

FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA

FACULDADE DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

ESTUDO SOBRE VIRTUALIZAÇÃO DE SERVIDORES COM O  
FOCO EM DESEMPENHO DE HARDWARE

MAIKEL SIMÕES FONTES

CARATINGA

2010

**Maikel Simões Fontes**

**ESTUDO SOBRE VIRTUALIZAÇÃO DE SERVIDORES COM FOCO EM  
DESEMPENHO DE HARDWARE**

Monografia apresentada ao curso de  
Ciência da Computação das Faculdades  
Integradas de Caratinga como requisito  
parcial para obtenção do título de Bacharel  
em Ciência da Computação orientado pelo  
Professor Flávio Henrique Amaral Costa.

Caratinga

2010

**Maikel Simões Fontes**

**Estudo sobre Virtualização de Servidores com foco em desempenho de hardware**

Monografia submetida à Comissão examinadora designada pelo Curso de Graduação em Ciência da Computação como requisito para obtenção do título de Bacharel.

---

Prof. Msc Fabrícia Pires Souza Tiola  
Faculdades Integradas de Caratinga

---

Prof. Flávio Henrique Amaral Costa  
Faculdades Integradas de Caratinga

---

Prof. Jacson Rodrigues da Silva  
Faculdades Integradas de Caratinga

Caratinga, 01/12/2010

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço meus pais pelo apoio, minha irmã pela amizade, aos professores pelos ensinamentos e aos meus amigos pelo incentivo.

## RESUMO

A virtualização de sistemas operacionais é uma realidade nos dias atuais. Com o grande acúmulo de servidores nos *datacenters* e centros de processamento de dados (CPDs) das empresas, torna-se inevitável consolidá-los. Além de ocuparem muito espaço, o acúmulo desses servidores aumenta a quantidade de energia necessária para a refrigeração do ambiente.

O objetivo deste estudo foi mostrar como um servidor pode ter seu desempenho maximizado em termos de memória e processador. E, através de ferramentas que fazem uma análise de consumo de hardware das máquinas virtuais, foi demonstrado que é possível o compartilhamento dos recursos da CPU, que não estão sendo utilizados, entre as máquinas virtuais hospedadas de um servidor. O que pode diminuir o desperdício de recursos de hardware.

Neste trabalho, além de detalhar o funcionamento dos principais elementos que compõem um sistema virtualizado, foram citadas as principais técnicas de virtualização e as vantagens de cada uma delas. Foram também apresentadas as principais vantagens ao se utilizar a virtualização em servidores.

Após a análise dos testes foi visto como o gerenciador de máquinas virtuais trabalha, para fazer com que os recursos da CPU de máquinas virtuais ociosas, sejam disponibilizados para aquelas que mais demandam recursos da CPU.

A virtualização chegou para ficar, ela é inovadora, e as novas tecnologias de hardware e software estão alinhadas a seu favor, como por exemplo, a inclusão de instruções especiais de virtualização nos processadores mais modernos. Deve-se lembrar também que a virtualização contribui para a diminuição do consumo de energia, que é um tema importante na sociedade de hoje, pois visa a preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: virtualização, máquina virtual, servidor, consolidação, desempenho, hardware.

## ABSTRACT

The virtualization of operating systems is a reality today. With the large accumulation of servers in datacenters and data processing centers (DPCs) of the companies, becomes inevitable consolidate them. In addition to occupy too much space, the accumulation of these servers increases the amount of energy needed for cooling of the environment.

The objective of this study is to show how a server can have its performance maximized in terms of memory and processor. And, through tools that make a hardware consumption analysis of virtual machines, will be demonstrated that it is possible the sharing of CPU resources, which are not being used, between the virtual machines hosted on a server. Which lower the waste of hardware resources.

In this work, in addition to detail the functioning of key elements that make up a virtualized system, were cited as major virtualization techniques and benefits of each one. Were also presented the main advantages of using server virtualization.

After the analysis of tests will be seen as the virtual machine manager works, to make the CPU idle virtual machines are available for those who require more CPU resources.

Virtualization came to stay, it is innovative and new hardware and software technologies are aligned in your favor, as for example, the inclusion of special instructions in most modern processors virtualization. It should be remembered also that virtualization contributes to lower the energy consumption, which is an important issue in today's society, because it aims at the environment preservation.

Keywords: virtualization, virtual machine, server, consolidation, performance, hardware

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Virtualização e consolidação de servidores.....	12
Figura 2 - Diagrama de uma máquina Virtual.....	16
Figura 3 - Recursos disponibilizados a uma máquina virtual por seu hypervisor.....	17
Figura 4 - Sistema operacional virtualizado.....	18
Figura 5 - Hypervisor tipo 1.....	20
Figura 6 - Hypervisor tipo 2.....	21
Figura 7 - Abordagem híbrida para o hypervisor tipo 1.....	22
Figura 8 - Abordagem híbrida para hypervisor tipo 2.....	23
Figura 9 - Representação da Virtualização Total.....	24
Figura 10 - Representação da paravirtualização.....	25
Figura 11 - Datacenter.....	27
Figura 12 - VMWare Workstation.....	35
Figura 13 - Máquina virtual com o VMWare ESXi 4.1 sendo executada no VMWare Workstation.....	36
Figura 14 - Acesso às máquinas virtuais pelo cliente vSphere.....	37
Figura 15 - Alocação de recursos para uma máquina virtual.....	38
Figura 16 - Utilização do processador pelas máquinas virtuais.....	43
Figura 17 - Máquinas virtuais ociosas.....	45
Figura 18 - Máquina virtual SRV02 com alta utilização de CPU.....	46
Figura 19 - Distribuição de recursos de processamento ociosos para a VM SRV02.....	46
Figura 20 - VM SRV02 com dois processadores virtuais utilizando mais recursos do processador.....	47
Figura 21 - VM SRV02 utilizando o máximo possível do processador.....	47
Figura 22 - Máquinas virtuais SRV01 e SRV02 com sobrecarga de processamento.....	48

## LISTA DE SIGLAS

- VMM - Virtual Machine Monitor
- TI - Tecnologia da Informação
- CPD - Centro de processamento de Dados
- VM - Virtual Machine
- SO - Sistema Operacional
- BIOS - Basic Input/Output System
- CPU - Central Processing Unit

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	VIRTUALIZAÇÃO DE SISTEMAS OPERACIONAIS .....	14
2.1	AMBIENTE VIRTUAL .....	14
2.2	MÁQUINAS VIRTUAIS .....	15
2.3	MONITOR DE MÁQUINAS VIRTUAIS .....	18
2.4	HYPERVISOR TIPO 1 .....	19
2.5	HYPERVISOR TIPO 2.....	20
2.6	ABORDAGENS HÍBRIDAS .....	21
2.7	TÉCNICAS DE VIRTUALIZAÇÃO .....	23
2.7.1	Virtualização Total.....	23
2.7.2	Paravirtualização.....	25
2.7.3	Suporte do Hardware .....	26
2.8	VIRTUALIZAÇÃO DE SERVIDORES.....	27
2.8.1	TIPOS DE SERVIDORES .....	29
2.9	VANTAGENS E DESVANTAGENS.....	30
3	FERRAMENTAS DE VIRTUALIZAÇÃO.....	34
3.1	VMWARE .....	34
3.1.1	VMWare Workstation .....	34
3.1.2	VMWare ESXI .....	36
3.1.3	VMWARE vSphere.....	37
4	METODOLOGIA .....	40
4.1	A ESCOLHA DAS FERRAMENTAS.....	40

4.2	OBJETIVO.....	40
4.3	AMBIENTE DE TESTES .....	40
4.4	CONFIGURAÇÃO DAS MÁQUINAS VIRTUAIS.....	41
4.5	SOBRECARGA DO PROCESSADOR VIRTUAL .....	42
4.6	O MONITORAMENTO DAS MÁQUINAS VIRTUAIS.....	42
5	RESULTADOS OBTIDOS NA IMPLEMENTAÇÃO DAS MÁQUINAS VIRTUAIS .....	45
5.1	SOBRECARGA DE UMA MÁQUINA VIRTUAL.....	45
5.2	SOBRECARGA DE DUAS MÁQUINAS VIRTUAIS .....	48
6	CONCLUSÃO .....	49
7	REFERÊNCIAS .....	51

# 1 INTRODUÇÃO

Atualmente com a elevada disputa de mercado, o crescimento e a competitividade das empresas está fortemente ligado ao desenvolvimento de sua área de Tecnologia da Informação (TI). Além de investir na expansão do negócio, empresários precisam adotar estratégias de tecnologia que acompanhem o ritmo de seus empreendimentos. Para isso é preciso investir em equipamentos, serviços e aplicativos.

A fim de melhorar o gerenciamento dos dados e serviços compartilhados entre os computadores de sua rede, as empresas adotam o modelo cliente-servidor, que é um computador central (servidor), responsável por armazenar os dados e serviços e permitir que todos os outros computadores da rede (clientes) possam acessar as informações e utilizar os serviços disponibilizados pelo servidor.

O modelo cliente-servidor é uma prática comum entre as empresas. Para cada serviço crítico, como servidores de e-mail, banco de dados, arquivos, é utilizado um servidor separado, permitindo assim um melhor gerenciamento.

O problema desse modelo é que as máquinas são subaproveitadas e os custos são mais elevados. Quanto mais máquinas, maior o custo de manutenção, maior o consumo de energia e mais complicado é o gerenciamento. Esse modelo também não consegue aproveitar os recursos ociosos dos demais servidores da rede, visto que caso se tenha um servidor utilizando 100% dos recursos da CPU e houver outro servidor com recursos ociosos, os mesmos não conseguirão compartilhar recursos entre eles.

O que há de mais novo no mercado que consegue resolver os problemas citados acima é a virtualização, que em conjunto com a consolidação de servidores, estão sendo amplamente utilizados no mercado empresarial. A virtualização de *hardware* consiste em executar vários sistemas operacionais em uma mesma máquina, e isso é possível graças à utilização de programas que criam máquinas virtuais (*VMs* ou *Virtual Machines*), os *hypervisors*, também conhecidos como monitores de máquinas virtuais (LAUREANO, 2006). As VMs emulam os componentes físicos de um computador, tornando possível que um sistema

operacional<sup>1</sup> seja instalado executado, ao mesmo tempo, que outro. A virtualização permite, por exemplo, a execução de diferentes versões do Windows ou Linux em um mesmo hardware, ao mesmo tempo.

Isso torna possível a consolidação de servidores, onde dados e serviços serão centralizados no menor número possível de máquinas físicas. Em cada servidor são instaladas várias máquinas virtuais, onde cada uma delas é isolada uma da outra e possui o seu próprio sistema operacional (LAUREANO, 2006). Isso permite que a capacidade do sistema seja melhor aproveitada. Desta maneira, a quantidade de servidores é reduzida e conseqüentemente as empresas economizam no espaço ocupado pelo seu hardware, gastos com energia elétrica, manutenção e refrigeração.

A Figura 1 ilustra a consolidação de servidores, que em conjunto com a virtualização, possibilita a instalação de várias máquinas virtuais em um único hardware, diminuindo a quantidade de servidores físicos nos grandes *datacenters* e empresas.



Figura 1 – Virtualização e consolidação de servidores

Muitos dos administradores de redes já conhecem o conceito sobre máquinas virtuais e virtualização de servidores em ambientes corporativos, logo objetivo geral deste trabalho é apresentar uma visão geral da tecnologia da virtualização de sistemas

<sup>1</sup> Sua função é gerenciar os recursos do sistema e fornecer uma interface entre o computador e o usuário, o Microsoft Windows e o Linux são exemplos de sistemas operacionais.

operacionais para servidores, com o foco em suas principais técnicas e ferramentas para um melhor desempenho de seu hardware.

O objetivo deste estudo é mostrar como um servidor pode ter seu desempenho maximizado em termos de memória e processador. E, através de ferramentas que fazem uma análise de consumo de hardware das máquinas virtuais, será demonstrado que é possível o compartilhamento dos recursos da CPU, que não estão sendo utilizados, entre as máquinas virtuais hospedadas de um servidor. O que irá diminuir o desperdício de recursos de hardware.

Este trabalho apresenta também os principais conceitos, técnicas e benefícios que a virtualização trás, servindo como material para pesquisa sobre o assunto para empresas e pessoas que queira se aprofundar mais no assunto.

Após a análise dos testes veremos como o gerenciador de máquinas virtuais trabalha, para fazer com que os recursos da CPU de máquinas virtuais ociosas, sejam disponibilizados para aquelas que mais demandam recursos da CPU.

## 2 VIRTUALIZAÇÃO DE SISTEMAS OPERACIONAIS

No início da década de 60, os gigantes e caros computadores eram ineficientes em aproveitar seu potencial máximo. A IBM percebeu que ao executar vários processos paralelamente esse potencial seria totalmente utilizado. Foi aí que surgiu a ideia da virtualização. Em 1972, a IBM lançou o primeiro mainframe (computador de grande porte) que era capaz de executar simultaneamente vários sistemas operacionais sobre a supervisão de um programa de controle – o *hypervisor*.

Com o passar do tempo, a virtualização caiu no esquecimento graças à criação das aplicações cliente-servidor. Isso foi acelerado ainda pelo declínio da plataforma mainframe, que deu lugar a arquitetura x86. Somente em 1999, a VMWare *Inc.*<sup>2</sup> introduziu o conceito de virtualização na plataforma x86, permitindo utilizar o equipamento de forma mais eficiente.

Vários sistemas operacionais compatíveis com a arquitetura x86 foram desenvolvidos ao longo dos anos e, para cada sistema operacional, foi criada uma vasta gama de aplicativos. O problema é a compatibilidade, pois nem sempre um aplicativo desenvolvido para um sistema operacional, é compatível com outro.

Com a utilização da virtualização esse problema foi resolvido. No modelo virtualizado é criada uma “camada” que permite a execução de diferentes sistemas operacionais simultaneamente em uma mesma máquina. “Essa “camada” – softwares que podem ser utilizados para fazer os recursos parecerem diferentes do que realmente são – é chamada de virtualização.” (LAUREANO, 2006).

### 2.1 AMBIENTE VIRTUAL

Um ambiente de virtualização consiste em três partes básicas (MAZIERO; LAUREANO, 2008):

---

<sup>2</sup> VMWare *Inc.*: Empresa pioneira no desenvolvimento de softwares para virtualização.

- O sistema real, anfitrião ou hospedeiro (no inglês - *host*): ele contém os recursos reais de hardware e software do sistema. É o computador, ou máquina física, que hospeda e executa as máquinas virtuais.
- O sistema virtual, ou sistema convidado (no inglês - *guest system*): é o ambiente que é executado sobre uma máquina virtual. O sistema virtual tem a ilusão que a máquina que ele está sendo executado é uma máquina real.
- A camada de virtualização, *hypervisor*, ou monitor de máquinas virtuais: É o responsável pela criação e gerenciamento das máquinas virtuais.

## 2.2 MÁQUINAS VIRTUAIS

Uma máquina virtual é uma camada de software isolada que é capaz de executar sistemas operacionais e aplicativos próprios como se fosse um computador físico (VMWARE, 2010b).

Ela se comporta exatamente como uma máquina real e possui um conjunto de *hardware* virtual, incluindo BIOS, placa de vídeo, rede, som, mouse. Os *drivers*<sup>3</sup> carregados na máquina virtual serão para o *hardware* virtual, e não para o do *hardware* físico. Isso faz com que elas sejam totalmente independentes do *hardware* físico, pois utilizam um *hardware* virtual genérico, possibilitando que quase todos os sistemas operacionais funcionem sem problemas no ambiente virtualizado, embora possam perder algumas funcionalidades.

Na Figura 2 é possível observar um diagrama de uma máquina virtual, onde cada uma possui o seu próprio hardware virtual.

---

<sup>3</sup> *Driver*: É um pequeno programa que permite que o sistema operacional de uma máquina se comunique com os dispositivos de hardware.

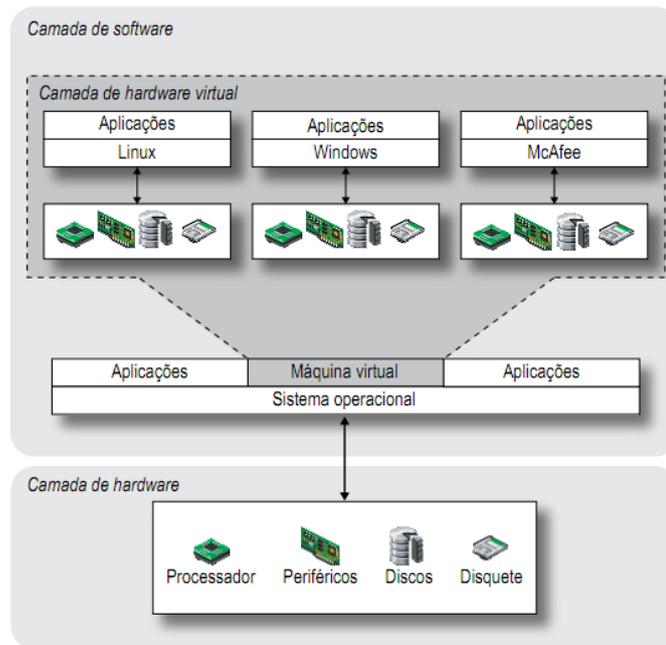


Figura 2 - Diagrama de uma máquina Virtual

Fonte: LAUREANO (2008)

Com o gerenciador de máquinas virtuais, que é o responsável por criar e gerenciá-las, é possível definir individualmente quais recursos de *hardware* estarão disponíveis para cada máquina virtual. O usuário pode, por exemplo, definir se uma máquina virtual terá acesso à unidade de DVD, qual o espaço em disco total será disponibilizado a ela, o total de memória, entre outros. Veja na Figura 3 um exemplo de monitor de máquinas virtuais e quais recursos foram definidos para a VM que foi criada por ele.

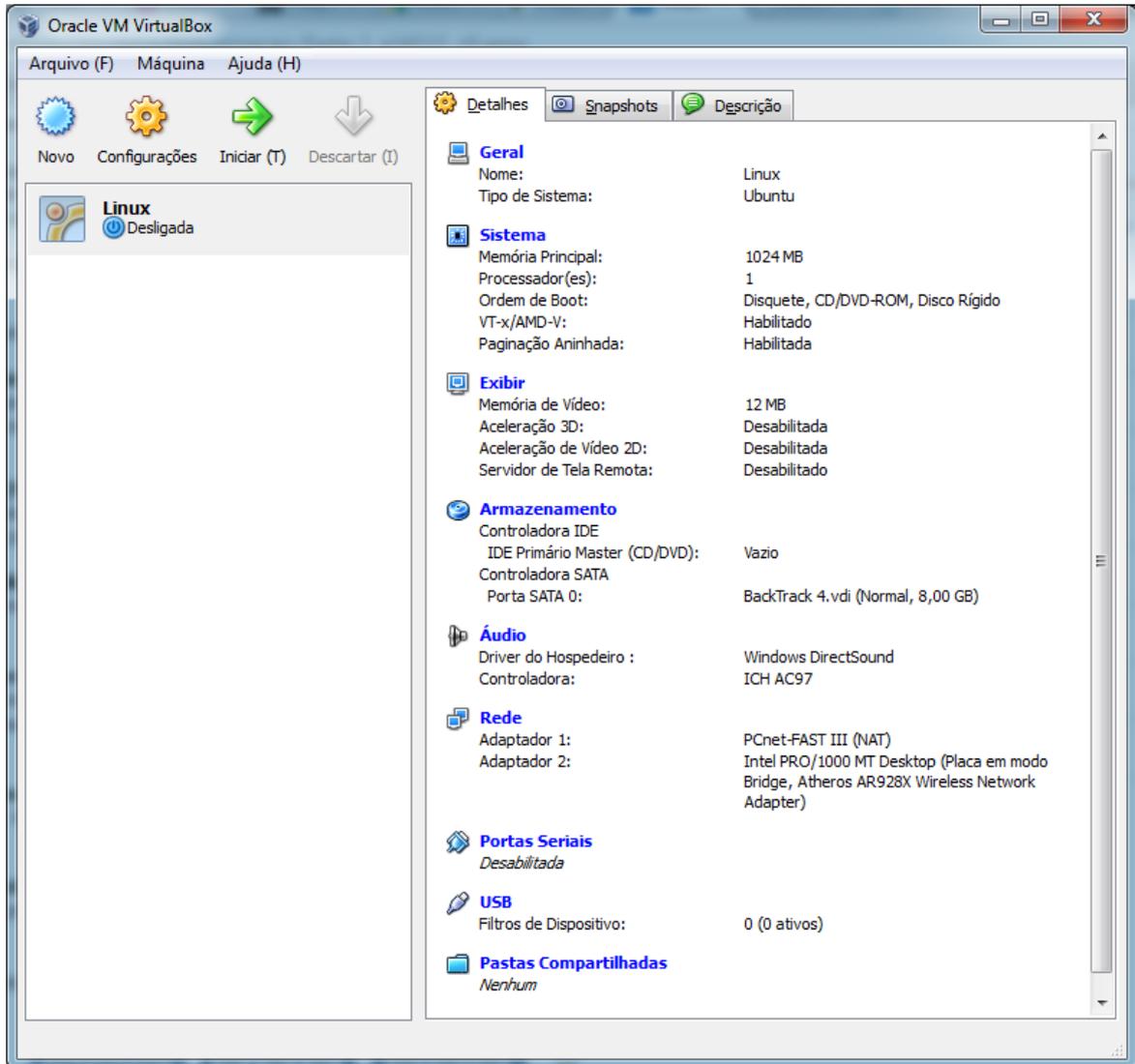


Figura 3 - Recursos disponibilizados a uma máquina virtual por seu *hypervisor*.

A partir de uma máquina virtual é possível executar paralelamente outro sistema operacional a partir do sistema operacional em execução, também conhecido como sistema anfitrião, possibilitando a utilização de programas não compatíveis com o sistema operacional atual.

Na Figura 4 é possível observar uma máquina virtual contendo o Windows XP sendo executada sobre um sistema anfitrião, que utiliza o Windows 7. Deste modo é possível a execução de programas não compatíveis com ele, como o Internet Explorer 6, que não é compatível com o Windows 7. Isso permite que um ambiente de testes com sistemas operacionais diferentes seja montado, sem a necessidade de adquirir outras máquinas para isso.

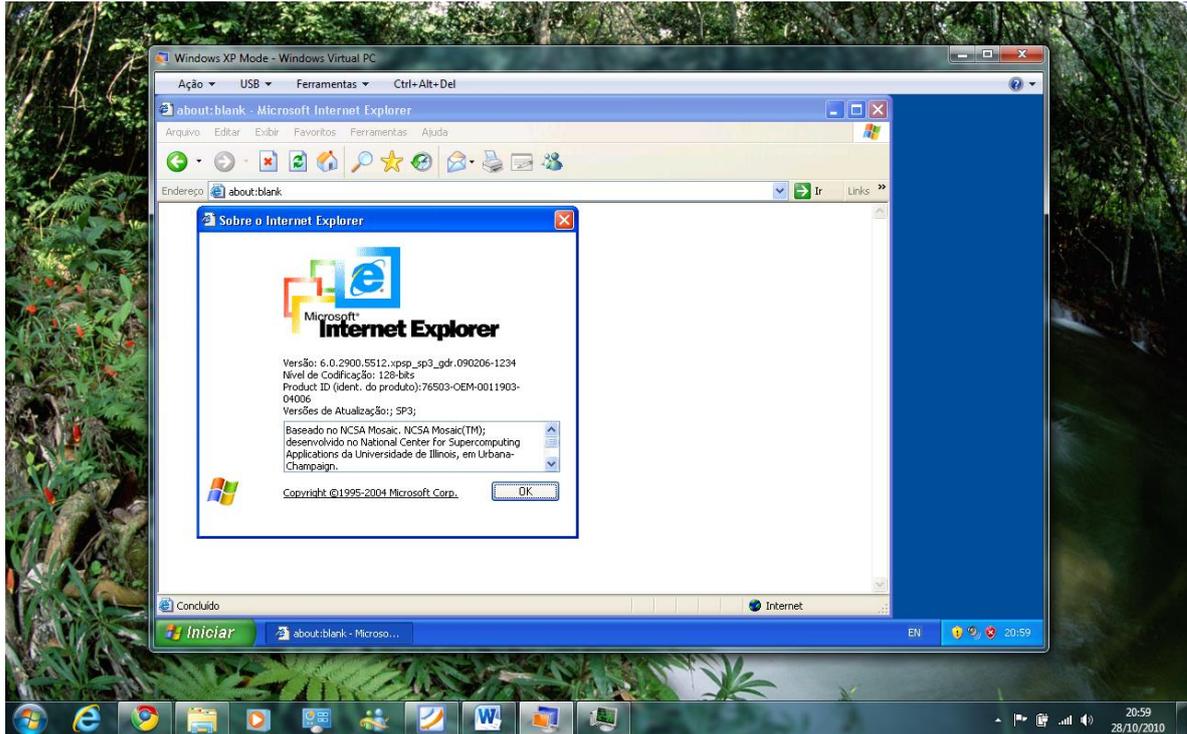


Figura 4 - Sistema operacional virtualizado.

O sucesso da virtualização está na capacidade de distribuir um único hardware para várias máquinas virtuais, possibilitando definir quais recursos de hardware cada uma terá acesso e também ter ambientes virtuais isolados uns dos outros.

### 2.3 MONITOR DE MÁQUINAS VIRTUAIS

Um Monitor de Máquinas Virtuais (VMM – *Virtual Machine Monitor*), ou *hypervisor*, é um software executado sobre a máquina física que é responsável por criar e gerenciar as máquinas virtuais. É ele quem divide os recursos de hardware físico de acordo com a configuração de cada máquina virtual.

*"As finalidades primárias de um sistema operacional são habilitar aplicações a interagir com um hardware de computador e gerenciar recursos de hardware e software de um sistema. Por tal motivo, o monitor de máquinas virtuais pode ser definido como um sistema operacional para sistemas operacionais"* (LAUREANO, 2006).

Inicialmente era necessário ter um sistema operacional já instalado para instalar o *hypervisor*, o que causa uma perda de desempenho, pois as máquinas virtuais iriam disputar os recursos de hardware com o sistema real. Dentre os *hypervisors* que funcionam dessa maneira são exemplos: Microsoft Virtual PC, Microsoft Virtual Server R2, VMWare Workstation, VMWare Server e VMWare Player.

Com a maturação da tecnologia de virtualização foram criadas ferramentas de virtualização mais robustas, que não requerem a instalação de um sistema operacional de base para serem instalados. Elas são instaladas diretamente no hardware (*bare metal*) e não requerem que um sistema operacional seja previamente instalado. São exemplos desse tipo de ferramenta: Microsoft Hyper-V R2, VMWare ESX 3.5/4.0 e Citrix Server.

Segundo Popek e Goldberg (1973), os *hypervisors* podem ser divididos em dois tipos:

- **Hypervisor clássico ou de tipo 1:** o *hypervisor* é implementado diretamente sobre o hardware e não necessita que um sistema operacional já esteja instalado.
- **Hypervisor hospedado ou de tipo 2:** é necessário que um sistema operacional já esteja instalado, o sistema anfitrião. O monitor de máquinas virtuais é instalado como um processo do sistema anfitrião, devendo ser executado para que ele possa iniciar as máquinas virtuais.

## 2.4 HYPERVISOR TIPO 1

O monitor de máquinas virtuais do tipo 1 é executado diretamente sobre o hardware da máquina física, levando a um ganho perceptível de desempenho, pois não há um sistema anfitrião sendo executado paralelamente (LAUREANO, 2006). O VMM gerencia todos os recursos das máquinas virtuais, distribuindo esses recursos do hardware entre as máquinas virtuais ativas.

Um monitor desse tipo é executado com maior prioridade que os sistemas convidados, de forma que ele pode interceptar e também emular todas as operações que acessam ou manipulam recursos de hardwares provenientes do sistema convidado.

Na Figura 5 pode-se observar a estrutura básica de um hypervisor do tipo 1, onde o mesmo é instalado diretamente no hardware do anfitrião.

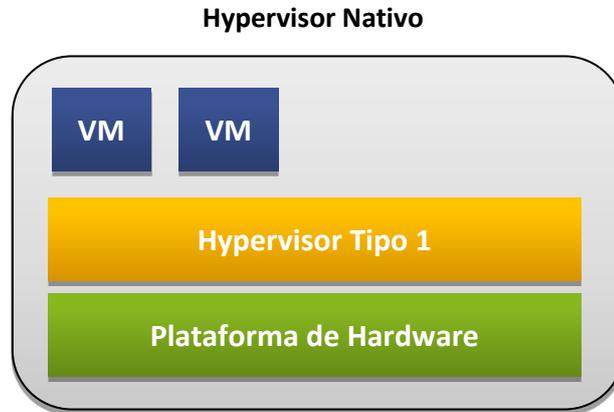


Figura 5 - Hypervisor tipo 1

## 2.5 HYPERVISOR TIPO 2

Neste modelo o monitor é implementado como um processo do sistema operacional real, denominado sistema anfitrião (*host system*) (SILVA, 2007). O VMM é responsável por criar e gerenciar as máquinas virtuais, e é executado como qualquer outro serviço, como Apache e MySQL, no sistema operacional do sistema anfitrião. Várias outras aplicações podem ser executadas no sistema anfitrião junto com o VMM, fazendo com que os recursos de hardware sejam divididos entre as máquinas virtuais e os serviços executados no sistema anfitrião.

A figura 6 ilustra como é a estrutura básica de um *hypervisor* do tipo 2, mostrando que o *hypervisor* compete recursos de hardware com o sistema operacional anfitrião e seus aplicativos.

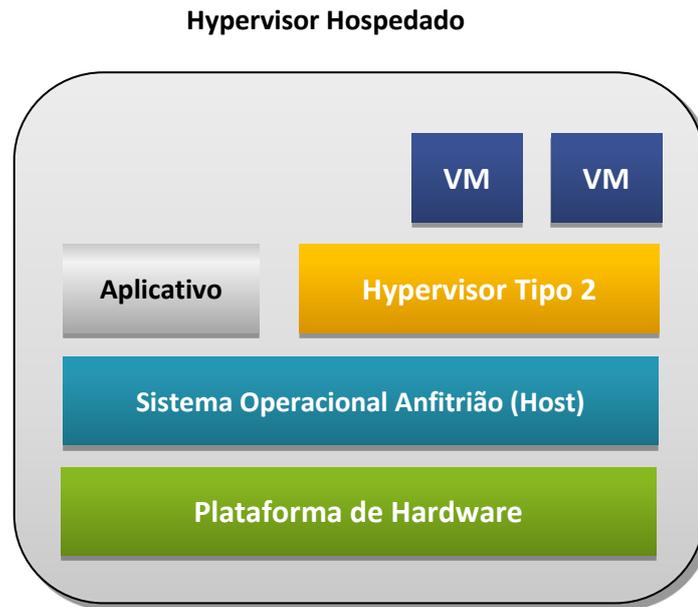


Figura 6 - Hypervisor Tipo 2

O hypervisor de tipo 2 se diferencia por ser executado como um processo do sistema anfitrião, competindo recursos de hardware com o mesmo.

## 2.6 ABORDAGENS HÍBRIDAS

É necessário observar que os monitores de máquinas virtuais de tipo 1 e 2 raramente são usados em sua forma conceitual. Assim várias otimizações são feitas de maneira que o desempenho das aplicações dos sistemas convidados seja melhorado.

Nos monitores do tipo 1 o sistema convidado passa a acessar diretamente o hardware através da implementação de modificações no núcleo do sistema convidado e do monitor, conforme pode ser observado na Figura 7.

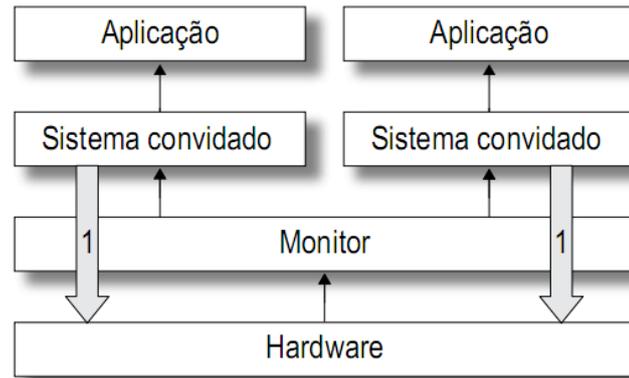


Figura 7 – Abordagem híbrida para o hypervisor tipo 1

Fonte: Laureano (2006)

Já em monitores do tipo 2, várias modificações são feitas, conforme a figura 8:

- 1) O sistema convidado acessa diretamente o sistema anfitrião. Essa otimização ocorre quando o monitor fornece partes da API do sistema anfitrião ao sistema convidado, permitindo, por exemplo, o sistema convidado fazer uso da implementação do sistema de arquivos nativa do sistema anfitrião.
- 2) O sistema convidado acessa diretamente o hardware. Para isso a otimização é implementada parte no monitor e parte no sistema anfitrião, através do uso de um *driver* de dispositivo específico. Um exemplo dessa otimização é o acesso direto a leitores de CD/DVD, dispositivo de vídeo e a interface de rede entre o sistema anfitrião e o sistema convidado.
- 3) O monitor acessa diretamente o *hardware*. Para isso é instalado um *driver* de dispositivo no sistema anfitrião, permitindo ao anfitrião ter uma interface de baixo nível para acesso ao *hardware* subjacente. Esse tipo de otimização pode ser encontrado nos sistemas VMWare e UML.

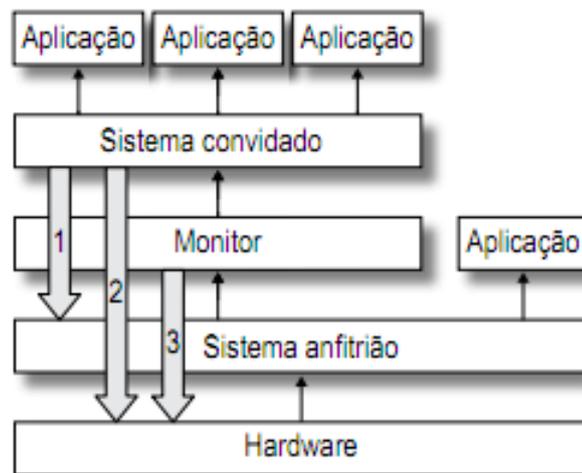


Figura 8: Abordagem híbrida para hypervisor tipo 2.

Fonte: Laureano (2006)

Pode-se observar que várias modificações foram feitas em cada modelo, sendo que cada uma delas foi feita de maneira que houvesse um ganho no desempenho das aplicações do sistema convidado (LAUREANO; MAZIERO, 2008)

## 2.7 TÉCNICAS DE VIRTUALIZAÇÃO

Dentre as técnicas de virtualização, as mais utilizadas são a paravirtualização (*paravirtualization*) e a virtualização total (*total virtualization*).

### 2.7.1 Virtualização Total

A virtualização total é uma técnica que cria um ambiente virtual em que o hardware fornecido aos sistemas convidados corresponde ao *hardware* de um sistema real existente. O resultado dessa técnica é um ambiente virtual em que todos os sistemas operacionais que são capazes de serem executados em um determinado *hardware*, também poderão ser executados em uma máquina virtual.

Nesse modelo o sistema operacional é executado sem que nenhuma modificação prévia seja feita, mas isso traz alguns inconvenientes. O número de dispositivos que o VMM deve suportar é extremamente elevado e para resolver esse problema, *drivers* de dispositivos genéricos são utilizados. Esses *drivers* podem funcionar bem, mas não garantem que todas as funcionalidades desse dispositivo possam ser utilizadas (MATTOS, 2008).

Outro inconveniente é que monitor deve testar todas as instruções<sup>4</sup> executadas pelo sistema convidado antes que estas sejam executadas diretamente no *hardware*, causando uma perda de desempenho no sistema convidado. Fica também de responsabilidade do VMM evitar que uma máquina virtual execute operações de *hardware* que possam prejudicar as outras máquinas virtuais em execução ou a máquina física.

A Figura 9 ilustra a estrutura básica de um sistema operacional virtualizado utilizando a técnica da virtualização total. Nesse exemplo foi utilizado um *hypervisor* do tipo 1, onde o mesmo é instalado diretamente no hardware. As máquinas virtuais, que são gerenciadas pelo hypervisor, são capazes de executar um sistema operacional completo e seus aplicativos, sem a necessidade de serem feitas alterações no sistema operacional.

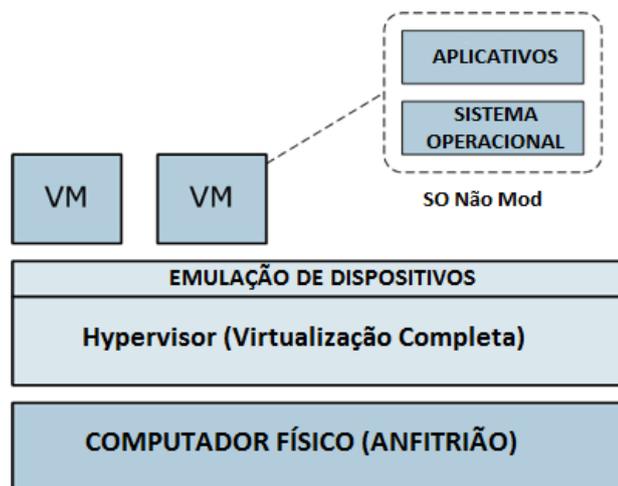


Figura 9 - Representação da Virtualização Total

<sup>4</sup> Instrução: uma operação única executada por um processador e definida por um conjunto de instruções.

## 2.7.2 Paravirtualização

A paravirtualização é uma alternativa à virtualização total. Nela o sistema operacional que será virtualizado é previamente modificado para que a interação com o monitor de máquinas virtuais seja mais eficiente (LAUREANO, 2006). A vantagem dessa modificação é que o sistema convidado consegue acessar os recursos de hardware diretamente, sem ser necessária a intervenção do *hypervisor*, como pode ser observado na Figura 10.

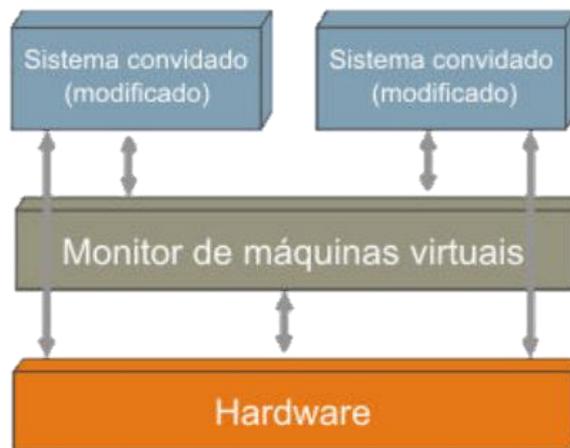


Figura 10 – Representação da paravirtualização.

Não será necessária a instalação de *drivers* genéricos nas máquinas virtuais, já que os *drivers* que serão utilizados são os já disponíveis no sistema operacional ou os disponibilizados pelo fabricante do hardware, permitindo a utilização de todos os recursos dos dispositivos de hardware.

A paravirtualização reduz a complexidade do desenvolvimento das máquinas virtuais, já que, historicamente, os processadores não suportam a virtualização nativa. A performance obtida, a principal razão para utilizar a paravirtualização, compensa as modificações que serão implementadas nos sistemas convidados (LAUREANO, 2006).

Embora a paravirtualização tenha desempenho superior à virtualização total, essa diferença tem sido superada devido à inclusão de instruções de virtualização nos processadores Intel e AMD, que favorecem a virtualização total. Mesmo que essas instruções tenham sido desenvolvidas para o mesmo propósito, elas foram projetadas

de maneiras independentes, fazendo com que haja problemas na migração de uma máquina virtual de uma arquitetura Intel para a arquitetura AMD, e vice-versa.

### 2.7.3 Suporte do Hardware

Com a elevada utilização, nos últimos anos, as fabricantes de processadores Intel e AMD passaram a investir mais em tecnologia para permitir a virtualização em processadores x86. Elas desenvolveram tecnologias similares, mas que não são compatíveis entre si, para permitir que a virtualização seja suportada de forma nativa no processador. Para isso, foi implementado um assistente em hardware, também conhecido como *hardware assist*. A Intel nomeou sua tecnologia de *hardware assist* de Intel-VT (Intel *Virtualization Technology*), enquanto a AMD nomeou a sua de AMD-V (AMD *Virtualization*) (SILVA, 2007).

A tecnologia de virtualização da Intel, conhecida como Intel VT, tem como objetivo a diminuição da complexidade dos Monitores de Máquina Virtual (VMM), aumentar o desempenho de máquinas virtuais que são baseadas em software e permitir que sistemas operacionais que não foram modificados previamente obtenham desempenho igual ou superior àqueles modificados para o uso em conjunto da paravirtualização. (MATTOS, 2008)

A ideia básica dessas tecnologias é definir ao processador dois modos possíveis de operação, o modo *root* e o *non-root* (SILVA, 2007). O modo *root* é destinado ao *hypervisor*, e equivale ao funcionamento de um processador comum. Já o modo *non-root* é destinado somente à execução de máquinas virtuais.

No ambiente de virtualização baseado em software todas as chamadas da máquina virtual convidada para o hardware são traduzidas pelo *hypervisor*, consumindo tempo e recursos computacionais, e conseqüentemente uma perda de desempenho. Já na virtualização com assistência do hardware, com a ajuda de novas instruções adicionadas ao processador, a máquina virtual consegue acesso direto aos recursos do hardware, sem que seja necessário ao *hypervisor* traduzir as chamadas do sistema operacional virtualizado para o hardware, o que economiza tempo computacional e leva a um ganho de desempenho.

Atualmente, a utilização da virtualização com suporte do hardware se tornou indispensável para qualquer empresa que decida virtualizar seu parque de servidores, já que sem a utilização desse recurso a queda de desempenho será considerável (LAUREANO; MAZIERO, 2008).

## 2.8 VIRTUALIZAÇÃO DE SERVIDORES

O Centro de Processamento de Dados (CPD) é o local onde são concentrados os equipamentos de processamento e armazenamento de dados de uma empresa ou organização. Também conhecidos pelo nome em inglês, *datacenter*.

Os grandes *datacenters*, com o acúmulo de servidores, começaram a ficar pequenos e a complexidade de gerenciamento aumenta. Na Figura 11 é possível ver exemplos de *datacenters* e a grande quantidade de servidores armazenados.



Figura 11 – *Datacenter*

No modelo cliente servidor vimos que existe uma centralização dos dados, e todas as requisições feitas por parte das máquinas clientes irão passar por um servidor. Este tipo de modelo é o mais eficaz para o gerenciamento de um parque computacional. A desvantagem desse modelo é a quantidade de servidores que se deve ter para o gerenciamento de suas máquinas clientes, deixando assim o *datacenter* superlotado de servidores. É um cenário cada vez mais comum em organizações que não investem em virtualização e consolidação de seus servidores.

A virtualização está no mercado há vários anos, com é possível liberar espaço no CPD das empresas, fazendo uma junção de vários servidores em um só hardware economizando assim espaço e dinheiro.

Para atender a demanda crescente de implantação de novos serviços e aplicações, as empresas devem acrescentar novos servidores. Geralmente essas aplicações são executadas em seus próprios servidores físicos dedicados, a chamada “uma aplicação/um servidor”, causando uma fragmentação da infraestrutura e frequentemente leva a uma falta de flexibilidade dentro do ambiente de TI da empresa.

Com essa fragmentação, segundo Pollon (2008) surgem diversos desafios a serem resolvidos. Dentre eles:

- Baixa utilização da infraestrutura: Segundo o IDC, tipicamente os servidores utilizam entre 10% a 15% da capacidade total. Isso ocorre porque as empresas costumam usar uma aplicação por servidor para evitar que as vulnerabilidades de uma aplicação possam afetar as demais no mesmo servidor.
- Aumento no custo com infraestrutura física: a maior parte dos servidores deve permanecer ligada durante todo o dia, causando um alto custo de energia, além do custo para manter em um espaço físico seguro e adequado.
- Aumento dos custos de gerenciamento: à medida que as redes dos computadores ficam maiores e mais complexas, para o gerenciamento dela é necessário alguém com um maior nível de especialização e experiência, além de gastar tempo e recursos com tarefas manuais para manutenção dos servidores.
- Proteção insuficiente para situações de *Disaster e Failover*: as empresas são afetadas pelo tempo de indisponibilidade de aplicações críticas. Disciplinas como tratamento dos riscos à segurança, desastres naturais, terrorismo e epidemias têm elevada importância nos planos de continuidade dos negócios para servidores.

As empresas, para tentar resolver esses problemas, passam a consolidar os seus servidores em uma única máquina com alto poder de processamento, mas o que na realidade deveria simplificar o ambiente pode ter o efeito contrário caso ocorram conflitos ou incompatibilidades de ambientes entre as aplicações (SUDRÉ, 2008). No caso de conflito e incompatibilidades, se ocorrer um travamento, todos os serviços executados na máquina serão comprometidos.

As soluções para esse problema é a virtualização e consolidação de servidores, que permite a criação de máquinas virtuais a partir do compartilhamento de hardware, tornando possível a execução de várias máquinas virtuais, cada uma com seu próprio sistema operacional, em uma mesma máquina física. Sendo que essas máquinas virtuais são isoladas e não interferem no funcionamento das outras. Com esse isolamento, um programa de uma máquina virtual só poderá causar o travamento do sistema operacional em que ele estiver sendo executado, e não comprometerá as outras máquinas virtuais em execução.

### 2.8.1 TIPOS DE SERVIDORES

Um servidor nada mais é que um sistema de computação que fornece serviços a uma rede de computadores.

Eles desempenham diferentes papéis em um ambiente cliente/servidor de uma rede. Alguns são responsáveis pela autenticação dos usuários, outros para prover arquivos para os usuários da rede, e para outros usos. Abaixo se pode conhecer os principais tipos de servidores e as suas funções:

- Servidor de impressão: é responsável por controlar pedidos e gerenciamento dos dispositivos de impressão e fornecer *drivers* de impressoras dos computadores clientes.
- Servidor de arquivos: tem o objetivo de fornecer um local para armazenamento compartilhado de arquivos, que podem ser acessados pelos diversos usuários da rede. Evita que um mesmo arquivo tenha que ser transferido para vários computadores.
- Servidor de e-mails: responsável pelo armazenamento, envio e recebimento de mensagens de correio eletrônico.
- Servidor FTP: permite o acesso de outros usuários ao disco rígido ou servidor. Esse servidor armazena arquivos para dar acesso a eles pela internet.
- Servidor DNS: responsável pela conversão dos nomes de endereços de sites e computadores em endereços IP, e vice-versa.

- Servidor Web: servidor responsável pelo armazenamento de páginas de um determinado site, requisitado pelos clientes através de navegadores
- Terminal server: oferece aplicativos e recursos de servidor a vários usuários, como se aqueles aplicativos e recursos estivessem instalados em seus próprios computadores.

## 2.9 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Segundo Pollon (2008), dentre as vantagens da virtualização, pode-se citar:

- 1) Consolidação de servidores: Quando o uso dos recursos disponíveis de um determinado servidor for baixo, o administrador de rede pode consolidar em um servidor várias máquinas virtuais. A taxa de consolidação pode variar, dependendo de vários indicadores, como: utilização de memória, processamento, utilização do(s) disco(s) e taxa de leitura e gravação, etc.
- 2) Gerenciamento centralizado de servidores: a redução da quantidade de servidores físicos conseqüentemente diminui a tarefa de gerenciamento. Para isso as ferramentas de virtualização disponibilizam ferramentas com alto grau de otimização focadas em gerenciamento de máquinas virtuais.
- 3) Hospedagem eficiente dos sistemas legados: muitas vezes sistemas importantes de uma empresa não foram atualizados para funcionar em um sistema operacional mais atualizado. A virtualização permite a migração desse sistema operacional antigo e sua aplicação para uma máquina virtual, permitindo a continuidade dos serviços oferecidos por esses sistemas desatualizados, mas em uma máquina mais moderna.
- 4) Rápida disponibilidade em ambientes de testes e treinamento: com a virtualização reduz-se em torno de 70% o tempo para configurar novos servidores, pois é mais rápido e mais fácil configurar ambientes virtuais pré-configurados. Assim, basta replicar uma máquina virtual já configurada quantas vezes forem necessárias. Em um ambiente de treinamento, por exemplo, caso um aluno corrompa sua máquina de testes, basta removê-la e criar outra a partir do VMM.

- 5) Agilidade na recuperação de desastres: com a utilização da virtualização podemos tratar as máquinas virtuais (VMs) como sendo simples arquivos. Assim, para termos uma cópia da VM, basta ter uma cópia do arquivo. E em caso de desastre, a recuperação do ambiente estaria baseada em recuperar as cópias das VMs para outro *hardware*. Esse *hardware* de contingência não precisa ter configuração idêntica ao utilizado na máquina de produção, já que as máquinas virtuais independem da configuração do *hardware*.
- 6) Redução no custo de suporte ao *hardware*: uma diminuição da quantidade de servidores físicos implica em menos desgaste de peças mecânicas. Se com a virtualização a consolidação for de, por exemplo, 5 servidores virtuais para 1 físico, temos naturalmente uma diminuição do custo com o suporte ao *hardware*.
- 7) Redução no consumo de energia do datacenter: quanto menos máquinas físicas, menor será a quantidade de equipamentos que consomem energia e geram calor, diminuindo também a energia necessária para a refrigeração do ambiente.

Existem várias diferenças entre um modelo descentralizado de servidores, onde para cada serviço é utilizada uma máquina, e um ambiente virtualizado, conforme a Tabela 1.

	<b>Modelo Descentralizado</b>	<b>Modelo Virtualizado</b>
<b>Gerenciamento de recursos</b>	Os recursos não utilizados em um servidor são desperdiçados.	É possível gerenciar o <i>hardware</i> e distribuir os recursos físicos, como processador e memória, de acordo com a necessidade de cada máquina virtual, aproveitando ao máximo os recursos disponíveis.
<b>Energia</b>	Cada servidor ativo consome energia.	Com a diminuição da quantidade de máquinas, menos energia será consumida.
<b>Desempenho</b>	O sistema operacional é executado diretamente sobre o <i>hardware</i>	Existe uma camada extra de <i>software</i> entre o sistema operacional e o <i>hardware</i> , que leva a uma queda de desempenho.

<b>Recuperação de desastres</b>	Em caso de falha poderá ser necessária a reinstalação de todo o sistema operacional e programas das máquinas afetada, que pode levar dias.	Com a virtualização pode-se diminuir o tempo de recuperação de dias para horas, já que as máquinas virtuais podem ser armazenadas na rotina de cópia de segurança da empresa.
<b>Custo de suporte ao hardware</b>	Dispositivos eletrônicos são sujeitos a falhas, e como há várias máquinas, existe mais <i>hardware</i> com tendência a falha.	Menor quantidade de <i>hardware</i> , consequentemente menos manutenção.
<b>Nível de serviço</b>	Para cada máquina deverá haver uma reserva que irá assumir as operações em caso de manutenção na máquina.	Existem ferramentas de virtualização que permitem a transferência de uma máquina virtual de um equipamento físico para outro em minutos, sem necessidade de reinstalações, diminuindo consideravelmente o tempo de indisponibilidade do serviço.

Tabela 1: Comparação entre o modelo descentralizado de servidores e o consolidado, que utiliza virtualização.

Já segundo Schaffer (2007), dentre as principais vantagens da virtualização e consolidação dos servidores estão:

- Redução do espaço físico necessário para armazená-los: O custo de espaço físico para armazenamento de servidores em um *Data Center* é alto. Conseguem-se uma grande economia de espaço ao se migrar a sua infraestrutura para que ela passe a ser baseada em um ambiente virtualizado.
- Redução do consumo de energia dos equipamentos: Com a consolidação dos servidores, diminui-se a quantidade de equipamentos ligados.
- Redução da necessidade de refrigeração: como a quantidade de equipamentos gerando calor diminui, o custo com refrigeração irá diminuir.
- Redução das conexões de cabos de rede e energia: com a diminuição da quantidade de servidores ativos, menos conexões de rede e energia serão necessárias.

A virtualização, como toda tecnologia, além trazer benefícios, também tem suas falhas. Não se pode utilizá-la sem antes conhecê-las. Dentre alguns problemas da virtualização, segundo Pollon (2008), destacam-se:

- 1) Segurança: Os problemas comuns de segurança não são resolvidos pela virtualização, como por exemplo: sistema operacional desatualizado, firewall desativado, serviços desnecessários, etc. Os sistemas operacionais continuam tendo vulnerabilidades sejam eles anfitriões ou virtuais. O VMM é uma camada de *software*, e como todo *software*, está sujeito a vulnerabilidades.
- 2) Gerenciamento: A facilidade e a velocidade que se tem para implantar novas máquinas virtuais podem levar também a problemas. Não se pode esquecer que uma máquina virtual deve ser gerenciada como se fosse uma máquina física, e quanto mais máquinas virtuais, mais ambientes para serem monitorados e gerenciados.
- 3) Desempenho: Com a introdução de uma camada extra de software entre o sistema operacional e o hardware, o *hypervisor*, é gerado um custo maior de processamento superior ao que se teria sem a utilização da virtualização. Não existe também nenhuma maneira de se saber quantas máquinas virtuais podem ser executadas em uma mesma máquina sem que haja uma perda na qualidade de serviço.

Além dos benefícios, a virtualização e consolidação dos servidores podem aumentar a complexidade se o ambiente não for gerenciado adequadamente. E a economia ganha com a consolidação dos servidores pode ser desperdiçada com o aumento no gerenciamento do TI. A facilidade que se tem de criar máquinas virtuais pode exceder em muito o acúmulo de servidores físicos e o gerenciamento dessa grande quantidade de máquinas virtuais criadas pode se tornar difícil.

### 3 FERRAMENTAS DE VIRTUALIZAÇÃO

Atualmente no mercado existem vários softwares utilizados para a virtualização. Serão abordados a seguir os com maior destaque no mercado, por serem os mais utilizados e suportarem várias das técnicas apresentadas nesse trabalho.

Segundo Laureano e Maziero (2008) os produtos da VMWare são atualmente as ferramentas de virtualização mais difundidas. Por isso foram escolhidas para o estudo nesse trabalho as ferramentas da VMWare como o VMware Workstation, o VMWare ESXi e VMWare vSphere.

#### 3.1 VMWARE

As ferramentas de virtualização da VMWare são atualmente uma das mais utilizadas. Elas proveem uma infraestrutura de virtualização completa, desde as focadas em ambiente desktop a *data-center*.

Dentre os produtos fornecidos para virtualização o VMWare Workstation, Server, Player e Fusion utilizam o tipo 2 de VMM, ou seja, a camada de virtualização é implementada sobre o sistema operacional hospedeiro. Já no VMWare ESXi é utilizada a VMM do tipo 1, implementada diretamente sobre o hardware, que provê um maior desempenho (LAUREANO; MAZIERO, 2008).

##### 3.1.1 VMWare Workstation

O VMWare Workstation é uma solução de virtualização da VMWare com foco em ambientes desktop. Com ele é possível criar máquinas virtuais e executar mais de uma simultaneamente.

Dentre seus principais recursos, destacam-se (VMWARE, 2010a):

- Possibilidade de unir várias máquinas virtuais, permitindo que todas elas possam iniciar ou desligar simultaneamente;
- Suporte a 3 modos de rede: *bridged* (a máquina virtual é vista como um outro PC na rede, tendo seu próprio endereço IP), NAT (a máquina virtual se conecta a máquina anfitriã, que por sua vez se conecta à rede) e *Host-Only* (a máquina virtual se comunica somente com a máquina anfitriã);
- Criação de rede entre as máquinas virtuais;
- Gerar registros instantâneos (“snapshots”) de uma máquina virtual em um dado momento. Desse modo é possível reverter a máquina para um estado anterior, quando necessário. Com esse recurso é possível, por exemplo, que a máquina virtual volte ao estado em que estava antes da instalação de um programa que causou problemas.

Na Figura 12 pode-se observar a configuração de uma máquina virtual hospedada pelo VMWare Workstation. No campo *Devices* são exibidos quais recursos de hardware estarão disponíveis à máquina virtual.

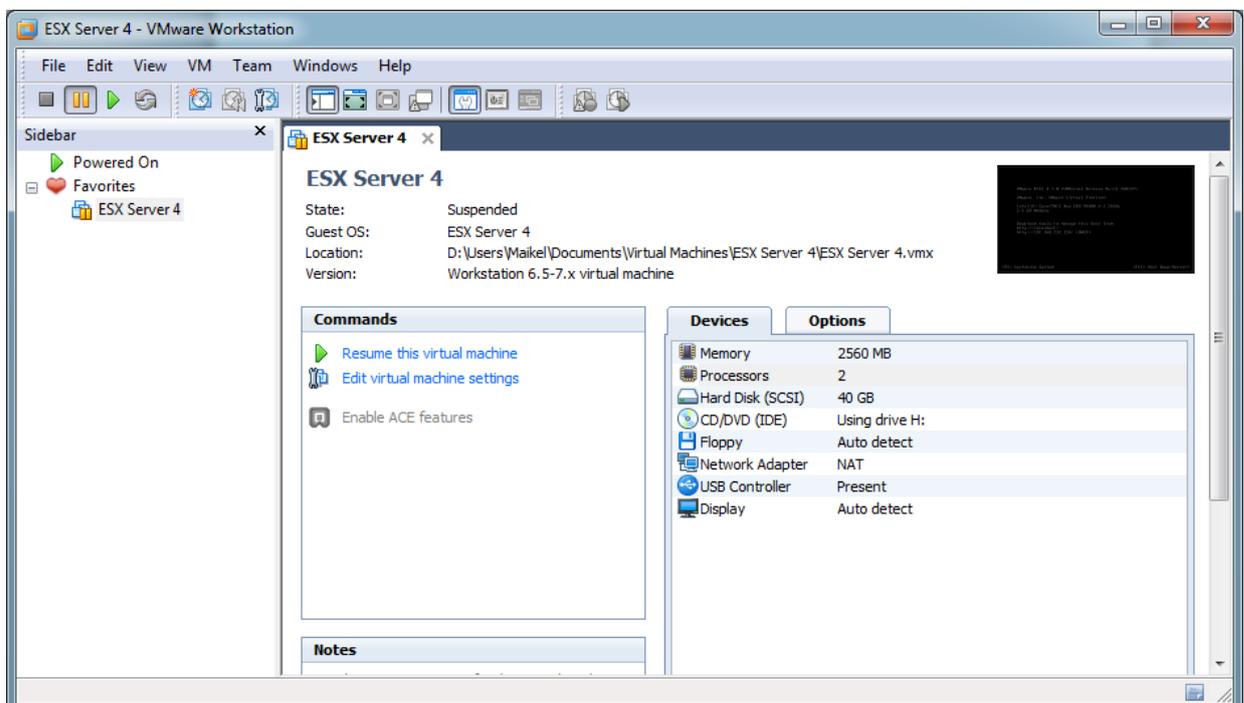


Figura 12 - VMWare Workstation

### 3.1.2 VMWare ESXi

O VMWare ESXi é um produto de virtualização de servidores de grande porte (LAUREANO; MAZIERO, 2008). Ele é executado diretamente no hardware, ao contrário de outros produtos da VMWare, que são carregados a partir de outro sistema operacional.

A instalação do ESXi é feita diretamente no hardware e, ao contrário dos outros produtos da VMWare, ele não é executado sobre um outro sistema operacional na máquina física. Mas há casos em que usuários fazem a instalação dele em uma máquina virtual, para testar o seu funcionamento.

Na Figura 13 é possível ver o VMWare Workstation em funcionamento executando uma máquina virtual com o VMWare ESXi. Como se pode ver, a interface do ESXi é bem minimalista, e não oferece nenhuma interação com o usuário para o gerenciamento das máquinas virtuais hospedadas nele. Para isso é necessária a utilização de outra ferramenta da VMware, como por exemplo o VMWare vSphere.

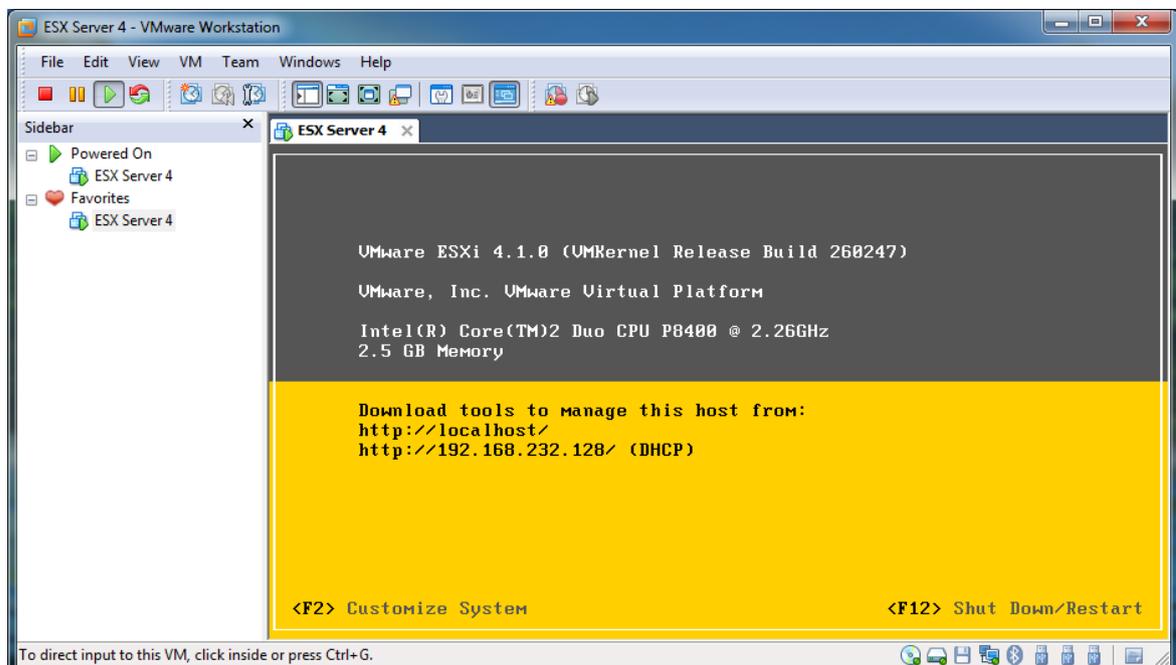


Figura 13 – Máquina virtual com o VMWare ESXi 4.1 sendo executada no VMWare Workstation

O VMWare ESXi foi desenvolvido com foco em servidores, e por isso possui uma interface tão simplificada. Como na maioria dos datacenters o acesso à área de

servidores é restrito, ele foi desenvolvido já pensando nisso, focando o seu gerenciamento em outra máquina.

### 3.1.3 VMWARE vSphere

O VMWare vSphere é utilizado para criar e gerenciar as máquinas virtuais hospedadas no VMware ESXi, já que este não fornece uma interface ao usuário que permite o gerenciamento dessas máquinas virtuais hospedadas. Com ele é possível ter um acesso unificado a todas máquinas virtuais de um ou mais servidores de virtualização e fazer um gerenciamento deles e também de suas máquinas virtuais de forma unificada, em um mesmo programa.

Para gerenciar as máquinas virtuais hospedadas no servidor com o ESXi é necessário utilizar o vSphere a partir de uma outra máquina, assim ele se conectará ao servidor ESXi e possibilitará a visualização, criação e gerenciamento das máquinas virtuais que estão hospedadas no computador anfitrião (*host*). Essa representação pode ser observada na Figura 14.

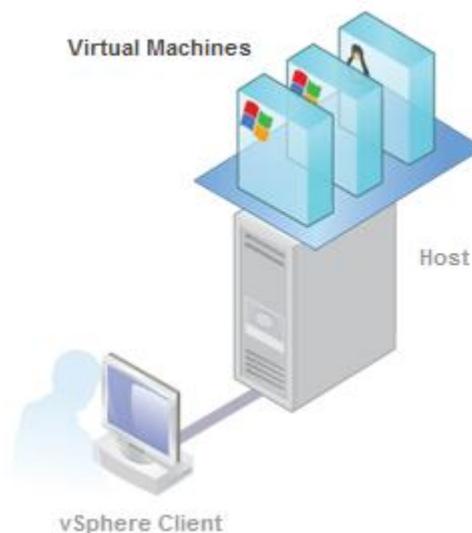


Figura 14 – Acesso às máquinas virtuais pelo cliente vSphere

O dentre os recursos disponíveis no vSphere, há a possibilidade de permitir a alocação individual de recursos para cada máquina virtual de acordo com a

necessidade da mesma. Em um servidor que tenha, por exemplo, três máquinas virtuais - SRV01, SRV02 e SRV03, é possível alocar recursos de processador e memória de acordo com a necessidade de cada uma. Pode-se reservar, por exemplo, 1000 MHz para a VM SRV02, e definir o máximo de processamento que ela poderá consumir. Caso não se deseje impor uma limitação de recurso de processamento é possível deixar ilimitado, sendo o limite o máximo suportado pelo processador da máquina física. O mesmo tipo de alocação de recursos pode ser definido para memória

A reserva de recursos para a máquina virtual pode ser feita nas propriedades da mesma. Os recursos reservados da CPU para a VM são definidos no campo *Reservation*, dentro de *Resource Allocation*. Já o limite de CPU é feito no campo *Limit*, caso a opção *Unlimited* (ilimitado) esteja desmarcada, conforme pode-se observar na Figura 15.

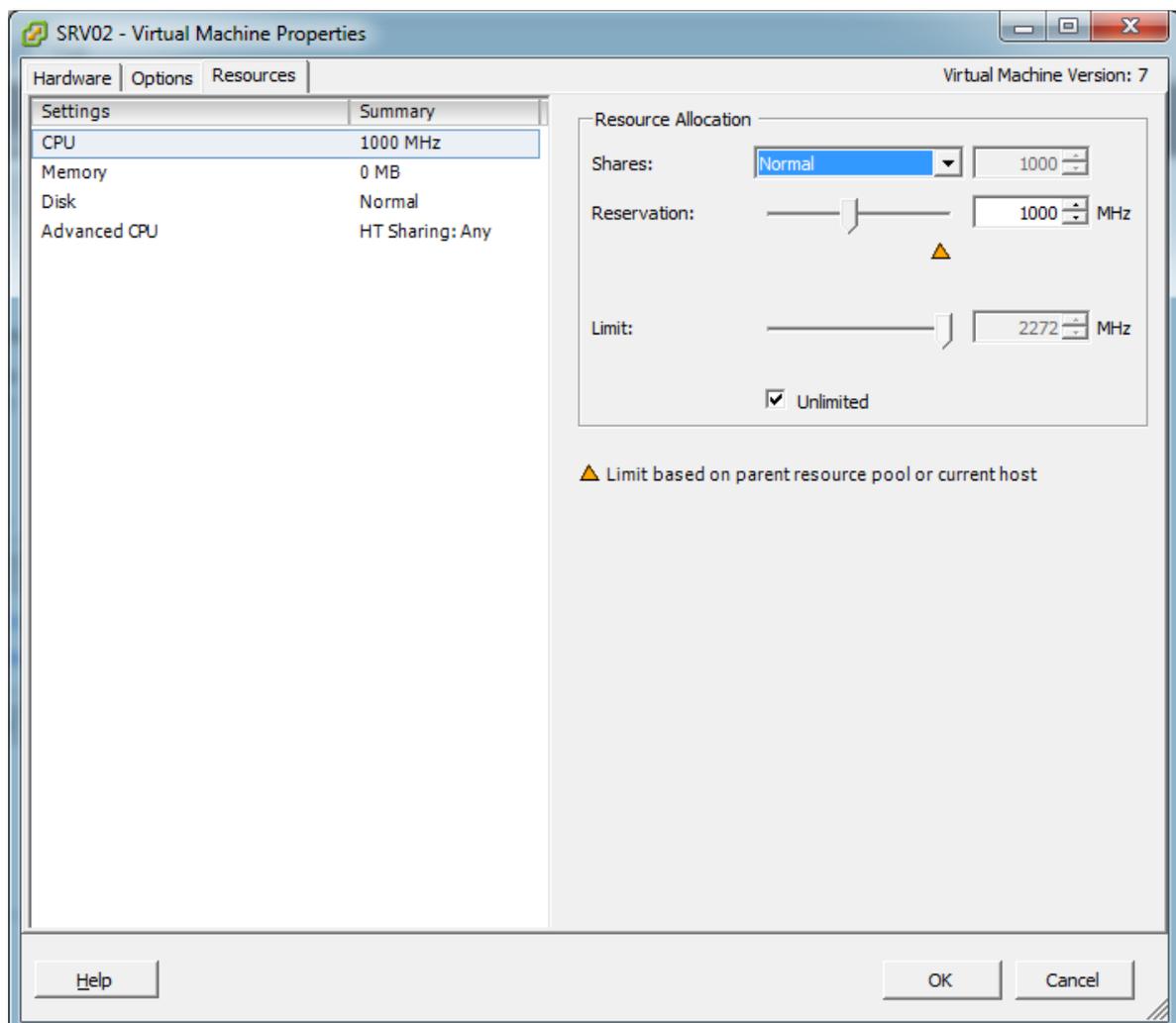


Figura 15 – Alocação de recursos para uma máquina virtual

Um recurso interessante é a possibilidade de uma máquina virtual, que demanda mais recursos de processamento, pegar emprestado da outra máquina virtual os recursos que ela tem disponíveis, mas que não estão em uso. Por exemplo, a VM SRV01 está utilizando somente 500 MHz de seus 1000 MHz que ela tem reservado, e a VM SRV02 está utilizando os seus 1000 MHz reservados e necessita de mais. Nesse caso a VM SRV02 pode pegar emprestado parte do processamento ocioso da SRV01, ficando temporariamente com, por exemplo, 1300 GHz, até que ela não precise mais desses recursos adicionais, ou senão se a SRV01 necessitar de mais processamento. Nesse caso a SRV01 reivindicará os recursos emprestados, e a SRV02 voltará a ter os recursos originalmente reservados a ela.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 A ESCOLHA DAS FERRAMENTAS

Os produtos VMWare foram escolhidos para a realização desse trabalho por serem os mais utilizados no ramo da virtualização, sendo empregados por uma grande parte das empresas que investem em virtualização.

### 4.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar o comportamento do *hypervisor*, que é o VMWare ESXi, quando há sobrecarga de processamento nas máquinas virtuais, e mostrar como ele consegue distribuir os recursos ociosos para as VMs que mais necessitam.

A partir desses resultados gerentes de TI podem compreender como podem minimizar a quantidade de servidores e, ao mesmo tempo, maximizar o desempenho de seus servidores com o compartilhamento de recursos ociosos entre as máquinas virtuais, utilizando as ferramentas da VMWare.

### 4.3 AMBIENTE DE TESTES

Para a realização desse trabalho foi feita a instalação do VMWare ESXi 4.1 em uma máquina virtual hospedada pelo VMWare Workstation, pois não foi possível a instalação diretamente no hardware da máquina de testes, por causa de incompatibilidade de *drivers*. Vale lembrar que o VMWare ESXi é voltado para a instalação em servidores, e sua compatibilidade é focada nesse tipo de equipamento.

A máquina utilizada para a realização de testes tem a seguinte configuração de hardware:

- Processador Intel Core 2 Duo P8400 2.26 GHz
- 4GB de memória RAM
- 250 GB de HD

Para a execução do VMWare ESXi, como houve incompatibilidade de hardware com a máquina de testes, uma máquina virtual foi criada através do VMware Workstation, para permitir a realização dos testes. Esse ambiente virtual simula um servidor físico. Dentre as configurações definidas para essa VM, se destacam a seguintes:

- 2,5 GB de memória RAM
- 40 GB de HD
- 2 processadores virtuais

#### **4.4 CONFIGURAÇÃO DAS MÁQUINAS VIRTUAIS**

Como explicado anteriormente o gerenciamento do VMWare ESXi não é possível localmente, e para isso é necessário outro produto da VMWare, o vSphere. Ele foi instalado localmente na máquina de testes para gerenciar o ESXi, que foi instalado em um ambiente virtual. Através dele foram criadas três máquinas virtuais dentro do ESXi, que foram nomeadas de SRV01, SRV02 e SRV03.

Para os testes iniciais, todas as três máquinas virtuais tiveram as seguintes configurações definidas:

- 1100 MHz reservados de processamento;
- Utilização de somente um núcleo do processador;
- Sem limite recursos de processamento;
- 512 MB de memória disponível.

Depois de disponibilizados os recursos individuais de cada máquina virtual foi feita a instalação do sistema operacional de cada uma. A instalação de sistemas

operacionais diferentes foi feita para demonstrar que a virtualização funciona com qualquer sistema operacional.

Nas máquinas virtuais SRV01 e SRV02 foi instalado o Windows Server 2003 Enterprise Edition. Já na SRV03 foi instalada uma distribuição Linux, o Ubuntu 10.10.

#### 4.5 SOBRECARGA DO PROCESSADOR VIRTUAL

Para elevar o uso do processador das máquinas virtuais ao extremo, foi utilizado um programa de *benchmarking*<sup>5</sup>. O programa utilizado foi o Hyper-Pi, que submete o processador a um mesmo cálculo, de diferentes tamanhos, vinte vezes. A Cada uma dessas ações é dado o nome de *loop*. Após a execução desses *loops*, ele retorna a velocidade média que o processador levou para completar os cálculos.

Como o objetivo deste trabalho não é a comparação de desempenho entre processadores, este programa foi utilizado somente para gerar uma grande carga ao processador, elevando a utilização do mesmo até a 100%, de modo que se possa simular situações em que uma máquina virtual utiliza totalmente os recursos de processamento reservados a ela.

#### 4.6 O MONITORAMENTO DAS MÁQUINAS VIRTUAIS

Foram feitas observações do consumo da CPU de cada máquina virtual em situações em que elas estavam ociosas, e também durante uma situação de alta demanda de recursos da CPU. Desse modo é possível saber o quanto de recursos da CPU o *hypervisor* está fornecendo para cada máquina virtual em um determinado momento. Para fazer esse monitoramento foi utilizado VMWare vSphere, que é uma

---

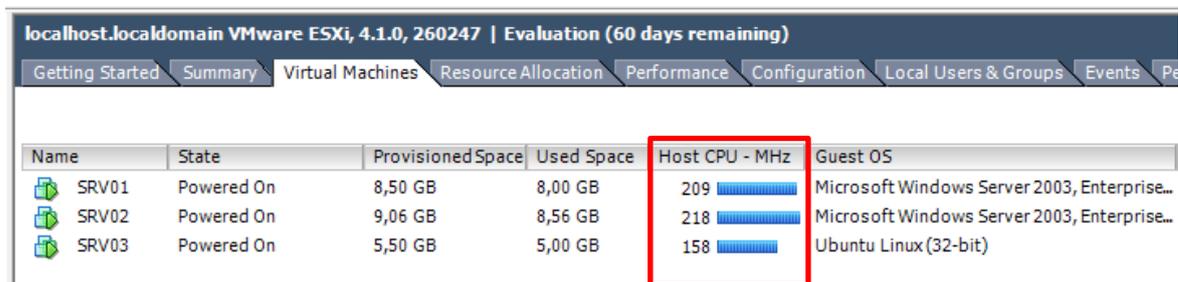
<sup>5</sup> Benchmark: é utilizado para se ter uma referência de desempenho e analisar a capacidade de processamento de um processador, programas de *benchmark* são desenvolvidos estritamente para executar uma série de cálculos padrão, a fim de retornar ao usuário uma unidade de medida, que serve como comparativo entre produtos distintos.

ferramenta que permite que permite a visualização e gerenciamento das máquinas virtuais.

A VM SRV03, que tem um sistema operacional Linux instalado, foi deixada sempre ociosa, para demonstrar que os recursos que foram reservados a ela não serão desperdiçados, e poderão ser realocados temporariamente para uma das outras duas, quando necessário.

Para simular uma sobrecarga no processador das máquinas virtuais, a fim de simular uma grande demanda de processamento, foi executado o programa Hyper-Pi na máquina virtual em que se queria sobrecarregar o CPU virtual. Ele é capaz de elevar a utilização do processador a 100%, sendo o ideal para a realização dos testes.

Na Figura 16, o campo “Host CPU – MHz” exibe a quantidade de recursos de processamento utilizados por cada máquina virtual (SRV01, SRV02 e SRV03). A partir da observação desse campo é possível ver o quanto de recursos de processamento cada máquina virtual estão utilizando no momento.



Name	State	Provisioned Space	Used Space	Host CPU - MHz	Guest OS
SRV01	Powered On	8,50 GB	8,00 GB	209	Microsoft Windows Server 2003, Enterprise...
SRV02	Powered On	9,06 GB	8,56 GB	218	Microsoft Windows Server 2003, Enterprise...
SRV03	Powered On	5,50 GB	5,00 GB	158	Ubuntu Linux (32-bit)

Figura 16 – Utilização do processador pelas máquinas virtuais

No primeiro teste foi executado o Hyper-Pi na VM SRV02 e logo em seguida, enquanto o Hyper-Pi está sendo executado, foi observado pelo vSphere qual é a utilização da CPU de cada máquina virtual. Desse modo foi possível observar como o *hypervisor* distribuiu os recursos ociosos das máquinas virtuais para aquela que está demandando mais.

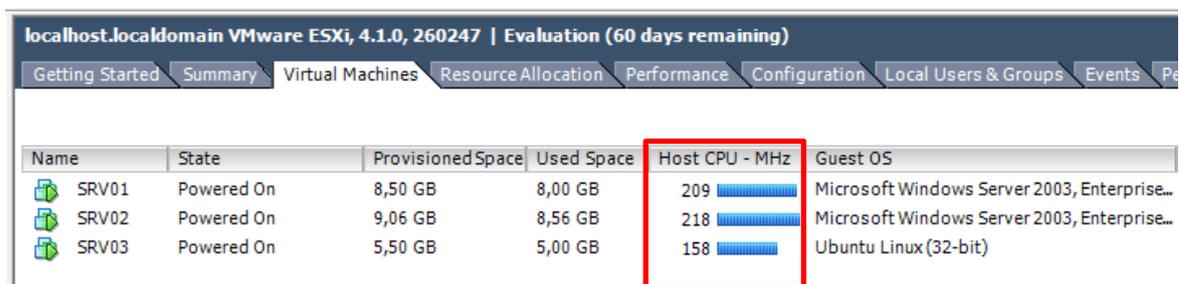
Em seguida a configuração da máquina virtual SRV02 foi alterada, modificando a quantidade de processadores virtuais de um para dois. Os mesmos procedimentos do teste anterior foram repetidos para observar se houve alguma alteração na utilização de recursos o processador.

Para verificar se uma máquina virtual utilizaria todos os recursos do CPU e deixaria a outra, que também estará demandando muitos recursos, sem nenhum ou

com poucos recursos de processamento, o Hyper-Pi foi executado simultaneamente em duas máquinas virtuais, para que seja observada a utilização do processador das máquinas virtuais.

## 5 RESULTADOS OBTIDOS NA IMPLEMENTAÇÃO DAS MÁQUINAS VIRTUAIS

Inicialmente todas as máquinas virtuais estavam sem nenhum programa em execução e só tinham ativos os serviços padrão do sistema operacional, e por isso a utilização da CPU era baixa, conforme se pode observar no campo “Host CPU – MHz” na Figura 17.



Name	State	Provisioned Space	Used Space	Host CPU - MHz	Guest OS
SRV01	Powered On	8,50 GB	8,00 GB	209	Microsoft Windows Server 2003, Enterprise...
SRV02	Powered On	9,06 GB	8,56 GB	218	Microsoft Windows Server 2003, Enterprise...
SRV03	Powered On	5,50 GB	5,00 GB	158	Ubuntu Linux (32-bit)

Figura 17 - Máquinas virtuais ociosas.

Nos testes a seguir, a VM SRV03 sempre foi deixada ociosa, para mostrar que seus recursos de processamento ociosos podem ser distribuídos às outras máquinas virtuais temporariamente, mesmo tendo um sistema operacional diferente das demais.

### 5.1 SOBRECARGA DE UMA MÁQUINA VIRTUAL

Neste teste o Hyper-Pi foi executado na máquina virtual (VM) SRV02, para que ela utilizasse todo o recurso de processamento que lhe foi reservado. Isso fez com que a utilização da CPU da VM subisse para 925 MHz, conforme se pode observar no campo “Host-CPU-MHz” na Figura 18.

Name	State	Provisioned Space	Used Space	Host CPU - MHz	Guest OS
SRV01	Powered On	8,50 GB	8,00 GB	164	Microsoft Windows Server 2003, Enterpri...
SRV02	Powered On	9,06 GB	8,56 GB	925	Microsoft Windows Server 2003, Enterpri...
SRV03	Powered On	5,50 GB	5,00 GB	219	Ubuntu Linux (32-bit)

Figura 18 - Máquina virtual SRV02 com alta utilização de CPU.

Percebeu-se que inicialmente a VM utiliza, no máximo, a quantidade reservada de processamento que foi definida a ela (também pode-se chamar de quantidade reservada de CPU) , e quando o *hypervisor* detecta que há uma grande demanda de uma VM, e as outras têm recursos de processamento ociosos, o *hypervisor* os cede temporariamente para a máquina virtual que está demandando mais recursos.

Como foi definido somente 1 processador virtual para a VM, a quantidade máxima de processamento que será destinada a ela é a quantidade máxima suportada por núcleo do processador da máquina anfitriã, que na máquina de testes é 2.26 GHz. No momento em que o *hypervisor* cedeu mais recursos da CPU para a VM SRV02, a quantidade cedida para as outras máquinas virtuais diminuiu, já que elas não demandavam muitos recursos, como se pode observar na Figura 19.

Name	State	Provisioned Space	Used Space	Host CPU - MHz	Guest OS
SRV01	Powered On	8,50 GB	8,00 GB	97	Microsoft Windows Server 2003, Enterpris...
SRV02	Powered On	9,06 GB	8,56 GB	2228	Microsoft Windows Server 2003, Enterpris...
SRV03	Powered On	5,50 GB	5,00 GB	98	Ubuntu Linux (32-bit)

Figura 19 – Distribuição de recursos de processamento ociosos para a VM SRV02

Para mostrar que esse limite era por causa da quantidade de processadores virtuais, foi feita uma alteração na máquina virtual SRV02. Nela a quantidade de processadores virtuais foi alterada de 1 para 2 e os testes foram feitos novamente. Observou-se agora que a máquina virtual consegue utilizar 3401 MHz com a execução do Hyper-Pi, mas não utiliza todo o poder de processamento da CPU, que são 4,52 GHz (4520 MHz ou 2,26 GHz por núcleo do processador), conforme pode ser demonstrado na Figura 20.

The screenshot shows the VMware ESXi Performance tab for VM SRV02. The 'Host CPU - MHz' column is highlighted with a red box, showing a value of 3401 MHz. The table below summarizes the data for all three VMs.

Name	State	Provisioned Space	Used Space	Host CPU - MHz	Guest OS
SRV01	Powered On	8,50 GB	8,00 GB	124	Microsoft Windows Server 2003, Enterprise...
SRV02	Powered On	9,06 GB	8,56 GB	3401	Microsoft Windows Server 2003, Enterprise...
SRV03	Powered On	5,50 GB	5,00 GB	122	Ubuntu Linux (32-bit)

Figura 20 – VM SRV02 com dois processadores virtuais utilizando mais recursos do processador

Como comportamento padrão observa-se que o *hypervisor* libera recursos de acordo com a demanda. Ele não cede todos os recursos de processamento de uma só vez para a máquina virtual que está necessitando. E se após certo tempo for detectado que os recursos processamento disponibilizados não são suficientes para realizar a tarefa, e ainda houver disponíveis recursos ociosos das outras máquinas, o *hypervisor* irá fornecê-los para a máquina que necessita. Na Figura 21 observa-se que após certo tempo a quantidade de recursos da CPU reservados para a VM SRV02 mudou de 3401 MHz, como foi observado na Figura 20 para 4075 MHz.

The screenshot shows the VMware ESXi Performance tab for VM SRV02. The 'Host CPU - MHz' column is highlighted with a red box, showing a value of 4075 MHz. The table below summarizes the data for all three VMs.

Name	State	Provisioned Space	Used Space	Host CPU - MHz	Guest OS
SRV01	Powered On	8,50 GB	8,00 GB	100	Microsoft Windows Server 2003, Enterprise...
SRV02	Powered On	9,06 GB	8,56 GB	4075	Microsoft Windows Server 2003, Enterprise...
SRV03	Powered On	5,50 GB	5,00 GB	113	Ubuntu Linux (32-bit)

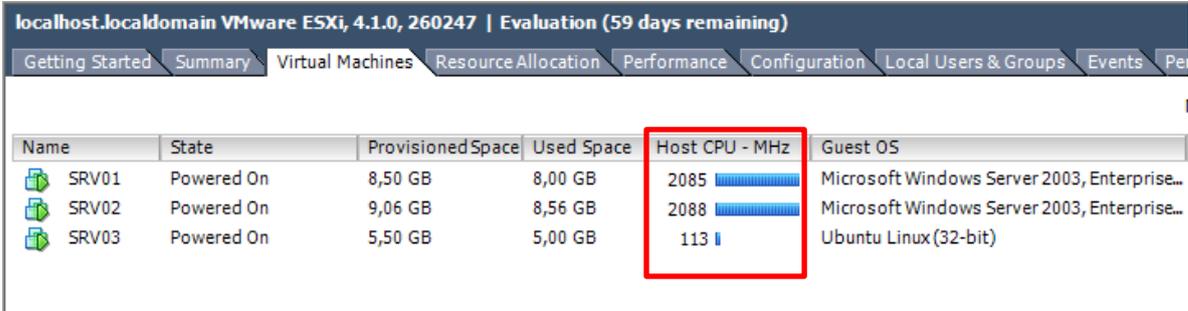
Figura 21 – VM SRV02 utilizando o máximo possível do processador.

## 5.2 SOBRECARGA DE DUAS MÁQUINAS VIRTUAIS

A sobrecarga de processamento foi feita em duas máquinas virtuais ao mesmo tempo, para verificar como o *hypervisor* distribui os recursos da CPU entre as VM.

Primeiro o Hyper-Pi foi executado na máquina SRV01, e foi aguardado até que ela utilizasse todos os recursos da CPU disponíveis. Então, nesse momento foi executado o Hyper-Pi na VM SRV02. Foi observado que nesse momento o *hypervisor* diminuiu a quantidade de recursos da CPU disponibilizados para a VM SRV01 e cedeu parte para a SRV02, igualando a quantidade de recursos disponíveis para ambas as VM que demandavam recursos.

A partir desse teste concluiu-se que o *hypervisor* não deixa que uma VM use todos os recursos da CPU disponíveis, realocando esses recursos conforme a necessidade de processamento das outras VM em execução como observado na Figura 22.



Name	State	Provisioned Space	Used Space	Host CPU - MHz	Guest OS
SRV01	Powered On	8,50 GB	8,00 GB	2085	Microsoft Windows Server 2003, Enterprise...
SRV02	Powered On	9,06 GB	8,56 GB	2088	Microsoft Windows Server 2003, Enterprise...
SRV03	Powered On	5,50 GB	5,00 GB	113	Ubuntu Linux (32-bit)

Figura 22 – Máquinas virtuais SRV01 e SRV02 com sobrecarga de processamento

## 6 CONCLUSÕES

A virtualização de sistemas operacionais é uma realidade nos dias atuais. Com o grande acúmulo de servidores nos *datacenters* e centros de processamento de dados (CPDs) das empresas, torna-se inevitável consolidá-los. Além de ocuparem muito espaço, o acúmulo desses servidores aumenta a quantidade de energia necessária para a refrigeração do ambiente.

Enquanto as empresas cada vez mais adquirem novos servidores, mais recursos são desperdiçados, pois a utilização de cada servidor não sobe na mesma proporção que a quantidade dos mesmos.

A virtualização surgiu como solução para esses problemas, pois permite a consolidação desses servidores e diminui o espaço ocupado pelos servidores. A inevitável perda de desempenho causada por uma camada extra de software entre o sistema operacional convidado e o hardware é compensada por seus outros benefícios, como: facilidade de criação de backups, agilidade na recuperação de desastres, hospedagem eficiente dos sistemas legados, reaproveitamento de recursos ociosos, etc.

Neste trabalho, além de detalhar o funcionamento dos principais elementos que compõem um sistema virtualizado, foram citadas as principais técnicas de virtualização e as vantagens de cada uma delas. Foram também apresentadas as principais vantagens ao se utilizar a virtualização em servidores.

Com os testes realizados nesse trabalho foi possível demonstrar como o VMWare ESXi, em conjunto com o VMWare vSphere, são capazes de gerenciar os recursos não utilizados da CPU. Eles podem realocá-los temporariamente para uma máquina virtual que está demandando mais recursos, fazendo com que a máquina virtual possa concluir seu trabalho mais rapidamente. Mesmo cedendo temporariamente esses recursos para a VM que mais necessite, caso outra VM venha a necessitar novamente deles, o *hypervisor* irá devolvê-la os recursos da CPU que lhe foram reservados.

A virtualização chegou para ficar, ela é inovadora, e as novas tecnologias de hardware e software estão alinhadas a seu favor, como por exemplo, a inclusão de instruções especiais de virtualização nos processadores mais modernos. Deve-se

lembrar também que a virtualização contribui para a diminuição do consumo de energia, que é um tema importante na sociedade de hoje, pois visa a preservação do meio ambiente.

Como trabalhos futuros sugere-se a realização de testes para mostrar qual foi o ganho, em termos de desempenho, com a utilização da virtualização.

## 7 REFERÊNCIAS

LAUREANO, Marcos. **Máquinas Virtuais e Emuladores: Conceitos, Técnicas e Aplicações**. Novatec Editora, 2006.

LAUREANO, M. A.; MAZIERO, C. A. **Virtualização: Conceitos e Aplicações em Segurança**. Curitiba, p. 49. 2008. Disponível em:  
<[www.mlaureano.org/vms/sbseg2008\\_texto.pdf](http://www.mlaureano.org/vms/sbseg2008_texto.pdf)> Acesso em: 30 set. 2010

LAUREANO, Marcos. **Uma abordagem para a proteção de detectores de intrusão baseada em máquinas virtuais**. Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2004. 103p. Disponível em:  
<[www.mlaureano.org/projects/vmids/dissert-laureano.pdf](http://www.mlaureano.org/projects/vmids/dissert-laureano.pdf)> Acesso em: 12 set. 2010.

MATTOS, D. M. F. **Intel Virtualization Technology e Intel Trusted Execution Technology**, 2008. Disponível em:  
<[http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos\\_vf\\_2008\\_2/diogo/index.html](http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/diogo/index.html)>.  
Acesso em: 30 out. 2010.

POLLON, V. **Virtualização de servidores em ambientes heterogêneos e distribuídos - estudo de caso**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 102. 2008. Acesso em: 07 out. 2010.

POPEK, Gerald. J.; GOLDBERG, Robert. P. **Formal requirements for virtualizable third generation architectures**. 412–421p, Communications of the ACM v.17 n.7, 1974. Disponível em <<http://www.cs.auc.dk/~kleist/Courses/nds-e05/papers/vmformal.pdf>> Acesso em: 15 ago 2010.

SCHÄFFER, G. Baguete. **Blog Virtualização**, 2007. Disponível em:  
<<http://www.baguete.com.br/blog/virtualizacao/03/12/2007/entendendo-a-virtualizacao-de-servidores-parte-ii-beneficios>>. Acesso em: 12 set. 2010.

SILVA, Rodrigo Ferreira. **Virtualização de Sistemas Operacionais**. 2007. 114p. Instituto Superior de Tecnologia em Ciências da Computação. Laboratório Nacional de Computação Científica. Petrópolis. Acessado em: 12 set. 2010.

SUDRÉ, G. **Virtualização de Servidores**. iMasters. 2008. Disponível em: <[http://imasters.com.br/artigo/3781/redes/virtualizacao\\_de\\_servidores/](http://imasters.com.br/artigo/3781/redes/virtualizacao_de_servidores/)>. Acessado em: 12 out. 2010.

VMWARE, Inc. **Noções básicas de virtualização**. 2010. Disponível em: <<http://www.vmware.com/br/virtualization/what-is-virtualization.html>>. Acessado em: 13 nov. 2010.

VMWARE, Inc. **Workstation User's Manual**: VMWare Workstation 7.1. Palo Alto, 2010, Disponível em <[http://www.vmware.com/pdf/ws71\\_manual.pdf](http://www.vmware.com/pdf/ws71_manual.pdf) > Acessado em 01 nov. 2010.