral da proposta deste trabalho está representada na Figura 6, onde podemos observar um laboratório e uma nuvem privada configurada em uma máquina física e que reúne em si os recursos disponíveis nas outras 5 máquinas do laboratório configurada para fazer parte da nuvem, aumentando a capacidade computacional da nuvem, com maior poder de armazenamento e processamento, e eliminando a necessidade de investimentos adicionais para a aquisição de novas máquinas dedicadas para o ambiente.

Figura 6: Visão geral da proposta



Fonte: Elaborada pelo autor

4.1 Infraestrutura para o ambiente de nuvem

Para simular a infraestrutura do ambiente de nuvem para desenvolver a solução, foi utilizado o laboratório de Redes de Computadores da Universidade Federal do Ceará, Campus Quixadá. Para a infraestrutura, foi utilizado a quantidade de 6 máquinas físicas onde cada máquina possui sistema operacional Ubuntu 14.04 LTS 64 bits, com 8 GB de memória RAM, CPU Intel core i7, disco de 1 TB para armazenamento e todas com suporte para virtualização. Para a instalação do OpenNebula foi utilizado 1 dessas máquinas físicas especificadas responsável por receber as requisições dos usuários ao acessar seus *desktops* virtuais e as outras 5 máquinas físicas responsáveis por compartilhar recursos para a nuvem e onde as máquinas virtuais estarão hospedadas. Se o servidor OpenNebula ficar indisponível, não será possível o acesso ao *desktop* virtual, pois não possui uma replicação do servidor, sendo esse um dos trabalhos futuro.

4.2 Instalação e configuração da plataforma OpenNebula

O OpenNebula é uma solução de código aberto que permite facilmente implantar nuvens com infraestrutura pública, privada e híbrida com base em modelo de *IaaS* e que permite a criação, modificação e gerenciamento de máquinas virtuais. Com ele é possível utilizar diferentes hipervisores em diferentes distribuições. Com essa grande flexibilidade ele suporta nativamente o KVM, Xen e VMware, além de permitir modificações em seus módulos (VASCONCELOS; FREITAS, 2014). A instalação do OpenNebula foi realizada de forma

autocontida, ou seja, criado um diretório onde estará armazenado todos os seus arquivos de configuração. Após a criação é realizado a compilação do OpenNebula dentro do diretório. Por ser autocontida, é preciso configurar variáveis de ambiente para identificar onde o OpenNebula foi instalado. A versão do OpenNebula utilizada foi a 4.12.0, última versão disponibilizada no período em que foi realizado a instalação. Foi criado um usuário administrador para ter acesso a todas as ferramentas e configurações do OpenNebula.

Outra modificação necessária foi a alteração do *hostname* de cada máquina física e o mapeamento *Host/IP*, onde em cada máquina física é necessário possuir o nome dos outros *hosts* e seus respectivos IP em seu arquivo de configuração, para que cada máquina possa ter conhecimento uma das outras.

O servidor OpenNebula necessitará manter conexões com as máquinas físicas clientes. Para isso foi realizado a instalação do serviço SSH (*Secure Shell*). A instalação ocorreu em todas as máquinas e configurada para que não seja solicitado senha para autenticação, ocorrendo de forma transparente. Para que ocorresse esta comunicação, foi necessário a criação de chave assimétrica para cada máquina física, onde cada máquina possuía a chave pública da outra.

Como sequência, realizou-se a instalação do hipervisor KVM nas máquinas físicas junto com todas as suas dependências, sendo o responsável por gerenciar as máquinas virtuais que venham a ser utilizadas pelos usuários e pertencentes a nuvem. O KVM é um hipervisor com solução de virtualização completa, onde os hóspedes são executados sem modificação das MV (ANAND et al., 2012). Logo após a sua instalação foi necessário adicionar o usuário administrador aos grupos de administração do KVM e modificar determinados arquivos de configuração, adicionando o usuário administrador para executar os processos do KVM para manter a interação junto com o OpenNebula, tendo em vista que já possui o suporte para executar máquinas virtuais com o KVM.

Outro serviço necessário para a interação entre o servidor OpenNebula e as máquinas físicas que farão parte da nuvem foi o NFS (*Network File System*). Este serviço permite o compartilhamento de diretórios e arquivos através da rede, onde programas e usuários possam acessar esses arquivos remotamente como se estivesse localizado na máquina local, ocorrendo de forma transparente. O servidor OpenNebula terá disponível o destino de todas as máquinas virtuais para a utilização dos usuários. Para que as outras máquinas físicas tenham acesso a esse diretório e possa executar as máquinas virtuais de acordo com seus recursos disponíveis, será necessário o compartilhamento do diretório no servidor para que elas possam ter esse acesso e assim possam executar as MV. Para esse compartilhamento de diretório, será

utilizado o serviço NFS. Com esse serviço poderá ocorrer também a migração de máquinas virtuais tanto com seu estado desligado quanto em tempo real entre as máquinas físicas. Tanto para o servidor quanto para as máquinas clientes possuem suas respectivas configurações. Por fim, foi necessário a configuração da rede. Para isso foi conectado a interface principal a uma *bridge*. Esta configuração é necessária para manter a interação entre as máquinas físicas e as máquinas virtuais junto com o OpenNebula.

4.3 Configurações da interface gráfica *Sunstone*

Dentre as diferentes funcionalidades do OpenNebula podemos destacar o OpenNebula *Sunstone*. Trata-se de uma interface gráfica de usuário destinado tanto para os usuários que terão acesso ao ambiente de nuvem como também para os seus administradores. Esta funcionalidade tem por objetivo simplificar as operações de gestão típicas em infraestruturas de nuvem e permitir o gerenciamento fácil de todos os recursos do OpenNebula, executando operações sobre eles como criação de máquinas virtuais, usuários, dentre outros (OPENNEBULA, 2015).

O OpenNebula *Sunstone* pode ser adaptado para diferentes funções de usuários e grupos. Por exemplo, ele só irá mostrar os recursos em que os usuários possuem acesso, não sendo possível a visualização e modificação de recursos pertencentes aos demais usuários. Seu comportamento pode ser personalizado e ampliado através de suas *views*, podendo ser facilmente ativado ou desativado guias de informação ou botões de ação específico. Para a realização do trabalho foi modificada a *view* de usuários, adaptando de acordo com nossas necessidades, por exemplo, com a modificação da logomarca da página principal. Algumas opções que não seriam necessárias foram desabilitadas e algumas outras que seriam úteis, mas que não estavam habilitadas por padrão foram adicionadas.

4.4 Instalação e configuração da ferramenta para análise de desempenho

Para a análise de desempenho foi utilizado a ferramenta NMON. O NMON é uma ferramenta útil na apresentação de informações importantes relacionadas ao desempenho do sistema e que podem produzir uma grande quantidade de informações. Os dados podem ser exibidos na tela do terminal, e por padrão, atualizado uma vez a cada dois segundos. No entanto, o usuário pode mudar este intervalo para um período de tempo que lhe convier. Outra forma de capturar os dados é salvar em um arquivo no formato do NMON ou então no formato da planilha Excel para análise posterior dos gráficos. Para análise dos dados e criação dos gráficos, foi

utilizado a ferramenta NMONVisualizer, um projeto da IBM para realizar *benchmarks* de desempenho do sistema (IBMDEVELOPERWORKS, 2006).

4.5 Criação das máquinas virtuais

Para o desenvolvimento da solução foi necessário a criação de uma imagem contendo o *desktop* virtual que será utilizado pelos usuários finais para criação de suas máquinas virtuais. Esse *desktop* virtual foi criado com o sistema operacional Ubuntu 14.04 LTS, com memória RAM de 2 GB e disco para armazenamento de 10 GB. Nessa instalação poderia ser configurado todas as ferramentas necessárias para a utilização do usuário. Após criado o *desktop* virtual com o KVM, o *desktop* fica com o formato “.img”, onde é necessário a conversão do formato desse *desktop* para imagem com o formato “.qcow2”. Com a utilização desse formato existe a vantagem de ocupar menos espaço e de processamento mais rápido. Realizado o processo de conversão possuímos assim uma imagem contextualizada do *desktop*. Na instalação do OpenNebula foi necessário criar um usuário administrador. Esse usuário será o responsável por realizar a criação dos *templates* para a criação das MV pelos outros usuários. Depois de criado a imagem contextualizada, foi realizado o *upload* da imagem contendo o *desktop* virtual com o Ubuntu para o OpenNebula, onde tal imagem fica disponível para os usuários do OpenNebula para a criação de futuras máquinas virtuais.

Agora que possui uma imagem contextualizada é necessário realizar as configurações no OpenNebula para o processo de criação das máquinas virtuais, onde essas configurações podem ser realizadas por linha de comando como também pela interface gráfica. Inicialmente foi realizado as configurações de rede que serão utilizadas pelas máquinas virtuais. Nessa configuração foi necessário determinar um nome para o arquivo de rede, o nome da interface de rede criada anteriormente associada a *bridge*, o modelo de rede padrão definido pelo OpenNebula e as informações referentes a faixa de IP, o tamanho dessa faixa, o endereço de rede e máscara. Algumas outras opções são apenas opcionais, não sendo obrigatório o seu preenchimento.

Por fim, como possui a imagem do Ubuntu contextualizada com o *desktop* virtual e as configurações de rede determinadas, pode-se criar o *template* responsável por conter todas as informações criadas anteriormente. Para a criação do *template* é necessário especificar algumas informações como o seu nome, o total da memória RAM, quantidade de CPU, definir a imagem para a criação da máquina virtual, onde foi definida a imagem contextualizada, determinar a configuração de rede criada anteriormente e especificar o tipo de protocolo para a transmissão das imagens da MV. No nosso caso o protocolo utilizado foi o VNC.

4.6 Execução da proposta

Anteriormente, foi detalhado o processo de criação do *template* pelo usuário administrador. Esse *template* será o responsável por conter as informações referentes a criação da máquina virtual. Com o usuário administrador, será necessário a criação dos usuários que terão acesso ao ambiente de nuvem para a criação de suas máquinas virtuais, tendo em vista que o usuário administrador e os usuários que serão criados terão privilégios diferentes e *views* diferentes, como citado anteriormente na seção 4.3. Após o usuário criado, o aluno poderá acessar o ambiente de nuvem para a criação de suas VMs.

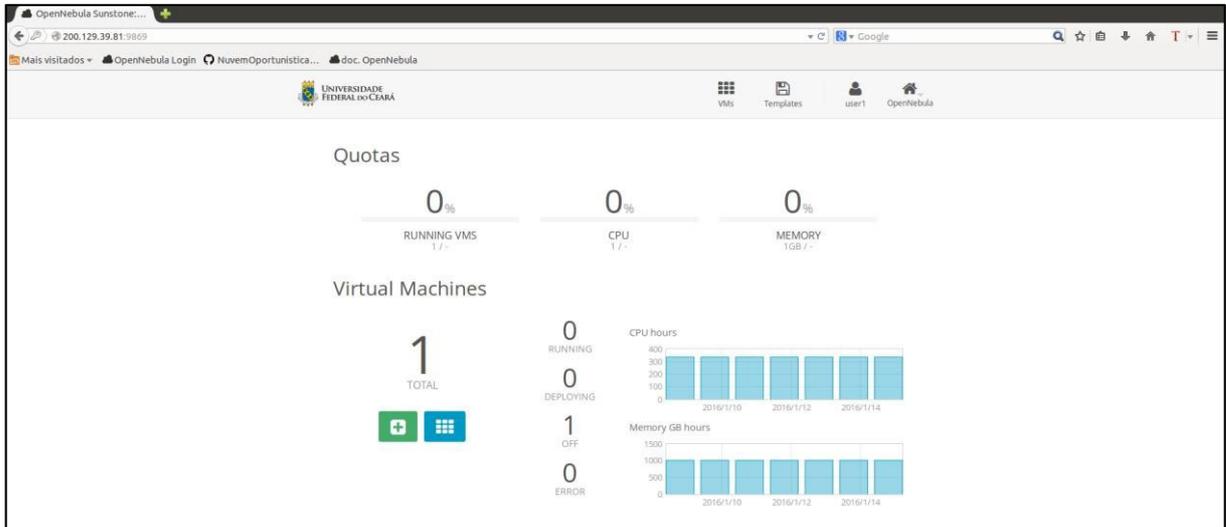
Para o acesso ao ambiente, o usuário abrirá um navegador e digitará o endereço IP do servidor OpenNebula, que está definido como estático para não haver mudanças, e também informar a porta do servidor. Como demonstração, segue o IP e porta do servidor da proposta: 200.129.39.81:9869. Na Figura 7, podemos observar a tela de *login* quando passamos as informações do servidor no navegador.

Figura 7: Acesso ao ambiente OpenNebula



Após acessado o servidor, o usuário informará as credenciais referentes ao seu usuário, informando o nome de usuário e senha criados. Após o *login*, ele poderá ter acesso a informações referentes a criação de máquina virtual, visualização das máquinas virtuais disponíveis referentes ao seu perfil, modificação de senha do seu usuário, modificação da linguagem como preferir, visualização da sua máquina virtual com o protocolo de interface gráfica remota, o VNC, e dentre outras informações. Esses dados podemos verificar na Figura 8, logo abaixo.

Figura 8: Página inicial do usuário



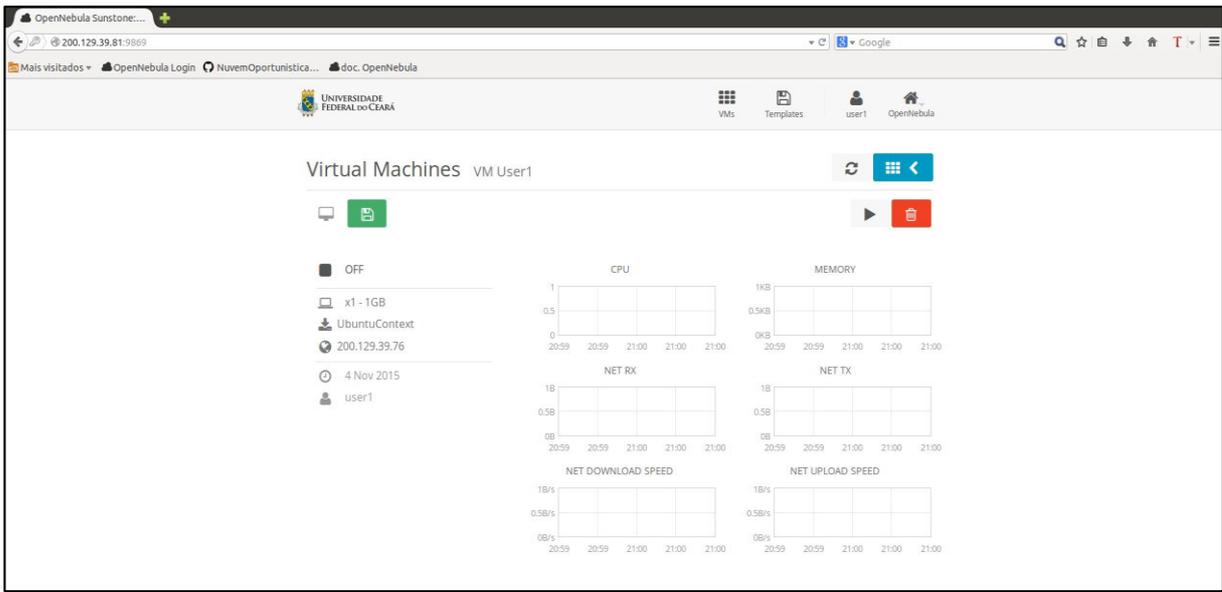
Após acessar o servidor, o usuário poderá criar sua máquina virtual de acordo com o *template* criado pelo usuário administrador. Na seleção do *template*, será informado as informações referentes como, o nome do *template*, a quantidade de memória RAM definida e que poderá ser alterada e definido um novo valor pelo usuário, sendo restringido pelo administrador os valores possíveis para alteração, e a especificação de rede criado, que também poderá ser alterado por outro *template* de rede, caso disponível. Essas informações podemos observar na Figura 9.

Figura 9: Criando a máquina virtual

The screenshot shows the 'Criar Máquina Virtual' (Create Virtual Machine) form. It includes a text input field for 'Virtual Machine Name'. Below this is a 'Select a Template' section with three tabs: 'Sistema', 'VDC', and 'Salvo'. A search bar is located to the right of the 'Salvo' tab. Under the 'Sistema' tab, a template named 'Template TCC Well' is displayed, featuring the Ubuntu logo and the text 'Well TCC'. At the bottom of the form is a large green 'Criar' button.

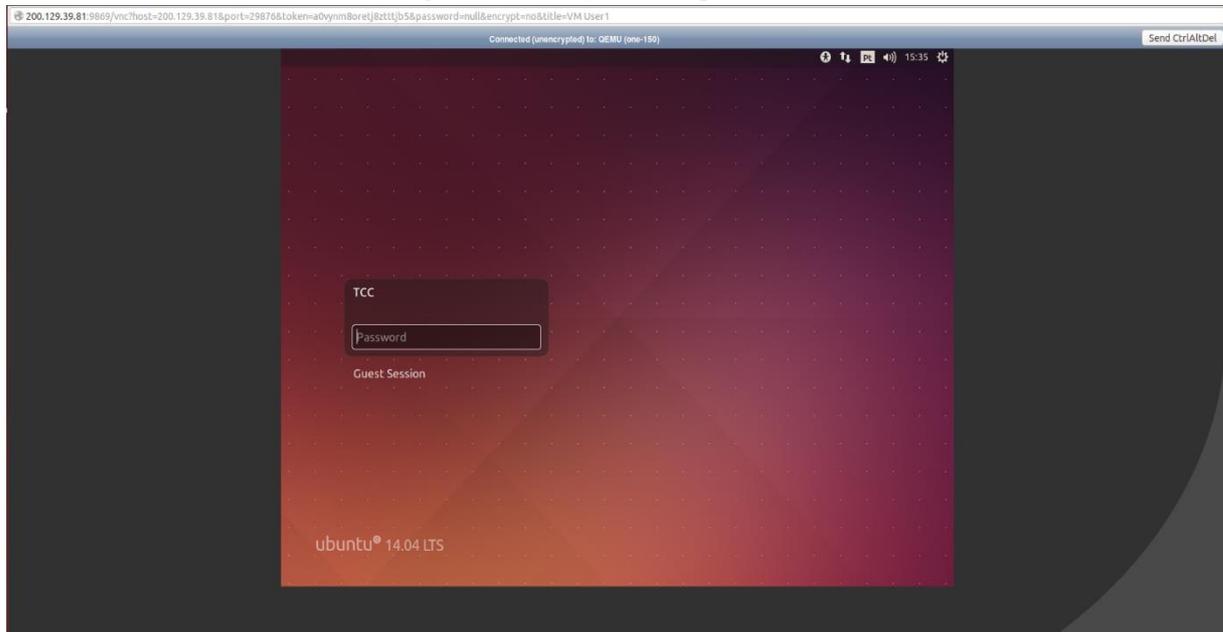
Após selecionado o *template* e criado a máquina virtual, o usuário poderá modificar da maneira como preferir. Dentre outros tipos de manipulação, podemos citar a: criação de novas máquinas virtuais, remoção de uma MV que não possua mais nenhuma utilidade ao usuário, execução da máquina virtual com interface gráfica remota, dentre outras, como mostra a Figura 10.

Figura 10: Detalhes da máquina virtual



E por fim, o usuário poderá executar a sua máquina virtual de acordo com as configurações definidas no *template*, lembrando que o usuário não tem conhecimento de onde sua máquina virtual está sendo executada. Logo abaixo, na Figura 11, podemos observar a interface gráfica remota da máquina virtual do usuário.

Figura 11: Execução da máquina virtual



5 ESTUDO DE CASO

Foi realizado o estudo de caso na Universidade Federal do Ceará, Campus Quixadá onde foi colocado em prática os conceitos de virtualização de *desktop* e computação em nuvem, realizando a criação de uma nuvem privada e *desktops* virtuais para o desenvolvimento do trabalho, executado no Laboratório de Redes de Computadores da instituição.

Nesta seção será abordado os cenários criados, as métricas analisadas para atender a proposta e seus respectivos fatores e níveis. Logo após, a apresentação dos resultados e a análise de desempenho

5.1 Cenários

Para analisar o desempenho da proposta, foram escolhidos métricas e os possíveis cenários a partir dos fatores e níveis. Para a decisão das métricas foram analisados trabalhos similares a proposta em desenvolvimento. Na Tabela 1, podemos observar os trabalhos encontrados e as métricas abordadas em cada trabalho.

Tabela 1: Trabalhos e respectivas métricas

Autores	Métricas
(ROBISON; HACKER, 2012)	Largura de banda e Disco
(FUZI; HAMID; AHMAD, 2014)	Largura de banda e CPU
(LETHANHMAN; KAYASHIMA, 2012)	Disco, CPU e Memória

A partir dos trabalhos analisados foram escolhidas as métricas abordadas nos trabalhos, dentre elas largura de banda, CPU, memória e I/O do disco. Na tabela 2, podemos verificar as métricas abordadas por cada trabalho e da solução proposta.

Tabela 2: Métricas da solução

Trabalhos	Largura de Banda	Disco	CPU	Memória
(ROBISON; HACKER, 2012)	X	X		
(FUZI; HAMID; AHMAD, 2014)	X		X	
(LETHNHMAN; KAYASHIMA, 2012)		X	X	X
Proposta desenvolvida	X	X	X	X

Além das métricas foram definidos os fatores e seus níveis. Os fatores escolhidos foram a quantidade de máquinas virtuais, onde foi estipulado o total de 3, 6 e 10 MV e o tempo de execução das máquinas virtuais com os valores de 5, 10 e 15 minutos. Na tabela 3, podemos observar o total de 9 cenários possíveis analisados de acordo com os fatores e níveis definido.

Tabela 3: Cenários da solução

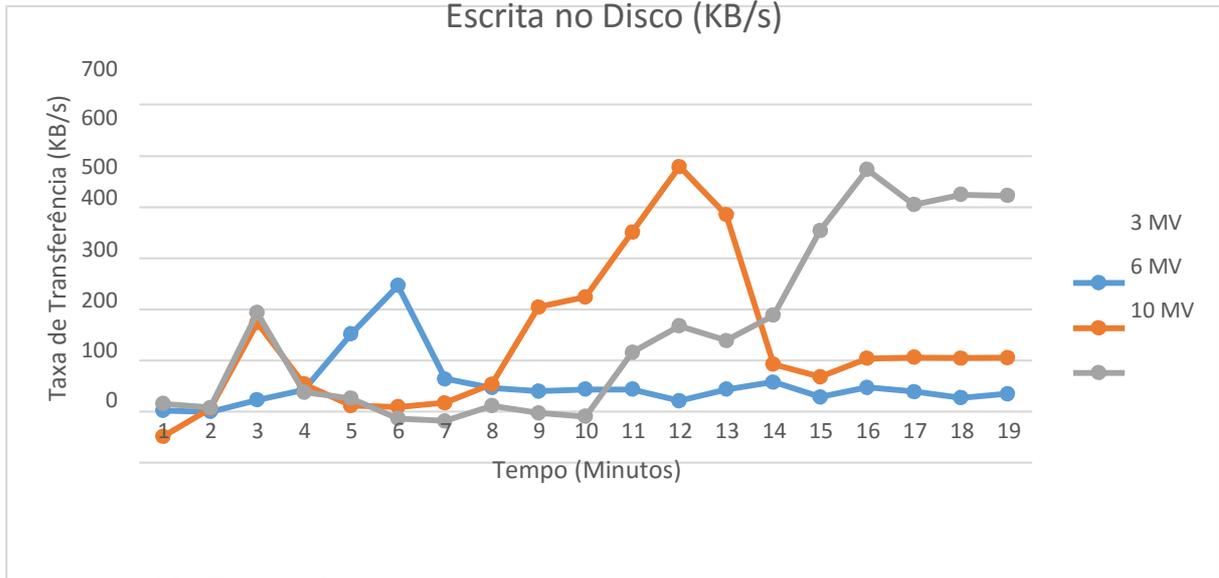
Métricas	Cenários	
CPU Rede Disco Memória	3 VM	5 min
	3 VM	10 min
	3 VM	15 min
	6 VM	5 min
	6 VM	10 min
	6 VM	15 min
	10 VM	5 min
	10 VM	10 min
	10 VM	15 min

5.2 Resultados

De acordo com os cenários possíveis, foi realizado a repetição de cada cenário no total de 15 vezes. Depois de realizado a execução dos cenários, podemos observar o resultado e o comportamento da solução no Laboratório de Redes de Computadores da Universidade Federal do Ceará, Campus Quixadá. A máquina física analisada foi o servidor OpenNebula. Para simplificar a quantidade de gráficos, por ser em grande número, foi escolhido os gráficos para representar apenas um cenário e suas métricas.

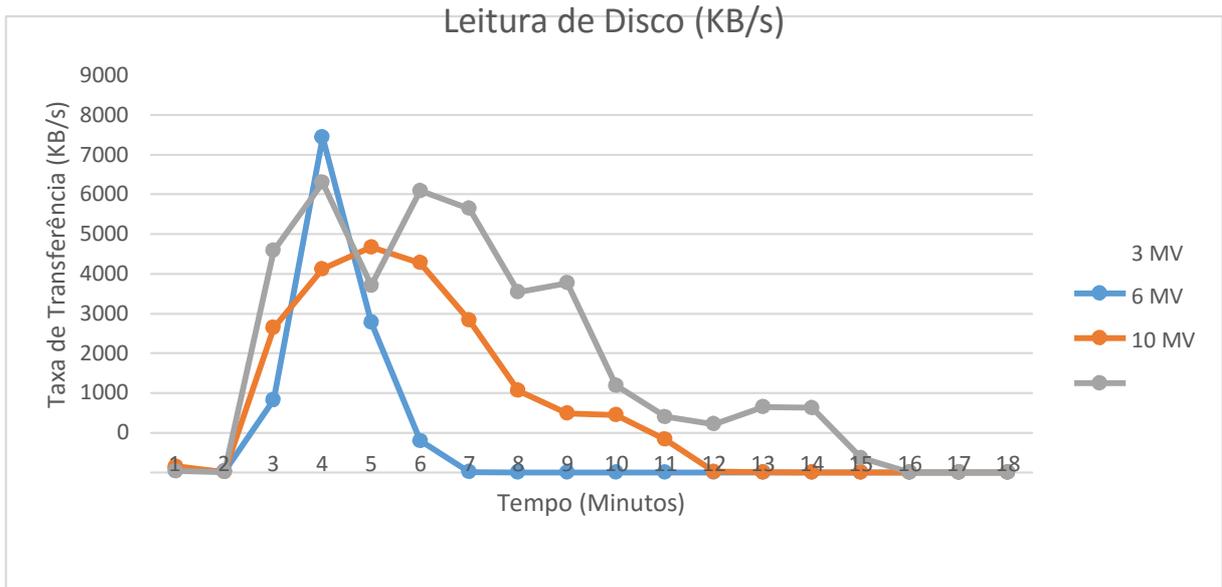
Na Figura 12, podemos observar o resultado referente à taxa de escrita no disco, com o total de 3, 6 e 10 máquinas virtuais e nos intervalos de tempo a cada 5, 10 e 15 minutos. As MV só foram executadas após o primeiro minuto de execução do NMON, onde observaremos que nesse minuto os dados apresentam valores baixos e constantes. Com 3 máquinas virtuais, observamos que o maior pico foi aproximadamente no final dos 5 minutos iniciais da execução, momento que se aproxima o término de leitura das máquinas virtuais, depois a taxa de escrita começa a ficar com valores mais constantes nos intervalos de 10 e 15 minutos. No total de 6 máquinas virtuais, observamos que o maior pico foi aproximadamente nos 10 minutos de execução, momento que se aproxima o término de leitura das máquinas virtuais. A partir da execução das MV, a taxa de escrita vai aumentando gradativamente e logo após os 10 minutos a taxa de escrita começa a ficar com valores mais constantes. Por fim, com 10 máquinas virtuais, observamos que o maior pico foi aproximadamente nos 15 minutos de execução, momento que se aproxima o término de leitura das máquinas virtuais. A partir da execução das MV, a taxa de escrita vai aumentando gradativamente e logo após os 15 minutos a taxa de escrita começa a ficar com valores mais constantes. Todas essas informações podemos encontrar na figura logo abaixo.

Figura 12: Escrita no disco
Escrita no Disco (KB/s)



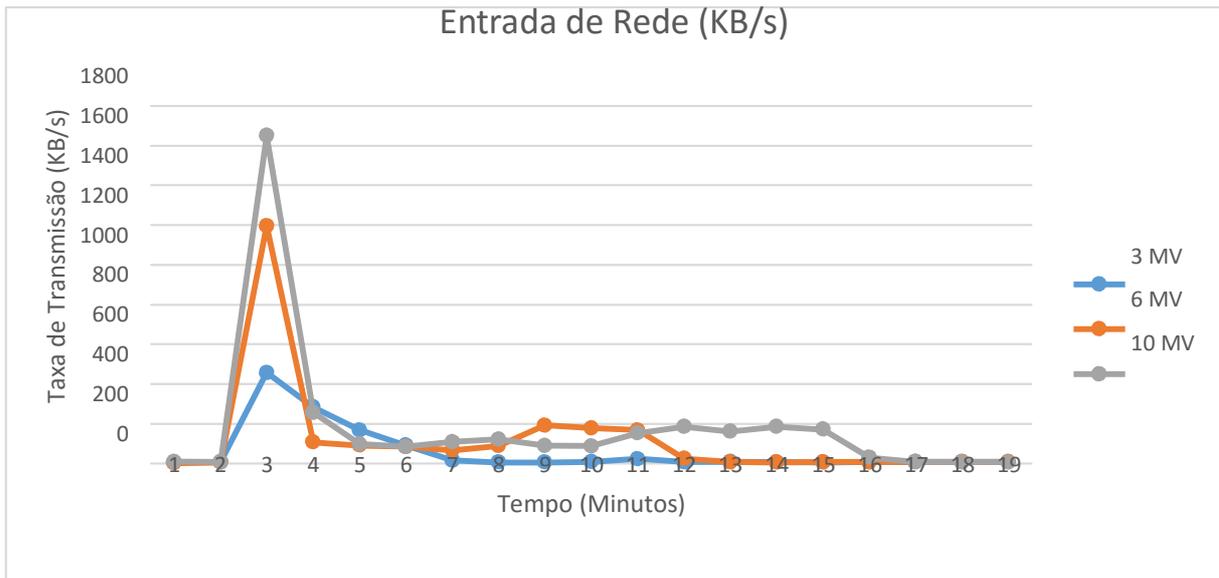
Na Figura 13, podemos observar o resultado referente a taxa de leitura no disco, com o total de 3, 6 e 10 máquinas virtuais e nos intervalos de tempo a cada 5, 10 e 15 minutos. As MV só foram executadas após o primeiro minuto de execução do NMON, onde observaremos que nesse minuto os dados apresentam valores baixos e constantes. Com 3 máquinas virtuais, podemos observar a taxa de leitura de disco e um pico nos minutos iniciais, momento em que as máquinas virtuais foram acessadas, diminuindo a taxa de leitura ao passar do tempo no período em que as MV já foram inicializadas e estando com valores baixos e constantes nos intervalos de tempo de 5, 10 e 15 minutos. No total de 6 máquinas virtuais, podemos observar a taxa de leitura de disco e um pico aproximadamente no intervalo de 5 minutos e mantendo uma maior taxa de leitura em maior intervalo de tempo, diminuindo a taxa de leitura no intervalo de 10 minutos, período em que as VM já se encontravam inicializadas e mantendo valores baixos e constantes nos tempos restantes. Por fim, com 10 máquinas virtuais, podemos observar a taxa de leitura com grandes taxas até o intervalo de 10 minutos, diminuindo a taxa, aproximadamente, no intervalo de 15 minutos, período em que as MV já se encontravam inicializadas e mantendo valores baixos e constantes. Logo abaixo podemos verificar essa demonstração na figura.

Figura 13: Leitura de disco



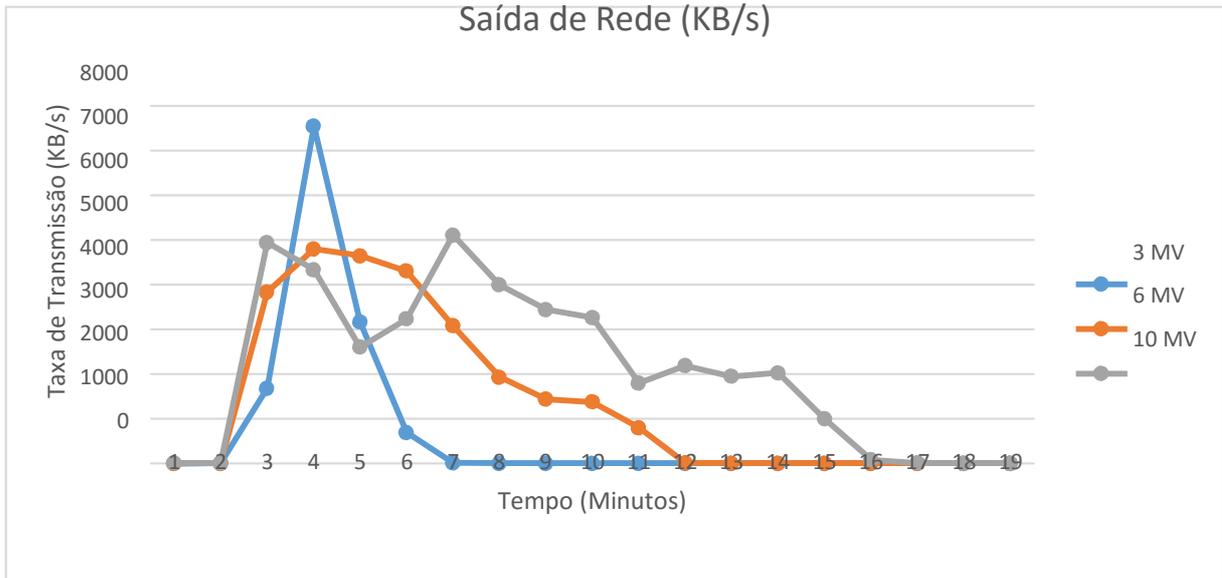
Na Figura 14, podemos observar o resultado referente à entrada de rede, com o total de 3, 6 e 10 máquinas virtuais e nos intervalos de tempo a cada 5, 10 e 15 minutos. As MV só foram executadas após o primeiro minuto de execução do NMON, onde observaremos que nesse minuto os dados apresentam valores baixos e constantes. Os dados de entrada de rede são as requisições recebidas pelo servidor OpenNebula para a execução das máquinas virtuais. Por se tratar de um servidor e o serviço em execução ser *streaming* de vídeo, verificaremos que as taxas de entrada serão menores que as de saída. Com 3 máquinas virtuais, podemos observar as taxas da entrada de rede, onde verificamos que o maior pico é logo após a execução das máquinas virtuais, diminuindo ao longo do tempo e se mantendo constante e com baixos valores a partir do intervalo de 5 minutos. No total de 6 máquinas virtuais, verificamos que o maior pico é logo após a execução das máquinas virtuais, diminuindo ao longo do tempo, mas ainda mantendo valores elevados até o intervalo de 10 minutos e se mantendo constante e com baixos valores a partir desse intervalo de tempo. Por fim, com 10 máquinas virtuais, verificamos que o maior pico é logo após a execução das máquinas virtuais, diminuindo ao longo do tempo, mas ainda mantendo valores elevados até, aproximadamente, 15 minutos e se mantendo constante e com baixos valores a partir desse intervalo.

Figura 14: Entrada de rede



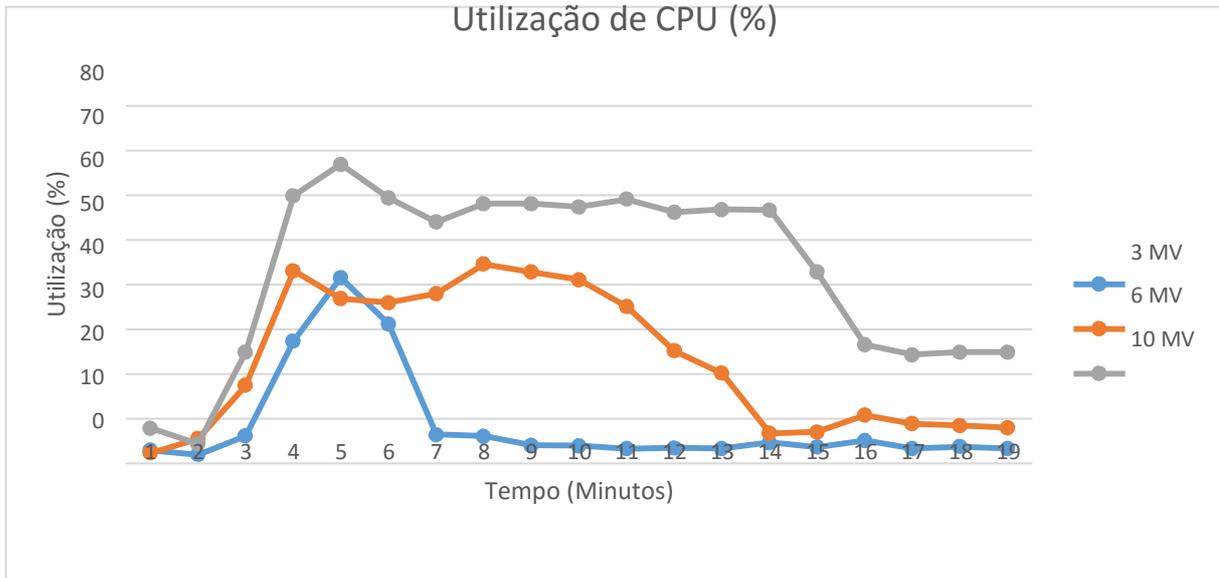
Na Figura 15, podemos observar o resultado referente à saída de rede, com o total de 3, 6 e 10 máquinas virtuais e nos intervalos de tempo a cada 5, 10 e 15 minutos. A saída de rede são as respostas realizadas pelo servidor OpenNebula referente as requisições dos clientes. Por se tratar da resposta e disponibilização do serviço, verificaremos que as taxas de saída serão maiores que as taxas de entrada. Com 3 máquinas virtuais, podemos observar as taxas da saída de rede, onde verificamos que o maior pico é nos intervalos iniciais da execução das máquinas virtuais, diminuindo, aproximadamente, próximo a 5 minutos e se mantendo constante e com baixos valores a partir desse intervalo. No total de 6 máquinas virtuais, podemos observar as taxas da saída de rede, onde verificamos que o maior pico é nos intervalos iniciais da execução das máquinas virtuais, diminuindo, aproximadamente, a 10 minutos e se mantendo constante e com baixos valores a partir desse intervalo. Assim, verificamos que ainda possui transmissão de dados para a execução das máquinas virtuais. Por fim, com 10 máquinas virtuais, verificamos que as maiores taxas são no intervalo dos 5 minutos iniciais, após a execução das máquinas virtuais, diminuindo ao longo do tempo, mas ainda mantendo valores elevados até, aproximadamente, os 15 minutos e se mantendo constante e com baixos valores a partir desse intervalo, mas sempre mantendo valores maiores em relação a 6 máquinas virtuais, por conter um maior número de dados em transmissão.

Figura 15: Saída de rede
Saída de Rede (KB/s)



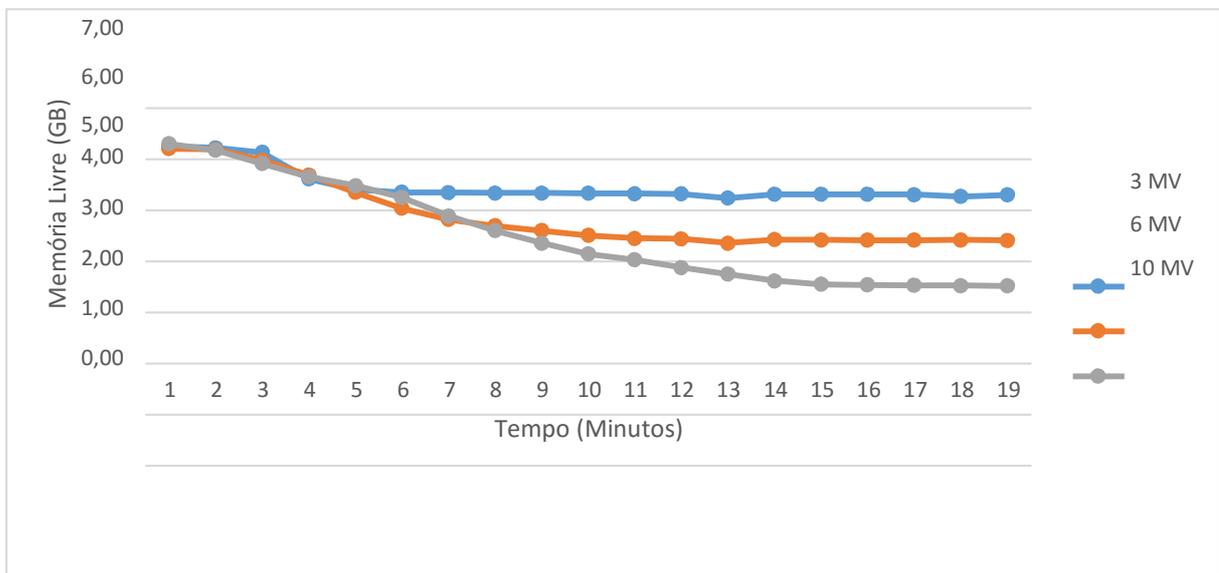
Nas Figura 16, podemos observar o resultado referente ao uso de CPU, com o total de 3, 6 e 10 máquinas virtuais e nos intervalos de tempo a cada 5, 10 e 15 minutos. As MV só foram executadas após o primeiro minuto de execução do NMON, onde observaremos que nesse minuto os dados apresentam valores baixos e constantes. Com 3 máquinas virtuais, podemos observar as taxas de uso de CPU, onde verificamos que o maior pico é nos intervalos até 5 minutos de execução das máquinas virtuais, diminuindo em 5 minutos e se mantendo constante e com baixos valores a partir desse intervalo. No total de 6 máquinas virtuais, podemos observar as taxas de uso de CPU, onde verificamos que os maiores valores são entre os intervalos de 5 e 10 minutos da execução das máquinas virtuais, se mantendo constante e com grande porcentagem de CPU, diminuindo e mantendo baixos valores constantes próximo a 15 minutos. Por fim, com 10 máquinas virtuais, podemos observar as taxas de uso de CPU, onde verificamos que os maiores valores são entre os intervalos de 5 e 10 minutos da execução das máquinas virtuais, se mantendo constante e com grande porcentagem de CPU, diminuindo e mantendo baixos valores constantes próximo a 15 minutos, mas sempre mantendo valores maiores em relação a 6 máquinas virtuais por ter um maior processamento e uso na execução das máquinas virtuais. Podemos verificar na figura logo abaixo.

Figura 16: Utilização de CPU
Utilização de CPU (%)



Na Figura 17, podemos observar o resultado referente à memória livre, com o total de 3, 6 e 10 máquinas virtuais e nos intervalos de tempo a cada 5, 10 e 15 minutos. As MV só foram executadas após o primeiro minuto de execução do NMON, onde observaremos que nesse minuto os dados apresentam valores baixos e constantes. Com 3 máquinas virtuais, verificamos que a utilização máxima ocorreu antes dos 5 minutos e pouco consumo, se mantendo constante a partir desse intervalo. No total de 6 máquinas virtuais, observamos que a utilização máxima ocorreu até o intervalo de 10 minutos, mantendo o dobro do consumo de 3 MV e se mantendo constante a partir desse intervalo. Por fim, com 10 máquinas virtuais, verificamos que a utilização máxima ocorreu próximo o intervalo de 15 minutos, mantendo o triplo do consumo de 3 MV e se mantendo constante a partir desse intervalo.

Figura 17: Memória livre
Memória Livre (GB)



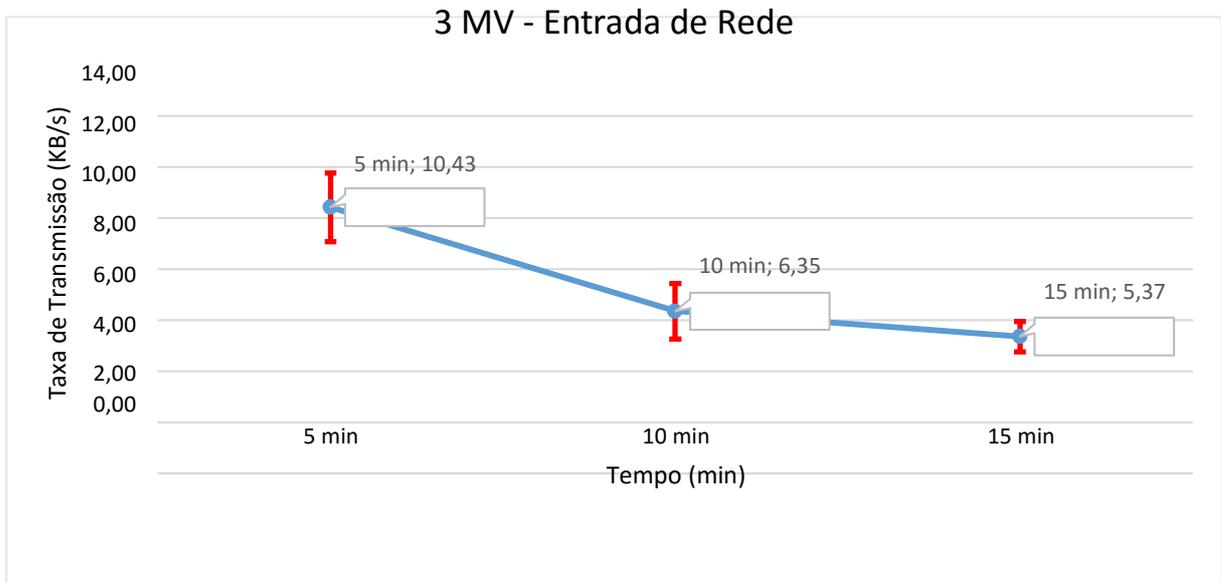
No Apêndice 1, podemos verificar as tabelas com os resultados de todos os cenários para todas as métricas de acordo com seus fatores e seus níveis.

5.3 Análise de Desempenho

De acordo com os resultados obtidos, foi realizado a análise de desempenho para verificarmos o intervalo de confiança da solução com um nível de confiança de 95%. O tamanho da amostra foi no total de 15 amostras. Outra medida calculada foi o desvio padrão, realizado para cada fator e seus níveis. Por fim, foi calculado a média amostral, também para cada fator e seus níveis, e a margem de erro da solução, assim, saberemos o intervalo de confiança com o nível de confiança estipulado. Os resultados da análise encontram-se no Apêndice 2. Logo abaixo segue os gráficos dos resultados da análise de desempenho.

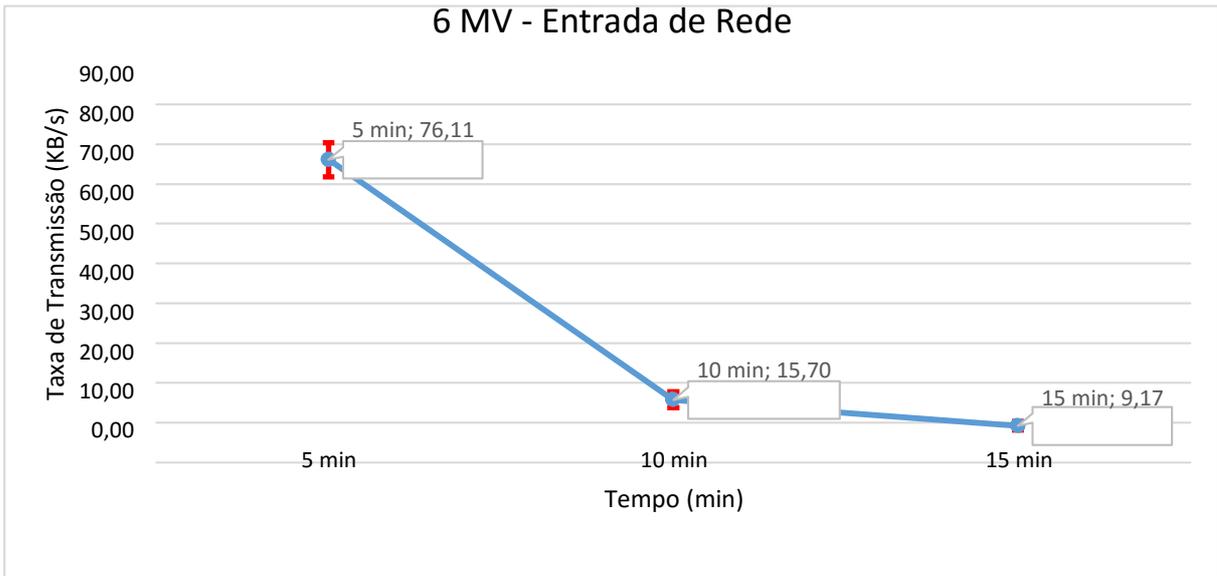
Nas Figuras 18, 19 e 20 podemos observar a análise referente às taxas de entrada de rede, com o total de 3, 6 e 10 máquinas virtuais, respectivamente, e nos intervalos de tempo a cada 5, 10 e 15 minutos. Na Figura 18, com 3 máquinas virtuais, verificamos que as taxas foram diminuindo ao longo do intervalo de tempo e não passaram de 12,0 KB/s, não possuindo muita taxa de transmissão de entrada a partir do intervalo de 5 minutos. Os intervalos de confiança apresentaram pequena diferença de intervalo, ou seja, no total das amostras, os resultados foram bastante aproximados.

Figura 18: 3 MV - Entrada de rede



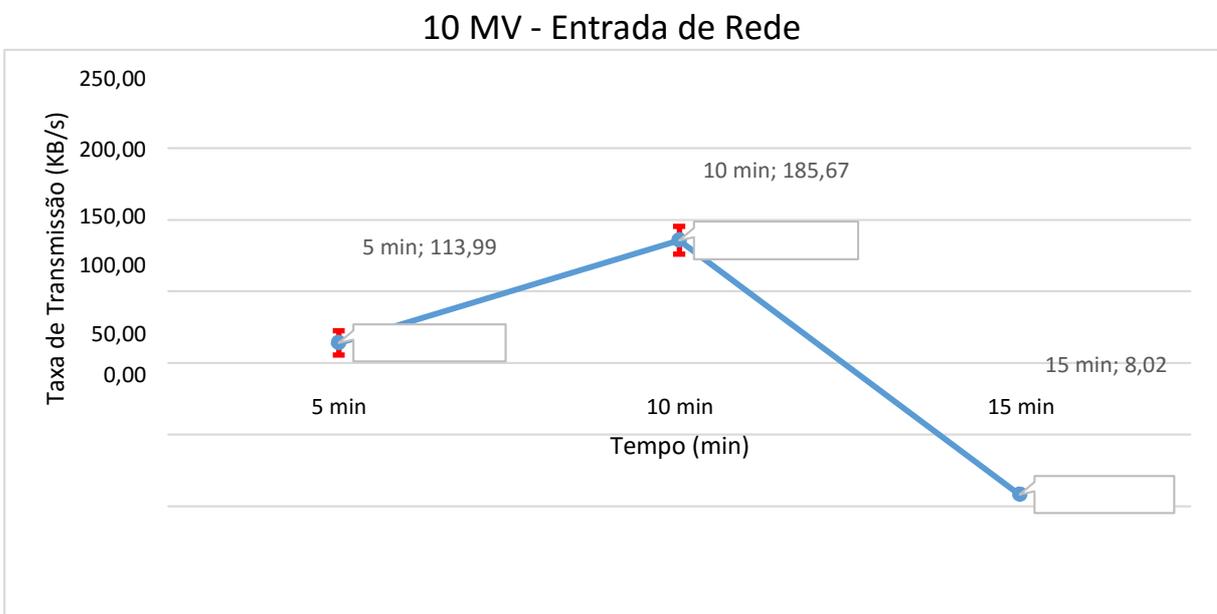
Na Figura 19, com 6 máquinas virtuais, verificamos que as taxas foram diminuindo ao longo do intervalo de tempo, mas no intervalo de 5 minutos apresentou valor pouco mais elevado, mostrando que nesse intervalo houve uma maior taxa de transmissão comparado a análise de 3 máquinas virtuais. Nos outros intervalos as taxas diminuíram e mantiveram praticamente constantes. Os intervalos de confiança apresentaram pequenos intervalos.

Figura 19: 6 MV - Entrada de rede



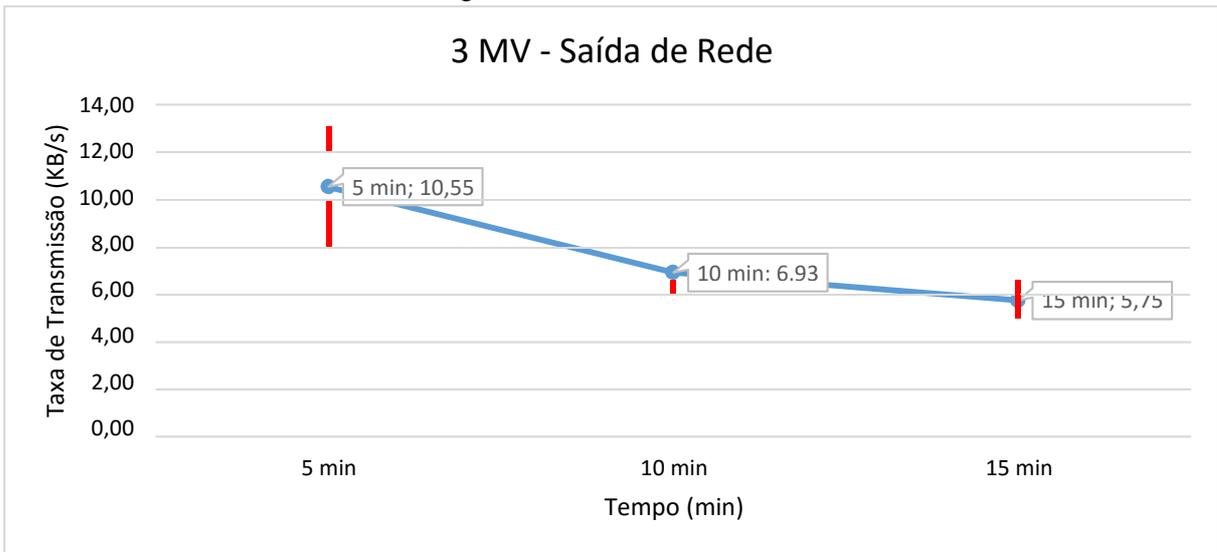
Na Figura 20, com 10 máquinas virtuais, verificamos que as taxas aumentaram no intervalo de 5 a 10 minutos, apresentando valores elevados, mostrando uma maior taxa de transmissão até os 10 minutos comparado a análise de 6 máquinas virtuais. No intervalo de 15 minutos, a taxa diminuiu por não conter mais grande quantidade de requisição o servidor OpenNebula. Os intervalos de confiança apresentaram pequena diferença de intervalo.

Figura 20: 10 MV - Entrada de rede



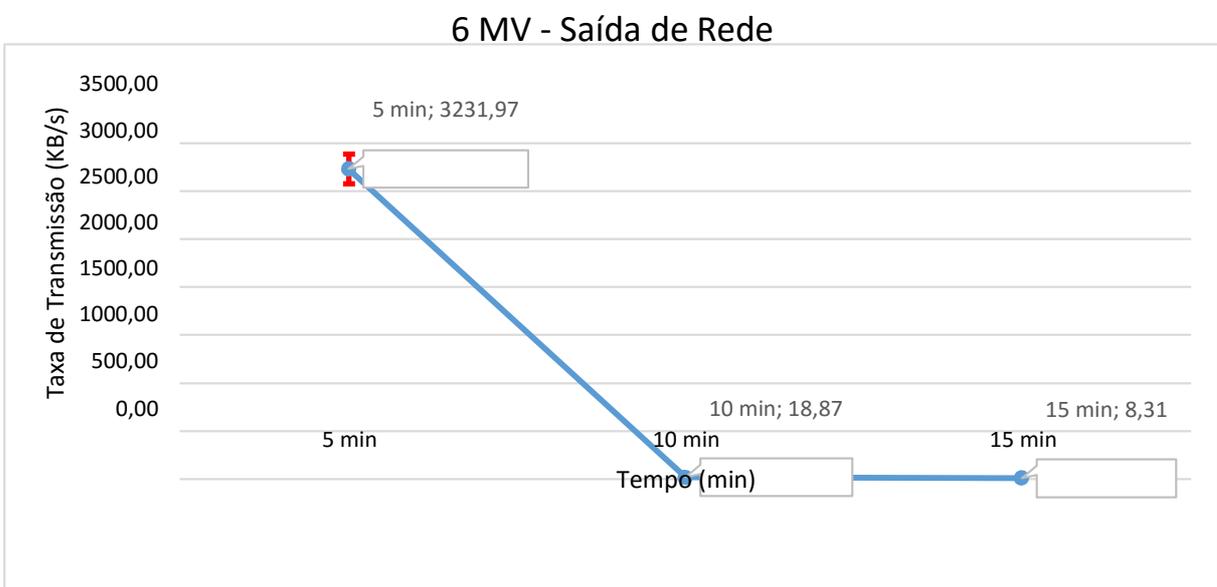
Nas Figuras 21, 22 e 23, podemos observar a análise referente as taxas de saída de rede, com o total de 3, 6 e 10 máquinas virtuais, respectivamente, e nos intervalos de tempo a cada 5, 10 e 15 minutos. Na Figura 21, com 3 máquinas virtuais, verificamos que as taxas foram diminuindo ao longo do intervalo de tempo, não possuindo muita taxa de transmissão de saída a partir do intervalo de 5 minutos. Os intervalos de confiança apresentaram pequena diferença de intervalo, ou seja, no total das amostras, os resultados foram bastante aproximados.

Figura 21: 3 MV - Saída de rede



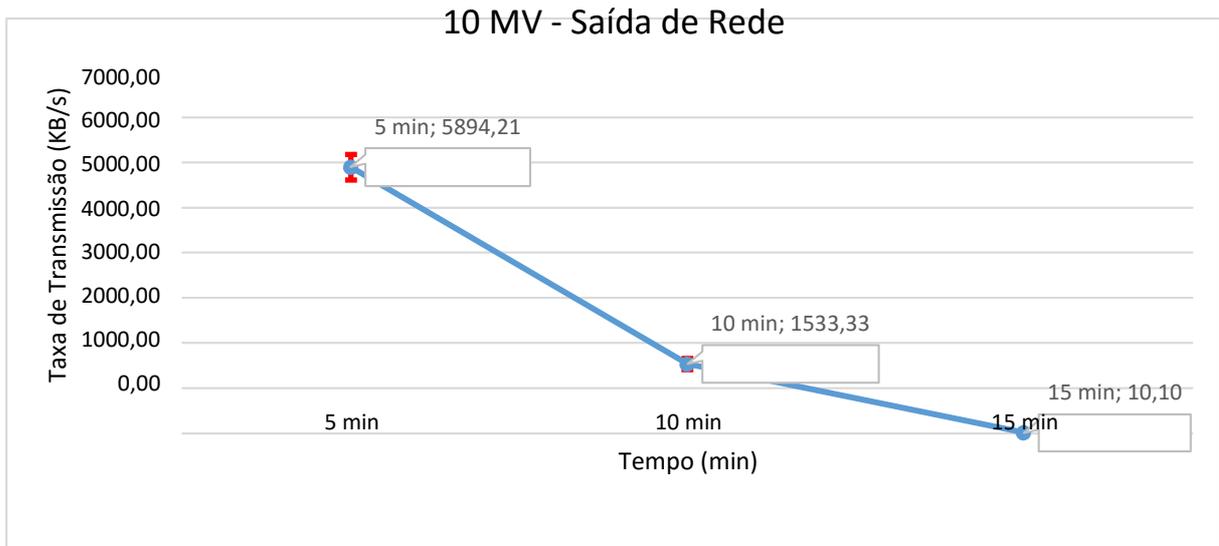
Na Figura 22, com 6 máquinas virtuais, verificamos que as taxas foram diminuindo ao longo do tempo, mas no intervalo de 5 minutos apresentou valor bastante elevado, ou seja, nesse intervalo houve uma maior taxa de transmissão de *streaming* dos *desktops* virtuais. Nos outros intervalos as taxas diminuíram sem grandes taxas de transmissão e mantiveram praticamente constantes. Os intervalos de confiança apresentaram pequenos intervalos.

Figura 22: 6 MV - Saída de rede



Na Figura 23, com 10 máquinas virtuais, verificamos que as taxas foram diminuindo ao longo do tempo, mas no intervalo de 5 e 10 minutos apresentaram valores elevados, ou seja, nesses intervalos houve maiores taxas de transmissão de *streaming* dos *desktops* virtuais. No intervalo de 15 minutos, a taxa diminuiu e apresentou pequena taxa de transmissão. Os intervalos de confiança apresentaram pequenos intervalos.

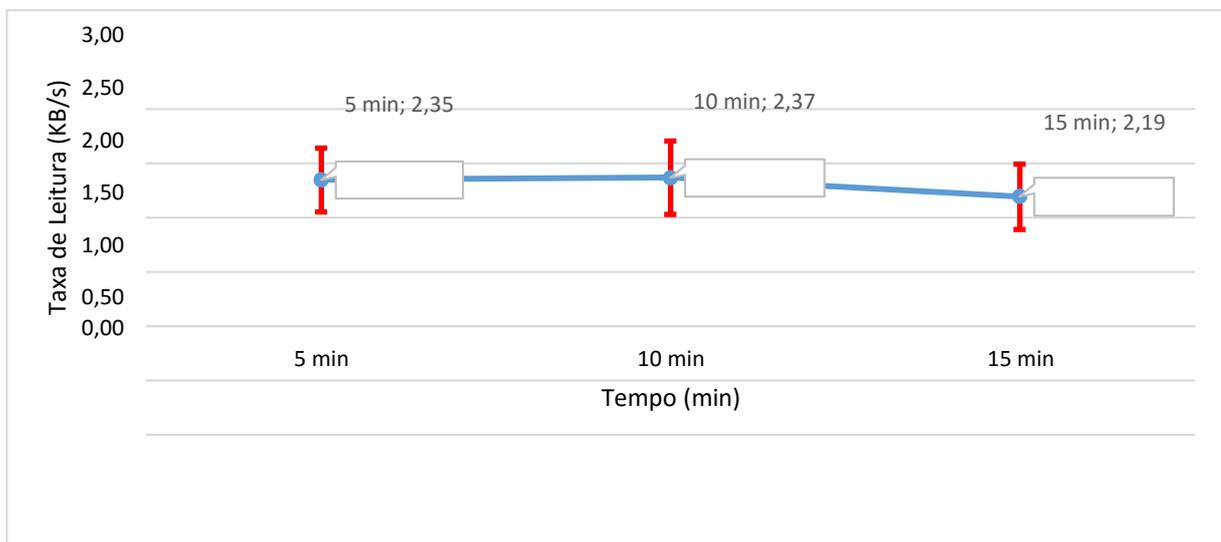
Figura 23: 10 MV - Saída de rede



Nas Figuras 24, 25 e 26, podemos observar a análise referente as taxas de leitura de disco, com o total de 3, 6 e 10 máquinas virtuais, respectivamente, e nos intervalos de tempo a cada 5, 10 e 15 minutos. Na Figura 24, com 3 máquinas virtuais, verificamos que as taxas se mantiveram praticamente constantes, não possuindo muita taxa de transmissão de leitura a partir do intervalo de 5 minutos. Os intervalos de confiança apresentaram pequena diferença de intervalo, ou seja, no total das amostras, os resultados foram bastante aproximados.

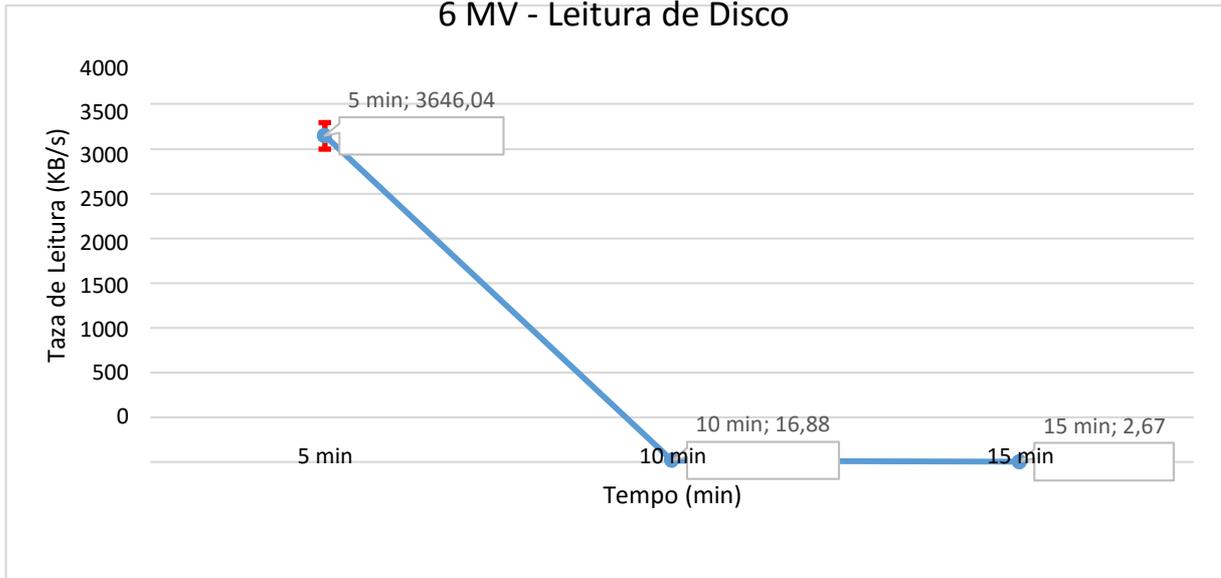
Figura 24: 3 MV - Leitura de disco

3 MV - Leitura de Disco



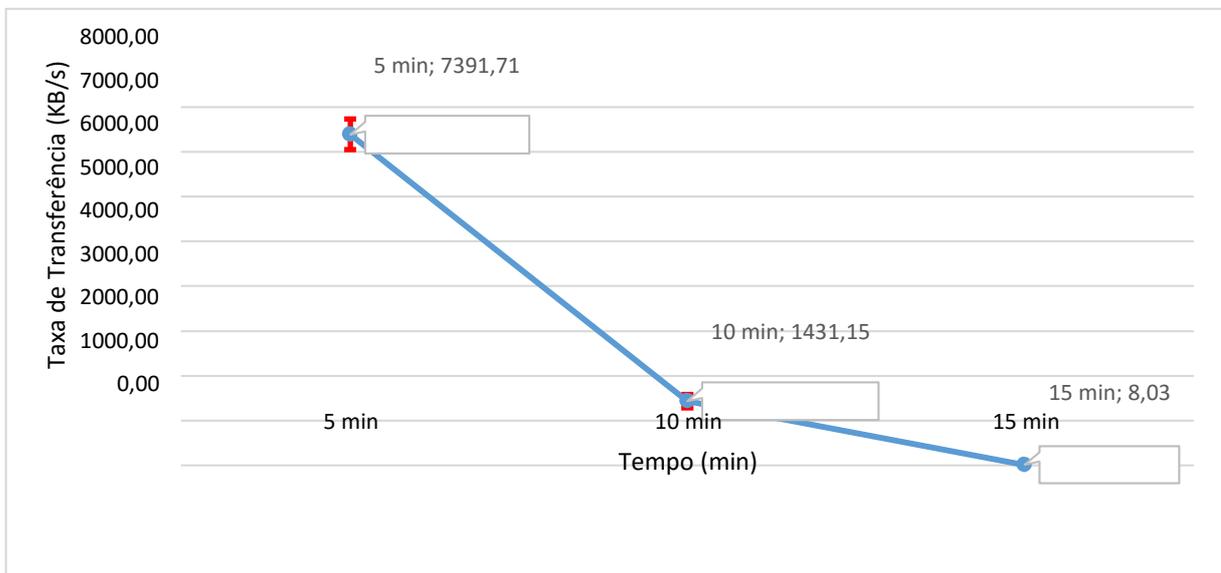
Na Figura 25, com 6 máquinas virtuais, verificamos que as taxas de leitura foram diminuindo ao longo do tempo, mas no intervalo de 5 minutos apresentou valor bastante elevado, ou seja, nesse intervalo houve uma maior taxa de leitura de disco, momento em que os *desktops* virtuais estavam sendo inicializados. Nos outros intervalos as taxas diminuíram sem grandes taxas de leitura.

Figura 25: 6 MV - Leitura de disco
6 MV - Leitura de Disco



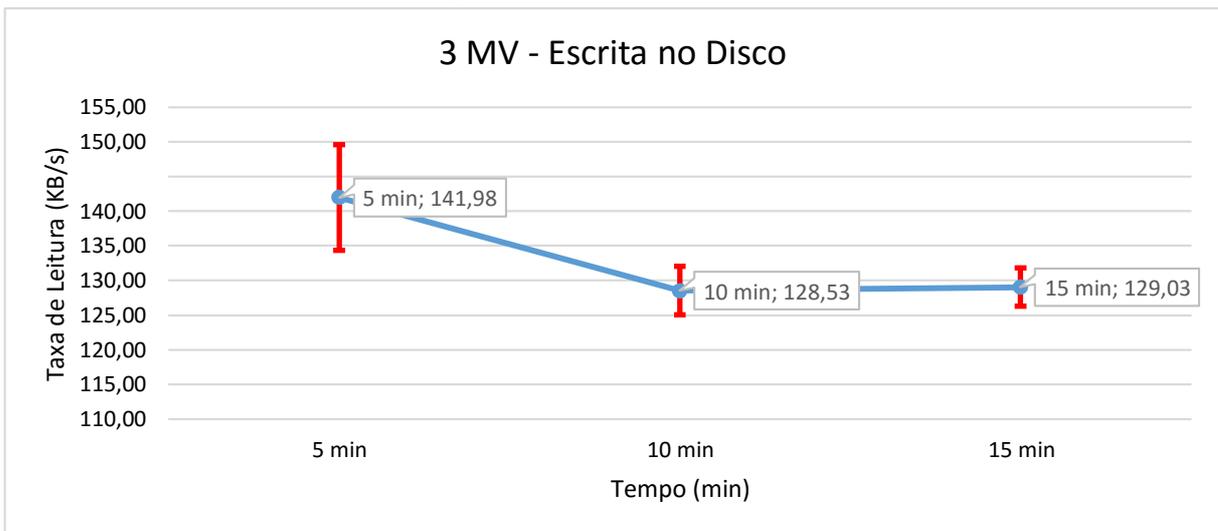
Na Figura 26, com 10 máquinas virtuais, verificamos que as taxas foram diminuindo ao longo do tempo, mas no intervalo de 5 e 10 minutos apresentaram valores elevados, ou seja, nesses intervalos houve maiores taxa de leitura de disco, momentos em que os *desktops* virtuais estavam sendo inicializados. No intervalo de 15 minutos, a taxa diminuiu e apresentou pequena taxa de leitura. Os intervalos de confiança apresentaram pequenos intervalos.

Figura 26: 10 MV - Leitura de disco
10 MV - Leitura de Disco



Nas Figuras 27, 28 e 29, podemos observar a análise referente as taxas de escrita de disco, com o total de 3, 6 e 10 máquinas virtuais e nos intervalos de tempo a cada 5, 10 e 15 minutos. Na Figura 27, com 3 máquinas virtuais, verificamos que aos 5 minutos apresentou uma taxa de escrita elevada. Nesse intervalo, os *desktops* virtuais não estavam mais no momento de inicialização e a taxa de leitura diminuiu, conseqüentemente as taxas de escrita começaram a crescer e diminuíram ao longo do tempo e se mantiveram praticamente constantes nos intervalos de 10 e 15 minutos.

Figura 27: 3 MV - Escrita no disco



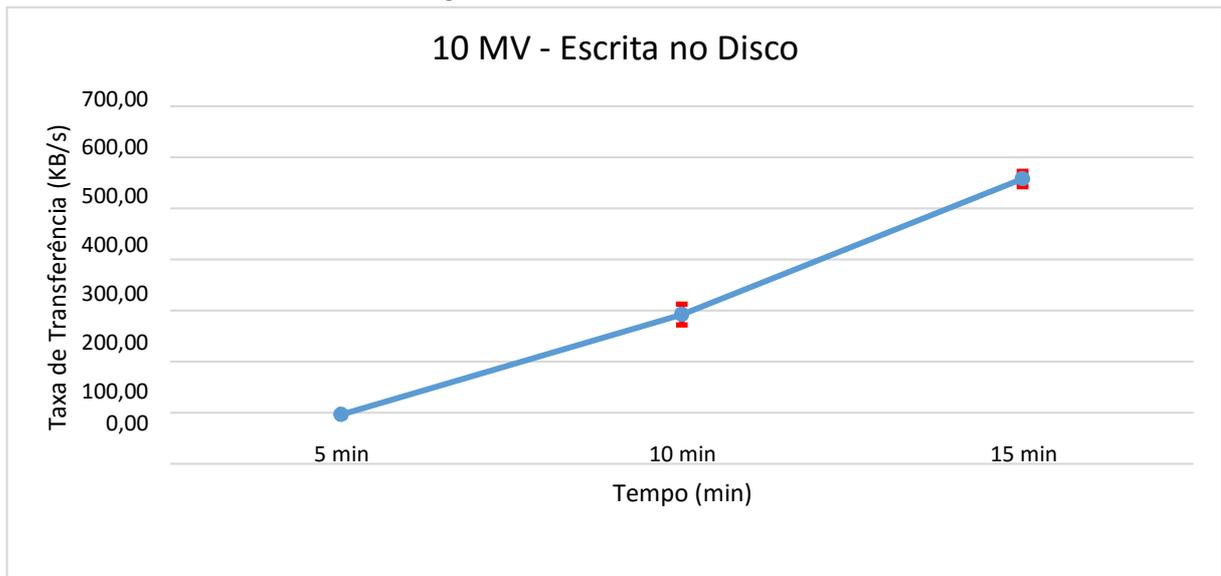
Na Figura 28, com 6 máquinas virtuais, verificamos que nos intervalos de 5 e 10 minutos apresentou um crescimento elevado na taxa de escrita de disco. Nesse intervalo, os *desktops* virtuais não estavam mais no momento de inicialização e a taxa de leitura diminuíram, conseqüentemente as taxas de escrita começaram a crescer e no intervalo de 15 minutos já apresentava diminuição das taxas.

Figura 28: 6 MV - Escrita no disco



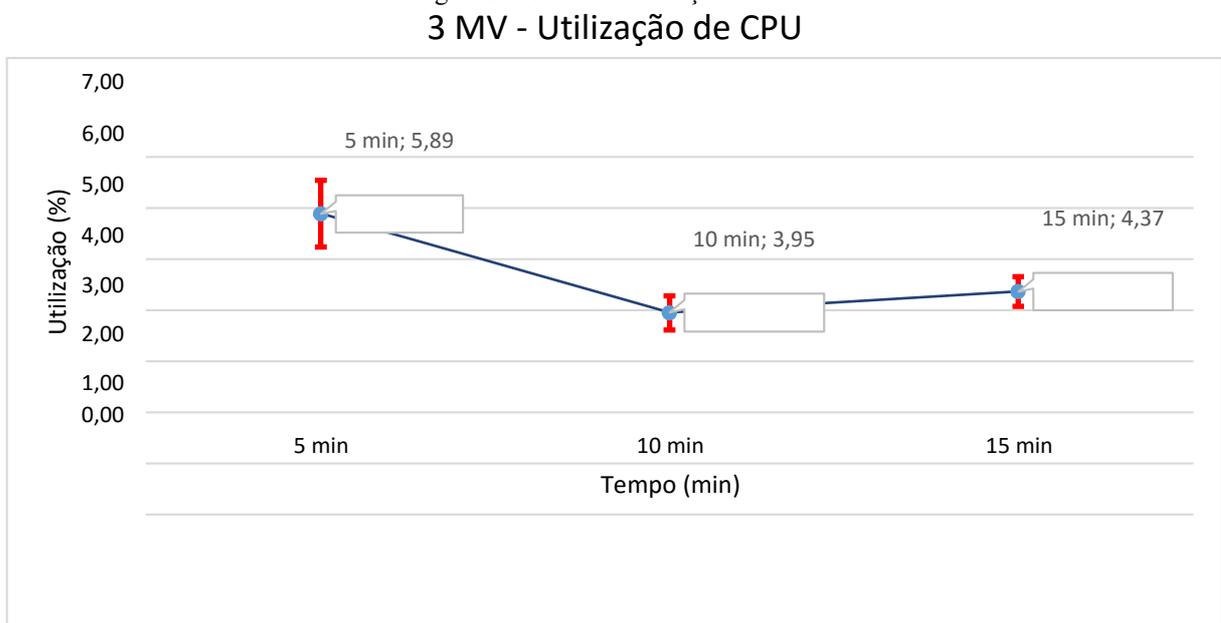
Na Figura 29, com 10 máquinas virtuais, verificamos que nos intervalos de 5, 10 e 15 minutos apresentou um crescimento elevado na taxa de escrita de disco. Nesses intervalos, os *desktops* virtuais estavam diminuindo as taxas de leitura de disco e, conseqüentemente as taxas de escrita começaram a crescer, ou seja, as taxas de escrita vão crescendo ao longo do tempo até se manterem constantes.

Figura 29: 10 MV - Escrita no disco



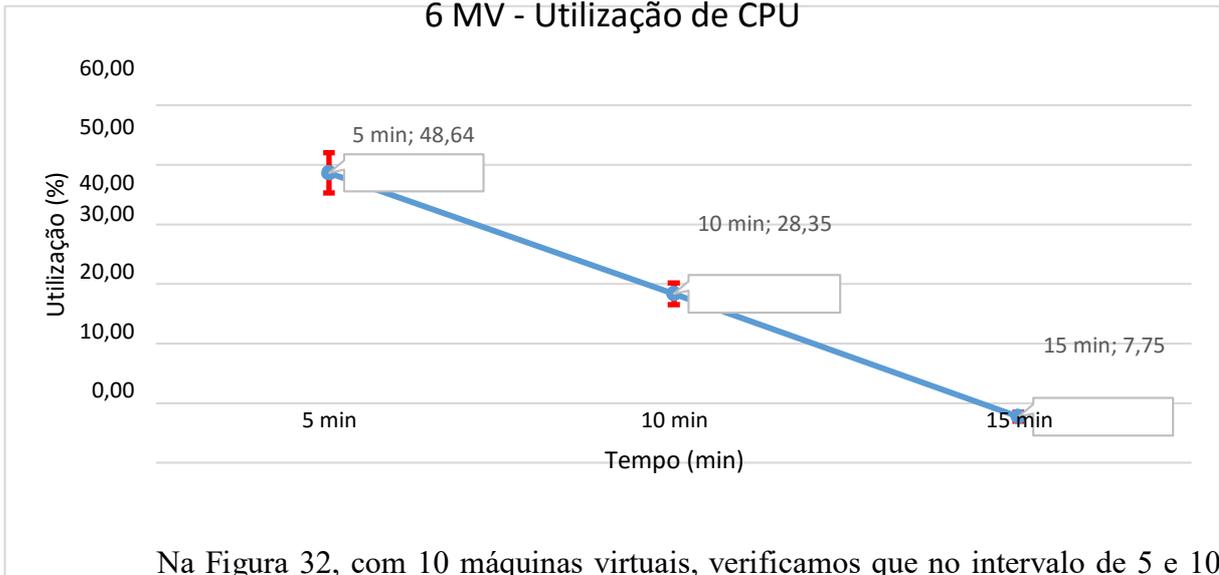
Nas Figuras 30, 31 e 32, podemos observar a análise referente a porcentagem de uso de CPU, com o total de 3, 6 e 10 máquinas virtuais, respectivamente, e nos intervalos de tempo a cada 5, 10 e 15 minutos. Na Figura 30, com 3 máquinas virtuais, verificamos que as porcentagens se mantiveram próximas, não possuindo muita porcentagem de uso de CPU nos intervalos. Os intervalos de confiança apresentaram valores aproximados.

Figura 30: 3 MV - Utilização de CPU



Na Figura 31, com 6 máquinas virtuais, verificamos que no intervalo de 5 minutos apresentou porcentagem elevada de espera da CPU, diminuindo no intervalo de 10 minutos, mas mantendo, ainda, valor elevado. No intervalo final, a porcentagem se encontrava em baixo nível. Essa alta porcentagem nos 10 minutos iniciais se dá pelo momento de execução dos *desktops* virtuais. Os intervalos de confiança apresentaram pequena diferença de intervalo

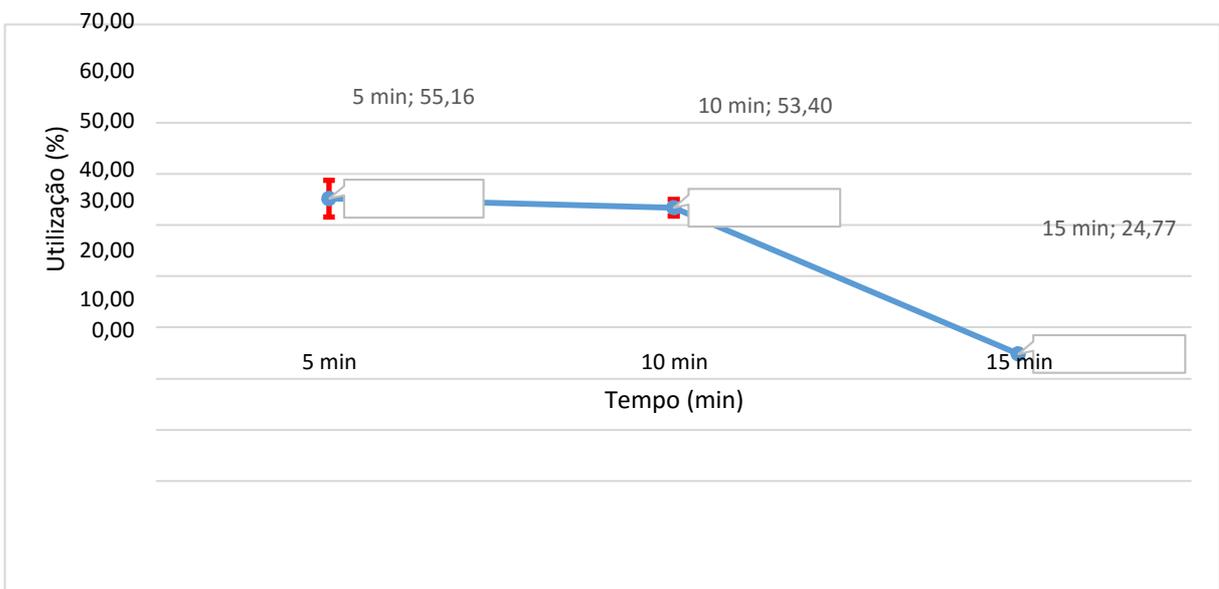
Figura 31: 6 MV - Utilização de CPU
6 MV - Utilização de CPU



Na Figura 32, com 10 máquinas virtuais, verificamos que no intervalo de 5 e 10 minutos apresentou porcentagem elevada e praticamente constante, diminuindo no intervalo de 15 minutos. Essa alta porcentagem nesses intervalos iniciais se dá pelo momento de execução dos *desktops* virtuais. Os intervalos de confiança apresentaram pequena diferença de intervalo.

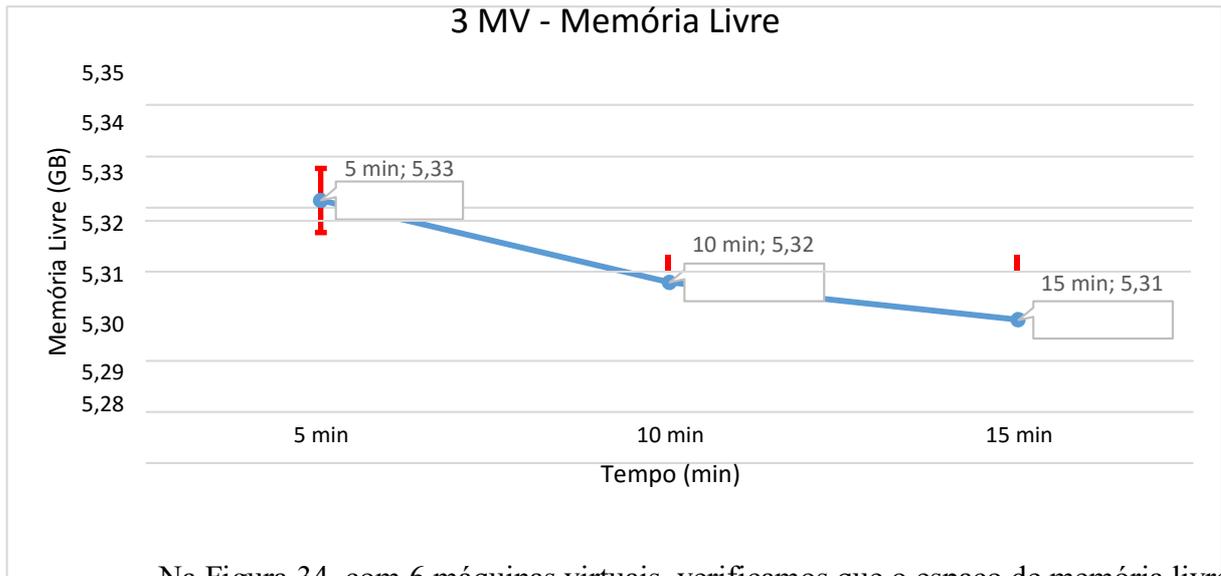
Figura 32: 10 MV - Utilização de CPU

10 MV - Utilização de CPU



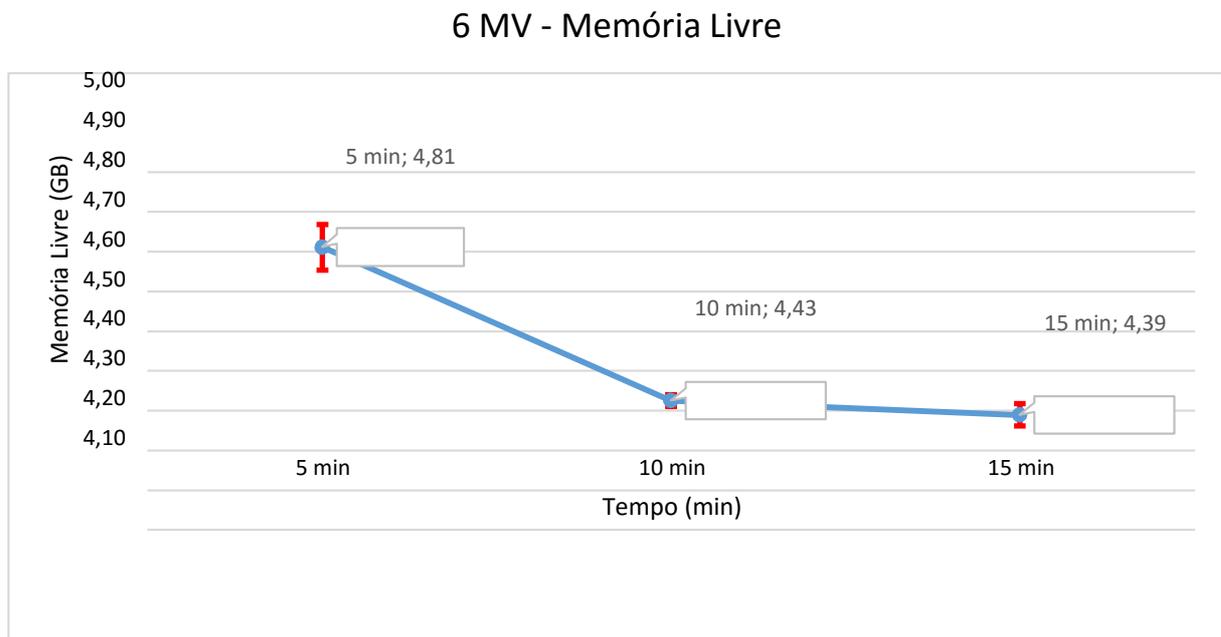
Nas Figuras 33, 34 e 35, podemos observar a análise referente a espaço de memória livre, com o total de 3, 6 e 10 máquinas virtuais, respectivamente, e nos intervalos de tempo a cada 5, 10 e 15 minutos. Na Figura 33, com 3 máquinas virtuais, verificamos que o espaço de memória livre se manteve constante em todos os intervalos e apresentou grande quantidade de memória livre. Os intervalos de confiança apresentaram pequena diferença de intervalo, ou seja, no total das amostras, os resultados foram bastante aproximados.

Figura 33: 3 MV - Memória livre



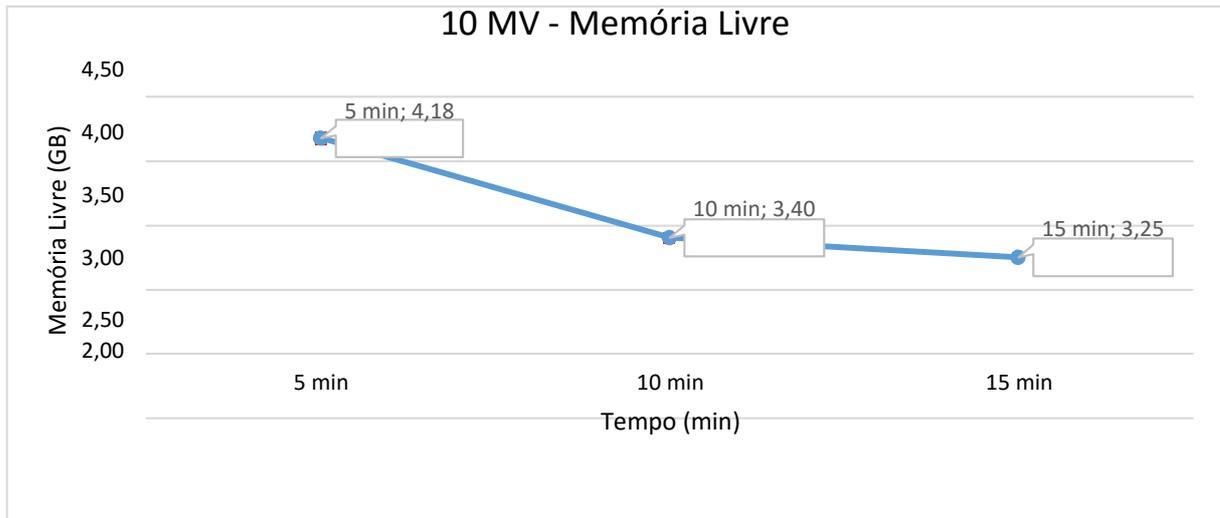
Na Figura 34, com 6 máquinas virtuais, verificamos que o espaço de memória livre diminuiu no intervalo de 5 minutos e no intervalo de 10 minutos ainda houve consumo de memória, não havendo consumo a mais entre o intervalo de 10 e 15 minutos. Os intervalos de confiança apresentaram pequena diferença de intervalo.

Figura 34: 6 MV - Memória livre



Na Figura 35, com 10 máquinas virtuais, verificamos que o espaço de memória livre diminuiu em todos os minutos, ou seja, até os 15 minutos iniciais de execução dos *desktops* virtuais, ainda existia o consumo de memória e, conseqüentemente menos memória disponível. Os intervalos de confiança apresentaram pequena diferença de intervalo.

Figura 35: 10 MV - Memória livre



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma solução que permite criar espaços virtuais de trabalho para uso nos laboratórios do ambiente acadêmico. Verificamos que para a utilização da proposta não será necessária uma infraestrutura própria para a solução, tendo em vista que máquinas físicas com recursos ociosos serão suficientes para a sua implementação e que poderão ser utilizadas normalmente pelos usuários, pois a utilização dos recursos ociosos ocorrerá de forma transparente. Detalhes que podemos ressaltar da solução desenvolvida é que foi implementada para funcionar apenas com o gerenciador de nuvem OpenNebula, com o hipervisor KVM e para máquinas físicas que utilizam sistema operacional Ubuntu.

Em relação aos resultados, verificamos que a solução atende a seu objetivo. De acordo com os cenários da solução, os testes e a análise de desempenho, concluímos que para essa infraestrutura com no máximo de 10 máquinas virtuais, o servidor OpenNebula possui recursos suficientes para a solução. Caso seja necessário a utilização de uma maior quantidade de máquinas virtuais, será necessário um maior poder computacional para o servidor OpenNebula, principalmente em processamento, memória e disco. Em se tratando de memória foi utilizado mais da metade do seu poder computacional total, assim como de CPU. Em relação a disco, foi utilizado uma maior taxa de leitura do que escrita, levando um maior tempo para a inicialização e execução das máquinas virtuais.

REFERÊNCIAS

- ANAND, A. et al. Resource usage monitoring for KVM based virtual machines. **2012 18th Annual International Conference on Advanced Computing and Communications, ADCOM 2012**, 2012.
- AROUCHA, R.; COSTA, S.; BARRETO, M. **Virtualização-Conceitos e Conversão P2V**. Engenharia de Computação em Revista, n. 091, p. 1–6, 2011.
- BEATY, K.; KOCHUT, A.; SHAIKH, H. **Desktop to cloud transformation planning**. 2009 IEEE International Symposium on Parallel & Distributed Processing, p. 1–8, maio 2009.
- CACIATO, L. E. **Virtualização e Consolidação dos Servidores do Datacenter**. Centro de Computação – Universidade Estadual de Campinas. p. 1–9, 2011.
- CARISSIMI, A. **Virtualização: da teoria a soluções**. 26th Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, 2008.
- DASILVA, D. A. et al. **Enabling Green IT through Building a Virtual Desktop Infrastructure**. 2012 Eighth International Conference on Semantics, Knowledge and Grids, p. 32–38, out. 2012.
- FERNANDES, F. J.; SCHULZE, B.; MURY, A. R. **Neblina - Espaços Virtuais de Trabalho para uso em Aplicações Científicas**. XXIX Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos 965. p. 965–972, 2012.
- FUZI, M. F. M.; HAMID, R. S.; AHMAD, M. A. Virtual desktop environment on Cloud computing platform. **2014 IEEE 5th Control and System Graduate Research Colloquium**, p. 80–84, 2014.
- JADEJA, Y.; MODI, K. **Cloud computing-concepts, architecture and challenges**. 2012 International Conference on Computing, Electronics and Electrical Technologies [ICCEET], p. 877–880, 2012.
- LETHANHMAN, C.; KAYASHIMA, M. Desktop Workload Characteristics and Their Utility in Optimizing Virtual Machine Placement in Cloud. **Proceedings - Communication Control and Intelligent System (CCIS)**, 2012.
- LIAO, X. et al. **Towards virtualized desktop environment**. Concurrency and computation: practice and experience. September 2009, p. 419–440, 2010.
- LIU, W. **Research on Cloud Computing Security Problem and Strategy**. Communications and Networks (CECNet), 2012 2nd ..., p. 1216–1219, 2012.
- LUNARDI, G.; DOLCI, P.; MAÇADA, A. **Adoção de tecnologia de informação e seu impacto no desempenho organizacional: um estudo realizado com micro e pequenas empresas**. p. 5–17, 2010.
- MAN, C.; KAYASHIMA, M. **Virtual machine placement algorithm for virtualized desktop infrastructure**. Proceedings of IEEE CCIS2011, p. 333–337, set. 2011.

MANVAR, D. **DeskVirt: Low cost computing using virtualization for Remote Desktop**. Department of Computer Science and Engineering, 2012.

MATTOS, H. et al. **Implementação de Virtualização em empresas de pequeno e médio porte utilizando a ferramenta Citrix Xen Server**. *Engenharia de Computação em Revista* [Online], p. 1–5, 2013.

MATTOS, D. **Virtualização: VMWare e Xen**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

OLIVEIRA, R. DE; SANTOS, E.; JÚNIOR, I. **Uma proposta para análise da adoção de tecnologias da informação em micro e pequenas empresas a partir da adaptação do modelo TOE (Technology, Organization and Environment)**. *Revista Brasileira de Administração Científica*, v. 055, n. 79, p. 257–272, 2013.

ORCHILLES, J. **Virtualization: The benefits of VDI**. *TechNet Magazine*, Maio. 2013. Disponível em: <<http://technet.microsoft.com/pt-br/magazine/dn170431.aspx>>. Acesso em: 21 de maio 2014.

PARIKH, S. M. **A survey on cloud computing resource allocation techniques**. 2013 Nirma University International Conference on Engineering (NUiCONE), p. 1–5, nov. 2013.

PETROVIĆ, T.; FERTALJ, K. **Demystifying desktop virtualization**. *Proceedings of the 9th WSEAS International Conference on APPLIED COMPUTER SCIENCE*, p. 241–246, 2009.

PLANUS. **Virtualização de Desktops**. Planus, 2013. Disponível em: <<http://www.planus.com.br/virtualizacao-de-desktops-cde-22>> Acesso em 21 de maio. 2014.

REGO, P. A. L. **FAIRCPU: Uma Arquitetura para Provisionamento de Máquinas Virtuais Utilizando Características de Processamento**. 2012. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência da Computação) – Departamento de Computação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Março/2012.

ROBISON, N. A.; HACKER, T. J. Comparison of VM deployment methods for HPC education. **Proceedings of the 1st Annual conference on Research in information technology - RIIT '12**, p. 43, 2012.

SAHOO, J.; MOHAPATRA, S.; LATH, R. **Virtualization: A Survey on Concepts, Taxonomy and Associated Security Issues**. 2010 Second International Conference on Computer and Network Technology, p. 222–226, 2010.

SENA, E. **Virtualização transforma ambiente de negócios e amplia vantagens competitivas**. *Imasters*, 14 maio. 2009. Disponível em: <http://imasters.uol.com.br/artigo/12770/tendencias/virtualizacao_transforma_ambiente_de_negocios_e_amplia_vantagens_competitivas/>. Acesso em: 21 maio. 2014.

SEO, C. **Virtualização–Problemas e desafios**. *IBM Linux Technology Center*, v. 1, n. 008278, 2009.

SILVA, D. A. R. et al. Improving the virtualization of rich applications by combining VNC and streaming protocols at the hypervisor layer. **Software: Practice and Experience**, 2015.

SRIDHARAN, M. et al. **Defragmentation of Resources in Virtual *Desktop* Clouds for Cost-Aware Utility-Optimal Allocation**. 2011 Fourth IEEE International Conference on Utility and Cloud Computing, p. 253–260, dez. 2011.

VASCONCELOS, P. R. M.; FREITAS, G. A. DE A. Performance Analysis of Hadoop MapReduce on an OpenNebula Cloud with KVM and OpenVZ Virtualizations. **The 9th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST-2014)**, 2014.

YAN, L. **Development and application of *desktop* virtualization technology**. 2011 IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks, p. 326–329, maio 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Tabelas com os resultados das amostras

Tabela 4: Entrada de rede

Amostra	REDE - IN (KB/s)								
	3 MV			6 MV			10 MV		
	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min
1	10,3	8,1	5,3	91,8	12,0	11,2	84,5	204,4	8,0
2	12,1	5,9	6,7	68,1	24,3	8,7	108,1	189,4	9,6
3	11,5	3,9	4,4	71,2	12,5	9,0	122,6	161,2	7,9
4	9,6	6,7	5,8	68,9	10,7	11,9	106,4	165,1	8,7
5	14,5	7,7	4,8	65,3	13,8	10,5	73,3	217,8	9,5
6	13,5	4,0	4,2	70,6	13,9	8,9	115,9	190,7	6,7
7	9,5	2,7	4,0	66,8	13,4	9,2	126,1	156,0	8,9
8	11,7	4,0	4,4	70,2	12,8	8,2	135,2	195,5	7,5
9	11,0	4,0	3,7	89,1	11,2	14,4	116,4	188,0	7,7
10	7,8	10,3	7,4	82,1	20,7	7,9	121,4	193,1	8,1
11	15,1	7,9	7,2	80,5	16,3	6,6	104,7	191,1	7,3
12	6,6	7,5	5,9	84,1	18,7	6,8	123,2	213,3	7,8
13	7,6	7,6	6,0	74,1	19,1	8,1	117,0	171,6	7,6
14	7,6	7,6	4,7	78,0	18,1	8,0	133,8	162,3	8,1
15	8,0	7,4	6,0	80,9	18,0	8,1	121,3	185,5	6,9

Tabela 5: Saída de rede

Amostra	REDE - OUT (KB/s)								
	3 MV			6 MV			10 MV		
	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min
1	11,1	8,6	6,1	2665,6	18,7	8,8	6235,0	1576,4	14,0
2	14,6	8,4	7,8	3078,9	19,4	7,7	5552,7	1362,9	11,0
3	4,7	4,4	3,7	3314,7	18,8	6,6	5233,9	2185,8	9,6
4	12,2	7,5	6,5	2873,9	18,8	7,9	5524,4	1432,9	9,8
5	20,7	5,2	3,9	2955,7	18,4	8,0	6743,0	1557,2	10,0
6	17,3	4,5	3,7	3261,9	19,5	7,9	5898,3	1381,8	7,1
7	4,5	3,1	4,5	3021,2	17,9	8,2	6493,5	1358,8	9,4
8	17,3	4,6	4,3	3295,6	17,3	8,0	7095,6	1342,9	8,4
9	4,6	4,6	4,0	3203,2	20,2	8,4	5896,2	1271,0	8,6
10	8,8	8,9	6,8	3636,5	19,9	9,2	5634,2	1459,3	9,7
11	7,9	8,8	8,5	3700,4	16,2	7,2	5328,6	1763,9	10,8
12	7,5	8,9	6,9	3749,2	19,4	8,0	6149,8	1836,0	9,7
13	9,0	8,9	7,0	3173,9	19,6	9,5	5492,1	1353,3	11,3
14	9,0	8,9	5,5	3134,8	19,6	9,7	5274,9	1489,2	12,3
15	9,1	8,7	7,1	3414,0	19,4	9,6	5861,0	1628,5	9,8

Tabela 6: Leitura de disco

Amostra	DISCO - LEITURA (KB/s)								
	3 MV			6 MV			10 MV		
	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min
1	2,8	2,3	2,0	3852,5	12,5	3,0	7582,6	1440,2	10,1
2	3,4	1,6	1,8	3831,3	25,0	3,0	6639,1	1221,1	2,6
3	2,3	2,4	2,7	3987,4	23,5	2,5	6163,3	2470,0	8,9
4	2,3	2,4	2,7	3627,2	12,7	2,1	6627,9	1326,5	10,8
5	1,6	1,6	1,9	3652,5	28,7	3,6	8163,5	1411,2	8,1
6	3,0	2,5	2,5	3992,3	20,1	1,6	7234,2	1237,3	7,9
7	2,1	2,2	1,2	3620,8	16,5	1,6	7948,9	1264,5	9,3
8	2,3	2,4	2,3	3950,3	15,3	3,7	8675,0	1414,1	2,7
9	1,8	2,0	1,9	3065,5	16,7	1,0	7237,8	1315,4	5,1
10	2,0	3,1	1,7	3366,5	15,8	5,5	6935,1	1328,8	8,5
11	2,8	3,3	1,3	3545,9	12,9	1,9	7392,8	1437,3	8,0
12	2,1	2,0	1,9	3448,1	13,3	3,5	8201,1	1455,2	9,7
13	1,4	1,2	2,9	3919,1	13,1	2,7	7753,9	1362,7	10,5
14	2,1	3,7	2,1	3724,8	12,6	2,3	6891,0	1341,9	9,5
15	3,2	2,3	3,2	3106,4	14,5	2,1	7429,5	1441,0	8,8

Tabela 7: Escrita no disco

Amostra	DISCO - ESCRITA (KB/s)								
	3 MV			6 MV			10 MV		
	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min
1	145,4	124,9	129,3	134,5	567,1	206,9	100,1	310,7	514,7
2	171,5	125,3	128,2	116,9	578,7	205,9	92,8	312,7	505,2
3	144,4	133,1	134,4	119,1	602,2	190,6	81,6	267,1	504,7
4	128,9	128,0	136,1	121,4	609,2	171,0	79,2	270,1	572,4
5	163,7	120,8	138,9	120,1	594,5	212,1	101,7	310,7	574,1
6	130,1	123,1	120,7	125,5	568,8	184,9	102,9	309,8	528,9
7	141,6	134,1	133,1	115,7	563,4	177,3	96,2	158,5	593,6
8	148,3	124,1	130,4	108,0	578,6	200,6	108,9	307,7	565,8
9	144,9	132,5	132,7	157,5	505,0	223,2	105,1	301,5	571,5
10	119,0	130,5	122,7	134,1	587,7	164,1	97,3	303,3	556,1
11	161,8	134,7	126,0	111,1	567,6	160,2	101,2	311,4	578,0
12	135,5	121,7	120,5	112,1	544,4	160,4	93,7	308,1	570,9
13	131,1	116,3	125,2	121,2	593,7	170,7	95,6	306,9	567,3
14	141,4	139,7	129,7	120,1	577,0	160,1	98,1	302,0	582,0
15	122,1	139,1	127,6	127,5	526,6	159,1	99,0	305,7	579,6

Tabela 8: Utilização de CPU

Amostra	CPU - UTILIZAÇÃO (%)								
	3 MV			6 MV			10 MV		
	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min
1	5,2	3,7	5,0	54,2	24,6	8,3	47,5	50,7	24,5
2	7,0	5,2	5,1	38,0	25,2	8,9	61,1	51,2	24,4
3	7,1	3,4	4,4	53,8	24,9	6,4	58,1	56,8	24,9
4	6,8	3,7	4,9	56,0	26,5	7,5	61,7	56,4	25,6
5	4,6	4,2	3,9	53,5	32,4	8,6	47,1	51,1	24,4
6	5,4	3,3	4,5	39,7	30,2	7,1	65,0	55,2	24,9
7	5,4	5,0	3,7	39,0	28,8	7,2	64,8	57,6	25,2
8	6,1	3,4	3,8	52,7	32,1	12,2	45,5	49,2	24,7
9	5,2	4,4	3,6	55,6	25,3	8,4	47,2	48,2	24,5
10	5,8	3,6	4,3	48,9	27,7	7,6	55,7	54,8	24,8
11	4,8	3,3	3,5	53,0	30,7	8,2	63,2	58,1	25,3
12	8,3	3,8	5,1	41,0	20,9	6,3	59,1	52,5	24,6
13	4,3	3,9	4,5	51,9	30,9	5,5	50,2	50,3	24,1
14	4,3	5,0	5,1	50,0	33,7	6,6	49,9	53,9	25,5
15	8,0	3,4	4,1	42,3	31,4	7,4	51,3	55,0	24,2

Tabela 9: Memória Livre

Amostra	MEMÓRIA - LIVRE (GB)								
	3 MV			6 MV			10 MV		
	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min
1	5,34	5,33	5,33	4,67	4,38	4,23	4,14	3,37	3,23
2	5,33	5,31	5,30	4,81	4,44	4,41	4,34	3,50	3,24
3	5,35	5,33	5,32	4,78	4,45	4,43	4,24	3,45	3,32
4	5,34	5,32	5,32	4,91	4,38	4,39	4,20	3,42	3,27
5	5,33	5,32	5,31	4,82	4,40	4,36	4,06	3,34	3,21
6	5,35	5,33	5,32	5,02	4,45	4,42	4,17	3,40	3,25
7	5,33	5,31	5,30	4,95	4,43	4,41	4,12	3,40	3,28
8	5,34	5,32	5,30	4,99	4,42	4,40	4,21	3,44	3,26
9	5,34	5,31	5,30	4,81	4,45	4,42	4,14	3,39	3,25
10	5,31	5,30	5,30	4,64	4,37	4,30	4,23	3,36	3,23
11	5,32	5,31	5,31	4,76	4,42	4,41	4,15	3,41	3,26
12	5,32	5,31	5,30	4,75	4,43	4,40	4,18	3,35	3,22
13	5,33	5,32	5,30	4,70	4,46	4,43	4,10	3,43	3,29
14	5,33	5,31	5,31	4,73	4,44	4,39	4,22	3,39	3,24
15	5,31	5,30	5,30	4,83	4,46	4,44	4,19	3,42	3,25

APÊNDICE 2 – Tabelas análises de desempenho

Tabela 10: Entrada de rede

Análise de Desempenho	REDE - IN (KB/s)								
	3 MVs			6 MVs			10 MVs		
	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min
Tam. da Amostra	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Desvio Padrão	2,66	2,15	1,17	8,34	3,97	2,06	16,86	18,93	0,85
Nível de Conf.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Erro	1,34	1,09	0,59	4,22	2,01	1,04	8,53	9,58	0,43
Limite Inferior	9,08	5,27	4,77	71,89	13,69	8,12	105,46	176,08	7,59
Média	10,43	6,35	5,37	76,11	15,70	9,17	113,99	185,67	8,02
Limite Superior	11,77	7,44	5,96	80,33	17,71	10,21	122,52	195,25	8,45

Tabela 11: Saída de rede

Análise de Desempenho	REDE - OUT (KB/s)								
	3 MVs			6 MVs			10 MVs		
	5 min	10 min	15 min	5 Min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min
T. da Amostra	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Desvio Padrão	4,97	2,21	1,62	305,00	1,07	0,90	555,99	241,93	1,65
Nível de Conf.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Erro	2,52	1,12	0,82	154,35	0,54	0,45	281,36	122,43	0,84
Limite Inferior	8,04	5,82	4,93	3077,62	18,33	7,86	5612,85	1410,89	9,26
Média	10,55	6,93	5,75	3231,97	18,87	8,31	5894,21	1533,33	10,10
Limite Superior	13,07	8,05	6,57	3386,31	19,41	8,77	6175,58	1655,76	10,94

Tabela 12: Leitura de disco

Análise de Desempenho	DISCO - LEITURA (KB/s)								
	3 MVs			6 MVs			10 MVs		
	5 min	10 min	15 min	5 Min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min
T. da Amostra	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Desvio Padrão	0,58	0,67	0,59	298,01	5,12	1,11	683,67	297,33	2,57
Nível de Conf.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Erro	0,29	0,34	0,30	150,81	2,59	0,56	345,98	150,47	1,30
Limite Inferior	2,05	2,03	1,89	3495,23	14,29	2,11	7045,74	1280,68	6,73
Média	2,35	2,37	2,19	3646,04	16,88	2,67	7391,71	1431,15	8,03
Limite Superior	2,64	2,70	2,49	3796,85	19,47	3,24	7737,69	1581,61	9,34

Tabela 13: Escrita no disco

Análise de Desempenho	DISCO - ESCRITA (KB/s)								
	3 MVs			6 MVs			10 MVs		
	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min
T. da Amostra	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Desvio Padrão	15,11	6,94	5,46	12,21	28,10	21,94	7,94	39,62	29,31
Nível de Conf.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Erro	7,65	3,51	2,76	6,18	14,22	11,10	4,02	20,05	14,83
Limite Inferior	134,33	125,01	126,27	116,81	556,75	172,04	92,88	272,3	542,8
Média	141,98	128,53	129,03	122,99	570,97	183,14	96,89	292,4	557,6
Limite Superior	149,63	132,04	131,80	129,16	585,19	194,24	100,9	312,4	572,4

Tabela 14: Espera de CPU

Análise de Desempenho	CPU - ESPERA (%)								
	3 MVs			6 MVs			10 MVs		
	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min
T. da Amostra	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Desvio Padrão	1,29	0,66	0,58	6,64	3,67	1,56	7,09	3,17	0,46
Nível de Conf.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Erro	0,65	0,33	0,29	3,36	1,86	0,79	3,59	1,60	0,23
Limite Inferior	5,24	3,62	4,07	45,28	26,50	6,96	51,57	51,80	24,54
Média	5,89	3,95	4,37	48,64	28,35	7,75	55,16	53,40	24,77
Limite Superior	6,54	4,29	4,66	52,00	30,21	8,54	58,75	55,00	25,01

Tabela 15: Memória Livre

Análise de Desempenho	MEMÓRIA - LIVRE (GB)								
	3 MVs			6 MVs			10 MVs		
	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min	5 min	10 min	15 min
T. da Amostra	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Desvio Padrão	0,01	0,01	0,01	0,11	0,03	0,06	0,07	0,04	0,03
Nível de Conf.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Erro	0,01	0,01	0,01	0,06	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01
Limite Inferior	5,33	5,31	5,30	4,75	4,41	4,36	4,15	3,38	3,24
Média	5,33	5,32	5,31	4,81	4,43	4,39	4,18	3,40	3,25
Limite Superior	5,34	5,32	5,31	4,87	4,44	4,42	4,21	3,43	3,27