



GERENCIAMENTO DE VIRTUALIZAÇÃO EM CLUSTER COM PROXMOX VE

Resumo. Este trabalho apresenta técnicas de virtualização, que são essenciais em empresas que buscam garantir seu crescimento com baixo custo. Na proposta utilizou-se o Proxmox Virtual Environment, uma plataforma open source de virtualização, que suporta as tecnologias OpenVZ e KVM (Kernel-based Virtual Machine), para criação de um ambiente virtualizado, através de um cluster com máquinas virtuais, que são gerenciadas e monitoradas por ferramentas oferecidas por este. Dessa forma, este estudo buscou compreender as técnicas envolvidas na implementação das tecnologias de virtualização OpenVZ e KVM, para criação das máquinas virtuais sobre um cluster, com apoio da plataforma Proxmox VE, permitindo analisar sua eficiência, comparar as diferenças de desempenho entre as tecnologias de virtualização e os benefícios em sua utilização.

Palavras-chave: Proxmox VE, Cluster, Virtualização, OpenVZ, KVM.

CLUSTER VIRTUALIZATION MANAGEMENT WITH PROXMOX VE

Abstract. This paper presents virtualization techniques, which are essential for companies seeking to ensure its growth with low cost. The proposal used the Proxmox Virtual Environment, an open source platform virtualization technology that supports OpenVZ and KVM (Kernel-based Virtual Machine) for creating a virtualized environment through a cluster with virtual machines that are managed and monitored by tools offered by it. Thus, this study sought to understand the techniques involved in the implementation of virtualization technologies OpenVZ and KVM for creating virtual machines on a cluster with Proxmox VE platform support, allowing to analyze its efficiency, to compare the performance differences between the technologies virtualization and the benefits of its use.

Keywords: Proxmox VE, Cluster, Virtualization, OpenVZ, KVM.

1 INTRODUÇÃO

A demanda de tecnologias da informação nas empresas, que buscam soluções com baixo custo, sem que este custo venha a prejudicar seu crescimento, tem se tornado diferencial competitivo. Com o aumento da capacidade de processamento dos computadores pessoais, e a relação de custos entre estes e os servidores, tornam as máquinas virtuais uma opção interessante, visando o aproveitamento da infraestrutura existente. Além da flexibilidade, portabilidade e segurança, que as máquinas virtuais oferecem (CARISSIMI, 2008).

Atualmente, muitas empresas possuem seus computadores conectados em rede, o que torna propício o aproveitamento de seus recursos, de forma mais eficiente, com a implementação de um *cluster* que, associado a uma tecnologia de virtualização, permitem um avanço na capacidade e desempenho dos processos da empresa (LAUREANO; MAZIERO, 2008).

Notando a importância e a alta demanda de processamento, executar as aplicações em ambientes virtualizados torna-se um atrativo. Os dois maiores fabricantes de processadores da atualidade são Intel e AMD, ambas implementaram em seus processadores a tecnologia que promove suporte diretamente ao hardware para a virtualização, e também de empresas conceituadas que criaram suas ferramentas para virtualização, como IBM, Microsoft, Oracle, entre outras (CARISSIMI, 2008).

Neste trabalho, é apresentado o embasamento teórico para o entendimento das plataformas de virtualização, tecnologias de virtualização, virtualização de *cluster*, gerenciamento das máquinas virtuais e do *cluster*, de forma centralizada com Proxmox VE, funcionamento do monitor das máquinas virtuais, tecnologias de virtualização em processadores, avaliação do comportamento e desempenho das tecnologias de virtualização OpenVZ e KVM suportadas pelo Proxmox VE. Além disso, são

apresentados trabalhos relacionados ao assunto proposto, para base de elaboração deste trabalho.

O objetivo deste trabalho é estudar e avaliar as tecnologias de virtualização OpenVZ e KVM, gerenciadas através da plataforma de virtualização Proxmox VE, suas diferenças e benefícios de sua utilização.

Desta forma, pode-se enumerar os seguintes objetivos específicos: identificar o funcionamento de um *cluster*, identificar o funcionamento de máquinas virtuais sobre hypervisors, implantar um *cluster* virtualizado, implantar as tecnologias de virtualização OpenVZ e KVM, analisar a eficácia do gerenciamento centralizado oferecido pelo Proxmox VE, comparar as diferenças das tecnologias de virtualização OpenVZ e KVM e analisar os resultados da implantação e de desempenho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta conceitos e tecnologias relacionados com este trabalho, que se referem da utilização do Proxmox VE para gerenciamento de um *cluster* virtualizado utilizando das tecnologias de virtualização OpenVZ e KVM por ele suportado.

2.1 VIRTUALIZAÇÃO

A virtualização é a tecnologia onde é possível a execução de múltiplos sistemas operacionais em uma mesma plataforma, ou seja, são sistemas operacionais que executam simultaneamente em um mesmo computador, como se fossem vários computadores sendo executados separadamente (VERAS, 2011).

Estes computadores sendo executados em cima de uma plataforma de virtualização são conhecidos como máquinas virtuais, onde segundo Castillo et Al., (2013) as principais vantagens na utilização da virtualização são: isolamento, segurança, flexibilidade, agilidade, portabilidade, rápida recuperação em caso de falhas, melhor aproveitamento de recursos de hardware, redução dos custos de manutenção de servidores, redução dos custos operacionais, economia no consumo de energia, escalabilidade e ambientes de testes.

2.1.1 VIRTUALIZAÇÃO DE PLATAFORMA

A utilização das técnicas de virtualização de plataforma, permitem a criação de vários

ambientes virtualizados, através de múltiplas máquinas virtuais, usando como base para compartilhamento de recursos um único servidor físico (VERAS, 2011).

2.1.2 MONITOR DE MÁQUINAS VIRTUAIS HYPERVISOR

O *hypervisor*, *virtual machine monitor* (VMM) ou monitor de máquina virtual, é uma camada de *software* que fica entre o hardware físico e as máquinas virtuais, responsável por interpretar, traduzir e controlar os recursos das máquinas virtuais que estão sendo executadas sobre o *hypervisor*, com ele é possível a execução de múltiplos sistemas operacionais sobre o mesmo servidor físico (GAVRILOVSKA et al. 2007).

2.1.3 TECNOLOGIAS DE VIRTUALIZAÇÃO EM PROCESSADORES

Existem tecnologias de virtualização nativas via hardware, que foram implementadas diretamente nos processadores, através das fabricantes dos mesmos, uma delas foi utilizada no trabalho:

Intel VT - *Intel Virtualization Technology*: Tecnologia de virtualização desenvolvida pela Intel, onde incluso no processador existem um conjunto de instruções, chamado de *Virtual Machine Extensions* (VMX), que associados a um conjunto de melhorias ao *hypervisor*, aceleram o desempenho dos sistemas operacionais em ambientes virtualizados, como melhorias de desempenho da rede e também a redução na utilização dos processadores (CHEN et al. 2008).

2.1.4 TECNOLOGIAS DE VIRTUALIZAÇÃO

As tecnologias de virtualização são de grande importância, pois são a base para integração e comunicação entre as máquinas virtuais e o *hypervisor*, o que influencia diretamente no comportamento destas em ambiente virtualizado. Cada tecnologia traz um conjunto de características distintas, que quando implementadas trazem benefícios únicos na criação de ambientes virtualizados (LAUREANO; MAZIERO, 2008).

As tecnologias de virtualização utilizadas no trabalho foram:

KVM mecanismo de virtualização (*Kernel-based Virtual Machine*): Tecnologia de virtualização completa baseada em hardware, que para ser implantada, necessita de um processador compatível. Funciona como um módulo do kernel Linux, que é capaz de oferecer uma virtualização nativa, emulando todo o hardware real para a máquina virtual.

Como é integrado ao *hypervisor*, pode ser emulado qualquer sistema operacional, ajudando a simplificar a gestão e melhorar o desempenho em ambientes virtualizados (KOVARI; DUKAN, 2012).

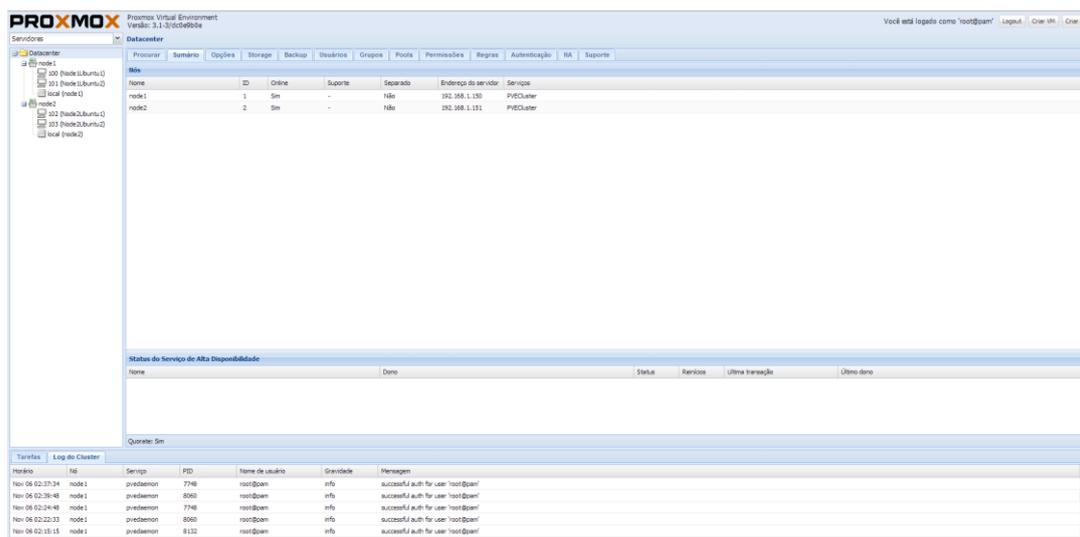
Virtualização container (*OpenVZ*): Baseado no *kernel* do Linux que foi modificado para adicionar características, que permitem um servidor físico executar várias instâncias de sistemas operacionais isolados, que são conhecidos como containers ou *Virtual Private Servers* (VPS). Nesta tecnologia as máquinas virtuais ficam isoladas independentes uma das outras permitindo um melhor gerenciamento dos recursos e da segurança do servidor físico. Necessita que o sistema operacional que está sendo emulado esteja usando a mesma versão *kernel* Linux do gerenciador OpenVZ (KOVARI; DUKAN, 2012).

2.2 PROXMOX VIRTUAL ENVIRONMENT

O projeto é baseado na distribuição de código aberto Linux Debian, apenas com seus serviços básicos, para consumir poucos recursos e obter o melhor desempenho possível. Todo o gerenciamento do *cluster* e das máquinas virtuais é realizado através de uma interface web, que oferece ferramentas de suporte, monitoramento e manutenção. Permite que vários sistemas operacionais possam ser instalados através da integração da tecnologia OpenVZ, que suporta virtualização para Linux, e da tecnologia KVM que através de *Kernel Virtual Machine* suporta a virtualização de Windows e Linux (PROXMOX, 2013).

A Figura 1 mostra a interface de gerenciamento web do Proxmox VE, onde é possível a instalação, configuração e gerenciamento do *cluster* e das máquinas virtuais.

Figura 1: Demonstração da interface de gerenciamento web do Proxmox VE.



2.3 CLUSTER

Cluster é um conjunto de computadores interconectados em rede que podem trabalhar simultaneamente processando uma única tarefa, cada computador no *cluster* é chamado de nó e todos esses nós (computadores) são vistos como um único computador (WERSTEIN et al. 2007).

A plataforma Proxmox VE pode usar a combinação do *cluster* de alta disponibilidade com o *cluster* de balanceamento de carga, que segundo Ault et Al. (2003), serve para aumentar sua disponibilidade e capacidade de suportar um maior número de processamento que possa ser requisitado pelas aplicações, que estão sendo executadas entre os nós.

3 METODOLOGIA

A escolha do gerenciador de *cluster* e virtualização Proxmox VE foi realizada pela possibilidade de gerenciar todo o ambiente virtualizado de forma centralizada e compatibilidade com as tecnologias de virtualização OpenVZ e KVM para criação das máquinas virtuais. Além de ser um *software* livre pouco explorado que contribui para que o custo desta solução seja baixo.

A partir dos conceitos discutidos, tem-se embasamento para a configuração das virtualizações e do *cluster* através da plataforma Proxmox VE. O sistema operacional escolhido para servir como base para realizar os testes de desempenho e comportamento

foi a distribuição Linux Ubuntu 16.04.5 LTS baseada em Debian, pois atualmente além de ser a distribuição Linux mais difundida, oferece compatibilidade com as tecnologias de virtualização suportadas pelo Proxmox VE que são: OpenVZ e KVM.

A Tabela 1 mostra o hardware que foi utilizado como base para toda proposta.

Tabela 1. Hardware usado como base.

Processador	Memória	Disco	Rede
Intel Core i7 4700MQ	8 GB	256 GB SSD	100 Mbps/s

Para simular 2 máquinas físicas foi utilizado o *software* VMware Workstation versão 10.0.1, que é um *software* que permite a instalação e utilização de um sistema operacional dentro de outro, como isso foram criadas 2 máquinas virtuais que serviram como base para instalação do Proxmox VE versão 3.1. O hardware utilizado nestas 2 máquinas é demonstrado pela Tabela 2.

Tabela 2. Hardware utilizado para testes da proposta.

Processador	Núcleos	Memória	Disco	Rede
Intel Core i7	2	4 GB	40 GB	100 Mbps/s

Note que o processador Intel Core i7 4700MQ disponibilizado para testes, oferece suporte à instruções Intel-VT, o que viabiliza o uso da tecnologia KVM, que depende do suporte nativo do processador para seu funcionamento.

Cada máquina física foi configurada para ser um nó do *cluster* através do terminal de comando do Proxmox VE e assim ficam unificadas para o controle e gerenciamento pela interface web do Proxmox VE. Dentro da plataforma Proxmox VE são então criadas as máquinas virtuais de acordo com a necessidade do usuário. Como o objetivo é comparar e testar cada tecnologia de virtualização, foram estabelecidas as mesmas condições as tecnologias OpenVZ e KVM, onde através do Proxmox VE foram criadas e configuradas 4 máquinas virtuais com a mesma configuração de hardware para cada tipo de tecnologia, utilizando o hardware descrito na Tabela 3.

Tabela 3. Hardware das máquinas virtuais.

Processador	Núcleos	Memória	Disco	Rede
-------------	---------	---------	-------	------

Intel Core i7	2	1 GB	8 GB	100 Mbps/s
---------------	---	------	------	------------

3.1. MINERAÇÃO DE DADOS COM WEKA

A ferramenta *open source* utilizada para realizar os testes será o Weka, baseada em Java, que segundo Hall et al. (2009), tem como função a mineração de dados, onde através de técnicas que usam algoritmos de aprendizagem, são capazes de extrair e classificar os dados, ajudando no reconhecimento de padrões destes.

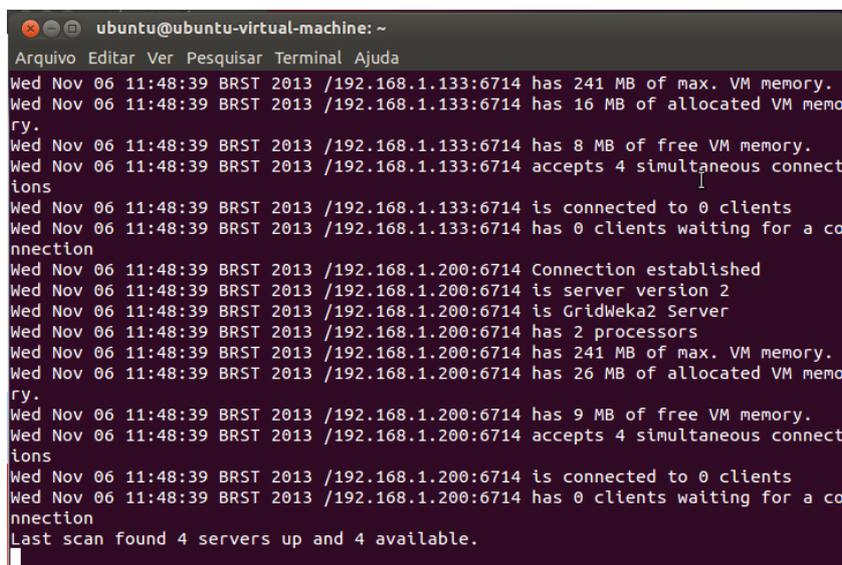
Para realização do testes foi utilizado a versão modificada do Weka chamada de GridWeka2, mantido por Andreas Hess (2013), que possibilita a mineração de dados em múltiplos computadores em paralelo e a utilização da interface gráfica que facilita a interpretação dos resultados. Na mineração de dados, quando utilizada uma grande base de dados, esta exige muita demanda de recursos computacionais do ambiente virtualizado (Hall et al. 2009), por este motivo foi escolhido para testes de desempenho, estabilidade e consumo de recursos das máquinas virtuais. O conteúdo da base de dados escolhida para utilização no Weka, foi sobre a população de Los Angeles - EUA, disponibilizada por IPUMS International (2013), que tem como objetivo realizar o censo na cidade, buscando por padrões da população, esta base de dados foi a maior encontrada, tendo como características 8844 instâncias, 61 atributos e mais de mil linhas de dados. Com isso a base de dados tornou-se a opção ideal para a realização dos testes nas máquinas virtuais.

Foram realizados testes em ambas tecnologias de virtualização suportadas pelo Proxmox VE, que são: OpenVZ e KVM. Cada máquina virtual, foi monitorada e avaliada através dos gráficos de uso do processador, uso da memória, tráfego de rede e uso do disco disponibilizados na interface web do Proxmox VE. Após foi mensurado o tempo de execução da mineração de dados entre as máquinas virtuais utilizando o log disponibilizado pelo Weka ao fim do processo.

O algoritmo de classificação utilizado no Weka foi o ZeroR, que vem como padrão na ferramenta, e Cross-validation em 100 folds, que segundo IBM (2013), faz com que o Weka construa um modelo a partir de subconjuntos dos dados em processamento, calculando sua média e criando um modelo final.

A Figura 2 mostra o Weka Cliente em execução na máquina virtual 1 que foi utilizada como cliente/servidor para a realização de todos os testes, onde constantemente busca por servidores disponíveis para a distribuição dos dados.

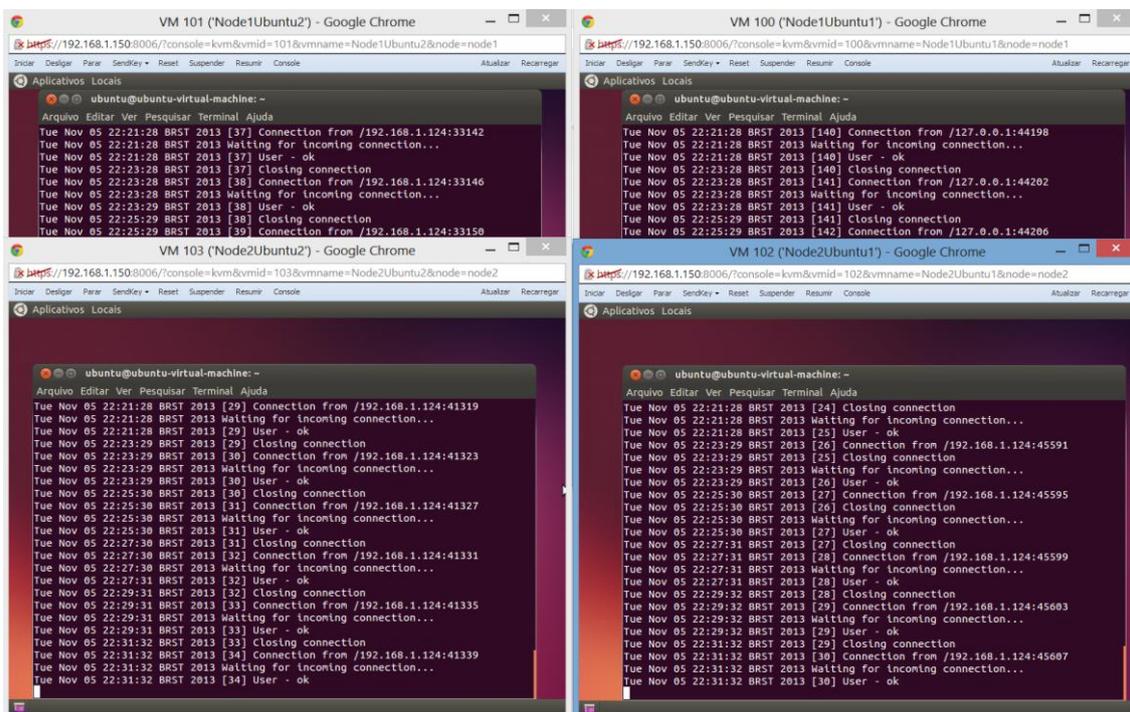
Figura 2 – Weka Cliente em execução.



```
ubuntu@ubuntu-virtual-machine: ~
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
Wed Nov 06 11:48:39 BRST 2013 /192.168.1.133:6714 has 241 MB of max. VM memory.
Wed Nov 06 11:48:39 BRST 2013 /192.168.1.133:6714 has 16 MB of allocated VM memo
ry.
Wed Nov 06 11:48:39 BRST 2013 /192.168.1.133:6714 has 8 MB of free VM memory.
Wed Nov 06 11:48:39 BRST 2013 /192.168.1.133:6714 accepts 4 simultaneous connect
ions
Wed Nov 06 11:48:39 BRST 2013 /192.168.1.133:6714 is connected to 0 clients
Wed Nov 06 11:48:39 BRST 2013 /192.168.1.133:6714 has 0 clients waiting for a co
nnection
Wed Nov 06 11:48:39 BRST 2013 /192.168.1.200:6714 Connection established
Wed Nov 06 11:48:39 BRST 2013 /192.168.1.200:6714 is server version 2
Wed Nov 06 11:48:39 BRST 2013 /192.168.1.200:6714 is GridWeka2 Server
Wed Nov 06 11:48:39 BRST 2013 /192.168.1.200:6714 has 2 processors
Wed Nov 06 11:48:39 BRST 2013 /192.168.1.200:6714 has 241 MB of max. VM memory.
Wed Nov 06 11:48:39 BRST 2013 /192.168.1.200:6714 has 26 MB of allocated VM memo
ry.
Wed Nov 06 11:48:39 BRST 2013 /192.168.1.200:6714 has 9 MB of free VM memory.
Wed Nov 06 11:48:39 BRST 2013 /192.168.1.200:6714 accepts 4 simultaneous connect
ions
Wed Nov 06 11:48:39 BRST 2013 /192.168.1.200:6714 is connected to 0 clients
Wed Nov 06 11:48:39 BRST 2013 /192.168.1.200:6714 has 0 clients waiting for a co
nnection
Last scan found 4 servers up and 4 available.
```

A Figura 3 mostra o Weka Server em execução em cada uma das 4 máquinas virtuais, onde estes servidores aguardam por conexão da máquina cliente, que é responsável pela distribuição de pequenos blocos de dados aos servidores disponíveis no momento, onde os dados são processados em paralelo e devolvidos a máquina cliente que interpreta e exibe o resultado através do Weka Cliente GUI.

Figura 3 – Weka Server em execução.



4 RESULTADOS OBTIDOS

Nesta seção serão demonstrados os resultados obtidos durante os testes, na execução da mineração de dados nas máquinas virtuais que estão sobre o Proxmox VE, utilizando as tecnologias de virtualização OpenVZ e KVM.

4.1. TECNOLOGIA DE VIRTUALIZAÇÃO OPENVZ

A Figura 4 mostra como exemplo o monitoramento instantâneo do uso de processador e memória na máquina virtual 1 durante a execução da mineração de dados pelo Weka.

Figura 4 – Uso de processador e memória na máquina virtual 1.



A Figura 5 mostra como exemplo o monitoramento instantâneo do uso de rede e disco na máquina virtual 1 durante a execução da mineração de dados pelo Weka.

Figura 5 – Uso de rede e disco na máquina virtual 1.



A Tabela 4 resume o uso máximo de recursos de hardware, alcançado por cada máquina virtual, durante a execução da mineração de dados, baseado na análise dos gráficos no Proxmox VE.

Tabela 4. Uso de recursos com OpenVZ.

Máquina Virtual	Max. Processador	Max. Memória	Max. Disco	Max. Rede
1	26%	930 MB	9 kb/s - Escrita	1.7 MB/s - Saída
2	12%	790 MB	3 kb/s - Escrita	550 kb/s - Entrada
3	10%	800 MB	4 kb/s - Escrita	550 kb/s - Entrada
4	11%	800 MB	3 kb/s - Escrita	600 kb/s - Entrada

O tempo total de execução da mineração de dados entre as máquinas virtuais medido pelo log do Weka foi de 65 segundos.

4.2. TECNOLOGIA DE VIRTUALIZAÇÃO KVM

A Figura 6 mostra como exemplo o monitoramento instantâneo do uso de processador e

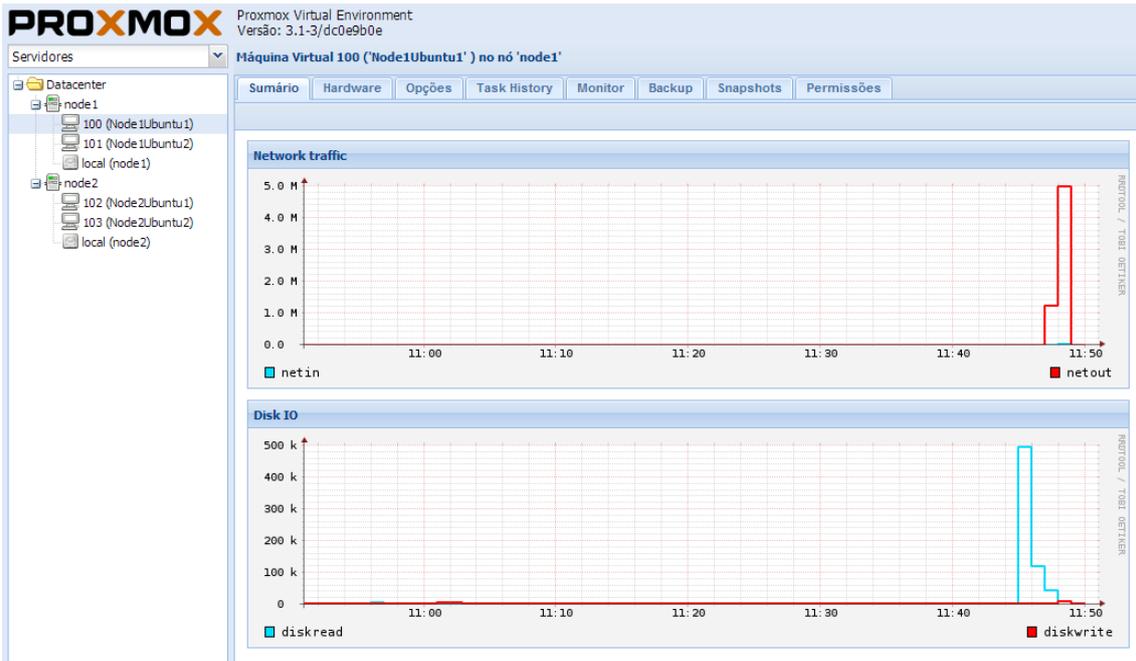
memória na máquina virtual 1 durante a execução da mineração de dados pelo Weka.

Figura 6 – Uso de processador e memória na máquina virtual 1.



A Figura 7 mostra como exemplo o monitoramento instantâneo do uso de rede e disco na máquina virtual 1 durante a execução da mineração de dados pelo Weka.

Figura 7 – Uso de rede e disco na máquina virtual 1.



A Tabela 5 resume o uso máximo de recursos de hardware, alcançado por cada máquina virtual, durante a execução da mineração de dados, baseado na análise dos gráficos no Proxmox VE.

Tabela 5. Uso de recursos com KVM.

Máquina Virtual	Max. Processador	Max. Memória	Max. Disco	Max. Rede
1	32%	900 MB	500 kb/s - Leitura	5 MB/s - Saída
2	13%	780 MB	3 kb/s - Escrita	1.7 MB/s - Entrada
3	17%	790 MB	3 kb/s - Escrita	1.7 MB/s - Entrada
4	16%	780 MB	4 kb/s - Escrita	1.6 MB/s - Entrada

O tempo total de execução da mineração de dados entre as máquinas virtuais medido pelo log do Weka foi de 39 segundos.

4.3. COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

Como demonstrado na subseção anterior a tecnologia de virtualização KVM apresentou melhor desempenho nos testes realizados em relação a OpenVZ, por se beneficiar do uso dos conjuntos de instruções oferecido pela tecnologia Intel VT, que aceleram o desempenho dos sistemas operacionais em ambientes virtualizados.

A Tabela 6 mostra uma pequena comparação do tempo total gasto na execução da mineração dos dados usando 4 máquinas virtuais OpenVZ, 4 máquinas virtuais KVM, 1 máquina virtual OpenVZ e 1 máquina virtual KVM, todos estes sobre o Proxmox VE.

Tabela 6. Comparativo de resultados obtidos

1 Máquina Virtual OpenVZ	1 Máquina Virtual KVM	4 Máquinas Virtuais OpenVZ	4 Máquinas Virtuais KVM
191 segundos	118 segundos	65 segundos	39 segundos

5 CONCLUSÕES

O estudo foi de grande valia para o conhecimento sobre diversos assuntos apresentados no trabalho, que envolveram tecnologias de virtualização, monitores de máquina virtual, *cluster*, Proxmox VE e mineração de dados através da ferramenta Weka.

A escolha do Proxmox VE foi em razão de ser uma ferramenta completa, *open source* e até então pouco explorada, para criação de um *cluster* virtualizado, oferecendo desde o sistema operacional baseado em Linux, a ferramentas de suporte para manutenção, backup e recuperação, gerenciamento e monitoramento do *cluster* virtualizado, suporte a duas tecnologias de virtualização (OpenVZ e KVM), que oferecem benefícios conforme as necessidades em que forem implantadas.

A implantação de um sistema utilizando Proxmox VE é perfeitamente viável uma vez que a demanda por tecnologia da informação está em constante crescimento no mundo, e podem ser utilizadas as técnicas estudadas neste trabalho para suprir a demanda à um custo relativamente baixo.

6 REFERÊNCIAS

- AULT, M. et al. Oracle9i RAC: Oracle real application clusters configuration and internas, Rampant TechPres, v. 1, Estados Unidos, 2003.
- CARISSIMI, A. Virtualização: da teoria a soluções. 26º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, Porto Alegre, Brasil, 2008.
- CASTILLO, E. P. et al. SLD192 Virtualización con Proxmox como estrategia de reducción de costos en los centros de datos. XV Convención y feria internacional de informática, Habana, Cuba, 2013.
- CHEN, W. et al. A Novel Hardware Assisted Full Virtualization Technique. The 9th International Conference for Young Computer Scientists, Hunan, China, 2008.
- GAVRILOVSKA, A. et al. High-Performance Hypervisor Architectures: Virtualization in HPC Systems. Workshop on System-level Virtualization for HPC (HPCVirt), Atlanta, USA, 2007.
- HALL, M. et al. The WEKA data mining software: an update. ACM SIGKDD Explorations Newsletter 11, no. 1, Orlando, USA, 2009.
- HESS, A. Site oficial do criador, GridWeka2, <http://www.andreas-hess.info/projects/gridweka2/index.html>, Maio, 2018.
- IBM, Site oficial da empresa, Mineração de dados com Weka, <http://www.ibm.com/developerworks/br/opensource/library/os-weka1/>, Maio, 2018.
- IPUMS, Site oficial da empresa, Integrated Public Use Microdata Series, International, <https://international.ipums.org/international/>, Maio, 2018.
- KOVARI, A.; DUKAN, P. KVM & OpenVZ virtualization based IaaS Open Source Cloud Virtualization Platforms: OpenNode, Proxmox VE. IEEE 10th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, Subotica, Serbia, 2012.
- LAUREANO, M. A. P.; MAZIERO, C. A. Virtualização: Conceitos e Aplicações em Segurança. Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais. Curitiba, Brasil, 2008.
- PROXMOX. Site oficial da empresa, Proxmox VE Features, <http://www.proxmox.com/proxmox-ve/features>, Maio, 2018.
- VERAS, M. Virtualização: Componente Central do Datacenter. Rio de Janeiro, Brasil, Brasport, 2011.
- WERSTEIN, P. et al. A Remote Memory Swapping System for Cluster Computers. Eighth International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies, New Zealand, 2007.