



**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS
FERRAMENTAS DE VIRTUALIZAÇÃO
VMWARE E XEN**

LAVRAS - MG

2014

JOHNY ARRIEL

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS FERRAMENTAS DE
VIRTUALIZAÇÃO VMWARE E XEN**

Monografia de graduação apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Sistemas de Informação para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação

Orientador

Dr. Joaquim Quinteiro Uchôa

LAVRAS - MG

2014

JOHNY ARRIEL

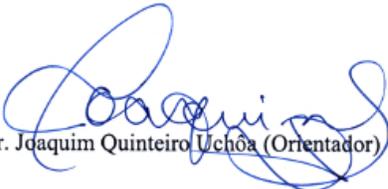
**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS
FERRAMENTAS VMWARE E XEN**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação apresentado ao Colegiado do
Curso de Bacharelado em Sistemas de
Informação, para obtenção do título de
Bacharel.

APROVADA em 21 de novembro de 2014.

Dr. Tales Heimfarth

Dr^a Marluce Rodrigues Pereira


Dr. Joaquim Quinteiro Uchôa (Orientador)

**LAVRAS-MG
Novembro/2014**

RESUMO

Com o grande crescimento e influência da tecnologia nas organizações atuais, as despesas financeiras com recursos ligados a tecnologia da informação tem aumentado de forma significativa. Com base neste crescente investimento em inovações e automação, muitas empresas têm investido na busca por soluções de virtualização. A virtualização é uma estratégia para otimizar a utilização de recursos computacionais. Ela possui como um dos principais benefícios à redução de custo de gerenciamento e energia, alto grau de portabilidade e de flexibilidade, e tolerância a falhas. Entretanto, em muitos casos, a adoção da virtualização de servidores tem ocorrido sem a plena consciência da eficiência das plataformas de virtualização disponíveis. O objetivo deste trabalho é apresentar uma análise comparativa quantitativa entre duas bem consolidadas plataformas, o VMware ESXi 5.5 e o Xen Server 6.2, a fim de compreender o desempenho resultante em termos de processador, memória, disco, rede, e sistema. O processo de mensuração de desempenho baseia-se na utilização de um *benchmark suite*, o Phoronix Test Suite, que permite produzir resultados comparativos de maneira fácil, rápida e repetível. Os resultados empíricos obtidos a partir deste estudo mostram que o impacto da virtualização no desempenho é melhor para o VMware ESXi 5.5. Além disso, nós relatamos nossa experiência e dificuldades durante a implantação desta plataforma de virtualização em uma organização de médio porte.

Palavras-chave: Virtualização. Análise comparativa. VMWare. XEN.

Lista de Figuras

Figura 2.1 Relacionamento entre o monitor de maquina virtual e as máquinas virtuais (Rose, 2004).....	15
Figura 2.2 Maquinas virtuais Tipo I e Tipo II	17
Figura 3.1 Gerenciamento de máquinas virtuais no VMWare ESXi 5.5	26
Figura 3.2 Gerenciamento de máquinas virtuais no Xen Server 6.2.....	26
Figura 3.3 Resultado com o Phoronix, modo texto	29
Figura 3.4 Relatório do resultado com o Phoronix, via navegador.....	30
Figura 4.1 7-Zip compression.....	35
Figura 4.2 LZMA Compression.....	36
Figura 4.3 RAMspeed SMP - Benchmark: Inteiro	37
Figura 4.4 RAMspeed SMP - Benchmark: Real.....	37
Figura 4.5 IOzone - Leitura	38
Figura 4.6 IOzone - Escrita.....	38
Figura 4.7 SQLite	39
Figura 4.8 Loopback TCP Network Performance	40
Figura 4.9 Apache Benchmark	40

Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	7
1.1	Motivação	8
1.2	Objetivo e Contribuições	10
1.3	Estrutura da Monografia	11
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1	Introdução a Virtualização	12
2.1.1	Monitor de Máquina Virtual	14
2.1.2	Tipos de Virtualização	17
2.2	Plataformas de Virtualização	19
2.2.1	VMware	19
2.2.2	Xen Server	22
3.	METODOLOGIA.....	24
3.1	Configuração do Estudo.....	24
3.1.1	Phoronix Test Suite.....	26
3.2	Validade do Estudo	30
4.	ANÁLISE COMPARATIVA.....	33
4.1	Execução dos Testes	33
4.1.1	Resultados com o 7-Zip Compression	34
4.1.2	Resultados com LZMA Compression.....	34
4.1.3	Resultados com RAMspeed SMP.....	35
4.1.4	Resultados com IOzone	36

4.1.5	Resultados com SQLite	38
4.1.6	Resultados com Loopback TCP Network.....	38
4.1.7	Resultados com Apache Benchmark	39
4.2	Discussão	40
4.3	Consolidação dos Servidores	41
4.3.1	Dificuldades Encontradas	43
5.	CONCLUSÃO.....	45
5.1	Trabalhos Futuros	47
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

Capítulo 1

Introdução

Atualmente, a pressão sobre a Tecnologia da Informação (TI) é muito grande. Trata-se de orçamentos reduzidos, tecnologias que mudam rapidamente e questões crescentes de segurança, mobilidade e confiabilidade (Anhalt e Primet, 2009). Produzir agilidade pela TI, reduzir custos e gerenciar complexidade precisam acontecer de forma integrada. A virtualização pode ser de grande utilidade para alcançar tais benefícios, uma vez que ela permite que várias aplicações de sistemas operacionais diferentes, executem em um mesmo *hardware* (Carissimi, 2008; Laureano et al., 2008; Menasce et al., 2005; Sahoo et al., 2010). Assim, a virtualização proporciona um alto grau de portabilidade e de flexibilidade; otimização dos recursos computacionais; redução do capital e das despesas operacionais; escalabilidade do servidor; e aumento da confiabilidade, devido à facilidade de migração e mobilidade (Anhalt e Primet, 2009; Sahoo et al., 2010; Seo, 2009).

A evolução dos sistemas de *hardware* aliada a necessidade crescente de se fazer mais tarefas computacionais ao mesmo tempo com um custo cada vez menor fez com que a virtualização aparecesse em maior escala nos últimos anos (Seo, 2009). Os computadores modernos estão suficientemente poderosos para utilizar o conceito de virtualização e apresentar a ilusão de várias máquinas virtuais sendo executadas simultaneamente, cada uma executando um sistema operacional diferente (Barham et al., 2003).

Com o uso de tecnologias para virtualização, consegue-se obter o máximo proveito dos recursos de um servidor, os quais geralmente são subutilizados por suportar apenas um único sistema operacional (Harbaugh,

2011). Contudo, a virtualização tem se tornado um tópico de pesquisa muito popular (Carissimi, 2008; Masjedi, 2012; Sahoo et al., 2010). Atualmente, as empresas vêm cada vez mais buscando a centralização e diminuição do número de servidores físicos em suas instalações (Silva, 2007). Empresas como IBM¹, HP² e Sun³ têm desenvolvido e vendido sistemas com suporte a virtualização (Seo, 2009).

1.1 Motivação

A motivação deste trabalho surgiu a partir da necessidade de consolidação dos servidores no Grupo Casa da Vaca⁴, onde trabalho como gestor de TI. Fundado em Perdões, Minas Gerais, em 1975, o Grupo Casa da Vaca vem crescendo e se destacando a cada ano em todos os seus segmentos de atuação. Atualmente o Grupo é formado pelas empresas Casa da Vaca Atacado e Distribuição, Minas Verde concessionário de máquinas agrícolas John Deere, e Real Ville Urbanismo. O Grupo conta com uma equipe com cerca de 300 colaboradores que trabalham alinhados aos objetivos estratégicos das empresas com foco na missão de contribuir para o desenvolvimento dos clientes.

No Grupo Casa da Vaca, é comum a necessidade de possuir máquinas dedicadas a cada sistema. A necessidade de um servidor físico para cada sistema exige um grande investimento em infra-estrutura, espaço físico, rede, além de gastos operacionais como energia elétrica, manutenção dos equipamentos e da rede, e administração dos diversos sistemas e serviços. Além disso, é notável que muitos servidores sejam subutilizados. Segundo Santos (2009), a ociosidade dos recursos em servidores de alta performance é em média de 90%. Portanto,

¹ <http://www.ibm.com>

² <http://www.hp.com>

³ <http://www.sun.com>

⁴ <http://www.casavaca.com.br/>

manter diferentes plataformas para a execução dos diferentes sistemas torna-se inviável. Nesse caso, a virtualização é uma grande alternativa.

A virtualização simplifica a migração de aplicações legadas em novas plataformas. Em casos em que a nova plataforma não suporta a execução das aplicações legadas, a aplicação pode ser hospedada com seu sistema operacional (para o qual foi desenvolvido originalmente) em uma máquina virtual executando sobre a nova plataforma, sem nenhuma necessidade de alteração no *software* (Silva, 2007). Além disso, um sistema funcionando em uma máquina virtual fica disponível instantaneamente (Laureano et al., 2008; Menasce et al., 2005; Sahoo et al., 2010). Máquinas virtuais basicamente são arquivos armazenados no disco e podem ser mantidos em espera e restaurados em poucos segundos, com aplicações e serviços voltando a funcionar no mesmo ponto onde a máquina virtual foi suspensa, tornando prática sua administração.

A utilização de máquinas virtuais possibilita ao Grupo Casa da Vaca contornar a dificuldade de possuir diversas máquinas dedicadas a cada sistema, pois permite que diferentes aplicações de diferentes plataformas executem ao mesmo tempo em um mesmo *hardware*. Com a implantação de múltiplos servidores em um número menor de servidores físicos, é possível aumentar a utilização média de recursos dos servidores, enquanto diminui o número de máquinas e o espaço físico necessário para abrigá-los. Portanto, o principal desafio é permitir que os diversos sistemas executando em ambientes isolados, executem em plataformas de *hardware* compartilhado, reduzindo drasticamente a complexidade. Por fim, com a consolidação de servidores a empresa poderá aproveitar os seus equipamentos descartados para outras finalidades, por exemplo, para aumentar a disponibilidade de seus sistemas, implantando soluções de tolerância a falhas.

1.2 Objetivo e Contribuições

As plataformas de virtualização, por emularem um ambiente computacional sobre outro impõem algumas restrições de implementação e de desempenho. Portanto, o principal propósito deste trabalho é realizar uma análise comparativa quantitativa entre duas bem consolidadas plataformas de virtualização voltadas para o uso em servidores de grande porte, o VMware ESXi 5.5 e o Xen Server 6.2, a fim de compreender o desempenho resultante em termos de processador, memória, disco, rede, e sistema. Este desempenho é testado utilizando benchmarking e mensurado através de métricas e testes, com a utilização de Phoronix Test Suit⁵. Por fim, esta análise servirá como apoio ao Grupo Casa da Vaca durante a escolha de uma ferramenta de virtualização a ser implantada como parte de sua infraestrutura de TI, seja por suas características e pelo desempenho apresentado.

Para atingir este objetivo, esta monografia apresenta duas principais contribuições. A primeira contribuição é uma análise comparativa de duas plataformas de virtualização. Ela contribui especificamente com relevantes informações para (i) verificar o desempenho destas plataformas de virtualização; (ii) suportar empresas durante a escolha de uma plataforma apropriada; e (iii) verificar atributos e requisitos relevantes para serem otimizados. A segunda contribuição é o relato da consolidação de servidores realizada no Grupo Casa da Vaca, onde descrevemos o passo-a-passo da virtualização e as dificuldades encontradas.

O constante avanço da virtualização, juntamente com a escassez de trabalhos que trazem a comparação entre estas plataformas despertaram o interesse pela realização deste trabalho. Com a realização deste trabalho, espera-

⁵ <http://www.phoronix-test-suite.com/>

se conseguir importantes informações para o uso adequado da virtualização de forma a aproveitar todos os seus benefícios, eliminando possíveis vulnerabilidades. Este estudo abre um novo caminho de pesquisa na área relacionada ao desempenho de plataformas de virtualização.

1.3 Estrutura da Monografia

Esta monografia está organizada da seguinte forma. O Capítulo 2 introduz os conceitos de virtualização e fornece uma visão geral das ferramentas VMware e Xen. O Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada para avaliar o desempenho das plataformas de virtualização, VMware ESXi 5.5 e Xen Server 6.2. O Capítulo 4 apresenta e discute os resultados dos experimentos realizados e descreve os procedimentos adotados durante a consolidação de servidores em uma empresa de médio porte. Finalmente, o Capítulo 5 conclui este trabalho e propõe direções para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Referencial Teórico

A virtualização é uma tecnologia que oferece uma camada de abstração dos verdadeiros recursos de uma máquina, provendo um *hardware* virtual para cada sistema, com o objetivo de “esconder” as características físicas e à forma como os sistemas operacionais e aplicações interagem com os recursos computacionais (Menasce et al., 2005; Sahoo et al., 2010). Neste capítulo, nós fornecemos as informações básicas necessárias para a leitura desta monografia. A Seção 2.1 inclui uma breve introdução sobre virtualização e sua importância para as organizações. A Seção 2.2 descreve as principais plataformas de virtualização disponíveis atualmente, VMWare e Xen.

2.1 Introdução a Virtualização

O conceito de virtualização não é recente. A tecnologia de virtualização de sistema foi introduzida pela IBM Corporation em 1960, quando desenvolveu o sistema operacional experimental M44/44X (Laureano et al., 2008; Sahoo et al., 2010; Seo, 2009). A tendência dominante nos sistemas naquela época era fornecer a cada usuário um ambiente monousuário completo, com seu próprio sistema operacional e aplicações, completamente independente e desvinculado dos ambientes dos demais usuários (Laureano et al., 2008). No entanto, ao longo dos anos 70, como o desenvolvimento de sistemas operacionais multitarefas

eficientes e seguros como MULTICS e UNIX, as máquinas virtuais de sistema perderam gradativamente seu interesse (Laureano et al., 2008).

No início dos anos 90, com o aumento do poder computacional dos atuais processadores, a disseminação de sistemas distribuídos e a onipresença das redes de computadores, o interesse pelas tecnologias de virtualização voltou à tona (Carissimi, 2008). Atualmente, as soluções de virtualização de linguagens e de plataformas vêm despertando grande interesse do mercado. Várias linguagens são compiladas para máquinas virtuais portáteis e os processadores mais recentes trazem um suporte nativo à virtualização (Laureano et al., 2008).

A virtualização é obtida através da distribuição de seus recursos (espaço em memória principal, processador, espaço em disco, etc) entre diferentes programas (Carissimi, 2008; Menasce et al., 2005; Sahoo et al., 2010). Segundo Sahoo et al. (2010), dois principais benefícios oferecidos por qualquer tecnologia de virtualização são:

Compartilhamento de recursos. Ao contrário do ambiente não virtualizado, em que todos os recursos são dedicados aos programas em execução, em ambiente virtualizado as máquinas virtuais compartilham os recursos físicos.

Isolamento. Uma das questões-chave na virtualização é fornecer isolamento entre as máquinas virtuais que estão sendo executados no mesmo *hardware* físico. Consequentemente, os programas executados em uma máquina virtual não podem ver os programas em execução em outra máquina virtual. Isso previne que uma aplicação afete outra quando há uma atualização ou mudança.

A utilização da virtualização tem-se revelado uma alternativa interessante em diversos paradigmas da computação. Atualmente não faltam motivações para o uso de virtualização. Algumas das motivações são a centralização e consolidação de carga de diversos servidores subutilizados em poucos ou apenas um servidor (consolidação de servidores), possibilidade de

executar *software* legado que não funciona recentemente, em *hardware* recente em máquinas virtuais que simulem *hardware* compatível, criação de ambientes seguros e isolados para execução de aplicações não confiáveis, *debugging*/monitoramento de aplicações sem interferir no ambiente de produção, facilidade de migração das aplicações e servidores, economia atraente em *hardware*, uso de energia, custos de gestão, e suporte de tolerância a falhas, na medida em que evita custos com interrupção de serviço e perda de dados (Harbaugh, 2011; Laureano et al., 2008; Menasce et al., 2005; Sahoo et al., 2010; Seo, 2009; Silva, 2007).

2.1.1 Monitor de Máquina Virtual

A virtualização é comumente definida como uma tecnologia que introduz uma camada de abstração de *software* entre o *hardware* e o sistema operacional e os aplicativos executando sobre ela (Sahoo et al., 2010). Esta camada de abstração é chamada de monitor de máquina virtual ou hipervisor e basicamente oculta os recursos físicos do sistema de computação do sistema operacional (Oliveira, 2007; Sahoo et al., 2010; Seo, 2009). Assim, torna-se possível executar diretamente em Linux uma aplicação escrita para Windows, pois as chamadas de sistema emitidas pelo programa serão compreendidas pelo sistema operacional subjacente.

Além disso, uma vez que os recursos de *hardware* são diretamente controlados pelo monitor de máquina virtual e não pelo sistema operacional, é possível executar múltiplos sistemas operacionais em paralelo no mesmo *hardware* (Carissimi, 2008; Miranda, 2010; Oliveira, 2007; Rose, 2004; Sahoo et al., 2010; Silva, 2007). Cada sistema tem a ilusão de estar executando sozinho no computador quando na realidade ele está compartilhando recursos com os demais (Carissimi, 2008). Como resultado, a plataforma de *hardware* é dividida

em uma ou mais unidades lógicas chamadas máquinas virtuais (Sahoo et al., 2010). Observa-se na Figura 2.1 o relacionamento entre o monitor de máquina virtual e as máquinas virtuais.

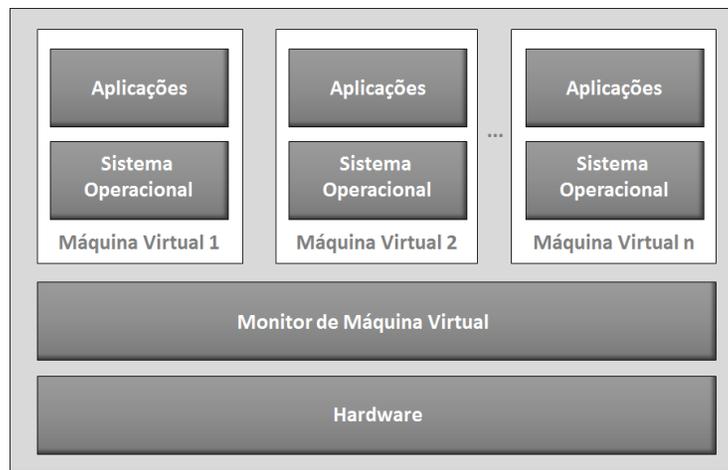


Figura 2.1 Relacionamento entre o monitor de máquina virtual e as máquinas virtuais (Rose, 2004)

Um monitor de máquina virtual é uma camada adicional de *software* entre o *hardware* e o sistema operacional que virtualiza todos os recursos da máquina de *hardware*. Ele cria um ambiente de execução de *hardware* virtual chamada de "máquina virtual" (Nieh e Leonard, 2000). Uma máquina virtual nada mais é que uma camada de *software* que oferece um ambiente completo muito similar a uma máquina física (Carissimi, 2008). Portanto, como mostra a Figura 2.1, em um ambiente de máquinas virtuais, o monitor de máquina virtual executa no modo supervisor (modo onde instruções podem ser definidas e executadas) enquanto as máquinas virtuais executam no modo usuário.

Múltiplas máquinas virtuais podem ser usadas ao mesmo tempo, e cada máquina virtual proporciona isolamento do *hardware* real e outras atividades do sistema subjacente (Nieh e Leonard, 2000). Assim, cada máquina virtual pode ter seu próprio sistema operacional; bibliotecas; aplicativos e periféricos como serviços de rede, disco rígido, memória RAM e CPU (Carissimi, 2008). Em

ambiente virtualizado podemos, por exemplo, criar uma máquina virtual executando Windows, outra executando Linux, outra executando FreeBSD, além de outras, as quais executarão simultaneamente em um único servidor físico. Nesta proposta, cada máquina virtual geralmente é armazenada no disco da máquina física como um só arquivo, o que torna extremamente prático operações de backup, mudança de máquinas virtuais de um servidor físico para outro, adicionar cópias de sistemas, e testar novos sistemas (Silva, 2007; Nieh e Leonard, 2000).

Um ambiente de máquina virtual consiste de três partes básicas:

- O sistema real (nativo ou hospedeiro), que contém os recursos reais de *hardware* e *software* do sistema;
- O sistema virtual (convidado), que executa sobre o sistema virtualizado em nível de usuário;
- A camada de virtualização (hipervisor ou monitor de máquina virtual), que constrói as interfaces virtuais a partir da interface real.

Segundo Seo (2009), no processo de construção de sistemas de máquinas virtuais o monitor de máquina virtual pode atuar de duas maneiras:

Máquinas virtuais clássicas (Tipo I). O monitor de máquina virtual é implementado diretamente sobre a camada de *hardware*, tendo logo acima os sistemas convidados e suas aplicações (Figura 2.2(a)). Por exemplo: VMWare ESXi⁶ e Xen⁷.

Máquinas virtuais hospedadas (Tipo II). O monitor de máquina virtual é implementado sobre o sistema hospedeiro, de forma que os sistemas convidados

⁶ <http://www.vmware.com/products/esxi>

⁷ <http://www.xen.org>

ficam em uma terceira camada de *software* (Figura 2.2(b)). Ex: VMWare Workstation⁸, VirtualBox⁹ e QEMU¹⁰.

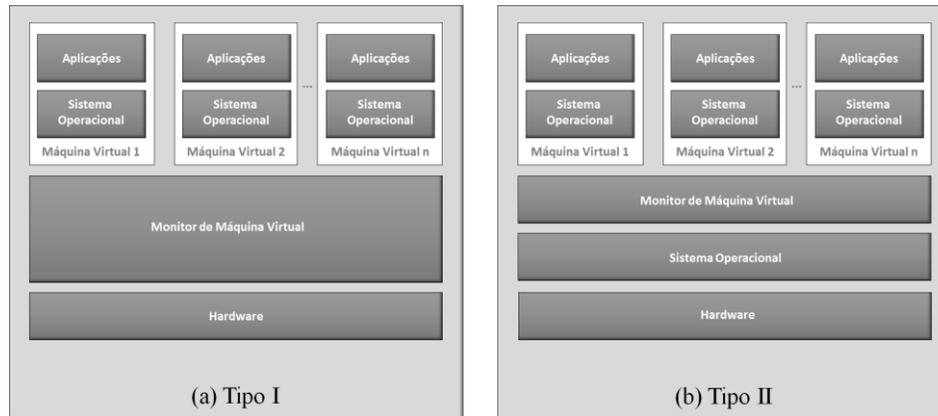


Figura 2.2 Maquinas virtuais Tipo I e Tipo II

2.1.2 Tipos de Virtualização

A arquitetura dos monitores de máquinas virtuais que virtualizam por abstração do *hardware* pode ser de dois tipos principais, virtualização completa e a paravirtualização. Estes tipos de virtualização estão sendo muito difundidos nos últimos anos e são atualmente a forma mais utilizada para virtualizar sistemas operacionais. A seguir nós apresentamos uma breve descrição de ambos os tipos de virtualização.

Virtualização Completa. Com a virtualização completa é fornecida uma réplica do *hardware*. Assim, o sistema operacional e as aplicações poderão ser executados na máquina virtual da mesma maneira que seriam sobre o *hardware* original (Rose, 2004). O principal benefício deste tipo de virtualização é que o sistema convidado, não necessita de qualquer modificação em sua estrutura.

⁸ <http://www.vmware.com/products/ws>

⁹ <https://www.virtualbox.org/>

¹⁰ <http://www.nongnu.org/qemu>

Porém, conforme Laureano (2006), a desvantagem na virtualização completa é a perda de desempenho para o gerenciamento de memória e disco.

Paravirtualização. Na paravirtualização, o sistema convidado necessariamente deve ser modificado para interagir com o monitor de máquinas virtuais. Apesar desta modificação reduzir a portabilidade do sistema, a paravirtualização permite que máquinas virtuais comuniquem-se diretamente com o *hardware* (Silva, 2007). Em outras palavras, ao invés de todas as máquinas virtuais se comunicarem com o sistema anfitrião, é a máquina privilegiada que gerencia a interação e recebe as chamadas passadas pelos outros sistemas virtuais (Silva, 2007). Na paravirtualização, os dispositivos de *hardware* são utilizados em sua capacidade total, pois são acessados por *drivers* da própria máquina virtual, o que dispensa utilização de *drivers* genéricos para o seu funcionamento. O ganho de desempenho é o principal fator para que se opte por utilizar a paravirtualização (Laureano, 2006).

Na virtualização completa, o sistema operacional convidado tenta executar tarefas protegidas e, por estarem no espaço de aplicação do sistema operacional hospedeiro, não podem ser executadas. No entanto, o monitor de máquina virtual intervém e executa ou simula a execução dessas, o que reduz o desempenho da virtualização completa. Já a para virtualização apresenta-se como uma alternativa a isso, na medida em que o sistema operacional convidado é modificado para não tentar executar diretamente na CPU as tarefas protegidas, mas entregar essas ao monitor de máquina virtual. Este tipo de virtualização tem um ganho de desempenho significativo frente à virtualização completa (Mattos, 2008).

2.2 Plataformas de Virtualização

A virtualização tem se tornado a grande revolução da área de TI nesses últimos anos (Carissimi, 2008, VMware, 2014; XenServer, 1999-2014). Atualmente existem várias plataformas que oferecem suporte a virtualização, tanto soluções proprietárias, quanto livres. São exemplos dessa tecnologia: VMWare¹¹, Xen¹², VirtualBox¹³, Microsoft Virtual Server¹⁴, e outras. As plataformas VMware e Xen são apresentadas nesta seção. O objetivo desta seção é identificar suas características, particularidades e benefícios.

2.2.1 VMware

O VMware é um *software* proprietário que provê uma camada de virtualização que suporta vários sistemas operacionais sobre um *hardware* (Silva, 2007; Nieh e Leonard, 2000). Lançado em 1999, foi à primeira solução de virtualização para computadores baseados na arquitetura x86. A empresa desenvolvedora do VMware, a VMware Inc. é uma subsidiária da EMC Corporation e localiza-se em Palo Alto, Califórnia, Estados Unidos (Silva, 2007). O VMware é uma infraestrutura de virtualização completa, fornecendo *software* para virtualização desde ambientes *desktops* à ambientes de *data centers* organizados em três categorias: gestão e automatização, infra-estrutura virtual e virtualização de plataformas (Carissimi, 2008).

O VMWare é executado como se fosse um programa, no espaço de aplicação, dentro de um sistema operacional hospedeiro, o qual fica responsável

¹¹ <http://www.vmware.com>

¹² <http://www.xenserver.org/>

¹³ <https://www.virtualbox.org/>

¹⁴ <http://www.microsoft.com/windowsserversystem/virtualserver/>

pela abstração dos dispositivos que serão disponibilizados para o sistema operacional convidado (Mattos, 2008). Os sistemas operacionais suportados atualmente como sistemas operacionais convidados incluem Windows 95/98/2000/NT, FreeBSD, Solaris, Novell Netware, DOS, e Linux. Teoricamente, qualquer sistema operacional que pode ser executado em uma arquitetura x86 pode funcionar como um sistema operacional convidado (VMWare, 2014). Para os sistemas operacionais do hospedeiro, o VMware atualmente é suportado no Windows 2000/NT e Linux (VMWare, 2014). Além disso, há uma versão sem suporte que pode utilizar o FreeBSD 4.0 (Nieh e Leonard, 2000).

Na arquitetura do VMWare, a virtualização ocorre a nível de processador. As instruções privilegiadas a serem executadas são capturadas e virtualizadas pelo monitor de máquina virtual, enquanto que as outras instruções são executadas diretamente no processador hospedeiro (Quétier et al., 2006). Os recursos de *hardware* também são virtualizados. O suporte para os diversos dispositivos é fornecido pelo próprio sistema operacional hospedeiro. Para ter acesso aos dispositivos, o VMWare instala um *driver* de dispositivo, o VMDriver. Este driver põe a placa de rede em modo promíscuo, recebendo todos os quadros ethernet, e cria uma ponte (*bridge*), que encaminha os quadros para o sistema hóspede ou para a máquina virtual especificada (Mattos, 2008).

O sistema operacional em execução no VMware pode ser reiniciado, modificado e reinstalado sem afetar a integridade de outros aplicativos em execução no computador (Nieh e Leonard, 2000). Portanto, ele proporciona isolamento para que uma falha ou mau comportamento de um sistema operacional convidado não interfira no outro sistema operacional convidado ou o sistema subjacente. Por exemplo, uma queda do sistema operacional convidado não vai travar o sistema subjacente.

As principais versões do VMware são: VMware ESX Server, VMware Server, VMware Workstation e VMware Player.

VMware ESX Server. É um sistema operacional hospedeiro (Mattos, 2008). VMware ESX Server é a versão comercial do produto VMware voltado para o uso corporativo em servidores de grande porte. Ele é uma máquina virtual do Tipo I que possui um sistema operacional próprio e otimizado para gerenciar máquinas virtuais. No VMware ESX Server, cada máquina virtual representa um sistema completo, com processador, memória, disco e BIOS, provendo um completo ambiente de execução, o que faz com que os sistemas operacionais convidados não precisem ser modificados (VMWare, 2014).

VMware Server. É a versão para uso em servidores de pequenos e médios portes. Tornou-se gratuito em 12 de junho de 2006 e disponibilizado para download no site oficial do fabricante (VMWare, 2014). O VMware Server é uma máquina virtual do tipo hospedada, ou seja, é necessário que o *software* execute sobre um sistema operacional anfitrião. Ele permite que sejam criadas diversas máquinas virtuais suportando alguns sistemas convidados de um modo otimizado. O VMware Server, assim como o VMware ESX, também suporta máquinas virtuais com uma ou duas CPU virtuais. Ele pode compartilhar com os sistemas convidados os periféricos do *hardware* como: CDROM , placas de rede e portas USB. Com ele existe a possibilidade de criar registros instantâneos (chamado de "snapshot") de uma máquina virtual num dado momento, no qual é possível fazer backup em um determinado estado, ou testar configurações em que se pode reverter (Silva, 2007).

VMware Workstation. Esta é a versão comercial do VMware que é utilizada em estações de trabalho (VMWare, 2014). Possui basicamente os mesmos recursos do VMware Server inclusive com a possibilidade de criar máquinas virtuais. O VMware Workstation destaca-se pela facilidade de uso

proporcionada por seus assistentes que guiam o usuário no processo de criação de máquinas virtuais. Ele possui um assistente que ajuda a montar clones de máquinas virtuais, criar grupos de máquinas virtuais e colocá-las em redes (VMWare, 2014). Além disso, com o VMware Workstation é possível criar máquinas virtuais em dispositivos externo como um disco rígido ou um pen-drive, através de um produto adicional chamado ACE Option Pack (Silva, 2007).

VMware Player. Esta é a versão mais simples do produto e que também é disponibilizada gratuitamente para *download* no site do fabricante (VMWare, 2014). O VMware Player é indicado para aplicações leves e não cria máquinas virtuais, porém executa as máquinas virtuais criadas por outras versões mais completas. (Silva, 2007).

2.2.2 Xen Server

O Xen é um monitor de máquina virtual licenciado nos termos da GNU General Public Licence (GPL), para arquiteturas x86 (XenServer, 1999-2014). Ele é uma plataforma de virtualização do Tipo I, que permite vários sistemas operacionais hóspedes serem executados em um mesmo sistema hospedeiro. O Xen é originário de um projeto de pesquisa da universidade de Cambridge chamado XenServer, cujo objetivo era “prover uma infra-estrutura pública para computação distribuída” (Carissimi, 2008). Este projeto resultou em uma empresa, a XenSource inc, adquirida pela Citrix System em outubro 2007 (Carissimi, 2008). Os sistemas operacionais mais comuns no mercado têm versões para o Xen. Alguns dos sistemas suportados pelo Xen são Linux, FreeBSD e Windows XP (Mattos, 2008). Merecem destaque algumas distribuições Linux como o Red Hat e o Debian, que já possuem suporte nativo ao Xen.

O Xen possui acesso privilegiado ao *hardware* e os sistemas convidados utilizam esse acesso privilegiado como uma espécie de “ponte” para acessar o *hardware* (Silva, 2007). Ele é bem conhecido pelo seu ótimo desempenho, que fornece um conjunto de abstrações (processador virtual, memória virtual, rede virtual etc.) sobre o qual diferentes sistemas podem ser suportados (Mattos, 2008; Deshane et al., 2008). Desde o seu lançamento público em 2003, o Xen tem sido alvo de muitas comparações de desempenho (Apparao et al., 2008; Cherkasova e Gardner, 2005; Clark et al., 2004; Matthews et al., 2007; Menon et al., 2006; Ongaro et al., 2008; Theurer et al., 2006).

A realocação de recursos no Xen é uma proposta que tem como objetivo realocar recursos dinamicamente entre as máquinas virtuais (Zorzo et. al, 2008). Para a virtualização da memória, o Xen reserva para cada máquina virtual uma determinada quantidade de memória, que pode ser alterada a qualquer momento sem a necessidade de terminar ou reiniciar a máquina virtual, tornando o acesso à memória direto e mais eficiente (Laureano, 2006). Além disso, cada máquina virtual pode ter uma ou mais interfaces de rede virtuais. A comunicação entre as interfaces é implementada por dois *token rings*, um para enviar e outro para receber (Quétier et al., 2006).

O Xen iniciou trabalhando com a paravirtualização. Entretanto, atualmente o Xen conta com um domínio no qual é feita a virtualização completa, o que permite que sistemas operacionais não modificados sejam executados sobre o monitor de máquina virtual Xen (XenServer, 1999-2014). Inicialmente, a escolha pela paravirtualização justificava-se pelo fato de que o ganho em desempenho era muito maior do que com a virtualização completa. No entanto, com o advento das arquiteturas AMD-V e Intel VT, arquiteturas que dão o suporte de *hardware* para virtualização, a virtualização completa passou a obter resultados de desempenho melhores que os da paravirtualização (Mattos, 2008, XenServer, 1999-2014).

Capítulo 3

Metodologia

As tecnologias de virtualização de sistema, tornaram-se muito populares com a chegada de soluções como o Xen e VMware (Anhalt e Primet, 2009). Portanto este capítulo tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada durante a análise comparativa entre ambas as plataformas. Nós optamos por concentrar a nossa análise sobre estas plataformas, pois são duas das plataformas mais adotadas no meio corporativo. Além disso, são plataformas que fornecem nativamente uma interface gráfica de configuração e gerenciamento de máquinas virtuais completas e de fácil utilização. A Seção 3.1 descreve a configuração do estudo, fornecendo detalhes das plataformas de virtualização utilizadas, configurações da máquina hospedada e hospedeiro, bem como o *benchmark* utilizado durante os testes. A Seção 3.2 discute as ameaças à validade dos resultados obtidos.

3.1 Configuração do Estudo

A criação, configuração, execução e administração de máquinas virtuais, no VMWare ESXi 5.5 e Xen Server 6.2, podem ser feitas através da interface gráfica, conforme as Figuras 3.1 e 3.2 respectivamente. Ambas as plataformas podem ser obtidas através do site do fabricante. Note que a plataforma VMWare tem uma licença completa, com validade de 60 dias, que pode ser obtida através

de cadastro prévio. Além disso, vale salientar que a ISO de instalação do VMWare ESXi 5.5 tem 327 MB, enquanto a ISO de instalação do Xen Server 6.2 tem 563 MB.

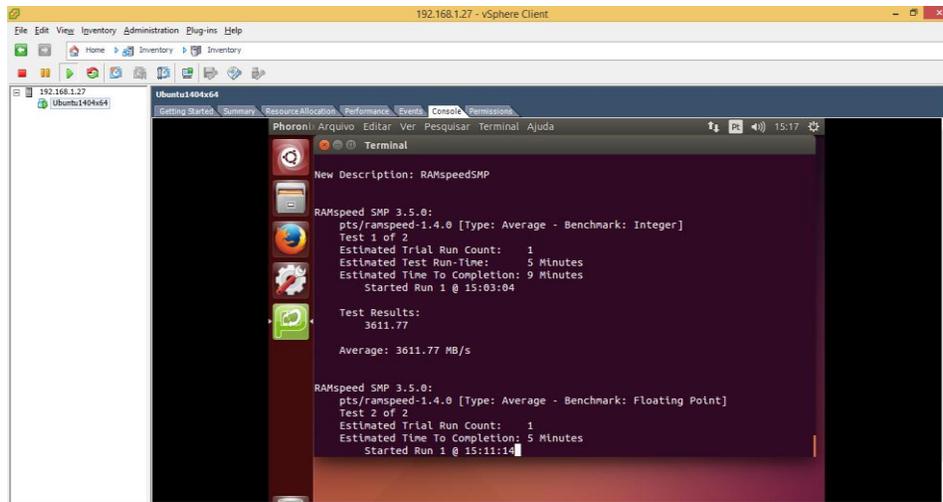


Figura 3.1 Gerenciamento de máquinas virtuais no VMWare ESXi 5.5



Figura 3.2 Gerenciamento de máquinas virtuais no Xen Server 6.2

Para o nosso conjunto de testes, estas plataformas foram instaladas em uma estação de trabalho Dell PowerEdge 1900 com dois processadores Intel

Xeon 5110 1.60 GHz, com 12 GB de memória RAM e um disco rígido WD1600JS com 160 GB de capacidade e 7.200 RPM. A distribuição Linux escolhida para ser o sistema hospedeiro foi o Ubuntu 14.04.1 LTS x64 apelidado de “Trusty Tahr”, lançado em Julho de 2014. A versão utilizada do Kernel foi a 3.13.0-32-generic.

3.1.1 Phoronix Test Suite

O desempenho é uma importante consideração para o desenvolvimento e utilização de máquinas virtuais. O desempenho entre diferentes plataformas de virtualização pode ser testado usando *benchmarking* e mensurado através de diferentes métricas, permitindo a comparação entre as diferentes plataformas (Barnett, 2007; Seltzer et al., 2007). *Benchmarking* é uma maneira de mensurar o desempenho de um sistema aplicando a ele uma carga de trabalho específica (Saavedra e Smith, 1996). O Phoronix Test Suite¹⁵ é a mais abrangente plataforma de testes e *benchmarking* originalmente desenvolvido para o sistema Linux. Atualmente foi adicionado suporte para os sistemas operacionais Phoronix Test Suite para Apple OS X, Microsoft Windows, BSD, Solaris, entre outras plataformas compatíveis com POSIX, como o GNU Hurd. Além disso, ele pode ser adaptado para executar em plataformas que vão de *smartphones* e computadores pessoais para estações de trabalho com múltiplos núcleos e infraestruturas de computação em nuvem (Phoronix, 2008-2014).

O Phoronix Test Suite é um *software* de código aberto, licenciado sob a GPL do GNU. Ele é o teste mais abrangente disponível que fornece uma estrutura extensível para que novos testes possam ser facilmente adicionados, podendo ser usado em uma organização para fins internos de garantia da qualidade, validação de *hardware* e gestão contínua de desempenho. Ele foi

¹⁵ <http://www.phoronix-test-suite.com/>

projetado para efetivamente realizar ambos os *benchmarks* qualitativos e quantitativos de uma forma limpa, reproduzível e fácil de usar (Phoronix, 2008-2014).

O Phoronix Test Suite torna o processo de realização de testes automatizados simples e com precisão estatística. Há mais de 90 comandos que são acessíveis através da linha de comando Phoronix Test Suite. O Phoronix Test Suite simplesmente não se limita a instalação e execução de testes, mas também oferece uma riqueza de opções para analisar os resultados dos testes, mesclando vários conjuntos de teste, de fácil construção de novos conjuntos de testes, validação perfis de teste, e muito mais (Phoronix, 2008-2014). O Phoronix Test Suit recebeu adoção generalizada e é usado por inúmeras publicações técnicas para facilitar as comparações de desempenho de *hardware* (Campagna e Violante, 2012; Dustyn et al., 2010; Graziano, 2011; Lombardi e Pietro, 2010; Miranda, 2010). Além disso, é usado por muitas empresas da Fortune 500 e outras organizações globais para diversos fins (Phoronix, 2008-2014).

A instalação do Phoronix Test Suit pode ser obtida no site do fabricante na sessão de *downloads*. A versão utilizada neste trabalho será a 5.2.1 de 05 de Junho de 2014 apelidada de “Khanino”. Após a instalação do Phoronix é necessária à instalação do PHP5 CLI - interpretador de comandos, obtidos via apt-get. Os resultados emitidos pelo Phoronix Test Suite podem ser exibidos de diversas formas como simplesmente via texto, conforme a Figura 3.3 ou através de um relatório em XML mais completo com informações de *hardware*, *software*, gráficos, entre outras informações que serão exibidos no navegador, como mostra a Figura 3.4. Além disso, os resultados podem ser enviados para a Phoronix Global¹⁶ para serem disponibilizados na Internet (Phoronix, 2008-2014).

¹⁶ <http://global.phoronix.com/>.

```
7-Zip Compression 9.20.1:
pts/compress-7zip-1.6.0
Test 1 of 1
Estimated Trial Run Count: 3
Estimated Time To Completion: 3 Minutes
Started Run 1 @ 14:26:35
Started Run 2 @ 14:27:22
Started Run 3 @ 14:28:10 [Std. Dev: 1.27%]

Test Results:
2777
2725
2792

Average: 2765 MIPS
```

Figura 3.3 Resultado com o Phoronix, modo texto

O Phoronix Test Suite possui capacidade para diversos testes facilmente listados com o comando “phoronix-test-suite list-tests”. Dentre os diversos testes disponíveis, sete foram escolhidos para uma análise comparativa. Estes testes são detalhados a seguir:

7-Zip Compression. Teste de velocidade de compactação utilizando a ferramenta 7-Zip. A unidade de medida utilizada é MIPS - Milhões de instruções por segundo.

LZMA Compression. Teste de velocidade de compactação de arquivo de 256 MB, utilizando o algoritmo de compressão de dados de Lempel-Ziv-Markov¹⁷. A unidade de medida utilizada é segundos (s). Este algoritmo se caracteriza pela sua alta taxa de compressão (a velocidade de compressão de 1 MB/s em uma CPU de 2 GHz), requer pouca memória e suporte a *multi-threading*.

RAMspeed SMP. Este *benchmark* testa o desempenho de memória (RAM) do sistema através de cálculos com números inteiros e reais. A unidade de medida utilizada é MB/s (Megabytes por segundos).

¹⁷ http://en.wikipedia.org/wiki/Lempel-Ziv-Markov_chain_algorithm.

V.7-Zip

V.7-Zip

Generated by Phoronix Test Suite v5.2.1 (Khanino) on 2014-11-02 14:26:35.



System Information	Results Overview	Test Results	System Logs	Test Logs
--------------------	------------------	--------------	-------------	-----------

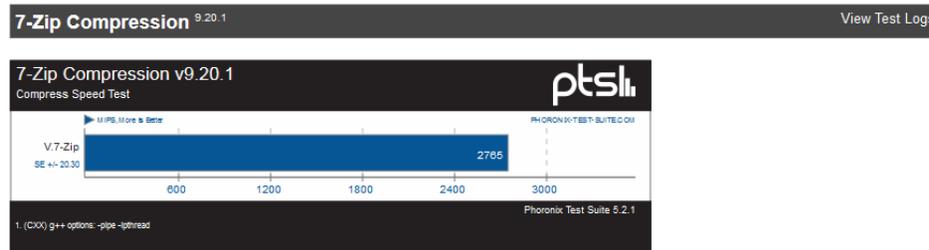
System Information

V.7-Zip	
PHORONIX-TEST-SUITE.COM	Phoronix Test Suite 5.2.1
Intel Xeon 5110 @ 1.60GHz (2 Cores)	Processor
Intel 440BX	Chipset
Intel 440BX/ZX/DX	Chipset
6144MB	Memory
32GB Virtual disk	Disk
VMware SVGA II	Graphics
VMware VMXNET3	Network
Ubuntu 14.04	OS
3.13.0-32-generic (x86_64)	Kernel
Unity 7.2.3	Desktop
X Server 1.15.1	Display Server
vmtoolsd 13.0.2	Display Driver
GCC 4.8.2	Compiler
x86	File System
800x600	Screen Resolution
VMware	Screen Lib

Results Overview

V.7-Zip	
ptsli	V.7-Zip
Phoronix Test Suite	
7-Zip Compression	2765
Standard Error	20.30
Standard Deviation	1.27%
PHORONIX-TEST-SUITE.COM	

Test Results



Copyright © 2008 - 2014 by Phoronix Media.
All trademarks used are properties of their respective owners. All rights reserved.



Figura 3.4 Relatório do resultado com o Phoronix, via navegador

IOzone. Teste de disco para leitura e escrita, com tamanho de registro de 1 MB e tamanho de arquivo de 8 GB. A unidade de medida utilizada é MB/s (Megabytes por segundos).

SQLite. Teste que mede o tempo para executar um número pré-determinado de inserções em um banco de dados indexado. A unidade de medida utilizada é segundos (s).

Loopback TCP Network Performance. Este teste mede o desempenho da placa de rede através de uma transferência de 10 GB via loopback, usando uma micro referência para medir o desempenho do TCP. A unidade de medida utilizada é segundos (s).

Apache Benchmark. Este teste mede quantas requisições por segundo (s) um determinado sistema pode sustentar, quando realizando 1.000.000 requisições com 100 requisições sendo realizadas simultaneamente.

3.2 Validade do Estudo

Uma questão fundamental na realização desses testes é a validade dos resultados. Perguntas que precisamos responder incluem: o estudo foi concebido e realizado de uma maneira sólida e controlada? para quais domínios podemos generalizar os resultados? Esta seção apresenta as diferentes ameaças à validade relacionadas com os testes realizados. Apresentamos como as ameaças foram abordadas antes do estudo para minimizar a probabilidade de sua realização e impacto. Nós discutimos a validade do estudo com relação aos quatro grupos de ameaças à validade comuns (Wohlin et al, 2012): validade externa, validade interna, validade de construto e validade conclusão.

Validade Externa. A validade externa refere-se à capacidade de generalização dos resultados para outros ambientes (Wohlin et al., 2012). A validade externa

deste estudo foi durante a escolha das plataformas de virtualização. Nós escolhemos duas plataformas, entre muitas disponíveis, e nós não podemos garantir que nossos testes podem ser generalizados para outras plataformas. Para minimizar essa ameaça, nós selecionamos plataformas bem consolidadas na indústria. Além disso, para simular situação prática, tanto quanto possível, optamos pelas versões estáveis e mais recentes disponíveis. Outra validade externa verificada diz respeito à realização dos testes em um ambiente de apenas uma máquina virtual. Isso não garante que os resultados serão os mesmos em um teste de maior escala, com várias máquinas virtuais. É importante ressaltar que nossa análise é válida apenas para as configurações definidas na Seção 3.1.

Validade Interna. A validade interna refere-se à questão de saber se o efeito é causado pelas variáveis independentes ou por outros fatores (Wohlin et al., 2012). Ameaças à validade interna são influências que não foram consideradas e que podem afetar o desempenho das plataformas utilizadas. Neste sentido, uma limitação deste estudo diz respeito à confiabilidade. Do ponto de vista do autor, uma potencial ameaça é a confiabilidade dos testes realizados. Portanto, a confiabilidade foi abordada na medida do possível. Para minimizar esta ameaça, o Phoronix Test Suite possui precisão estatística. Se Phoronix detecta um desvio padrão entre as execuções de testes superiores a um limiar pré-definido, ele pode automaticamente executar o teste para tempos adicionais para garantir que o resultado reportado é preciso. Além disso, ele envolve três testes consecutivos, a fim de evitar, tanto quanto possível interferência.

Para eliminar dependências da máquina todos os testes foram realizados na mesma máquina e sobre o mesmo sistema operacional hospedeiro. Todos os esforços foram feitos para minimizar a influência do meio ambiente: plataforma de virtualização e plataforma de teste. Note que Phoronix Test Suite mostra a descrição detalhada da configuração usada durante os testes computacionais através da interface gráfica. As informações incluem os principais componentes

de *software* e *hardware*, e os detalhes mais minuciosos, como informações do relógio para o processador gráfico e versões de drivers instalados. Se os testes são replicados por outros pesquisadores, é possível obter um valor muito aproximado ao valor que encontramos. No entanto, em geral, acreditamos que a validade interna é elevada dada a utilização de um procedimento detalhado que pode ser repetível.

Validade de Construto. A validade de construto reflete até que ponto as medidas operacionais que são estudadas realmente representam o que o pesquisador tem em mente e o que é investigado (Wohlin et al., 2012). Do ponto de vista do autor, as ameaças à validade de construto poderiam ser o julgamento tendencioso, ou seja, as conclusões de qual plataforma de virtualização utilizar podem ter sido afetadas por interesse e opiniões pessoais. Para minimizar essa ameaça as conclusões foram validadas por três colaboradores no Grupo Casa da Vaca que pertencem ao departamento de informática.

Validade de Conclusão. A validade de conclusão diz respeito à relação entre os tratamentos e os resultados da avaliação (Wohlin et al., 2012). A partir da perspectiva crítica, a decisão de quais testes serão utilizados para medir o desempenho das plataformas de virtualização (ou seja, se as instâncias de benchmark são suficientes para a avaliação de desempenho), representam uma ameaça à validade de conclusão. Nós não podemos afirmar que esses casos são sempre utilizados na prática. Para minimizar essa ameaça, nós escolhemos testes realistas e amplamente utilizados na literatura, aplicados tanto no domínio da investigação quanto no domínio do mundo real.

Capítulo 4

Análise Comparativa

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma análise comparativa de desempenho entre duas plataformas: VMWare ESXi 5.5 e Xen Server 6.2. A Seção 4.1 inclui a execução dos testes e apresenta os resultados da análise comparativa realizada entre ambos os ambientes. A Seção 4.2 discute os resultados encontrados. Por fim, a Seção 4.3 descreve o planejamento estratégico para a implantação da virtualização em uma empresa de médio porte, bem como as principais dificuldades encontradas durante a implantação.

4.1 Execução dos Testes

Nosso teste de desempenho se concentra em cinco pilares: processador, memória, disco, rede, e sistema. Nesta sessão são exibidos os resultados quantitativos da análise comparativa entre as plataformas, VMWare ESXi 5.5 e Xen Server 6.2, em cada uma dessas categorias. Note que o resultado para cada categoria é uma média de múltiplos testes realizados pelo software Phoronix Test Suite em cada uma das plataformas. Em cada plataforma foi criada uma máquina virtual contendo como sistema operacional convidado o Ubuntu 14.04.1 LTS “Trusty Tahr” com 6 GB de RAM, um disco virtual de 30 GB, e 2 núcleos de processamento dos 4 disponíveis pela máquina hospedeira.

4.1.1 Resultados com o 7-Zip Compression

Os testes foram realizados com o 7-Zip Compression benchmark na versão 9.20.1, a fim de medir o desempenho do uso da CPU. Ele mede a velocidade de compactação em cada ambiente, VMWare ESXi e Xen Server. Os resultados obtidos se mostraram melhores para o VMWare ESXi. Observa-se na Figura 4.1 que a máquina virtual no VMWare ESXi conseguiu executar 2765 MIPS contra 2518 MIPS no Xen Server.

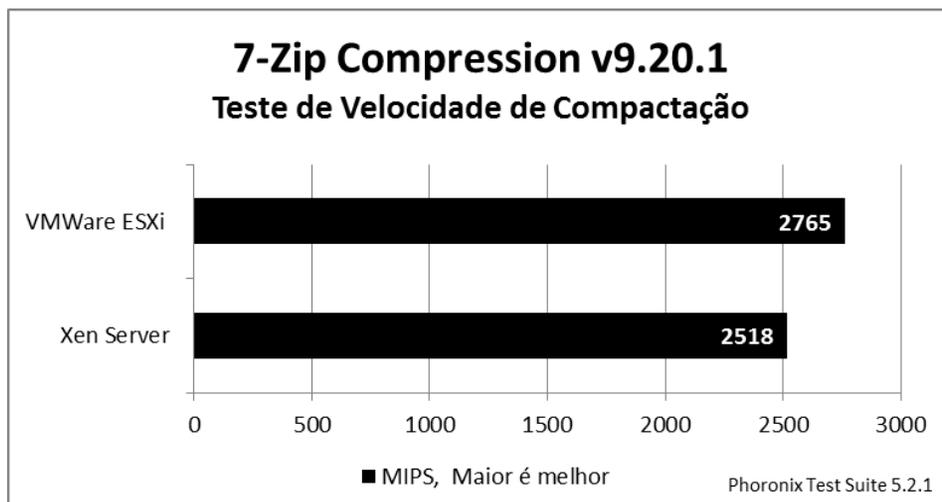


Figura 4.1 7-Zip compression

4.1.2 Resultados com LZMA Compression

Os testes foram realizados com o LZMA Compression benchmark, a fim de medir o desempenho do uso da CPU. Ele mede a velocidade de compactação de um arquivo de 256 MB em cada ambiente, utilizando o algoritmo de compressão de dados “Lempel-Ziv-Markov2”. Os resultados obtidos se mostraram melhores para o VMWare ESXi. Observa-se na Figura 4.2, que a velocidade de

compactação de um arquivo de 256 MB utilizando o VMware ESXi foi de 323,03 segundos, enquanto que para o Xen Server foi de 347,34 segundos.

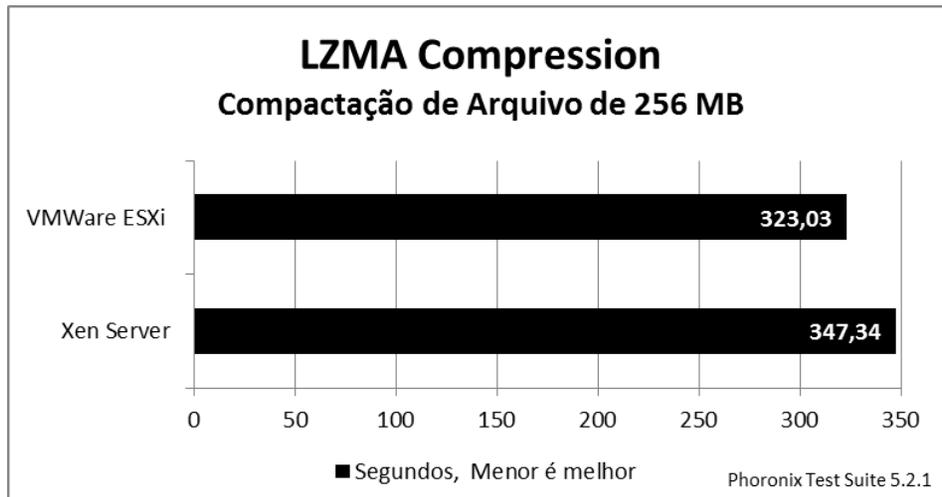


Figura 4.2 LZMA Compression

4.1.3 Resultados com RAMspeed SMP

Os testes foram realizados com o RAMspeed SMP benchmark na versão 3.5.0, a fim de medir a taxa de acesso a memória. Ele testa o desempenho de memória (RAM) do sistema através de cálculos com números inteiros e reais. Os resultados obtidos através do cálculo com números inteiros se mostraram melhores para o VMware ESXi, enquanto que para o cálculo com números reais se mostraram melhores para o Xen Server. Observa-se na Figura 4.3, que a taxa de acesso a memória utilizando números inteiros foi de 3611,77 MB/s para o VMware ESXi, contra 2811,85 MB/s para o Xen Server. Por outro lado, a Figura 4.4 mostra que a taxa de acesso a memória utilizando números reais foi de 3045,03 MB/s para o Xen Server, contra 2845,32 MB/s para o VMware ESXi.

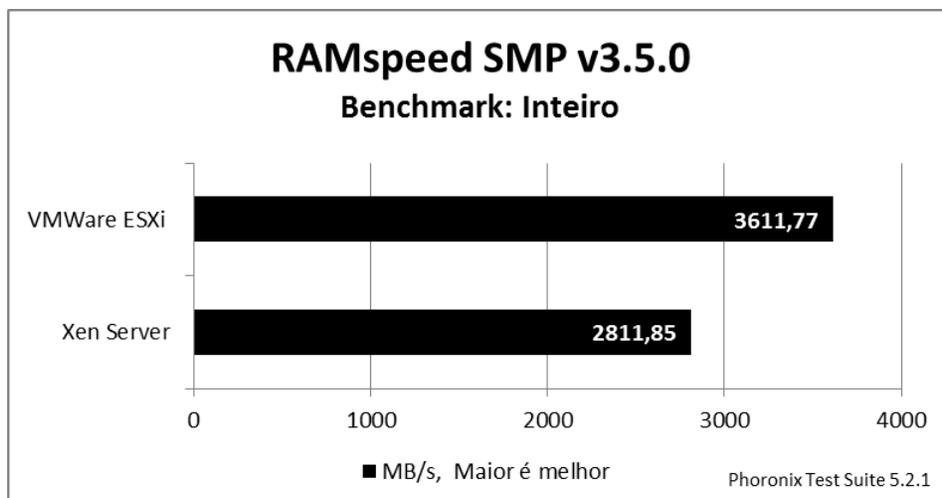


Figura 4.3 RAMspeed SMP - Benchmark: Inteiro

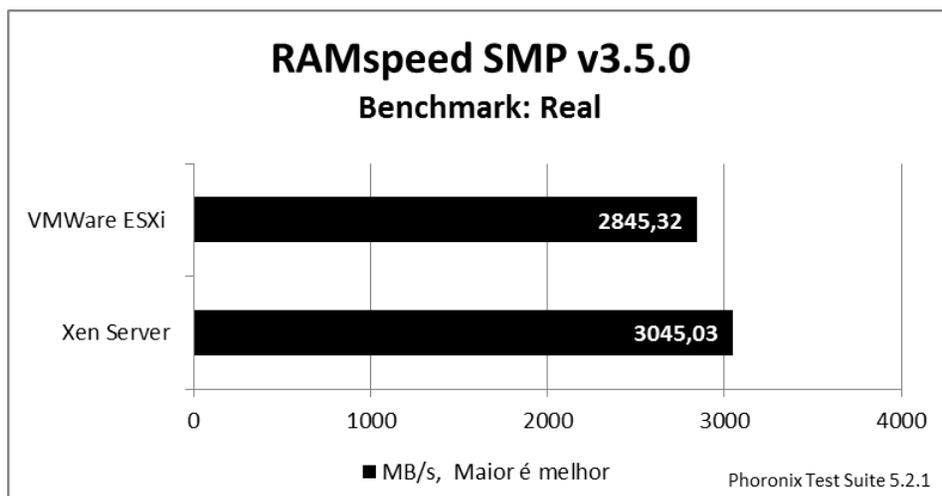


Figura 4.4 RAMspeed SMP - Benchmark: Real

4.1.4 Resultados com IOzone

Os testes foram realizados com o IOzone benchmark na versão 3.405, a fim de medir a velocidade de acesso ao disco para leitura e escrita, usando um tamanho de registro de 1MB e tamanho de arquivo de 8 GB. Os resultados obtidos tanto

para leitura quanto para escrita se mostraram melhores para o Xen Server. A Figura 4.5 mostra que o Xen Server alcançou uma velocidade de 60,65 MB/s de acesso ao disco para leitura, enquanto o VMware ESXi alcançou 49,75 MB/s. Consequentemente, a Figura 4.6 mostra que o Xen Server alcançou uma velocidade de 59,08 MB/s de acesso ao disco para escrita, enquanto o VMware ESXi alcançou 49,24 MB/s. O Xen Server obteve um desempenho de aproximadamente 17% maior que o VMware ESXi tanto para leitura quanto para escrita.

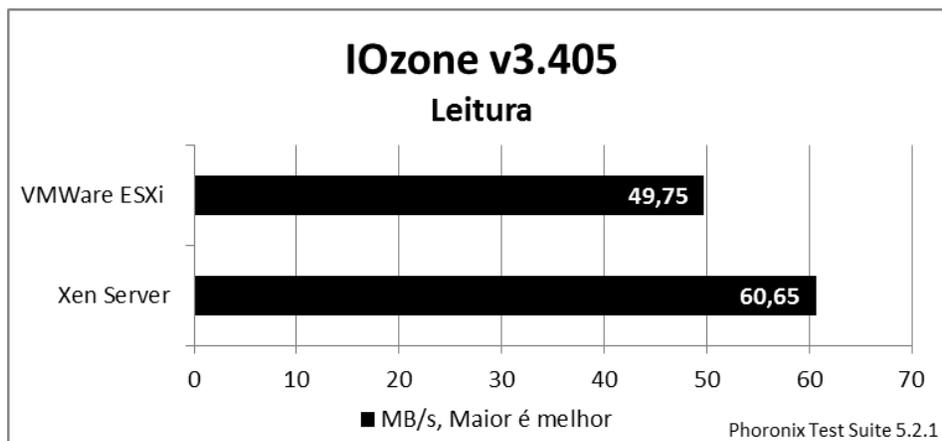


Figura 4.5 IOzone - Leitura

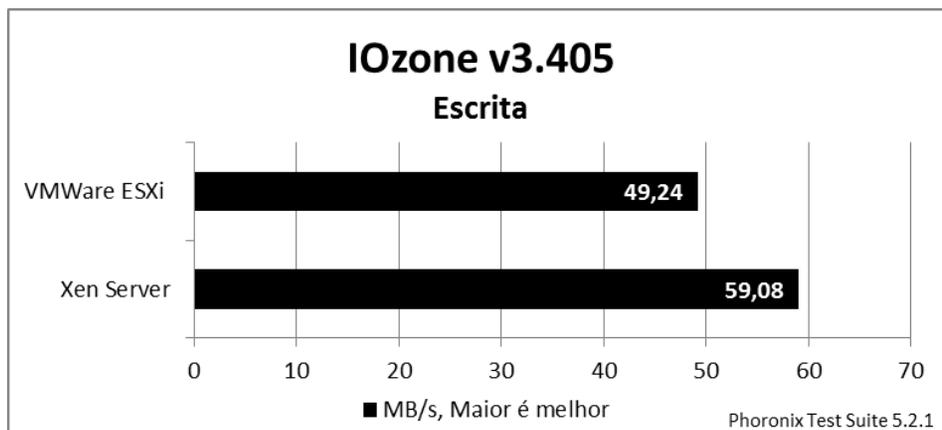


Figura 4.6 IOzone - Escrita

4.1.5 Resultados com SQLite

Os testes foram realizados com o SQLite benchmark na versão 3.7.3. O SQLite benchmark mensurou o tempo gasto para processar 2.500 inserções em um banco de dados, a fim de medir a taxa de acesso ao disco. Os resultados obtidos se mostraram melhores para o VMware ESXi. Conforme a Figura 4.7, o VMware ESXi foi aproximadamente 2 vezes mais rápido que o Xen Server.

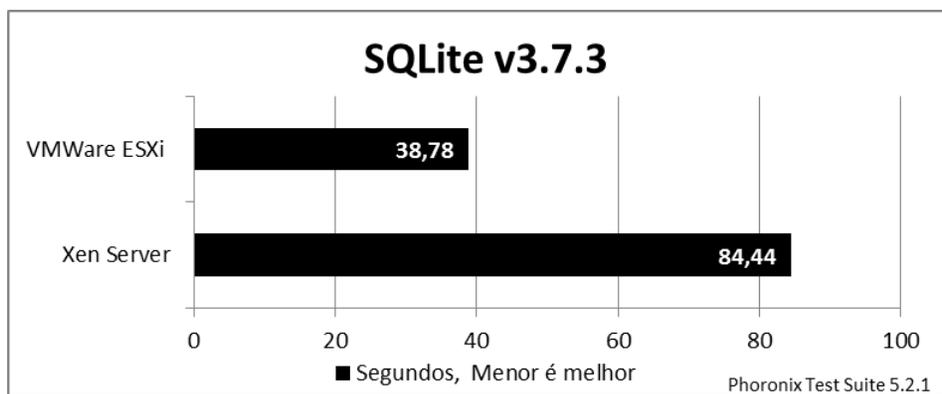


Figura 4.7 SQLite

4.1.6 Resultados com Loopback TCP Network

Os testes foram realizados com o Loopback TCP Network benchmark, a fim de medir o desempenho da rede através de uma transferência de 10 GB via loopback. Os resultados obtidos se mostraram melhores para o VMware ESXi. Observa-se na Figura 4.8, que a velocidade da rede durante a transferência de 10 GB utilizando o VMware ESXi foi de apenas 88,8 segundos, enquanto que para o Xen Server foi de 237,49 segundos. Portanto, o desempenho da rede utilizando o VMware ESXi foi aproximadamente 3 vezes melhor que o desempenho utilizando o Xen Server.

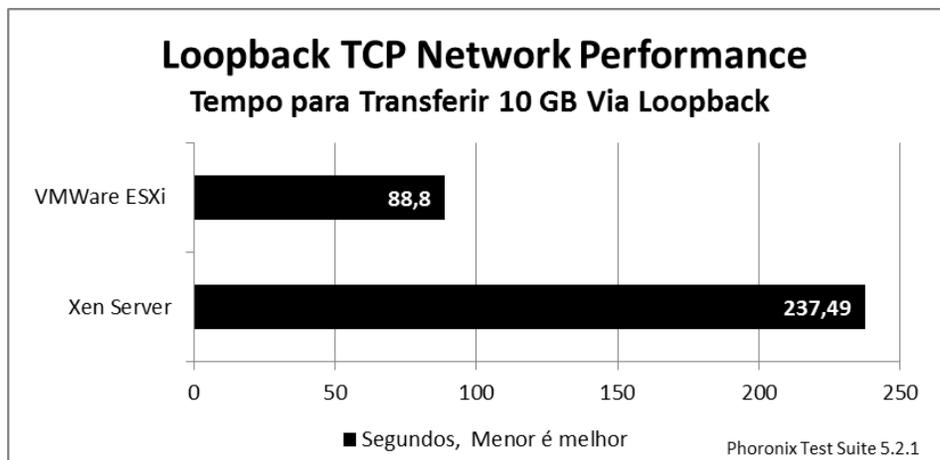


Figura 4.8 Loopback TCP Network Performance

4.1.7 Resultados com Apache Benchmark

Os testes foram realizados com o Apache benchmark versão 2.4.7, a fim de medir quantas requisições por segundos um sistema pode sustentar. A Figura 4.9 mostra que os resultados obtidos são bastante aproximados para ambas as plataformas. Observa-se, que os resultados obtidos para o VMware ESXi é de 1652,48 requisições por segundo, enquanto que para o Xen Server é de 1647,78 requisições por segundo.

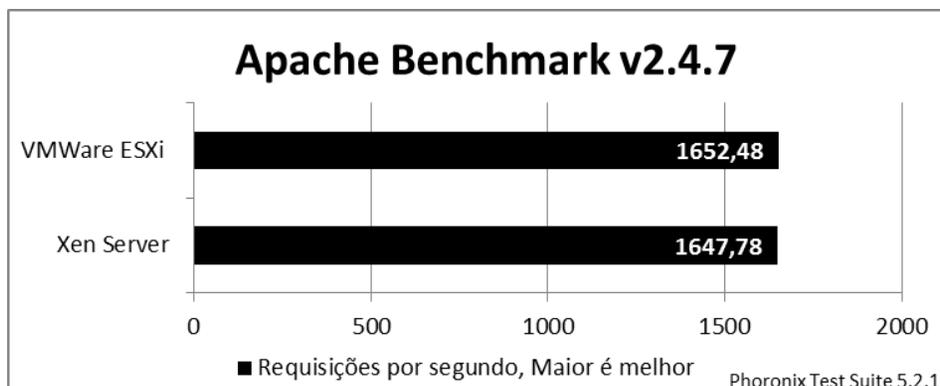


Figura 4.9 Apache Benchmark

4.2 Discussão

Ambas as plataformas foram instaladas sem apresentar problemas e funcionaram normalmente com boa estabilidade mesmo com altos picos de utilização de CPU e memória, os quais puderam ser devidamente acompanhados pela janela de status das plataformas de virtualização. Após a execução dos testes, nós discutimos os resultados baseado em cinco pilares: processador, memória, disco, rede, e sistema.

Processador. Os testes foram realizados com o 7-Zip Compression e o LZMA Compression benchmark, a fim de medir o desempenho do uso da CPU. Em ambos os testes, os resultados se mostraram melhores para a plataforma VMware ESXi.

Memória. Os testes foram realizados com o RAMspeed SMP benchmark, a fim de medir a taxa de acesso a memória através de cálculos com números inteiros e reais. Os resultados obtidos através do cálculo com números inteiros para o VMware ESXi foi 22% melhor que os resultados obtidos com o Xen Server. Por outro lado, os resultados obtidos através do cálculo com números reais para o Xen Server foi 7% melhor que os resultados obtidos com o VMware ESXi. Entretanto, de uma maneira geral, podemos concluir que os resultados para a plataforma VMware ESXi se mostraram melhores.

Disco. Os testes foram realizados com o IOzone e o SQLite benchmark, a fim de medir a taxa de acesso ao disco. Durante a utilização do IOzone benchmark os resultados se mostraram melhores para o Xen Server, enquanto que durante a utilização do SQLite os resultados se mostraram melhores para o VMware ESXi.

Rede. Os testes foram realizados com o Loopback TCP Network benchmark, a fim de medir o desempenho da rede. O desempenho obtido utilizando o VMware

ESXi se mostrou 3 vezes melhor que o desempenho obtido utilizando o Xen Server.

Sistema. Os testes foram realizados com o Apache benchmark, a fim de medir o desempenho do sistema. Apesar dos resultados para ambas as plataformas de virtualização se mostrarem bastante semelhantes, o desempenho obtido utilizando o VMware ESXi se mostrou melhor que o desempenho obtido utilizando o Xen Server.

Após a análise dos resultados, fica evidente que em ambientes similares ao deste estudo, o VMware ESXi deve ser utilizado preferencialmente em relação ao Xen Server. Além do excelente desempenho apresentado pelo VMware ESXi, destaca-se sua simplicidade, estabilidade, compatibilidade com os diversos sistemas operacionais, facilidade de instalação, interface gráfica agradável e facilidade de uso.

4.3 Consolidação dos Servidores

Grande parte das aplicações utilizadas pelo Grupo Casa da Vaca em sistemas de missão crítica são legadas. São aplicações que não podem ser migradas ou modificadas devido a fatores como: falta de orçamento, fabricante que se retirou do mercado, aplicações que foram descontinuadas pelo fabricante, etc. Normalmente um *hardware* novo fica subutilizado quando é dedicado a executar aplicações legadas. Portanto, nossa motivação em utilizar a virtualização é para mover estas aplicações legadas e sem suporte por parte do fabricante de um modo em que possuam um melhor aproveitamento de recursos de *hardware* e gerenciamento. A consolidação das aplicações legadas através da virtualização também oferece um melhor aproveitamento de *hardware* novo, pois permite que

um único *hardware* execute várias instâncias de aplicações legadas simultaneamente (Silva, 2007).

Com a consolidação de servidores, ao invés das empresas utilizarem vários servidores com seus respectivos sistemas operacionais, utiliza-se um servidor com máquinas virtuais abrigando vários sistemas operacionais com suas aplicações e serviços, reduzindo-se assim diversos custos administrativos e operacionais. Por fim, movendo aplicações legadas para sistemas virtuais eliminamos os riscos de problemas de compatibilidade e de execução simultânea, porque elas estarão confinadas às suas respectivas máquinas virtuais, completamente isoladas das novas aplicações e dos novos sistemas operacionais. Portanto, dada às inúmeras vantagens da aplicação desta técnica, optamos por sua implantação na empresa, Grupo Casa da Vaca.

Durante a implantação da plataforma de virtualização VMware ESXi no Grupo Casa da Vaca, nós avaliamos os processos e as aplicações críticas; e verificamos quais servidores eram subutilizados e que poderiam compartilhar recursos. Para isso, seguimos os seguintes passos:

Passo 1. Utilizamos três computadores de grande porte como servidor central, onde ficaram armazenadas as máquinas virtuais com os sistemas que serão utilizados pelos diversos funcionários. Do lado do funcionário foram utilizadas máquinas clientes de pequeno porte, onde acessam através de uma conexão de rede as máquinas virtuais armazenadas no servidor.

Passo 2. Verificamos o histórico dos dados das aplicações a serem consolidadas, capturando dados como consultas, uso de memória, entrada e saída, armazenamento ou qualquer outra informação relevante, em um ciclo de um mês.

Passo 3. Usando o histórico obtido pelo Passo 2, nós mapeamos padrões de uso para descobrir aplicações que funcionam juntas, e combinar aplicações de picos

em horários diferentes. Para isso, nós somamos todos os picos de carga de trabalho de todos os serviços e aplicações a serem consolidadas para determinar os requisitos de capacidade computacionais necessários (CPU, memória, disco, operações de entrada e saída etc.). Além disso, nós acrescentamos uma margem de segurança. Por exemplo, nenhum servidor deveria estar funcionando normalmente acima de 80% da capacidade.

Passo 4. Realizamos a consolidação das aplicações de menor escala e, na medida em que nós obtivemos êxito, procedemos para aplicações de maior escala.

Após a implementação da plataforma de virtualização VMware ESXi, o Grupo Casa da Vaca obteve uma economia significativa em termos de servidores, passando a utilizar um total de 3 servidores físicos e 12 máquinas virtuais. Antes, a empresa contava com servidores de grande porte subutilizados e vários servidores de pequeno porte sobrecarregados, não sendo possível fazer um balanceamento de carga eficiente entre eles. Contudo, com a implantação desta tecnologia, a empresa conseguiu a centralização e consolidação de seus servidores, alto ganho em performance, otimizações de *hardware*, economia, redução do consumo de energia, e possibilidade de estar mais bem preparado para se recuperar em caso de desastres.

4.3.1 Dificuldades Encontradas

As principais dificuldades encontradas durante a implementação da virtualização no Grupo Casa da Vaca são listadas a seguir:

Estar seguro que seríamos capazes de implantar e manter em funcionamento todos os sistemas gerenciados pelo departamento de TI da empresa. Esta insegurança se dá pelo fato de tais tecnologias nunca terem sido

utilizadas pela empresa anteriormente. Além disso, nenhum dos funcionários tinha experiência consolidada em virtualização de servidores.

Paralização dos principais servidores para implementação da nova tecnologia adotada. As migrações de servidor físico para virtual teve de ocorrer aos poucos, migrando os sistemas um a um e utilizando servidores menores para disponibilizar os serviços enquanto a migração ocorria. Grande parte da migração precisou ser feita aos domingos, dia que a operação da empresa não estava em funcionamento.

Capítulo 5

Conclusão

A utilização de máquinas virtuais tornou-se uma alternativa concreta para várias soluções domésticas e corporativas. A virtualização reduz a importância do sistema operacional, permitindo que um *hardware* execute quaisquer aplicações com seu sistema operacional de origem, sem precisar interromper as demais aplicações e serviços já em execução. Assim, como visto no Capítulo 2, a solução de virtualização de sistemas operacionais pode trazer importantes benefícios nos diversos ramos da computação. Por exemplo, a virtualização pode auxiliar as empresas a trabalhar em um ambiente onde haja uma diversidade de plataformas de *software* (sistemas operacionais) sem ter um aumento no número de plataformas de *hardware* (máquinas físicas). Além disso, executando vários servidores virtuais em uma única máquina física, organizações e empresas podem explorar melhor os recursos físicos de uma máquina em termos de CPU e consumo de energia.

Em um processo de virtualização é necessário decidir qual a plataforma mais adequada para a organização de modo que se obtenha uma boa relação custo/benefício no processo. A consolidação de servidores nas empresas mesmo sendo muito interessante, tem momentos certos para ser adotada e quando adotada, deve ser bem realizada. O mais indicado é que seja traçado um planejamento estratégico adequado, uma vez que sua implantação dispõe de tempo e requer bons conhecimentos técnicos. Por exemplo, uma aplicação que

consoma muito processamento e memória não deve ser virtualizada junto com outra, com risco de que o desempenho dos dois serviços fique severamente prejudicado. Além disso, as máquinas virtuais tendem a consumir mais recursos (principalmente de CPU e memória), o que torna recomendado dispor de um *hardware* mais robusto a fim de executá-las sem grandes perdas de desempenho.

Neste trabalho foram realizados testes comparativos de desempenho entre duas principais plataformas de virtualização, VMWare ESXi 5.5 e Xen Server 6.2, a fim de escolher a plataforma mais adequada a ser implantada em uma empresa de médio porte (Grupo Casa da Vaca). Os resultados dos testes mostram que ambas as plataformas alcançaram um grau de maturidade bastante avançado. Entretanto, ficou evidente que o VMWare ESXi 5.5 possui um desempenho significativamente melhor que o Xen Server 6.2. Portanto, nós escolhemos a plataforma VMWare ESXi 5.5 para ser implantada no Grupo Casa da Vaca. Este autor esteve envolvido diretamente no processo de consolidação dos servidores nesta empresa.

Durante o processo de consolidação dos servidores no Grupo Casa da Vaca foi traçado um planejamento estratégico adequado através da avaliação dos processos e das aplicações críticas, e verificação de quais servidores estavam sendo subutilizados e que poderiam compartilhar recursos. Assim, os servidores defasados e alocados de forma descentralizada foram convertidos em máquinas virtuais, garantindo: redução do espaço físico ocupado, gerenciamento centralizado, alto ganho em performance, flexibilidade, redução de custos, aumento da utilização média de recursos dos servidores, tolerância a falhas, além do melhor aproveitamento dos recursos do servidor.

5.1 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros, nós propomos a realização destes mesmos testes em outras plataformas de virtualização que neste trabalho não foram exploradas, bem como a execução de outros testes disponíveis pela ferramenta Phoronix Test Suit. Além disso, nós propomos a condução de pesquisa abrangendo a segurança destas plataformas de virtualização. Embora o uso de máquinas virtuais tenha evoluído, várias outras pesquisas na indústria e nas universidades devem ser realizadas para aprimorar as questões de segurança, mobilidade e desempenho dos hipervisores. Graças a estas pesquisas, no futuro será possível utilizar os melhores recursos das mais variadas plataformas operacionais sem a necessidade de investir em equipamentos específicos (Laureano et al., 2008).

Referências Bibliográficas

Anhalt F.; Primet P.V. Analysis and Experimental Evaluation of Data Plane Virtualization with Xen, Proceedings of the 2009 Fifth International Conference on Networking and Services, p.198-203, April 20-25, 2009.

Apparao P.; Iyer R.; Zhang X.; Newell D.; Adelmeyer T. Characterization & Analysis of a Server Consolidation Benchmark, ACM/USENIX International Conference on Virtual Execution Environments (VEE), 2008.

Barham, P.; Dragovic, B.; Fraser, K.; Hand, S.; Harris, T.; Ho, A. Neugebauer†, R.; Pratt, R.; Warfield, A. Xen and the art of virtualization. University of Cambridge Computer Laboratory, 2003.

Barnett, R. J. Virtualized systems and their performance a literature review. Rhodes University, 2007. Disponível em: <<http://wenku.baidu.com/view/c94aa82a915f804d2b16c18e.html?re=view>>.

Campagna S.; Violante M. On the Evaluation of the Performance Overhead of a Commercial Embedded Hypervisor. In: First MEDIAN Workshop, 2012. Disponível em: <http://www.median-project.eu/wp-content/uploads/median_2012_14.pdf>

Carissimi, A. Virtualização: da teoria a soluções. Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC), p. 173-207, 2008.

Cherkasova L.; Gardner R. Measuring CPU Overhead for I/O Processing in the Xen Virtual Machine Monitor, USENIX Annual Technical Conference, 2005.

Clark B.; Deshane T.; Dow E.; Evanchik S.; Finlayson M.; Herne J.; Matthews J.N. Xen and the Art of Repeated Research. USENIX Annual Technical Conference, 2004.

Deshane, T.; Shepherd, Z.; Matthews, J.N.; Ben-Yehuda, M.; Shah, A.; Rao, B. Quantitative comparison of Xen and KVM. Xen Summit, 2008.

Dodge D.A.; Mullins B. E.; Peterson G. L.; Okolica J. S. Simulating windows-based cyber attacks using live virtual machine introspection. In: Proceedings of the 2010 Summer Computer Simulation Conference (SCSC), pp. 550-555, 2010.

Graziano C.D. A performance analysis of Xen and KVM hypervisors for hosting the Xen Worlds Project. Graduate Theses and Dissertations. Iowa State University Digital Repository, 2011. Disponível em: <<http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3243&context=etd>>

Harbaugh, L.G. Sete Razões para Apostar em Virtualização. COMPUTERWORLD. 14 de outubro de 2011. Disponível em: <<http://computerworld.uol.com.br/tecnologia/2011/10/14/sete-razoas-para-apostar-em-virtualizacao/>>.

Laureano, M. Máquinas virtuais e emuladores: conceitos, técnicas e aplicações. São Paulo: Novatec, 2006.

Laureano, M.; Maziero, C.A. Virtualização: Conceitos e Aplicações em Segurança. Minicursos em VIII Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais. Capítulo de livro (4), páginas 139-187. Editora SBC – Porto Alegre, 2008.

Lombardi F.; Pietro R.D. CUDACS: Securing the Cloud with CUDA-Enabled Secure Virtualization. In: Information and Communications Security, Lecture Notes in Computer Science. Volume 6476, pp 92-106, 2010.

Masjedi A.A. A study on the performance of virtualization programs. Master of Computer and Information Sciences, Auckland University of Technology, 2012. Disponível em: <ac.nz/handle/10292/5323>.

Matthews J.N.; Hu W.; Hapuarachchi M.; Deshane T.; Dimatos D.; Hamilton G.; McCabe M.; Owens J. Quantifying the Performance Isolation Properties of Virtualization Systems, ACM Workshop on Experimental Computer Science (ExpCS), 2007. Disponível em: <http://www.clarkson.edu/class/cs644/isolation/>

Mattos, D. M. F. Virtualização: VMWare e Xen. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2008.

Menasce, D.A. Virtualization: Concepts, applications, and performance modeling. George Mason University, 2005.

Menon A.; Cox A.L.; Zwaenepoel W. Optimizing Network Virtualization in Xen, USENIX Annual Technical Conference, 2006.

Miranda V.D. Análise comparativa entre as ferramentas VirtualBox, VMware Workstation e QEMU em um ambiente Linux. Monografia de Pós-Graduação “Lato Sensu” apresentada ao Departamento de Ciência da Computação, UFLA. Lavras, 2010. 48 p. Disponível em: <<http://www.ginux.ufla.br/files/mono-VitorMiranda.pdf>>.

Moller, K.T. Virtual machine benchmarking. Universitat Karlsruhe, 2007.

Nieh J.; Leonard O. Examining VMWare, Dr. Dobbs’s Journal, August 2000. Disponível em: <<http://www.cs.columbia.edu/~nieh/pubs/drdoobbs2000.pdf>>.

Ongaro D.; Cox A.L.; Rixner S. Scheduling I/O in Virtual Machine Monitors, ACM/USENIX International Conference on Virtual Execution Environments (VEE), 2008.

Oliveira, G. V. N. Solução de virtualização completa utilizando VMware e Software Livre: Um Estudo de Caso na CEF. Monografia de Pós-Graduação “Lato Sensu” apresentada ao Departamento de Ciência da Computação, UFLA. 2007. 69 p. Disponível em: <<http://www.ginux.ufla.br/files/mono-GuilhermeOliveira.pdf>>.

Phoronix Test Suite, 2008-2014. Disponível em: <<http://www.phoronix-test-suite.com/>>.

Quétier, B.; Neri, V.; Cappello, F. Scalability comparison of four host virtualization tools. Journal of Grid Computing, volume 5, Issue 1, pp. 83-98. Setembro de 2006.

Rose, R. Survey of system virtualization techniques. UFRJ, 2004. Disponível em: <<http://www.robertwrose.com/vita/rose-virtualization.pdf>>.

Rossi, F.D. Alocação dinâmica de Recursos no Xen. Master's thesis, Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Faculdade de Informática - PUCRS, Porto Alegre, 2005.

Saavedra, R.H.; Smith, A. Analysis of benchmark characteristics and benchmark performance prediction. ACM Trans. Comput., 1996. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=235545>>.

Sahoo J.; Mohapatra S.; Lath R. Virtualization: A survey on concepts, taxonomy and associated security issues. In: Second International Conference on Computer and Network Technology, p.222-226, April 23-25, 2010.

Santos D.L. Migração de servidores físicos para virtuais – P2V usando ferramentas OpenSource. Curso de Especialização em Redes e Segurança de Sistemas, Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, outubro de 2009.

Seltzer, M.; Krinsky, D.; Smith, K.; Zhang, X. The case for application-specific benchmarking. Harvard University, 2007. Disponível em: <<http://www.eecs.harvard.edu/~keith/papers/hotos99.pdf>>.

Seo C.E. Virtualização – Problemas e desafios. IBM Linux Technology Center, 2009. Disponível em: <<http://www.ic.unicamp.br/~ducatte/mo401/1s2009/T2/008278-t2.pdf>>.

Silva R.F. Virtualização de Sistemas Operacionais. Monografia (Graduação em tecnologia da Informação e Comunicação), Instituto Superior de Tecnologia em Ciências da Computação, Petrópolis, 2007. Disponível em: <http://thiagocavalcante.googlepages.com/Artigo_Virtualizacao.pdf>.

Theurer A.; Rister K.; Krieger O.; Harper R.; Dobbstein S. Virtual scalability: Charting the performance of linux in a virtual world. Ottawa Linux Symposium, volume 2. Disponível em: <http://www.linuxsymposium.org/2006/proceedings.php>, 2006.

VMware Virtualization for Desktop & Server, Application, Public & Hybrid Clouds, 2014. Disponível em: <<http://www.vmware.com/>>.

XenServer | Open Source Server Virtualization, 1999-2014. Disponível em: <<http://www.xenserver.org/>>.

Wohlin C.; Runeson P.; Höst M.; Ohlsson M. C.; Regnell B.; Wesslén A. Experimentation in Software Engineering: An Introduction. Kluwer Academic Publishers, 2012.

Zorzo, Avelino et. al. Uso de Modelos Preditivos e SLAs para Reconfiguração de Ambientes Virtualizados. In: V Workshop de Sistemas Operacionais (WSO). pp. 147-158, 2008.