

## Eficiência energética em virtualização: otimização e sustentabilidade do consumo de energia elétrica

CLAUDIO CURA JUNIOR

Pontifícia Universidade Católica de Campinas - SP - Brasil  
c.cura@uol.com.br

VITOR CHAVES DE OLIVEIRA

Pontifícia Universidade Católica de Campinas - SP - Brasil  
vitor\_chaves\_oliveira@yahoo.com.br

ALEXANDRE DE A. MOTA

Pontifícia Universidade Católica de Campinas - SP - Brasil  
amota@puc-campinas.edu.br

LIA T. M. MOTA

Pontifícia Universidade Católica de Campinas - SP - Brasil  
lia.mota@puc-campinas.edu.br

**Resumo** - Este trabalho pretende demonstrar quantitativamente, através da análise de medições em campo, os benefícios de eficiência energética obtidos na implementação de consolidação de virtualização de servidores, através de investigação em um ambiente computacional de produção de uma indústria com acessos de 70 usuários.

**Palavras-chave:** Virtualização, Consolidação de Servidores, Eficiência Energética.

**Abstract** - *This article intends to demonstrate energy efficiency benefits on server virtualization implementation by server virtualization consolidation, through investigation in a production computing environment of an industry with 70 users access.*

**Keywords:** *Virtualization, Server Consolidation, Power Efficiency.*

### 1. Introdução

Virtualização e *cloudcomputing* (computação em nuvem), além de “*big data*”, são as palavras do momento na área de Tecnologia da Informação. A base para o estabelecimento de *cloudcomputing* é ter um ecossistema virtualizado de processamento (*compute*), rede (*network*) e armazenamento (*storage*) que possam ser compartilhados entre as máquinas virtuais (HP 2012).

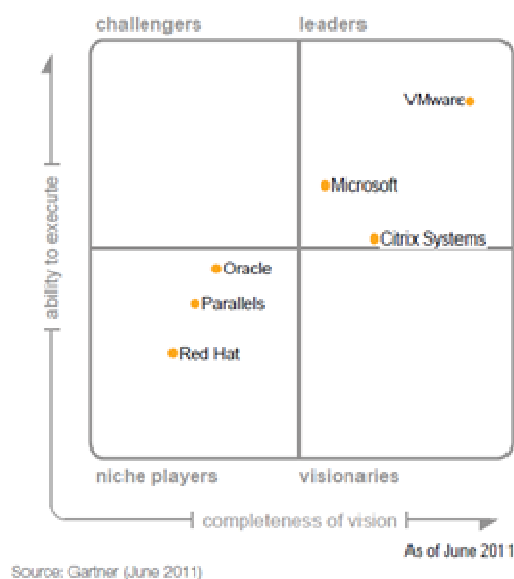
Uma máquina virtual é um artefato de software que simula um equipamento físico (hardware), habilitando a construção rápida de uma nova plataforma de sistema operacional e aplicativos em questão de minutos (Vmware 2006).

Os resultados obtidos através da consolidação de diversos desktops e servidores em apenas um único servidor usualmente resultam em economia de energia, além da redução de custos decorrente de licenciamento de software, reutilização de equipamentos para outras funcionalidades e economia de investimentos em manutenção e expansão da infraestrutura (*costavoidance*).

O objetivo deste trabalho é investigar e desenvolver critérios de planejamento de capacidade e eficiência, energética e financeira, de servidores em ambientes virtualizados, considerando restrições de:

- A. Consumo de Energia Elétrica (com restrição de demanda e custo)
- B. Processador
- C. Disco
- D. Rede

Foram analisados os produtos de virtualização existentes com foco no mercado empresarial e foi escolhido o software VMwareVsphere Essentials, devido ao fato de ser o produto de entrada (menor custo) e a Vmware estar posicionada como líder no Quadrante Mágico para Infraestrutura de Virtualização de Servidores x86 (GartnerInstitute, 2011) como ilustrado na Figura 1.



**Figura 1** - Quadrante Mágico para Infraestrutura de Virtualização de Servidores x86 (Gartner, 2011)

## 2. Metodologia

O cenário que foi inicialmente abordado é o de um ambiente computacional de produção, que possui máquinas físicas que, na sua maioria, já tiveram seu ambiente virtualizado; porém, os equipamentos rodam apenas uma máquina virtual (consolidação 1:1), onde a maior vantagem é o encapsulamento do sistema operacional e das aplicações em apenas alguns arquivos, que podem ser armazenados em mídia de segurança e facilmente restaurados caso ocorra um desastre no equipamento hospedeiro. Também faz parte do conjunto

deequipamentos uma máquina física, ainda não virtualizada, com a função de servidor de arquivos.

Neste trabalho, tal cenário de equipamentos e aplicações é consolidado em apenas um único servidor (consolidação n:1), onde pretende-se evidenciar a redução no consumo de energia elétrica.

A medição do consumo de energia elétrica foi realizada com watímetros e um alicate amperímetro com saída USB, acoplado a um computador executando software de coleta de dados (*data logger*), conforme pode-se observar nas figuras 2 e 3.



**Figura 2** – Watímetros utilizados para medição de demanda



**Figura 3** – Alicate amperímetro fornecendo dados para software de coleta

Uma câmera USB foi instalada para registrar a leitura instantânea e simultânea dos medidores, conforme pode-se observar nas figuras 4 e 5.



**Figura 4** – Webcam posicionada para os medidores



**Figura 5** – Registros de medições instantâneas de vários instrumentos através da webcam

Os dados foram coletados como segue:

- Uma imagem da tela do computador (*printscreen*) foi gerada a cada 2 minutos (arquivo bitmap BMP)
- Os mostradores de demanda dos watímetros foram coletados a cada 2 minutos, exibidos em uma janela de conexão remota a outro computador onde a câmera estava conectada;
- A informação de consumo do alicate amperímetro foi gravada de forma histórica, com coleta a cada 6s em arquivo no formato CSV;



- Os gráficos de desempenho de CPU, Disco, Rede e Energia foram gravados de forma histórica, com coleta a cada 20s em arquivo no formato CSV. A figura 6 ilustra a imagem consolidada da coleta de dados.

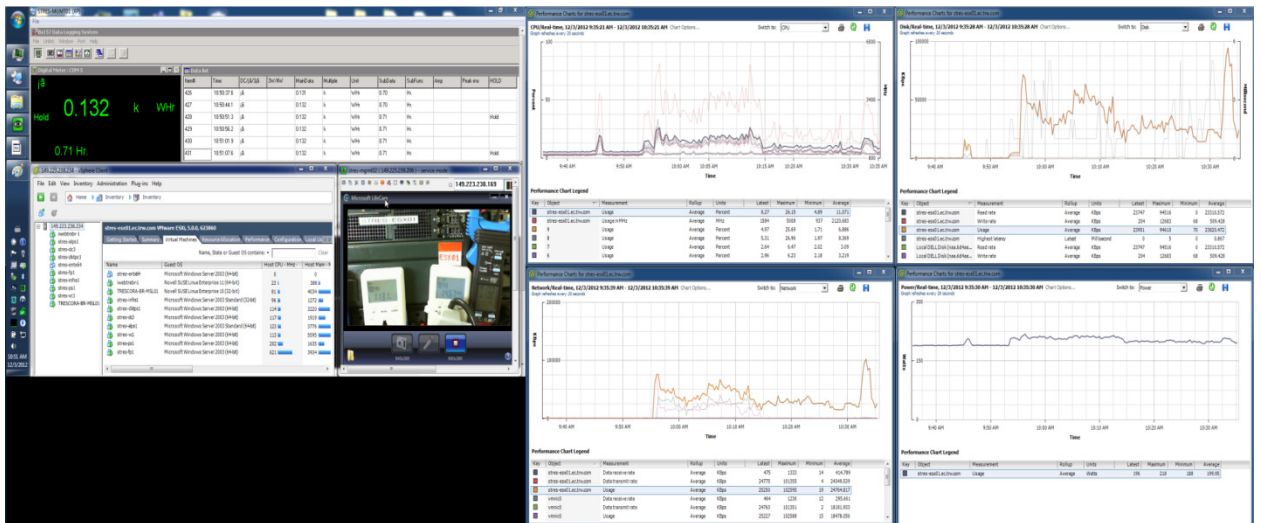


Figura 6 – Tela capturada com dados dos medidores e gráficos de desempenho

#### 4. Resultados e Discussão

Três equipamentos 780MT e dois equipamentos PE2900 hospedam 6 aplicações e possuem um consumo médio total de energia elétrica de 817W. O host físico FP00 possui como sistema operacional de boot o Windows Server 2003 R2 com a função de servidor de arquivos nativo (posteriormente convertida para MV6), e a aplicação Vmware Server 1.8, que provê um ambiente de virtualização para a máquina virtual MV5 com a função de Servidor de Impressão. Todos os outros hosts físicos possuem como sistema operacional de boot o hypervisorVmwareESXi 4.1 (*bare metal hypervisor*). Todas as aplicações virtualizadas usam como sistema operacional o Windows Server 2003 R2.



Figura 7 – Equipamentos anteriores à consolidação

A Tabela 1 apresenta as características de hardware dos equipamentos já existentes (780MT e PE2900) e do novo equipamento (R710).

**Tabela 1** – Características dos equipamentos

| <b>Característica / Equipamento</b> | <b>780MT</b>         | <b>PE2900</b>       | <b>R710</b>         |
|-------------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Fabricante e Modelo                 | Dell Optiplex 780 MT | Dell PowerEdge 2900 | Dell PowerEdge R710 |
| Classe                              | Desktop Mini-Torre   | Servidor Torre      | Servidor Rack       |
| Processador - Modelo                | Intel Core2Duo E8400 | Intel Xeon 5110     | Intel Xeon E5620    |
| Processador - Cache L3 Total (MB)   | 6MB                  | 8MB                 | 24MB                |
| Processador - Cores                 | 2                    | 2                   | 4                   |
| Processador Threads / Core          | 1                    | 1                   | 2                   |
| Processador - Sockets               | 1                    | 2                   | 2                   |
| Processador - Total (MHz)           | 6000                 | 6400                | 19200               |
| Memória RAM (GB)                    | 4                    | 4                   | 48                  |
| Interface de Rede (Mbps)            | 100                  | 100                 | 1000                |
| Disco - Tecnologia                  | SATA                 | SAS                 | SAS                 |
| Disco - RAID                        | -                    | 5                   | 6                   |
| Disco - Quantidade                  | 1                    | 4+1                 | 6+2                 |
| Disco - Tamanho Total (GB)          | 80                   | 292                 | 1800                |

A Tabela 2 apresenta as características do ambiente anteriormente à consolidação proposta.

**Tabela 2** – Cenário anterior à consolidação

| <b>Equipamento</b> | <b>Host Físico</b> | <b>Sistema Operacional de Boot</b> | <b>Máquina Virtual (MV)</b> | <b>Consumo Médio (W)</b> |
|--------------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 780MT              | ESXI01             | VmwareESXi 4.1                     | MV1: ALTIRIS                | 55                       |
| 780MT              | ESXI02             | VmwareESXi 4.1                     | MV2: DHCP, DNS              | 53                       |
| 780MT              | ESXI03             | VmwareESXi 4.1                     | MV3: ACTIVE DIRECTORY       | 51                       |
| PE2900             | BK01               | VmwareESXi 4.1                     | MV4: EMAIL                  | 330                      |
| PE2900             | FP00               | Windows Server 2003 R2             | MV5: IMPRESSÃO              | 328                      |
|                    |                    |                                    | MV6: ARQUIVOS               |                          |
|                    |                    |                                    |                             | <b>817</b>               |

A Tabela 3 apresenta as características da consolidação, realizada em duas fases. Na primeira fase, foi consolidado o ambiente original com 6 máquinas virtuais, e na segunda fase foram adicionadas 3 novas máquinas virtuais com novas aplicações.

**Tabela 3** – Cenário posterior à consolidação

| Consolidação            | Equipamento  | Sistema Operacional de Boot   | Máquina Virtual e Aplicação  | Consumo Médio (W) |
|-------------------------|--------------|-------------------------------|--|-------------------|
| 3 x 780MT<br>2 x PE2900 | R710 (ESX01) | VmwareVspher e Essentials 5.0 | MV1: ALTIRIS<br>MV2: DHCP, DNS<br>MV3: ACTIVE DIRECTORY<br>MV4: EMAIL<br>MV5: ARQUIVOS<br>MV6: IMPRESSÃO | 189               |
| +3 x NOVAS VM's         |              |                               | MV7: PROXY WEB<br>MV8: WSUS<br>MV9: VCENTER  | 196               |



**Figura 8** – Equipamento posterior à consolidação

O consumo médio de energia elétrica do novo servidor, quando comparado com o ambiente anterior, (consolidação 6:1) é de 189W, ou seja, com uma redução de potência elétrica de 628W. A Tabela 4 apresenta os parâmetros gerais de eficiência energética obtidos dessa maneira.

**Tabela 4** – Parâmetros de eficiência energética obtida pela virtualização e consolidação de servidores

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| ConsumoMédio Anterior (W)   | 817 |
| ConsumoMédioConsolidado (W) | 189 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| Redução absoluta (W)             | 628 |
| Redução com base no original (%) | 77% |

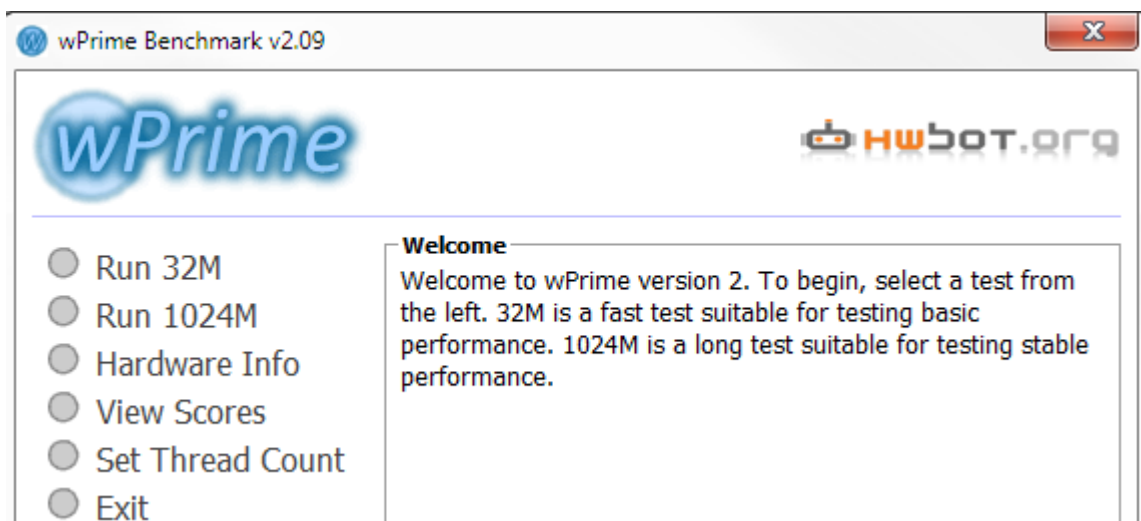
Já o servidor com 9 máquinas virtuais hospedadas (consolidação 9:1) apresenta uma demanda média de potência elétrica de 196W. Sem máquinas virtuais hospedadas, a demanda do host (servidor) é de 184W.

Em relação à utilização e escalabilidade de processadores nas máquinas virtuais, verificou-se que o consumo de energia elétrica está diretamente relacionado à utilização dos núcleos dos processadores. Quanto mais núcleos são utilizados por mais tempo, maior será o consumo de energia; porém, para tarefas definidas, quanto mais núcleos forem utilizados, mais significativa será a redução no tempo de execução e, conseqüentemente, menor será o consumo de energia elétrica. Para tal verificação, utilizou-se o aplicativo wPrime versão 2.09, ilustrado nas Figuras 9 e 10, que efetua o cálculo de raízes quadradas e possui código otimizado para utilização de múltiplos segmentos simultâneos (*multithread*).

**Figura 9** – Tela de resultados do software wPrime







**Figura 10** – Tela principal do software wPrime

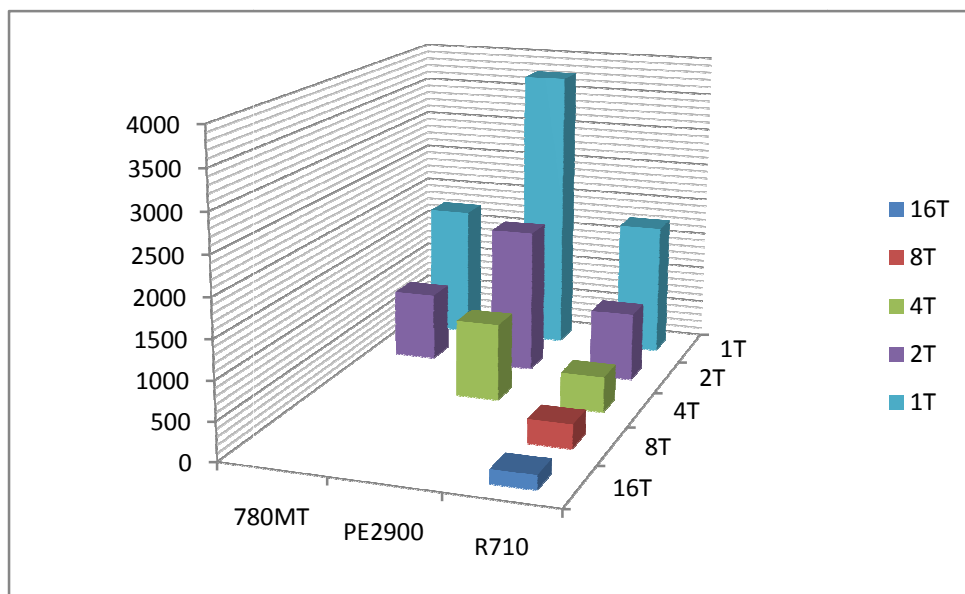
A Tabela 5 apresenta os resultados de tempo de execução e consumo de energia elétrica para o teste 1024M, que calcula 1024 milhões de raízes quadradas, divididos em blocos pela quantidade de segmentos (threads) suportados por cada modelo de processador. Para cada equipamento, o software foi executado de uma até o máximo de threads suportadas, configurados na opção *Set Thread Count*.

**Tabela 5** – Parâmetros de eficiência energética obtida pela virtualização e consolidação de servidores

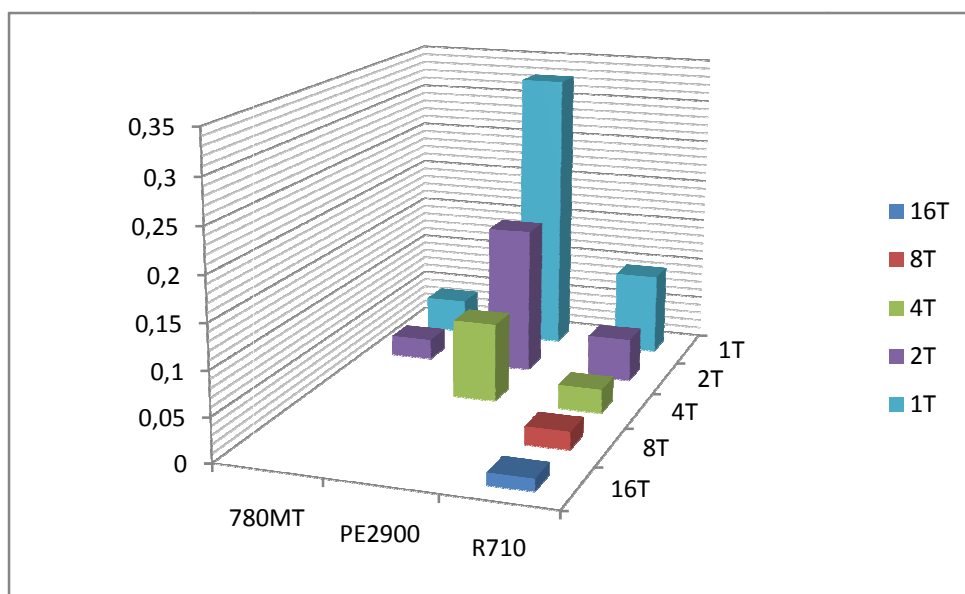
| Hardware      | 780MT           |        | PE2900         |        | R710            |        |
|---------------|-----------------|--------|----------------|--------|-----------------|--------|
| Processador   | E8400 @3.00 GHz |        | 5110 @1,60 GHz |        | E5620 @2.40 GHz |        |
| Sockets       | 1               |        | 2              |        | 2               |        |
| Cores         | 2               |        | 2              |        | 4               |        |
| Total Threads | 2               |        | 4              |        | 16              |        |
| Threads       | Tempo           | kWh    | Tempo          | kWh    | Tempo           | kWh    |
| 16 T          |                 |        |                |        | 180.426         | 0.0136 |
| 8T            |                 |        |                |        | 310.751         | 0.0204 |
| 4T            |                 |        | 1005.154       | 0.0897 | 463.930         | 0.0275 |
| 2T            | 895.207         | 0.0236 | 1884.591       | 0.1683 | 897.859         | 0.0493 |
| 1T            | 1753.185        | 0.0394 | 3753.164       | 0.3269 | 1747.671        | 0.0938 |

Através dos testes realizados percebe-se que o equipamento desktop 780MT possui desempenho semelhante ao equipamento servidor R710 quando são alocados recursos de software para 1 e 2 threads, porém o 780MT possui um consumo de energia bem inferior. O equipamento servidor PE2900 possui o menor desempenho e o maior consumo de energia em todos os testes, e mesmo

o teste de 4 threads tem desempenho menor que o de 2 threads do 780MT. O equipamento servidor R710 possui escalabilidade de 1 até 16 threads que permite a execução do cálculo em 20% do tempo em relação ao 780MT com economia de 43% de energia elétrica. Em relação ao teste, as Figuras 11 e 12 apresentam o tempo de execução e o consumo de energia comparados conforme o número de threads.



**Figura 11** – Tempo de execução conforme o número de threads



**Figura 12** – Consumo de energia conforme o número de threads

## 5. Conclusão

Dos resultados obtidos até o momento, conclui-se que a consolidação de 5 equipamentos em um único servidor, hospedando 6 máquinas virtuais,

proporciona uma redução de 77% no consumo de energia elétrica. Quando foram adicionadas 3 novas máquinas virtuais houve um acréscimo de apenas 7 W no consumo médio do servidor. Percebe-se, portanto, que a adição de novas máquinas virtuais provoca um pequeno aumento no consumo de energia elétrica, que depende, no entanto, dos requisitos específicos de cada aplicação. As observações deste trabalho podem contribuir para a gestão de recursos de Tecnologia da Informação, considerando o escopo dos investimentos em aquisição de equipamentos e software (CAPEX) e despesas de energia elétrica para o funcionamento dos sistemas (OPEX), cooperando, assim, para a sustentabilidade dos negócios e do meio ambiente.

## Referências

BLAZOTTO, L. H.; MOTA, Alexandre de Assis; MOTA, Lia Toledo Moreira. Low Cost Test Bench to Assess Energy Efficiency of Communications Network Equipment. *Journal of Computer Sciences*, v. 8, p. 1849-1853, 2012.

Gartner Magic Quadrant for x86 Server Virtualization Infrastructure, 2011. Disponível em: <[http://s3.amazonaws.com/legacy.icmp/additional/citirix\\_magic\\_quadrant\\_2011.pdf](http://s3.amazonaws.com/legacy.icmp/additional/citirix_magic_quadrant_2011.pdf)>. Acesso em: 04 jun 2013.

HP Maximizing Your Infrastructure through Virtualization, 2011. Disponível em: <[http://vladan-fr.tradepub.com/free/w\\_hp343/prgm.cgi](http://vladan-fr.tradepub.com/free/w_hp343/prgm.cgi)>. Acesso em: 23 mai 2013.

OLIVEIRA, V. C.; MOTA, Alexandre de Assis; MOTA, Lia Toledo Moreira. Impacts of application usage and local hardware on the throughput of computer networks with desktop virtualization. *American Journal of Applied Sciences*, v. 10, p. 117-122, 2013.

OLIVEIRA, V. C.; CURA JUNIOR, C.; MOTA, Alexandre de Assis; MOTA, Lia Toledo Moreira. Impacto da Virtualização de Desktops em Redes de Computadores, observando Parâmetros de Qualidade de Serviço (QoS) e Qualidade da Experiência (QoE) (#107420). In: VII Workshop de Pós-Graduação e Pesquisa do Centro Paula Souza - WPGCPS, 2012, São Paulo (SP). Anais, 2012.

VMware Virtualization Overview, 2006. Disponível em: <<http://www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf>>. Acesso em: 26 mai 2013.