



Pós-Graduação em Ciência da Computação

**UCLOUD: UMA ABORDAGEM PARA
IMPLANTAÇÃO DE NUVEM PRIVADA PARA A
ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA FEDERAL**

Por

Julio Cesar Damasceno

Tese de Doutorado



Universidade Federal de Pernambuco
posgraduacao@cin.ufpe.br
www.cin.ufpe.br/~posgraduacao

RECIFE

2015



Universidade Federal de Pernambuco

Centro de Informática

Pós-graduação em Ciência da Computação

Julio Cesar Damasceno

**UCLOUD: UMA ABORDAGEM PARA IMPLANTAÇÃO DE NUVEM
PRIVADA PARA A ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA FEDERAL**

*Trabalho apresentado ao Programa de Pós-graduação em
Ciência da Computação do Centro de Informática da Univer-
sidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para
obtenção do grau de Doutor em Ciência da Computação.*

Orientador: *Silvio Romero de Lemos Meira*

RECIFE

2015

Catálogo na fonte
Bibliotecária Jane Souto Maior, CRB4-571

D155u Damasceno, Julio Cesar

UCLOUD: uma abordagem para implantação de nuvem privada para a administração pública federal / Julio Cesar Damasceno – Recife: O Autor, 2015.

174 f.: il., fig., tab.

Orientador: Silvio Romero de Lemos Meira.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Cln, Ciência da Computação, 2015.

Inclui referências e apêndice.

1. Engenharia de software. 2. Computação em nuvem. 3. Sistemas distribuídos. 4. Redes de computadores. I. Meira, Silvio Romero de Lemos (orientador). II. Título.

005.1

CDD (23. ed.)

UFPE- MEI 2016-001

Tese de Doutorado apresentada por **Julio Cesar Damasceno** à Pós-Graduação em Ciência da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, sob o título “**UCloud: Uma Abordagem para Implantação de Nuvem Privada para a Administração Pública Federal**” orientada pelo **Prof. Silvio Romero de Lemos Meira** e aprovada pela Banca Examinadora formada pelos professores:

Prof. Ricardo Massa Ferreira Lima
Centro de Informática/UFPE

Prof. Vinicius Cardoso Garcia
Centro de Informática / UFPE

Prof. Rodrigo Elia Assad
Departamento de Estatística e Informática / UFRPE

Prof. Eugene Francis Vinod Rebello
Depto. de Ciência da Computação e Pós-graduação / UFF

Prof. Decilio de Medeiros Sales
Centro Integrado de Telemática do Exército Brasileiro (CITEx)

Visto e permitida a impressão.
Recife, 7 de agosto de 2015.

Profa. Edna Natividade da Silva Barros

Coordenadora da Pós-Graduação em Ciência da Computação do
Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco.

Dedico à minha família, em especial à minha mãe Maria Esperança Damasceno (in memorium), por ter me dado o dom da vida e inspiração para chegar onde cheguei. É com amor que dedico esta conquista.

Dedico também à todos os amigos e professores que me deram o suporte necessário para chegar até aqui. Dedico em especial ao amor da minha vida, Gherssy, pelo seu apoio, motivação e paciência nas horas difíceis.

Agradecimentos

É extremamente difícil resumir os agradecimentos por um trabalho de 5 anos. Foram muitos desafios, muitas horas de dedicação, muitas vitórias, sonhos alcançados e caminhos trilhados. Muitas pessoas participaram direta e indiretamente desta conquista, das mais variadas maneiras. Neste espaço, vou tentar destacar alguns pontos na certeza de que jamais conseguirei citar todos que colaboraram neste meu crescimento profissional e pessoal.

Em primeiro lugar agradeço a Deus e a Nossa Senhora pela oportunidade e capacidade de aprender e onde eu sempre busquei forças e coragem para enfrentar os desafios e buscar meus sonhos, nunca deixando que eu me abatesse pelas quedas e tristezas durante a caminhada. Amém.

Agradeço também a todos os funcionários da Universidade Federal de Pernambuco, desde as recepcionistas, ao time de suporte, secretárias (os) que sempre me atenderam com simpatia, graciosidade e principalmente paciência. Incluo também todos os demais alunos de Mestrado e Doutorado com quem dividi os laboratórios e áreas comuns de pesquisa, pelas conversas técnicas e não técnicas durante estes anos. Definitivamente a UFPE é um lugar fantástico para se desenvolver um ótimo trabalho.

À USTORE por me fornecer um ambiente perfeito para meus estudos, onde pude identificar, definir, formalizar, evoluir, confrontar, experimentar, testar problemas e soluções relacionados com os diferentes aspectos de Computação em Nuvem. Gostaria de agradecer a todos os colaboradores. Aos tantos amigos que fiz por lá, Marcos Costas Podi, Jamir, Josino, Fish, Jean Brasil, Jéssica Nunes, Monicke Montenegro, Lenildo, Alan, Casé, Paulo, Fábio, Leandro Fernandes, Leandro Marques, Fish, Marinex, Elizângela, Milhouse, Fumagali, Kelvis Duran, Cabral, Mostro. Por fim, agradecimento especial a Rodrigo Assad pela amizade, companheirismo e por permitir que eu minha juntasse à família USTORE.

Silvio Meira, meu orientador. Agradeço pela paciência e por ter acredito no potencial do meu trabalho. Muito obrigado.

Nelson Rosa, meu ex-orientador e grande amigo. Muito obrigado.

Vinícius Garcia, professor e amigo, pelas conversas e conselhos nas horas que entrei em *loop* e pensei em desistir. Sou grato pela amizade e confiança depositada, espero que lutemos lado a lado nas futuras guerras que virão. Muito obrigado.

Durante estes anos em Recife, tive o privilégio de sempre contar com ótimos amigos no meu caminho. Não posso esquecer jamais de todo o suporte e companhia de Wilton Oliveira, que dividiu apartamento por alguns anos e aos demais companheiros que também dividiram apartamento comigo. Aos outros tantos amigos feitos em Recife, a todos vocês.

Gherssy, meu amor. Nossos caminhos terem se cruzado só me faz agradecer a Deus por ter aceito o desafio de vir para Recife. Viver estes anos ao seu lado tem sido maravilhoso,

e você teve (tem) um papel fundamental na minha vida. Sua paciência, carinho, atenção, companheirismo, respeito, e amor me ajudou na condução deste trabalho. Espero que possamos seguir caminhando juntos por muitos e muitos anos. Muito obrigado pela sua presença na minha vida, você é a minha luz.

Finalmente mas não menos importante, gostaria de agradecer a minha família. Mesmo distantes fisicamente, a presença de vocês é constante na minha vida, na minha mente e no meu coração. Cada coisa que faço, faço graças a toda educação, força, fé e amor que recebo de todos vocês. Em especial à minha mãe (*in memorium*), minha avó e ao meu tio Damascena, esta vitória também é de vocês. À meus tios, tias, primos e sobrinho, muito obrigado por estarem sempre presentes na minha vida e por todas as orações. Amo muito todos vocês!

Finalmente, a todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

Perdoe seus inimigos, mas não esqueça seus nomes.

—JOHN KENNEDY JR.

Resumo

A crescente adoção e uso de computação em nuvem, revolucionou o processo de aquisição de recursos computacionais, causando uma transferência das despesas em CAPEX para despesas em OPEX. Neste contexto, as organizações, públicas e/ou privadas, tiveram que se adaptar a esta nova realidade de consumo trazida pela computação em nuvem. Deste modo, o caminho natural seria alugar estes recursos computacionais em provedores de nuvem, pois poucas empresas podem investir o capital necessário na construção de data centers para hospedarem suas nuvens (e/ou serviços).

Embora nos últimos anos tenha havido uma evolução e adequação da legislação em vigor sobre uso de computação em nuvem, armazenamento de dados, segurança da informação, entre outras questões, surgiu a necessidade da criação de ofertas de serviços de nuvem dentro da administração pública, principalmente graças às imposições causadas pela legislações, que impõem sérias restrições quanto a escolha dos provedores de serviços, armazenamento de dados e segurança.

A partir deste cenário, com o objetivo de atender à crescente demanda por gerenciamento de infraestruturas de TIC baseadas em computação em nuvem este trabalho propõe uma solução chamada UCloud, composta por uma metodologia, no formato de um modelo de referência e um conjunto de ferramentas que juntas viabilizarão a transição da infraestrutura de data center tradicional para uma infraestrutura virtualização e, posteriormente, para o ambiente de nuvem. A proposta também viabilizou a possibilidade da oferta de data center como serviço em um cenário onde todos elementos da infraestrutura - redes, armazenamento, CPU e segurança - são virtualizados e entregues como um serviço.

A principal contribuição deste trabalho foi a definição e especificação de um modelo de referência para a implementação de ambientes de nuvem na administração pública, respeitando a legislação corrente no tocante às recomendações para o uso de computação em nuvem pela Administração Pública, assim como a introdução e implementação do conceito de data center como serviço.

Como resultado obteve-se um modelo de referência para implantação de nuvens privadas na administração pública em conformidade com a legislação brasileira e seguindo boas práticas de mercado. Experimentos de campo mostraram como a plataforma UCloud conseguiu atender aos requisitos do modelo através do gerenciamento de ambientes virtualizados e ambientes nuvem, proporcionando automatização de tarefas antes realizadas manualmente ou de forma ineficiente.

Palavras-chave: Computação em Nuvem, Orquestração, Gerenciamento, Datacenter, Modelos de Negócio, Modelo de Referência, Administração Pública.

Abstract

The increasing adoption and use of cloud computing has revolutionized the process of acquiring computing resources, causing a transfer from capital to operational expenditures. In this context, public and private organizations had to adapt to the new reality of consumption and provisioning brought about by cloud computing. In this way, the natural path would be to rent these computing resources in cloud providers because some companies can spent millions in data center construction for hosting his clouds.

Although in recent years the law has evolved and adapted on cloud computing usage, data storing, information security, among other issues, the need to create cloud service offerings has emerged within the public administration, especially because of impositions caused by the laws, which impose severe restrictions on the choice of service providers, data storage and security.

From this scenario, in order to meet the growing demand for management of cloud-based IT infrastructure this work proposed a solution called UCloud, consisting of a methodology, presented as reference model and tools that together will enable the transition from traditional data center infrastructure for a virtualized infrastructure and subsequently to cloud environment. The proposal also allowed the data center as a service offering, a scenario where all infrastructure elements - networking, storage, CPU and safety - are virtualized and delivered as a service.

The main contribution of this work was the definition and specification of a reference model for implementing cloud environments in public administration, respecting current legislation regarding and following the federal recommendations for cloud computing usage. As well as, the introduction and implementation of data center as a service concept.

As a result we obtained a reference model for deploying private clouds in public administration in accordance with Brazilian law and following well know practices. Field experiments have shown how UCloud platform could meet the model requirements through the management of virtualized environments and cloud environments, providing automation of tasks previously made manually or in inefficiently way.

Keywords: Cloud Computing, Orchestration, Management, Virtual Machines, Datacenter, Service.

Lista de Figuras

2.1	Topologia básica para Data Center	33
2.2	Padrões de Tráfego	35
2.3	Tipos de Tráfego de um Ambiente Virtualizado	36
2.4	Topologia Topo de Rack	37
2.5	Topologia Fim de Fila	38
2.6	Servidor Torre	41
2.7	Servidor Montado em Rack	42
2.8	Chassi de Blade HP c700	43
2.9	Mainframe IBM Série System zEC12	44
2.10	Relacionamento das Máquinas Virtuais e o VMM	46
2.11	Comparação das Técnicas de Virtualização	48
2.12	Principais modelos de serviços e seus usuários em computação em Nuvem	52
2.13	Nuvem privada interna	53
2.14	Nuvem privada hospedada externamente	54
3.1	Modelo de Referência Conceitual do NIST	57
3.2	Linha do tempo: modelos de referência para computação em nuvem	60
3.3	Linha do tempo de trabalhos relacionados	64
4.1	Metodologia para Implantação de Nuvem Privada	71
4.2	Arquitetura do Modelo de Referência uCloud	74
4.3	Arquitetura de Rede Proposta	80
4.4	Processo de Orquestração	85
4.5	Exemplo de um Serviço de Nuvem	89
4.6	Recursos Virtuais	91
5.1	Refinamento da Arquitetura do Modelo de Referência	99
5.2	Plataforma uCloud	101
5.3	Arquitetura do uCloud Orchestrator	102
5.4	Processo de Criação de VDC	104
5.5	Fluxo de Provisionamento de Data Center Como Serviço	105
5.6	Taxa de Consolidação de Cores/IFL para Banco Oracle	109
5.7	uCloud: Provisionamento Automática de Servidores - Parte 1	112
5.8	uCloud: Provisionamento Automática de Servidores - Parte 2	113

Lista de Tabelas

1.1	Estimativas de gastos em solução de virtualização	21
1.2	Comparativo entre as soluções de mercado para implementação de nuvem privada	26
2.1	Resumo da Classificação Tier	39
3.1	Requisitos para Comparação de Propostas	61
3.2	Análise das Soluções de Mercado	62
3.3	Levantamentos de trabalhos científicos	65
4.1	Camadas do Modelo de Referência Afetadas pelos Requisitos	77
4.2	Bens e Serviços da Solução	93
4.3	Preço de Recursos Virtuais em Relação à Aquisição	94
4.4	Estimativa do Custo Mensal Operacional	95
5.1	Bens e Serviços que Compõem a Solução Servidores Rack	107
5.2	Bens e Serviços que Compõem a Solução Servidores Blade	108
5.3	Comparativo do TCO da Solução Blade X Solução Rack	109
5.4	Comparativo do TCO da Solução Blade X Solução Mainframe	110
5.5	Tempo Médio de provisionamento de servidores físicos	111
5.6	Tempo Médio de Deploy por Distribuição	112
5.7	Carga média dos servidores durante o dia	113

Lista de Acrônimos

APF	Administração Pública Federal	62
API	<i>Application Programming Interface</i>	52
ASIC	<i>Application Specific Integrated Circuits</i>	25
BC	<i>Business Continuity</i>	75
CAPEX	<i>Capital Expenditures</i>	18
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco	95
CISC	<i>Complex Instruction Set Computing</i>	43
CELEPAR	Companhia de Informática do Paraná	18
CITEx	Centro Integrado de Telemática do Exército	29
CLI	<i>Command Line Interface</i>	82
CNA	<i>Converged Network Adapter</i>	36
CP	<i>Central Processor</i>	43
DCaaS	<i>Data Center as a Service</i>	28
DCT	Departamento de Ciência e Tecnologia	29
DOD	Documento de Oficialização da Demanda	76
DPDK	<i>Data Plane Development Kit</i>	25
DR	<i>Disaster Recovery</i>	25
EDA	<i>Event-Driven Architecture</i>	34
EoR	<i>End-of-Row</i>	37
ER	<i>Entrance Room</i>	34
E/S	Entrada/Saida	40
FC	<i>Fibre Channel</i>	35
FCoE	<i>Fibre Channel over Ethernet</i>	36
FT	<i>Fault Tolerance</i>	24
FPGA	<i>Field-Programmable Gate Array</i>	25
FWaaS	<i>Firewall as a Service</i>	87
GRC	Governança, Risco e Conformidade	75
IaaS	<i>Infrastructure as a Service</i>	63

HA	<i>High Availability</i>	24
HBA	<i>Host Bus Adapter</i>	36
HDA	<i>Horizontal Distribution Area</i>	34
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>	55
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>	38
IFL	<i>Integrated Facility for Linux</i>	43
IN-04	<i>Instrução Normativa 04, de 11 de setembro de 2014</i>	70
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>	55
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>	101
KVM	<i>Keyboard, Video and Mouse</i>	41
LBaaS	<i>Load Balancer as a Service</i>	87
LPAR	<i>Logical Partition</i>	44
MDA	<i>Main Distribution Area</i>	34
MR-P	<i>modelo de referência para processos</i>	56
NAT	<i>Network Address Translation</i>	105
NDA	<i>Basic Nondisclosure Agreement</i>	108
NFV	<i>Network Functions Virtualization</i>	25
NFS	<i>Network File System</i>	36
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i>	49
MR-NIST	<i>modelo de referência do NIST</i>	57
NPU	<i>Network Processors Unit</i>	25
OASIS	<i>Organization for the Advancement of Structured Information Standards</i>	55
OPEX	<i>Operational Expenditures</i>	19
P2P	<i>Peer to Peer</i>	18
QoS	<i>Quality of Service</i>	19
RAC	<i>Real Application Clusters</i>	108
REST	<i>Representational State Transfer</i>	102
ROI	<i>Return On Investment</i>	24
RU	<i>Rack Unit</i>	41
SAN	<i>Storage Area Network</i>	86
SAP	<i>System Assist Processor</i>	43

SDN	<i>Software-Defined Networking</i>	25
SDDC	<i>Software-Defined Data Centers</i>	99
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados	32
SPOF	<i>Single Points of Failure</i>	79
SLA	<i>Service Level Agreement</i>	19
SO	Sistema Operacional	23
SOA	<i>Service Oriented Architecture</i>	59
zAAP	<i>System z Application Assist Processor</i>	44
zIIP	<i>System z Integrated Information Processor</i>	44
TCO	<i>Total Cost of Ownership</i>	71
TCU	Tribunal de Contas da União	69
TI	Tecnologia de Informação	53
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação	18
ToR	<i>Top-of-Rack</i>	37
TR	Termo de Referência	110
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco	29
UML	<i>Unified Modeling Language</i>	59
UTP	<i>Unshielded Twisted Pair</i>	34
VDC	<i>Virtual Data Center</i>	99
VLAN	<i>Virtual Local Area Network</i>	37
VM	<i>Virtual Machine</i>	23
VMM	<i>Virtual Machine Monitor</i>	46
VPNaaS	<i>VPN as a Service</i>	87
ZDA	<i>Zone Distribution Area</i>	34

Sumário

1	Introdução	18
1.1	Contextualização	19
1.2	Motivação	23
1.3	Definição do Problema	27
1.4	Visão Geral da Proposta e Objetivos	27
1.5	Contribuições da Proposta	28
1.6	Justificativa	29
1.7	Escopo Negativo	30
1.8	Estrutura do Documento	30
2	Fundamentação Teórica	32
2.1	Infraestrutura de Data Center	32
2.1.1	Padrões de Tráfego	34
2.1.2	Topologias de Rede	37
2.1.3	Classificações <i>Tiers</i>	38
2.2	Plataformas Computacionais	40
2.2.1	Sistema de Computação em Torre	40
2.2.2	Sistema de Computação Montado em Rack	40
2.2.3	Sistema de Computação em Lâminas	42
2.2.4	Sistema de Computação de Grande Porte	43
2.3	Virtualização	45
2.3.1	Definições e Conceitos	45
2.3.2	Vantagens e Desvantagens	47
2.3.3	Técnicas de Virtualização	48
2.4	Computação em Nuvem	49
2.4.1	Propriedades	50
2.4.2	Modelos de Serviço	52
2.4.3	Modelos de Implantação	53
2.5	Considerações Finais	54
3	Modelos de Referência e Plataformas para Computação em Nuvem	55
3.1	Introdução a Modelos de Referência	55
3.2	Estudo sobre Modelos de Referências para Computação em Nuvem	58
3.3	Plataformas para Computação em Nuvem	61
3.4	Estudo sobre Plataformas para Computação em Nuvem	61

3.4.1	Soluções de Mercado	61
3.5	Análise de Trabalhos acadêmicos	63
3.6	Considerações Finais	68
4	Modelo de Referência para Implantação de Nuvem Privada	69
4.1	Introdução	69
4.2	Metodologia	70
4.3	Objetivos e Princípios	72
4.4	Modelo de Referência: uCloud-MR	73
4.4.1	Camadas do uCloud-MR	74
4.4.2	Atores e Papéis do uCloud-MR	76
4.5	Especificação do Modelo de Referência uCloud-MR	76
4.5.1	Especificação da Camada Física	77
4.5.1.1	Requisitos	77
4.5.1.2	Recomendações para Alta Disponibilidade e Tolerância a Falhas	79
4.5.2	Especificação da Camada de Virtualização	81
4.5.2.1	Requisitos	81
4.5.3	Especificação da Camada de Controle	83
4.5.3.1	Requisitos	83
4.5.4	Especificação da Camada de Orquestração	85
4.5.4.1	Requisitos	86
4.5.5	Especificação da Camada de Serviços	88
4.5.6	Especificação do Portal de Serviço	89
4.5.6.1	Requisitos	89
4.5.7	Especificação da Solução Gestão de Custos	91
4.5.7.1	Requisitos	92
4.5.7.2	Estimativa de Custos	93
4.5.8	Requisitos para Plataforma de Proteção de Dados e Backup	96
4.6	Considerações Finais	97
5	Modelo de Referência uCloud-MR na Administração Pública Federal	98
5.1	Introdução	98
5.2	Data Center Como Serviço	99
5.3	uCloud: Uma Plataforma para Orquestração de Data Center como Serviço . . .	100
5.3.1	uCloud Orchestrator: Arquitetura	102
5.3.2	Modelando um VDC	103
5.3.3	Provisionamento de Data Center Como Serviço	104
5.4	Análises Comparativos e Estudos de Viabilidade na Administração Pública Federal	106
5.4.1	Análise Comparativa: Servidores Rack x Servidores Blade	106
5.4.2	Análise Comparativa: Servidores Blade x Mainframe	107

5.4.3	Conclusão das Análises Comparativas	110
5.5	Estudo de Caso	111
5.6	Considerações Finais	114
6	Conclusão e Trabalhos Futuros	115
6.1	Contribuições	116
6.2	Trabalhos Relacionados	116
6.3	Limitações	117
6.4	Trabalhos Futuros	117
	Referências	119
	Apêndice	129
A	Atas de Pregões de Licitações de Soluções de Virtualização	130
A.1	Licitações VMware 2012	131
A.2	Licitações VMware 2013	135
A.3	Licitações VMware 2014	141
A.4	Licitações VMware 2015	147
A.5	Licitações XenServer 2012	151
A.6	Licitações XenServer 2013	152
A.7	Licitações XenServer 2014	153
A.8	Licitações XenServer 2015	154
B	Modelos de Documentos da IN-04	155
B.1	Documento de Oficialização de Demanda - DOD	156
B.2	Análise de Viabilidade	158
C	Estudo Energético Solução Rack x Blade	161
C.1	Tarifas Aplicadas	161
C.2	Estimativa de Consumo - Carga em 80%	161
C.3	Estimativa de Custo para Alimentação - Carga em 80%	162
C.4	Estimativa de Calor Gerado - Carga em 80%	162
C.5	Estimativa de Custo para Refrigeração - Carga em 80%	163
C.6	Tarifas Horo-Sazonal Celpe/PE 8/2015	164
D	Questionários Levantamento de Infraestrutura e Redes	165
D.1	Questionário Infraestrutura	166
D.2	Questionário Redes	172

1

Introdução

Let the game begin.

—JIGSAW (Saw, 2004)

Aplicações científicas, industriais e militares lidam com uma enorme quantidade de dados provenientes de várias fontes, com necessidade de consumo de recursos computacionais diversos e em uma taxa que muitas vezes excede a própria capacidade existente no data center. Com isso surgem demandas de processamento, armazenamento, memória, entre outros recursos computacionais.

Grandes investimentos na aquisição de hardware e software, ou despesas em **CAPEX** (*Capital Expenditures*), serão necessários para fornecer suporte ao aumento destas novas demandas. Tais investimentos podem chegar a várias dezenas de milhões de reais como, por exemplo, o data center da Companhia de Informática do Paraná (**CELEPAR**) que custou R\$ 35.7 milhões¹. Em alguns casos chegam a valores astronômicos como o novo data center do Banco Itáu em Mogi Mirim, no estado de São Paulo, que teve seu valor estimado em R\$ 2.3 bilhões², mas acabou custando R\$ 3.3 bilhões.

O crescimento do uso de recursos computacionais pode ocasionar o não atendimento às demandas, conforme necessidades de seus clientes, no modelo tradicional de oferta de serviços de Tecnologias de Informação e Comunicação (**TIC**). Deste modo tem-se uma infraestrutura computacional não otimizada e com gerenciamento ineficaz, tornado-se um fator de impacto negativo para as organizações

O surgimento de avanços tecnológicos em ambientes de computação em rede como *Cluster Computing* (**YEO et al., 2006**), *Grid Computing* (**FREDERIC; MAGOULES, 2012**), Computação **P2P** (*Peer to Peer*) (**VU; LUPU; OOI, 2010**) e, mais recentemente, Computação em Nuvem (**ZHANG; CHENG; BOUTABA, 2010**), revolucionou o processo de aquisição de recursos computacionais, pois se criou a possibilidade de ofertar a computação como um recurso

¹<https://goo.gl/A8Nyzi>, Acesso em Agosto de 2015

²<https://goo.gl/ynhNXM>, Acesso em Agosto de 2015

utilitário sob demanda, ou como serviço, pagando-se apenas pelo uso. Isto causou a transferência das despesas em **CAPEX** para despesas em **OPEX** (*Operational Expenditures*).

Estes serviços de computação precisam ser altamente confiáveis, escaláveis e dinâmicos para suportar acesso ubíquo e fornecer a possibilidade de composição de outros serviços (**DUST-DAR; SCHREINER, 2005**). Além disso, consumidores devem ter a capacidade de determinar o nível de serviço requerido através de parâmetros de **QoS** (*Quality of Service*) e **SLA** (*Service Level Agreement*) (**BERBEROVA; BONTCHEV, 2009**).

Neste contexto, as organizações, públicas e/ou privadas, tiveram que se adaptar a esta nova realidade de consumo, provimento e governança de recursos de **TIC**. Novos modelos de aquisição de recursos computacionais, por exemplo, agora fornecidos como serviço, levaram estas organizações a ter uma economia nos seus investimentos em infraestrutura computacional, ao mesmo tempo que tiveram que rever os seus modelos de negócio, ou seja, prover os seus serviços seja para clientes ou internamente na própria instituição.

A seguir, este novo cenário que se apresenta é discutido, bem como as principais preocupações e instruções normativas e reguladoras que surgiram para estabelecer a forma de aquisição destes recursos.

Adicionalmente, outras questões foram levantadas, levando-se em consideração políticas de segurança e governança da informação, principalmente para as instituições públicas que possuem dados e informações estratégicas.

1.1 Contextualização

A computação em nuvem (do inglês *Cloud Computing*) (**MELL; GRANCE, 2011**) tem como principal benefício a promessa de entregar serviços confiáveis através de uma nova geração de data center construídos utilizando tecnologias de virtualização de processamento e armazenamento. O uso de computação em nuvem reduz custos através de uma abordagem onde os recursos computacionais são pagos quando utilizados. Consumidores estarão habilitados a acessar aplicações e dados da nuvem em qualquer lugar do mundo e sob demanda.

Seguindo esta perspectiva, é notável a popularização de plataformas elásticas de computação em nuvem, também chamadas de plataformas de virtualização, como os serviços oferecidos por provedores privados, culminando no barateamento do uso de tais serviços. Em termos práticos, computação em nuvem atende a demandas de elasticidade de infraestrutura. Uma vez que são necessários mais recursos computacionais para atender a uma determinada necessidade, tais recursos podem ser rapidamente instanciados.

A elasticidade é a capacidade que o sistema tem de adaptar-se a cargas de trabalho, através do provisionamento e “desprovisionamento” automático de recursos de tal modo que em cada instante no tempo os recursos disponíveis pelo provedor de serviço correspondam, o mais próximo possível, à demanda atual do consumidor (**HERBST; KOUNEV; REUSSNER, 2013**).

Devido à natureza e às especificidades de cada negócio, nem todas as empresas podem investir milhões para construção de data centers com o intuito de montarem sua própria nuvem.

Deste modo, o caminho natural é alugar estes recursos computacionais em provedores de nuvem. Porém, outras empresas, devido a questões estratégicas e sigilosas, têm como requisito básico a execução dos seus serviços e aplicações em data center próprio.

No contexto brasileiro, nos últimos anos houve um grande esforço no que diz respeito à evolução e adequação da legislação em vigor sobre uso de computação em nuvem, armazenamento de dados, segurança da informação, entre outras questões, conforme destacamos a seguir:

- Decreto nº 3.505, de 13 de junho de 2000³ - Institui a Política de Segurança da Informação nos órgãos e entidades da Administração Pública Federal.
- ABNT NBR ISO/IEC 27002:2013⁴ - Código de Práticas para a Gestão da Segurança da Informação.
- Instrução Normativa GSI Nº 1, de 13 de junho de 2008⁵, e respectivas Normas Complementares - Disciplina a Gestão de Segurança da Informação e Comunicações na Administração Pública Federal, direta e indireta, e dá outras providências.
- Norma Complementar 14, de 30 de Janeiro de 2012⁶ - Diretrizes para a utilização de tecnologias de Computação em Nuvem.
- Decreto Nº 8.135, de 4 de novembro de 2013 da Presidência da República⁷ - Trata das comunicações de dados da administração pública federal direta, autárquica e fundacional.
- Lei Nº 12.965, de 23 de Abril de 2014⁸ - Marco Civil da Internet.

O artigo 1º do decreto Nº 8.135 restringe o uso de provedores de nuvem externos à administração pública federal como meio de evitar a evasão das fronteiras, protegendo e alavancando o desenvolvimento e pesquisas de tecnologias e soluções nacionais. Também cria uma nova demanda interna, onde órgãos da administração pública federal e empresas da União deverão estar aptas a captar tal demanda:

As comunicações de dados da administração pública federal direta, autárquica e fundacional deverão ser realizadas por redes de telecomunicações e serviços de tecnologia da informação fornecidos por órgãos ou entidades da administração pública federal, incluindo empresas públicas e sociedades de economia mista da União e suas subsidiárias

³<http://goo.gl/08biM7>, Último acesso em Agosto de 2015

⁴<http://goo.gl/f551r4>, Último acesso em Agosto de 2015

⁵<http://goo.gl/ri3XGi>, Último acesso em Agosto de 2015

⁶<http://goo.gl/smg8Fy>, Último acesso em Agosto de 2015

⁷<http://goo.gl/8Jg81f>, Último acesso em Agosto de 2015

⁸<http://goo.gl/VLu0qO>, Último acesso em Agosto de 2015

O parágrafo § 4º do decreto Nº 8.135 estabelece que o armazenamento dos dados em data centers deve ser feito em território nacional e administrado por órgãos e entidades da administração pública:

O armazenamento e a recuperação de dados a que se refere o *caput* deverá ser realizada em centro de processamento de dados fornecido por órgãos e entidades da administração pública federal.

O artigo § 3º decreto Nº 8.135 estabelece que os software e hardware adquiridos possam ser auditados, reforçando o uso do “Guia Livre: Referência de Migração para Software Livre do Governo Federal”⁹, resultado do trabalho dos comitês técnicos criados pelo decreto de 29 de outubro de 2008:

Os programas e equipamentos destinados às atividades de que trata o *caput* deverão ter características que permitam auditoria para fins de garantia da disponibilidade, integridade, confidencialidade e autenticidade das informações.

As imposições causadas por tais legislações afetaram diretamente o uso da computação em nuvem pela administração pública federal, pois impôs sérias restrições quanto à escolha do provedores de serviços, armazenamento de dados e segurança. Deste modo, surgiu a necessidade da criação de ofertas de serviços de nuvem dentro da administração pública para os demais órgãos consumirem. Também é esperado um investimento em pesquisas, convênios com universidades, fomento de empresas da União para alavancar e definir uma arquitetura padrão para adoção da computação em nuvem no Brasil, conforme a Norma Complementar 14, de 30 de Janeiro de 2012.

A Tabela 1.1 mostra uma estimativa de gastos em soluções de virtualização nos últimos quatro anos (extraída do portal de licitações governamentais¹⁰ entre janeiro de 2012 e junho de 2015) baseada na realização de pregões onde o objeto do edital eram os dois principais produtos de virtualização do mercado: VMware vSphere (VMWARE, 2015) e Citrix XenServer (STAALINPRASANNAH; SURIYA, 2013). Os valores gastos podem ser ainda maiores, pois a maioria do pregões resulta no registro de uma ata de preço, onde outros órgãos podem aderir.

Tabela 1.1: Estimativas de gastos em solução de virtualização

	2012 (R\$)	2013 (R\$)	2014 (R\$)	2015 (R\$)
Software	16.859.736,18	27.299.643,10	22.815.983,47	16.251.391,00
Suporte	476.161,38	3.999.489,24	476.161,38	355.513,55
Treinamentos	2.070.396,08	6.360.752,04	2.070.396,08	1.422.322,00
Total	19.406.293,64	37.659.884,38	25.362.540,93	18.029.226,55

Com bases nos dados da Tabela 1.1 observa-se que foram gastos nos últimos 3.5 anos uma média de R\$ 24.7 milhões. Isso mostra que, mesmo existindo legislação e políticas que

⁹<http://goo.gl/nAcByJ>, Último Acesso Agosto de 2015

¹⁰<http://goo.gl/3hfVwP>, Último em Junho de 2015

incentivam o uso de software livre e aquisição de soluções de código aberto, ainda é preferível a aquisição de soluções proprietárias.

O uso destas soluções de virtualização é o primeiro passo para uma possível oferta de serviços na nuvem pelas instituições da administração pública.

No contexto de plataformas de computação em nuvem podemos destacar: propostas acadêmicas (WANG et al., 2012; SUGIKI, 2013); soluções *opensource*, como Openstack (CORRADI; FANELLI; FOSCHINI, 2014), OpenNebula (MILOJICIC; LLORENTE; MONTERO, 2011), XenServer (STAALINPRASANNAH; SURIYA, 2013), Eucalyptus (NURMI et al., 2009); e soluções comerciais, como Amazon Web Services (Amazon Web Services, Inc, 2015) e VMware vCloud (VMWARE, 2015). Porém, devido à natureza do negócio de alguns órgãos da administração pública e, principalmente de natureza estratégica como, por exemplo, das forças armadas, tais soluções podem vir a não atender a todas as necessidades exigidas e demandariam customizações que, na sua grande maioria, não seriam atendidas pelos fornecedores de soluções como VMware e HP, já que seus produtos são padronizados.

Embora soluções como o CloudStack (BARKAT; SANTOS; HO, 2014) e Openstack (CORRADI; FANELLI; FOSCHINI, 2014) tenham se mostrado bastante promissoras e com grande adoção pela comunidade, ainda não foi estabelecido um padrão amplamente aceito pela academia, mercado, governo e outras instituições como as Forças Armadas. Tal fato está relacionado às demandas, necessidades e requisitos específicos de cada cliente/usuário de nuvem.

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo investigar uma solução, que compreende a definição de um modelo de referência para a implantação de plataformas de computação em nuvem na administração pública através do uso do paradigma de data center como serviço e estando aderente à legislação em vigor. A validação de modelo será feita através da implementação de um conjunto de ferramentas conforme os requisitos estabelecidos e de acordo com o modelo de referência.

A metodologia adotada seguiu as melhores práticas da engenharia de software baseada em evidências (KITCHENHAM; DYBA; JORGENSEN, 2004) para identificação e mapeamento das necessidades, requisitos, problemas e obstáculos reais enfrentados pela indústria, no contexto da administração pública, desde a escolha do hardware visando a uma melhor eficiência energética até definição de uma arquitetura de referência para computação em nuvem.

A postura filosófica escolhida para conduzir este estudo afeta os métodos que devem ser usados para atingir o objetivo da pesquisa e o que pode ser aceito como verdade. Nesta pesquisa a postura *construtivista* foi escolhida porque “se concentra menos na verificação de teorias, e mais na compreensão de como diferentes pessoas fazem sentido do mundo e como elas atribuem significado a ações” (SIM; EASTERBROOK; PERRY, 2006). Nestes estudos, o conhecimento científico está ligado ao contexto de onde foi criado. Os construtivistas preferem métodos que colem ricos dados qualitativos sobre as atividades humanas.

De acordo com SEAMAN (1999) “a principal vantagem do uso de métodos qualitativos é que eles forçam o pesquisador a aprofundar a complexidade do problema, em vez de resumi-lo”.

Assim, este projeto de pesquisa foi escolhido para se adequar mais ao quadro metodológico apresentado do que às metodologias tradicionais cientificamente adotadas.

1.2 Motivação

A principal tecnologia que permite a Computação nas Nuvens é a virtualização. Com a virtualização os recursos computacionais ociosos podem ser alocados e utilizados de forma mais eficiente, reduzindo assim custos, uma vez que otimiza a utilização da infraestrutura de TIC (HAMDAQA; TAHVILDARI, 2012).

Em um contexto mais simples, a virtualização permite que um único data center funcione como um conjunto de recursos virtuais. Em um segundo momento, a virtualização permite a otimização do uso dos recursos em uma configuração de data centers redundantes. O software que gerencia a distribuição de recursos de hardware para cada sistema operacional (SO) virtualizado, ou máquina virtual - *Virtual Machine* (VM), é o *hypervisor*¹¹.

Com as diversas opções de *hypervisors* disponíveis no mercado, cada consumidor pode escolher o que melhor se adéqua às suas necessidades. Existem diversos cenários em que um consumidor precisa usar um ambiente heterogêneo de *hypervisors*. O mais comum é a situação em um data center onde a quantidade de processadores, ou a necessidade de muitas máquinas virtuais, pode onerar os recursos financeiros do consumidor com a compra de licenças, levando-o a adquirir *hypervisors* de valores e características distintas. Outra situação que pode levar a um ambiente misto é o suporte do *hypervisor* a sistemas legados, os quais necessitam de software e hardware específicos, levando o consumidor à necessidade de possuir *hypervisors* de fornecedores diferentes.

Essa heterogeneidade de *hypervisors* leva a um grande problema: a descentralização da gerência. Uma das principais vantagens da virtualização é justamente a gerência centralizada dos recursos virtuais. Em um ambiente misto essa característica fica comprometida, devido à dificuldade de se orquestrar *hypervisors* de fornecedores diferentes.

Algumas plataformas de computação em nuvem dão suporte a múltiplos *hypervisors*. O Openstack é uma solução de código aberto capaz de gerenciar os componentes de múltiplas infraestruturas virtualizadas e vários *hypervisors*. Porém, a atual versão do Openstack (Kilo 2015.1.0)¹² ainda não possui suporte a alguns requisitos necessários em um ambiente corporativo como alta disponibilidade, tolerância a falhas, entre outros.

Com base em alguns desafios de computação em nuvem (ZHANG; CHENG; BOUTABA, 2010; FORELL; MILOJICIC; TALWAR, 2011; MORENO-VOZMEDIANO; MONTERO; LLORENTE, 2013; JENNINGS; STADLER, 2014), nas necessidades das organizações governamentais recolhidos através de uma pesquisa de campo e, com bases no estudo dos termos

¹¹Os três principais fornecedores de software de virtualização do mercado são VMware vSphere, Microsoft Hyper-v e Citrix Xen Server.

¹²<https://wiki.openstack.org/wiki/ReleaseNotes/Kilo>, Último Acesso em Agosto de 2015

de referência de licitações, foram definidos alguns requisitos que servirão como base para o desenvolvimento deste trabalho, conforme se segue:

- R. 1** Provisionamento Automático: Mesmo utilizando *templates*, modelos prontos e pré-instalados de máquinas virtuais, faz-se necessário o provisionamento (instalação de sistema operacional e software) automático de servidores físicos e máquinas virtuais, evitando assim um trabalho manual e ganhando várias horas de serviço;
- R. 2** Migração de Máquinas Virtuais: Permite transferir uma máquina virtual inteira em execução de um servidor físico para outro, sem tempo de inatividade. A máquina virtual mantém sua identidade e suas conexões de rede, garantindo um processo de migração livre de problemas;
- R. 3** Migração entre *Storages*: Permite a migração em tempo real de arquivos de disco de máquinas virtuais, sem tempo de inatividade, dentro e entre equipamentos de armazenamento (*storage array*) sem interrupções do serviço;
- R. 4** Proteção de Dados e Backup: Fornece backups dos arquivos das máquinas virtuais de modo eficiente eliminando blocos duplicados, utiliza estratégias de replicação otimizada distribuindo os dados na LAN e WAN. Possibilita uma recuperação rápida e oferecendo proteção em casos de desastres;
- R. 5** *High Availability* (**HA**) - Alta Disponibilidade: Permite reiniciar máquinas virtuais em outros hosts automaticamente quando uma falha no servidor é detectada;
- R. 6** *Fault Tolerance* (**FT**) - Tolerância à Falhas: Fornece disponibilidade contínua de máquinas virtuais. Em caso de falhas de servidor uma instância backup é criada em tempo real, que é sempre atualizada com a máquina virtual primária. Quando acontece uma falha o *failover* é feito automaticamente, garantindo tempo de inatividade zero e evitando a perda de dados;
- R. 7** Gerenciamento de Recursos: Alinha o uso de recursos às prioridades da empresa balanceando automaticamente a carga entre servidores;
- R. 8** Gerenciamento Energético: Possibilidade de desligar alguns equipamentos que estão com seus recursos sendo subutilizados, realocando esses recursos para outros equipamentos;
- R. 9** Gestão de Custos: Identificação de quanto cada usuário da nuvem está consumindo de recursos e quanto está custando financeiramente. Faz-se necessário também o estabelecimento do custo de cada recurso virtual (por exemplo: CPU, HD e RAM) a partir do investimento feito nas aquisições de hardware e no custo operacional de modo que seja atingido um melhor retorno sobre o investimento, ou **ROI** (*Return On Investment*);

- R. 10** Planejamento de Capacidade: Simular adição e remoção de hardware físico e de máquinas virtuais, estimando a capacidade futura do ambiente, podendo planejar quando novos recursos de hardware deverão ser adquiridos ou serão exauridos;
- R. 11** *Disaster Recovery* (**DR**) - Recuperação de Desastres: Parada de um grupo de máquinas virtuais no site primário e o inicialização no site backup;
- R. 12** Suporte a Múltiplos *Hypervisors*: Devido à heterogeneidade do parque tecnológico das instituições, do gasto em aquisições de licenças de software proprietários, como VMware, e adoção do plano de migração para software do governo federal, faz-se necessário o suporte a múltiplos *hypervisors*;
- R. 13** Portal *Self-Service*: Portal web onde o usuário da nuvem crie máquinas virtuais dentro de sua organização, permitindo escolher essa máquina virtual a partir de um catálogo. Assim como a criação de data centers virtuais que incluam capacidades de recursos computacionais, armazenamento e rede, possibilitando a completa separação entre o consumo dos serviços de infraestrutura e a camada de hardware;
- R. 14** *Software-Defined Networking* (**SDN**) - Rede Definida por Software: Em um ambiente altamente escalável como um data center, as atuais tecnologias de rede tornam-se complexas de administrar devido à grande quantidade de protocolos utilizados, e muitas vezes “proprietários”, não existindo interoperabilidade entre alguns fabricantes. Desde modo, o advento do *Software-Defined Networking* (**SDN**) traz a separação entre o hardware e software dos ativos redes (*switches*, roteadores, *firewall*, etc.), adicionando um novo elemento chamado controlador que é o responsável pela “inteligência” de encaminhamento dos pacotes na rede;
- R. 15** *Network Functions Virtualization* (**NFV**) - Virtualização de Funções de Rede: Com o avanço das técnicas de virtualização nos processadores X86, por exemplo o Intel **DPDK** (*Data Plane Development Kit*), não se faz mais necessário o uso de hardware de propósito especial, como co-processadores, **NPU**s (*Network Processors Units*), **ASIC**s (*Application Specific Integrated Circuitss*), e **FPGA**s (*Field-Programmable Gate Arrays*) para executar grandes cargas de trabalho: roteamento, controle de pacotes e controle de banda. Deste modo, é possível virtualizar diversos tipos de funções de ativos da rede (roteadores, *firewall*, *load balancer*, entre outros), de modo que eles possam se conectar para criar serviços de comunicação.
- R. 16** Plataforma de Orquestração: Para gerenciar de forma transparente o ambiente de nuvem controlando e executando todos os requisitos definidos faz-se necessário uma plataforma de orquestração que abstraia toda a complexidade e agregue valor;

Após elencar os requisitos necessários para a implementação de uma nuvem privada foi feita uma avaliação das ferramentas de mercado observando se as mesmas atendiam aos requisitos especificados, conforme mostrado na Tabela 1.2.

Tabela 1.2: Comparativo entre as soluções de mercado para implementação de nuvem privada.

Legenda X = Atende completamente; O = Atende Parcialmente

	VMware	XenServer	Openstack	OpenNebula	CloudStack	Eucalyptus
R1	O					
R2	X	X	X	X	X	X
R3	X	X	X		X	X
R4	X	X	O		O	O
R5	X	X		X	X	X
R6	X					
R7	O	O	O	O	O	O
R8	X					
R9	O					
R10	X					
R11	X					
R12			O	O	O	O
R13	O					
R14	X		O		O	
R15	X		O		O	
R16	O		O			

A partir da Tabela 1.2 observa-se que a solução da VMware atende à maioria dos requisitos completamente. Porém devido ao seu alto custo, conforme mostrado no Apêndice A, e ao fato da priorização por uma solução de código aberto para atender ao decreto 8135, o Openstack e o CloudStack são as soluções que mais se adequam aos requisitos.

Na literatura temos algumas propostas de soluções quem englobem todos os requisitos, dentre elas podemos destacar: WANG et al. (2012) apresentam LUCID, uma plataforma de orquestração para o provisionamento de IaaS em *data centers* nuvem públicas, possuindo o foco nas tecnologias de redes definidas por software (SDN) (NUNES et al., 2014); Outra abordagem acadêmica apresentada por SUGIKI (2013), baseia-se num ambiente de *scripts* para fazer o *deploy* das VMs utilizando SDN. As principais propostas que satisfazem a um ou a mais requisitos individualmente são apresentados na Tabela 3.3 do

1.3 Definição do Problema

Os fatos apresentados na seção anterior servem como base para definir o principal problema de pesquisa deste trabalho:

Pergunta de Pesquisa: *Como implementar uma nuvem privada para provisionamento de data center como serviço no contexto da administração pública brasileira visando conformidade com a legislação, melhor custo benefício e eficiência?*

A fim de abordar a pergunta de pesquisa mencionada anteriormente, as seguintes premissas básicas foram assumidas:

- I - Interface de orquestração independente das plataformas de gerenciamento. O gerenciamento de múltiplos ambientes de computação em nuvem e plataformas de virtualização será transparente para o usuário no momento da definição visual do data center;
- II - Para o provisionamento do data center com serviço será necessário definir como mapear as definições feitas, em alto nível, pelo usuário para ações de baixo nível (implantação do data center virtual na infraestrutura de nuvem);
- III - A orquestração dos diferentes gerenciadores de infraestrutura de nuvem é o maior desafio. Pois nem sempre os fornecedores aceitam customizar suas ferramentas para atender requisitos específicos de negócio dos usuários;
- IV - Requisitos de segurança, tais como confidencialidade e autenticação, devem ser implementados na solução;
- V - A implantação dos data centers virtuais na infraestrutura física devem levar em conta mais de um *site* (local), deixando transparente para o usuário.
- VI - Atendimento aos requisitos levantados anteriormente apresentados na Seção 1.2.

1.4 Visão Geral da Proposta e Objetivos

Com o objetivo de atender à crescente demanda por gerenciamento de infraestruturas de **TIC** baseadas em computação em nuvem, este trabalho propõe uma solução chamada uCloud, composta por uma metodologia (no formato de um modelo de referência) e um conjunto de ferramentas.

A principal estratégia de implementação da solução é a extensão e customização das plataformas de virtualização existentes, suprimindo necessidades específicas não suportadas como:

migração de máquinas virtuais baseadas em heurísticas parametrizáveis; definição da configuração das máquinas virtuais; execução de *scripts* e perfis automáticos de instalação de pacotes; definição de políticas de segurança customizadas; monitoramento pró-ativo; entre outros requisitos não atendidos pelas soluções existentes, conforme apresentado na Tabela 1.2.

Com a proposição da solução, os seguintes objetivos foram definidos:

1. Estabelecer uma metodologia, na forma de um modelo de referência, para conduzir a transição da infraestrutura de data center tradicional para uma infraestrutura virtualizada e, posteriormente, para o ambiente de nuvem;
2. Implementar os requisitos bases de uma ambiente de nuvem, apresentados na Seção 1.2;
3. Atendimento ao decreto 8.135 de 4 de Novembro de 2013 da Presidência da República, no que tange ao uso de software de código aberto;
4. Fornecer uma solução prática (ou seja, com o apoio de ferramentas) para o provisionamento de data center como serviço. Esta solução visa a facilitar a especificação de data centers virtuais através de notações gráficas;
5. Fornecer suporte às soluções consolidadas para gerenciamento de data center e infraestruturas de nuvem, de modo que seja transparente para o usuário final da solução;
6. Minimizar o esforço humano necessário para a implantação, configuração e gerenciamento de data center e infraestruturas de nuvem;
7. Prover independência entre as soluções/plataformas de virtualização e ferramentas de gerenciamento de infraestrutura de nuvem.
8. Prover monitoramento e continuidade dos serviços disponibilizados e da infraestrutura de data center e seus recursos computacionais.

1.5 Contribuições da Proposta

A principal contribuição deste trabalho é a proposição de uma solução integrada para a implantação de ambiente de nuvem privada, através do conceito de data center como serviço (*Data Center as a Service* (DCaaS)), levando em conta as necessidades e requisitos de negócio específicos dos usuários, implementada e disponível como uma metodologia e um conjunto de ferramentas que compreendem recomendações desde a especificação de hardware até a definição visual do data center.

Além dos objetivos elencados como resultado do trabalho apresentado nesta tese, outras contribuições podem ser enumeradas:

1. criação de um modelo de referência para a implementação de ambientes de nuvem na administração pública, respeitando a legislação corrente no tocante às recomendações para o uso de computação em nuvem pelo governo federal;
2. introdução e implementação de um conceito teórico para a computação em nuvem: Data Center como Serviço - *Data Center as a Service* (DCaaS) conceito que visa fornecer infraestrutura física de um data center e recursos de computação (por exemplo, servidores, redes, armazenamento e assim por diante) para clientes na forma de serviço;
3. extensão das soluções/plataformas de virtualização e ferramentas de gerenciamento de infraestrutura de nuvem para implementar requisitos de negócio do usuário quando os mesmos não suportados ou possuem implementação incompleta para a necessidade do usuário;
4. proposição e desenvolvimento de ferramentas (Plataforma uCloud) para validar o modelo de referência proposto através do conceito de DCaaS; e
5. definição, planejamento, operação e análise de um estudo de caso em um ambiente real para validar a proposta.

1.6 Justificativa

A relevância desta proposta pode ser explicada em termos de sua contribuição para a pesquisa acadêmica e para a prática de engenharia de software na indústria.

Primeiro, a metodologia base servirá como guia para definir planos de ação para orientar a adoção de computação em nuvem pela administração pública, conforme a legislação vigente.

Em segundo lugar, as soluções de mercado existentes possuem um custo elevado na grandeza de milhões de reais e crescendo à medida que a infraestrutura precisa escalar, pois o licenciamento, normalmente, é baseado no número de processadores. As propostas acadêmicas, embora avançadas, não abordam a problemática como um todo e não têm uma ponte direta com a indústria, deste modo não sendo aceitas como soluções de mercado. Portanto, este trabalho tem por objetivo contribuir para a investigação sobre este tema através da construção da definição de metodologia, na forma de modelo de referência, orientando e direcionando as escolhas a serem feitas no processo de migração para a nuvem.

Em terceiro lugar, a parceria entre o Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT), por intermédio do Centro Integrado de Telemática do Exército (CITEx) e Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) é uma oportunidade ímpar para fortalecer o laço academia-mercado, aplicando o conhecimento e contribuindo para a soberania da nação.

1.7 Escopo Negativo

É também importante apresentar o que não pode ser considerado um objetivo deste trabalho. Em primeiro lugar, não é um objetivo apresentar uma solução que possa ser usada para todos os casos, tendo em visto que podem existir requisitos específicos de uma organização não tratados neste trabalho.

Em segundo lugar, também não é um objetivo implementar todos os requisitos apresentados a partir do zero, pois a principal abordagem consiste da extensão de tecnologias e soluções existentes, implementando apenas os casos onde nenhuma solução existente atenda.

Em terceiro lugar, a especificação do projeto físico (obra civil), sistemas energéticos e sistemas de refrigeração do data center esta fora de escopo. Serão apresentadas recomendações acerca das plataformas de computação.

Por fim, a solução implementada para orquestração do ambiente nuvem não tem por objetivo tratar toda a problemática da segurança, desde a segurança física de ambiente até a segurança do perímetro virtualizado. O modelo de referência irá apontar as boas práticas seguidas pela indústria, enquanto que a plataforma de orquestração tratará as questões clássicas de autenticidade, autenticação e confiabilidade.

1.8 Estrutura do Documento

O conteúdo desta tese está completamente detalhada ao longo dos demais capítulos, e a sua estrutura é explicado na sequência.

O primeiro capítulo apresentou o contexto e a motivação para este trabalho, uma visão geral da solução proposta. As premissas, objetivos e contribuições deste trabalho também foram apresentadas.

O Capítulo 2 apresenta os conceitos básicos necessários para apoiar uma melhor compreensão deste trabalho, tais como: data center, plataformas de computação, computação em nuvem, virtualização, redes definidas por software, virtualização de funções de rede.

O Capítulo 3 apresenta os conceitos de modelos de referência e plataformas para computação em nuvem, assim como apresenta os trabalhos relacionados ou que têm pontos em comum com esta tese.

O Capítulo 4 define um modelo de referência baseado nos requisitos que motivaram este trabalho, além de apresentar uma metodologia utilizada na concepção do modelo. Também será apresentado a arquitetura do modelo de referência, assim como mostra as etapas da especificação do modelo de referência, definindo requisitos para camada uma das camadas da arquitetura.

No Capítulo 5, será apresentado uma proposta para validação do modelo de referência, baseado na implementação de uma plataforma para o provisionamento de servidor. Acionalmente será apresentado estudos e análises de viabilidade que deram subsídios em algumas decisões

de projeto. Por fim, será apresentada a execução de um experimento real no intuito de validar a plataforma proposta.

Finalmente, o Capítulo 6 apresenta as considerações finais da tese e os próximos passos.

2

Fundamentação Teórica

Quando você olha para o lado negro, cuidadoso você deve ser. Pois o lado negro olha de volta.

—YODA

Antes de apresentar a proposta da tese e suas contribuições, é necessário introduzir alguns conceitos básicos que ajudarão a compreender o que está sendo proposto. Inicialmente, este capítulo apresenta conceitos relacionadas a data center. Em seguida será apresentado o conceito de virtualização, bem como suas características e classificação. Por fim, será feito um detalhamento sobre computação em nuvem, suas propriedades, características essenciais e classificações usuais.

2.1 Infraestrutura de Data Center

Data Centers podem ser considerados um grande sistema composto por vários ativos interconectados que fornece capacidade para processamento de dados de maneira centralizada. A infraestrutura de *data center* inclui componentes de hardware, como computadores, sistemas de armazenamento, sistemas energéticos; e componentes de software, como aplicações, sistemas operacionais e software de gerenciamento. Também inclui sistemas tecnológicos como: controle de acesso físico, combate a incêndios, refrigeração de precisão, geradores de energia e UPS (*no-breaks*).

Grandes organizações, eventualmente, podem manter mais de um *data center* para distribuir a carga do processamento de dados e fornecer backup quando acontecer algum desastre ou falha no *data center* primário.

Podemos destacar 5 cinco elementos essenciais para o funcionamento do *data center*:

- **Aplicações:** Uma aplicação é um programa de computador que fornece a lógica para as operações de computação. As aplicações podem usar um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (**SGBD**), que utiliza os serviços do sistema operacional para executar armazenar/recuperar operações em dispositivos de armazenamento.

- **Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD):** Um SGBD fornece uma forma estruturada para armazenar dados em tabelas logicamente organizados que estão inter-relacionados. Um SGBD otimiza o armazenamento e recuperação de dados. Como exemplo de SGBD podemos citar o Oracle, MySQL, PostgreSQL (PREGER, 2012; DUBOIS, 2013; OBE; HSU, 2014).
- **Host ou Computador:** Plataforma de computação que executa sistemas operacionais, aplicativos e bancos de dados.
- **Sistemas de Armazenamento:** Referem-se a dispositivos que armazenam os dados persistentemente para uso posterior.
- **Rede:** Conjunto de hardware que possibilita a comunicação entre os clientes e os sistemas de computação ou entre os sistemas de computação e armazenamento.

A norma ANSI/TIA/EIA-942 - *Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers* (ADC Krone, 2008) - orienta o projeto e a instalação de *data centers*, contemplando o projeto das instalações, projeto da rede, projeto do cabeamento estruturado, sistema de automação, fornecimento de energia, combate à incêndio, controle de refrigeração, entre outros sistemas críticos. A Figura 2.1 apresenta a topologia básica de Data Center.

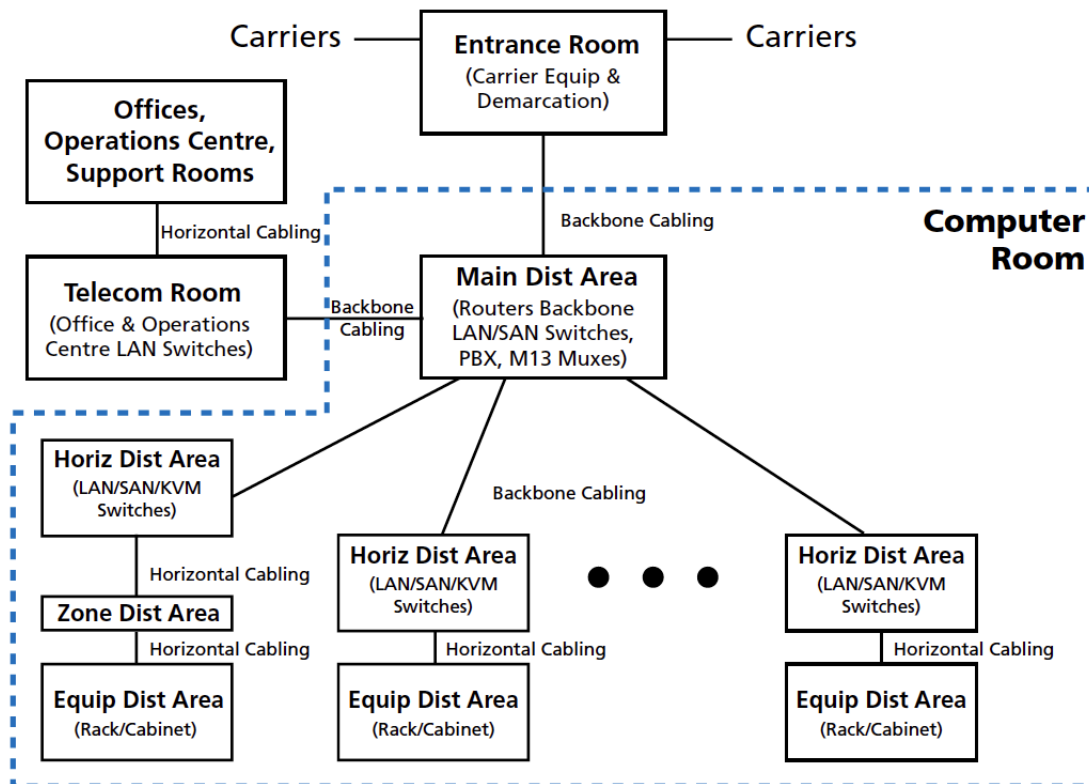


Figura 2.1: Topologia básica para Data Center segundo norma TIA-942

Fonte: (ADC Krone, 2008)

Os principais componentes e suas funcionalidades são:

- **ER** (*Entrance Room*): É o espaço de interconexão entre o cabeamento estruturado do data center e o cabeamento proveniente dos provedores de conectividade. A norma recomenda que sua localização seja fora da sala de computadores (*Computer Room*);
- **MDA** (*Main Distribution Area*): É o ponto principal de distribuição de cabeamento estruturado do data center onde estão localizadas as principais instalações de conexão (core) roteadores, switches ethernet, switches SAN, PABX. A norma especifica a existência de pelo menos uma **MDA** e que sejam instalados racks separados para acomodar os diferentes tipos de cabeamento: fibra, **UTP** (*Unshielded Twisted Pair*), coaxial;
- **EDA** (*Event-Driven Architecture*): Área destinada à instalação de racks, equipamentos terminais (servidores, *firewall*, *storages*, *appliances*) e equipamentos de comunicação de dados ou voz. A norma especifica que os racks sejam instalados num padrão alternado para criar corredores “quentes” e corredores “frios”, tal configuração aumenta a eficiência de dissipação de calor dos equipamentos;
- **HDA** (*Horizontal Distribution Area*): É uma área utilizada para conexão dos equipamentos da **EDA** à **MDA** por meio de equipamentos intermediários e cabeamento horizontal. Assim como o **MDA**, a norma estabelece que sejam instalados racks separados para cabeamento de fibra, **UTP**, cabo coaxial. Também é recomendado o uso de switches e *patch panels* para minimizar o tamanho dos *patch cords* e facilitar o gerenciamento de cabos. O **HDA** está limitado a conexões 2000, sendo que a quantidade de **MDA** depende da quantidade de cabos e do tamanho total do data center;
- **ZDA** (*Zone Distribution Area*): É um ponto de interconexão opcional do cabeamento horizontal entre o **EDA** e o **HDA** permitindo uma configuração rápida e frequente, geralmente posicionada sob o piso. O **ZDA** possibilita uma flexibilidade na reconfiguração do cabeamento.

2.1.1 Padrões de Tráfego

Um dos desafios em um data center, principalmente num ambiente de nuvem, é o grande volume de tráfego de rede. O tráfego entre os servidores do data center, é chamado tráfego “leste-oeste” e da rede externa ao data center para os servidores é o tráfego “norte-sul”.

Em um ambiente virtualizado é muito comum um mesmo servidor possuir várias máquinas virtuais executando. Quando é necessário a comunicação entre estas máquinas virtuais, essa comunicação sai para o *switch* físico, chega no *switch* core e, às vezes, passa por *firewall* fazendo todo o caminho de volta até chegar dentro da mesma para ser direcionado para a máquina virtual destino.

Quando essa comunicação é entre máquinas virtuais hospedadas em servidores diferentes o processo é idêntico, mesmo num ambiente de blades¹ onde o chassi possui um barramento central ligado a todos os servidores. A Figura 2.2 mostra o fluxo dos tráfegos norte-sul e leste-oeste.

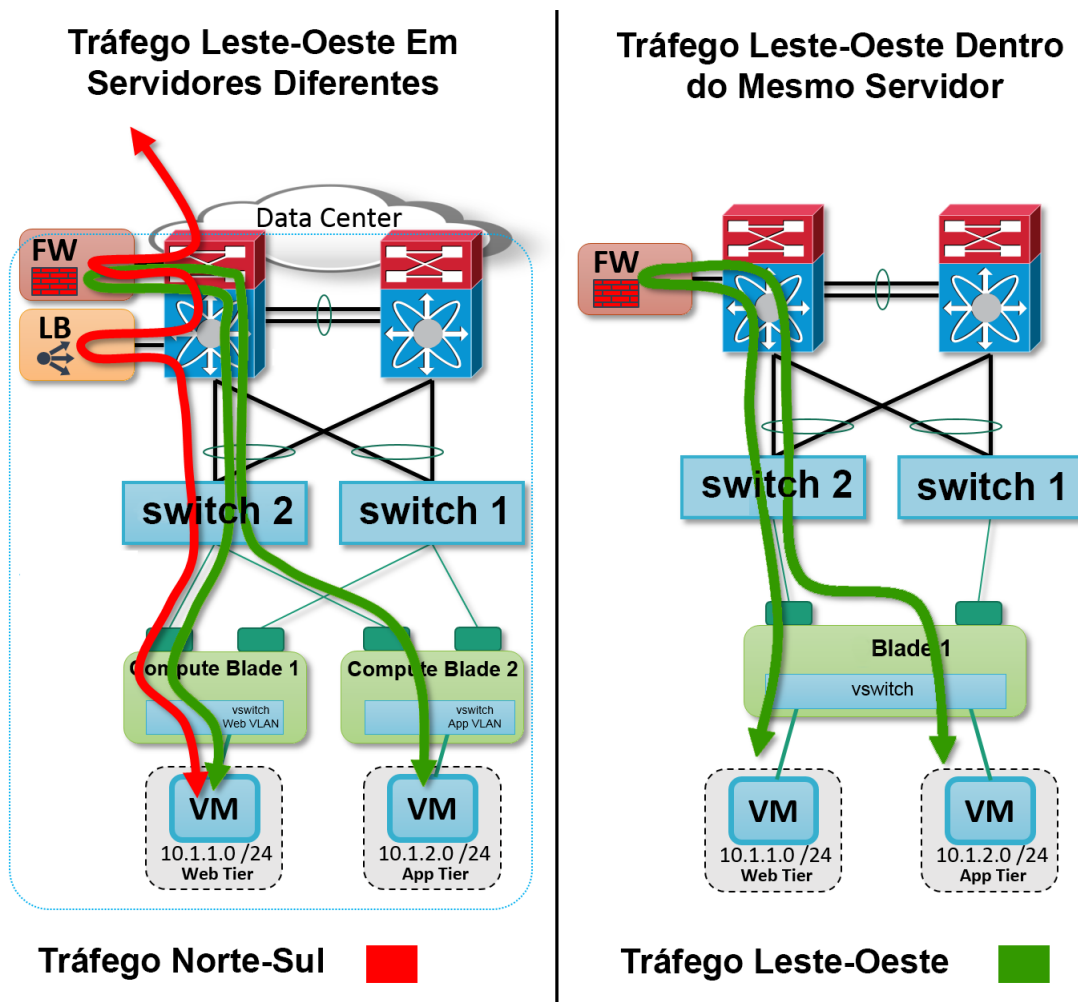


Figura 2.2: Padrões de Tráfego
Adaptado de: <https://goo.gl/fUWBru>

A maioria das redes dos data centers foram projetados para o tráfego norte-sul. Isto é devido, principalmente, ao fato de que a maioria do tráfego do data center, até recentemente, tem sido de clientes provenientes da Internet, ou de uma rede externa, comunicando-se diretamente com os servidores no data center. Hoje em dia, tem-se muito mais tráfego do data center fluindo na direção leste-oeste devido, principalmente, à virtualização de servidores. Um grande fluxo deste tipo de tráfego aumenta a latência da rede, podendo causar variações altas dependendo da topologia da rede.

Os atuais ambientes de virtualização utilizam tecnologias de rede convergente, onde o tráfego *ethernet* e *FC* (*Fibre Channel*), da rede de armazenamento, trafegam pelo mesmo cabeamento e *switches*. As placas que permitem essa convergência fornecem suporte ao protocolo

¹ Mais detalhes sobre o sistema blade na Seção 2.2.3

FCoE (*Fibre Channel over Ethernet*) e são chamadas de **CNA** (*Converged Network Adapter*), funcionando ao mesmo tempo como uma **HBA** (*Host Bus Adapter*) **FC** e como uma placa de rede *ethernet*. A vantagem de utilizar uma arquitetura de rede convergente é a diminuição do cabeamento e dos *switches*. A Figura 2.3 mostra os tráfegos comumente encontrados em um ambiente de virtualização.

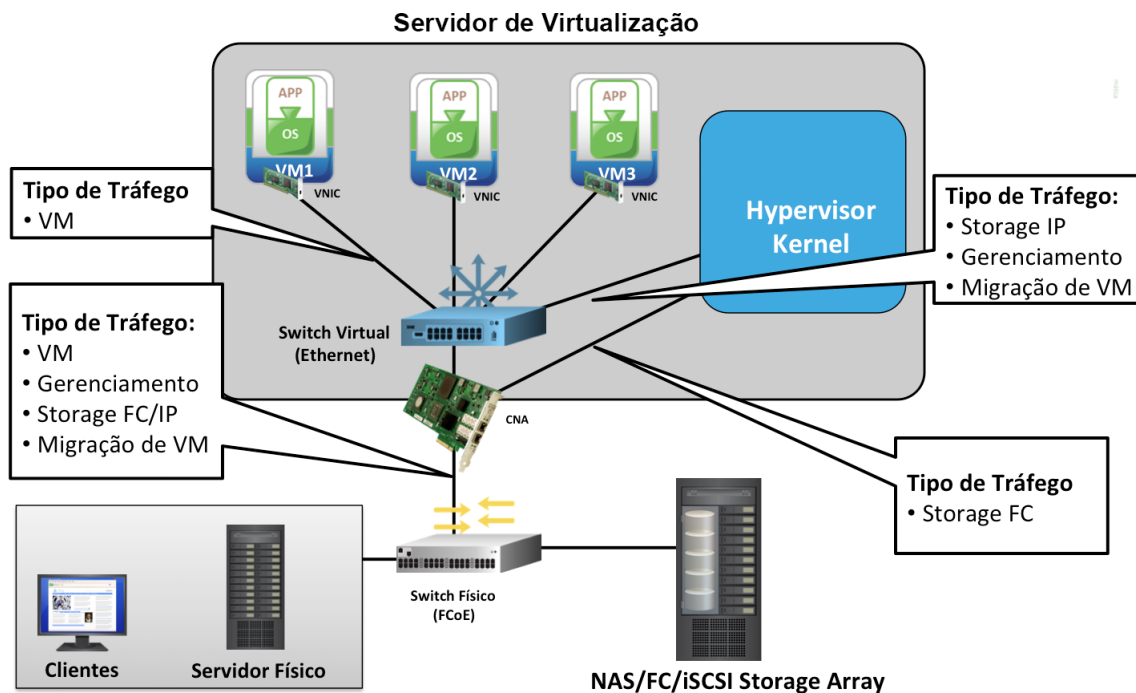


Figura 2.3: Tipos de Tráfego de um Ambiente Virtualizado
Adaptado de: (EMC, 2011)

Os tipos de tráfego são classificados de acordo com a natureza da comunicação do protocolo utilizado:

- **Gerenciamento:** Relacionado à toda comunicação destinada ao gerenciamento do *hypervisor*;
- **Migração:** Corresponde ao tráfego gerado pelo *hypervisor* durante a migração de máquinas virtuais de um servidor para outro;
- **Storage:** Tráfego proveniente do sistema de armazenamento (*Storage Array*) para o *hypervisor* ou para as máquinas virtuais. É categorizado baseado no protocolo utilizado pelo sistema de armazenamento, tráfego **FC** (*Fibre Channel*), **FCoE** (*Fibre Channel over Ethernet*), **NFS** (*Network File System*).
- **VM:** Está relacionado à comunicação leste-oeste entre as máquinas virtuais executando nos diversos servidores físicos do ambiente virtualizando, esse tráfego também pode ser do tipo norte-sul quando o tráfego for entre as VM's e algum servidor/cliente externo à rede local.

2.1.2 Topologias de Rede

As redes dos data center possuem, na sua grande maioria, uma topologia hierárquica em três camadas. Essa topologia foi proposta inicialmente pela Cisco (RAZA; TURNER, 2000) focando em três áreas funcionais, ou camadas, de sua rede:

- Camada de Core: Esta camada é considerada a espinha dorsal da rede e inclui *switches high-end* ligados através de cabeamento de altíssima velocidade.
- Camada de Agregação: Também conhecida como camada de distribuição, tem por função assegurar que os pacotes sejam devidamente encaminhadas entre as sub-redes e VLANs (Virtual Local Area Networks), através de *switches* camada 3. Responsável pela ligação com a camada core para encaminhamento de tráfego norte-sul;
- Camada de Acesso: Possui *switches* para conectar os servidores e demais equipamentos da rede local.

As ligações entre os *switches* de acesso e da camada agregação são definidas por algumas topologias, as mais comuns são: **ToR** (Top-of-Rack), ou “topo de rack” e **EoR** (End-of-Row), ou “fim de linha” ou “fim de fila”.

Na topologia topo de rack os servidores de cada rack são ligados via cabo **UTP** a um ou mais *switches* no próprio rack, que pode estar em qualquer posição e não necessariamente no topo. São *switches* de baixo perfil (1U-2U). A Figura 2.4 apresenta a topologia **ToR**.

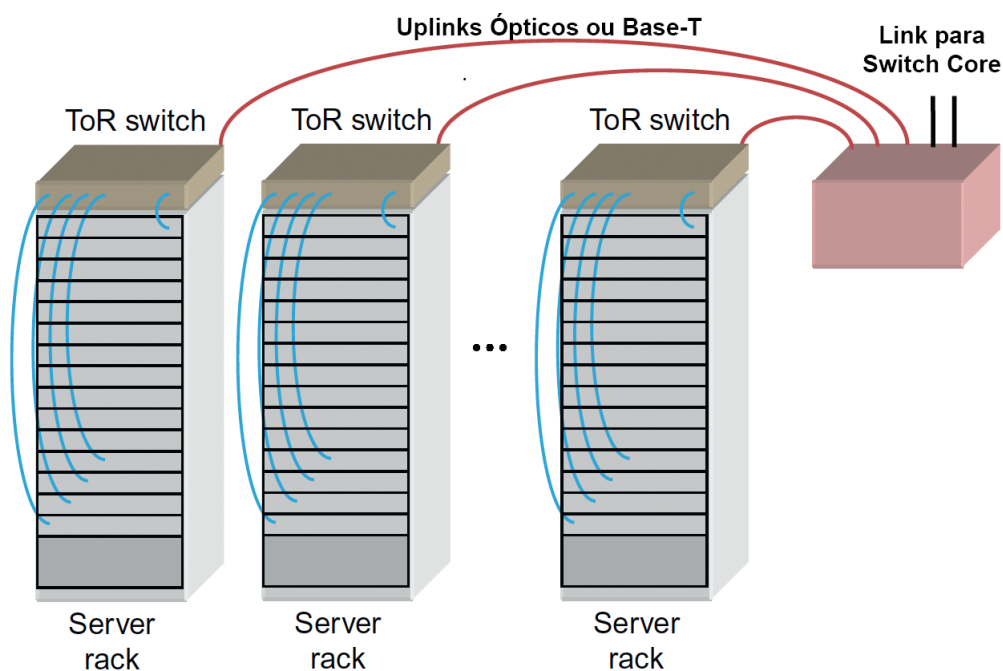


Figura 2.4: Topologia Topo de Rack

A grande vantagem da topologia **ToR** é que o cabeamento dos servidores até o *switch* permanece dentro do *rack* com *patch cables*² relativamente curtos. Uma desvantagem é a demanda por portas, pois devido à questões de alta disponibilidade faz-se que o servidor tenha duas ou mais placas de rede que necessitam estarem ligadas no mesmo *switch* utilizando agregação de links, padrão **IEEE** (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) 802.1AX³ e IEEE 802.1aq⁴). A quantidade de *switches* aumenta o consumo de energia, refrigeração e a complexidade de gerenciamento.

Os *racks* dentro de um data center são tipicamente alinhados lado a lado em fileiras. Cada fila pode conter 12 ou mais *racks* de servidores, dependendo do tamanho do data center. Na topologia “fim de linha” existe um rack de *switches* para prover conectividade para cada fila de servidores. A partir dos *racks* de conectividade **EoR** tem-se links diretamente para os *switches* core. A Figura 2.5 apresenta esta topologia. O rack “fim de linha” pode não estar necessariamente localizado no final de cada fila real. Dependendo da quantidade de *racks* por fila ou servidores, um *rack* de conectividade pode atender mais de uma fila. A Figura 2.5 apresenta a topologia.

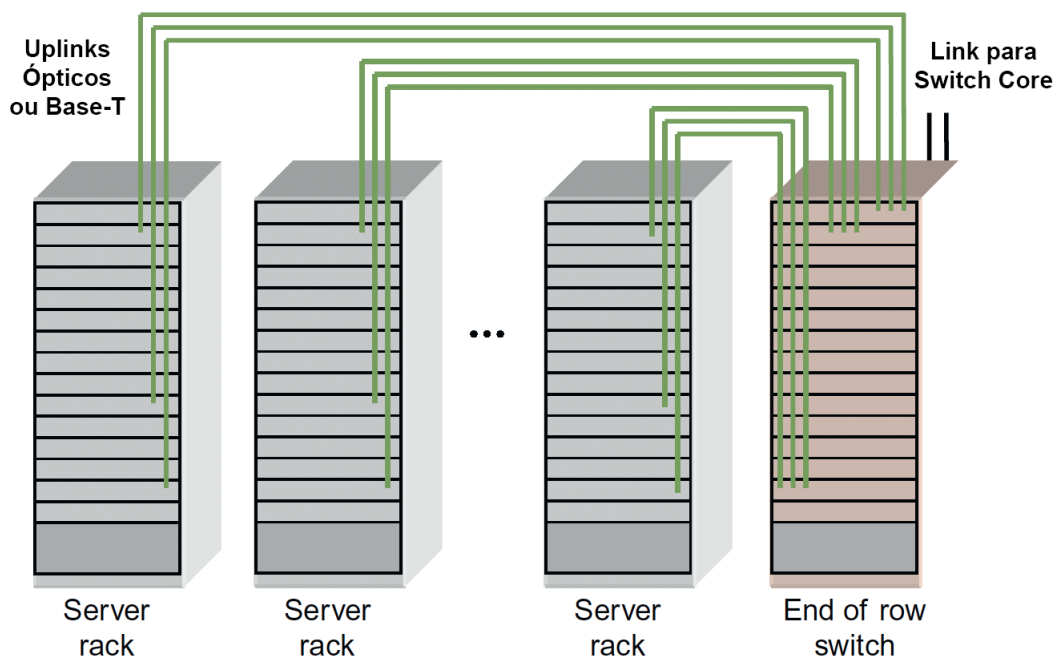


Figura 2.5: Topologia Fim de Fila

2.1.3 Classificações *Tiers*

De acordo com a norma ANSI/TIA/EIA-942 (**ADC Krone, 2008**) os *data centers* podem ser classificados em níveis (*tiers*) conforme com o nível redundância.

²Cabos utilizados para interconectar diferentes dispositivos, como por exemplo, um servidor à *switch*.

³<http://goo.gl/1We3Ya>

⁴<http://goo.gl/5jMcQf>

Para cada um dos quatro níveis estabelecidos, a norma fornece detalhes sobre os sistemas arquitetura, segurança, elétrica, mecânico e telecomunicações. Quanto maior o nível, mais elevada será a disponibilidade. “Necessidade”, ou “N”, indica o nível de componentes redundantes para cada camada. A Tabela 2.1 mostra um resumo da classificação *tier* para *data centers*.

Tabela 2.1: Resumo da Classificação Tier

TIER I	- Apenas uma rota para os sistemas de energia e refrigeração - Sem componentes redundantes (N) - Sem piso elevado - Necessidade de parada para manutenção ou falha em algum subsistema - 28,8 horas de downtime anual
TIER II	- Apenas uma rota para os sistemas de energia e refrigeração - Componentes redundantes (N+1) - Piso elevado - Necessidade de parada para manutenção ou falha em algum subsistema - 22 horas de downtime anual
TIER III	- Várias rotas para os sistemas de energia e refrigeração (apenas 1 ativa) - Componentes redundantes (N+1) - Deve ser atendida por duas empresas de telecomunicações por caminhos diferentes - 1,6 horas de downtime anual
TIER IV	- Sistemas de energia e refrigeração distribuídos - Componentes redundantes (2 (N+1)) - Equipamentos com fontes redundantes alimentadas por subestações diferentes - Dever ser atendida por duas concessionária de energia por caminhos diferentes - 0,4 horas de downtime anual

O padrão de quatro níveis foi definido pelo *Uptime Institute*⁵, uma organização de pesquisa e consultoria com sede nos Estados Unidos. Os níveis descrevem a disponibilidade dos dados e serviços do *data center*.

A certificação tem três categorias:

- *Design Documents*: Certificado o projeto do *data center*;
- *Constructed Facility*: Certifica se o *data center* foi construído conforme o projeto cumprindo todas os requisitos das normas e recomendações;
- *Operational Sustainability*: Certifica a operação do *data center*.

Na Brasil apenas os dois *data centers*, pertencentes ao Banco Santander S/A, possuem certificação TIER IV *Design Documents*⁶ e *Constructed Facility*⁷ pelo *Uptime Institute*.

⁵<http://www.uptimeinstitute.org/>

⁶<https://goo.gl/dR5xeN>, Acesso em Agosto de 2015

⁷<https://goo.gl/r5C73q>, Acesso em Agosto de 2015

2.2 Plataformas Computacionais

Um sistema computacional é uma plataforma de computação (hardware, firmware e software) que executa um sistema operacional e aplicativos. Exemplos de sistemas de computação físicas incluem *desktops*, *laptops*, servidores, dispositivos móveis, e assim por diante. Um sistema computacional consiste de processador(es), memória, dispositivos de entrada/saída (E/S), e uma coleção de software para executar operações diversas. O software inclui o sistema operacional (SO), sistema de arquivos, gerenciador de volume lógico, *drivers* de dispositivos, e assim por diante. O sistema operacional gerencia os componentes físicos e aplicação, e fornece uma interface amigável para operação do sistema de computação.

Os sistemas de computação utilizados na construção de data centers e infraestrutura virtualizada são normalmente classificados em quatro categorias:

- Sistema de computação em torre
- Sistema de computação montado em rack
- Sistema de computação em lâmina
- Sistema de computação de grande porte

2.2.1 Sistema de Computação em Torre

Um sistema em torre, também conhecido como servidor de torre, é um sistema de computação construído em um invólucro vertical chamado “torre”, que é semelhante a um armário de mesa. Servidores torre tem uma construção robusta, fonte de alimentação e refrigeração (ventiladores) integrados. A Figura 2.6 mostra o gabinete de um servidor padrão torre.

Normalmente têm monitores, teclados e mouses individuais. Servidores torre podem ocupar um espaço significativo e exigem cabeamento complexo quando implantado em um data center. Devido ao seu volume, um grupo de servidores torre gera ruído considerável das suas unidades de ventilação. Servidores torre são tipicamente usados em ambientes menores. A implantação de um grande número de servidores torre em grandes ambientes pode envolver despesas consideráveis.

2.2.2 Sistema de Computação Montado em Rack

Um sistema computacional montado rack, também conhecido como servidor *rack*, é um sistema computacional concebido para ser fixado numa armação de um chamado rack, ou bastidor. Um rack é um gabinete com medidas padronizadas contendo vários *slots* de montagem chamados “baías”. Um único *rack* contém vários servidores empilhados verticalmente em baías, simplificando assim o cabeamento de rede, consolidando equipamentos de rede, e reduzindo o uso de espaço. Cada servidor rack tem a sua própria fonte de alimentação e refrigeração



Figura 2.6: Servidor Torre

Fonte: www.supermicro.com

(ventiladores). A Figura 2.7 mostra dois servidores de 1U, um de 2U e um terminal de console montados num *rack*.

A unidade de medida padronizadas dos *racks* é dada em “U”, ou **RU** (*rack unit*), e representa altura de um servidor a ser montado no *rack*. Uma unidade de **RU** possui 1.75 polegadas (4.445 centímetros) de altura. Um servidor *rack* tipicamente possui 19 polegadas (48.26 centímetros) de largura e 1.75 polegadas de altura, representando um servidor *rack* de 1U. Servidores *rack* de diferentes fabricantes respeitam as medidas de largura e altura, disponibilizando servidores de 2U, 4U, etc. Alguns tamanhos comuns de gabinetes de *rack* são 27U, 37U, 42U, 48U.

Os gabinetes, normalmente, possuem um “console” com monitor, teclado e mouse montado no próprio *rack* para permitir o gerenciamento dos servidores no *rack*. Um *switch KVM* (*keyboard, video and mouse*) de teclado, vídeo e mouse conecta os servidores no *rack* ao console, permitindo alternar entre servidores. Um *switch KVM* elimina a necessidade de teclado, monitor e mouse dedicados para cada servidor, economizando espaço e reduzindo a quantidade de cabos.

Os servidores *rack*, devido à sua construção e ao empilhamento, geram muito calor e necessitam de mais arrefecimento, o que aumenta os custos de energia.



Figura 2.7: Servidor Montado em Rack

Fonte: www.dell.com

2.2.3 Sistema de Computação em Lâminas

Um sistema de lâminas de computação, também conhecido como um servidor blade, é uma placa de circuito eletrônico que contém apenas componentes de processamento centrais, como processador(es), memória, controladoras de rede integrados, unidade de armazenamento, e portas de **E/S** essenciais. Cada lâmina é um servidor independente e está tipicamente dedicado a uma única aplicação. Um servidor blade está alojado em um compartimento (baia) dentro de um gabinete dedicado (ou chassis). Um chassis possui vários slots fornecendo fonte de alimentação, refrigeração, rede e gerenciamento integrados. O chassis permite a interligação das lâminas através de um barramento interno de alta velocidade, também fornece conectividade para sistemas de armazenamento externo. A Figura 2.8 mostra um chassis de blade no tamanho de 10U com 16 lâminas.

Devido ao seu design modular, os servidores blade são menores e minimizam os requisitos de espaço físico, de modo a aumentar a densidade (número de servidores por U's do rack) do sistema computacional e escalabilidade, proporcionando uma melhor eficiência energética em comparação com servidores torre e rack.

Um sistema de computação em lâminas (chassis e servidores) possui uma arquitetura



Figura 2.8: Chassi de Blade HP c700

Fonte: www.hp.com

proprietária, de modo que um servidor blade só pode ser plugado em um chassi do mesmo fornecedor.

Além da independência das lâminas e a comunicação entre lâminas do mesmo chassi ocorrer internamente, dependendo dos módulos de interconexão, possui sistemas de alimentação e refrigeração redundantes.

2.2.4 Sistema de Computação de Grande Porte

Sistemas computação de grande porte tem como principal representante os mainframes, resultantes de uma plataforma de hardware e software que possui um alto índice de disponibilidade, escalabilidade, segurança e eficiência energética. Mainframes foram os primeiros sistemas de computação eletrônica usados amplamente por empresas, mas devido ao custo elevado e operação, a sua adoção por pequenas e médias empresas não é tão massiva quanto aos sistemas torre, rack e blade.

Os mainframes são utilizados para executar aplicações de missão crítica ou quando é necessário um grande poder de processamento e acesso a dados, pois sua arquitetura baseada em **CISC** (*complex instruction set computing*) possui processadores especializados dedicados a diversas funções:

- **CP** (*Central Processor*): processador de propósito geral;
- **IFL** (*Integrated Facility for Linux*): processador dedicado para execução de **SO** Linux (via sistema operacional z/VM)
- **SAP** (*System Assist Processor*): responsável pelo subsistemas de **E/S**;

- **zAAP** (*System z Application Assist Processor*): limitado ao processamento de código JAVA e XML;
- **zIIP** (*System z Integrated Information Processor*): dedicado à execução de cargas específicas de banco de dados.

Os mainframes possuem a capacidade de serem particionados em vários sistemas menores, chamados de partições lógicas ou **LPAR** (*Logical Partition*), onde cada **LPAR** é um subconjunto do hardware (processadores, memória e dispositivos de **E/S**) e opera como um sistema independente, podendo executar qualquer sistema operacional de mainframe (z/OS, Linux for SystemZ, z/VM). Mainframes IBM modernos, arquitetura System Z, podem ter mais de 50 **LPARs**.

Numa estratégia de marketing, a IBM, principal fabricante de mainframe do mundo, mudou a nomenclatura para System Enterprise Z, ou apenas System Z, numa tentativa de desassociação com o passado. A Figura 2.9 mostra um mainframe da nova geração.



Figura 2.9: Mainframe IBM Série System zEC12

Fonte: <http://goo.gl/zjNz1r>

A grande aposta da IBM para a volta dos mainframes ao mercado foi a introdução dos processadores **IFL**, que permitem a execução de sistemas operacionais Linux para a arquitetura

Z através da virtualização via z/VM (PARZIALE et al., 2008). Cada IFL pode hospedar vários servidores virtuais. Dependendo do tipo de carga, uma IFL pode consolidar até 20 cores da arquitetura x86 Intel.

2.3 Virtualização

Virtualização é uma técnica que permite a execução simultânea de dois ou mais ambientes (sistemas operacionais) distintos e isolados em uma mesma máquina. Esse conceito de virtualização relembra os antigos mainframes, que deviam ser compartilhados por vários usuários em ambientes de aplicação completamente diferentes. Essa realidade da década de 1970 foi em grande parte superada nos anos de 1980 e 1990, com o surgimento dos computadores pessoais. No entanto, atualmente há uma onda crescente de interesse sobre as técnicas de virtualização.

Nos dias de hoje, o interesse na virtualização não se atém somente ao fato de permitir o uso de um mesmo sistema por vários usuários concomitantemente, mas os principais interesses são as vantagens oferecidas por esse tipo de ambiente, são elas: segurança, confiabilidade e disponibilidade, custo, adaptabilidade, balanceamento de carga e suporte a aplicações legadas.

2.3.1 Definições e Conceitos

Os primeiros conceitos que devemos ter em relação à virtualização são os conceitos de instruções privilegiadas e não privilegiadas. Essas instruções fazem parte do conjunto de instruções de uma arquitetura. As instruções não-privilegiadas são aquelas que não modificam a alocação ou o estado de recursos compartilhados por vários processos simultâneos, tais como processadores, memória principal e registradores especiais. Em contrapartida, temos as instruções privilegiadas, que podem alterar o estado e a alocação desses recursos.

Um computador pode operar em dois modos distintos, o modo de usuário ou o de supervisor. O modo de usuário, também chamado de espaço de aplicação, é o modo no qual as aplicações normalmente são executadas. Neste modo, não é possível executar as instruções privilegiadas, que são restritas ao modo de supervisor.

O modo de supervisor tem o controle total sobre a CPU, podendo executar todas as instruções do conjunto de instruções do processador, tanto as não-privilegiadas como as privilegiadas. O sistema operacional é executado neste modo. Antes do sistema operacional passar o controle da CPU para uma aplicação do usuário, o bit de controle de modo é configurado para o modo de usuário.

Vale lembrar que na arquitetura x86, existem quatro níveis de privilégio, que são chamados de *rings*. Os *rings* são numerados de 0 a 3, nos quais o nível 0 é o que tem maior privilégio na execução de instruções, por isso, os sistemas operacionais são executados com esse nível de privilégio.

Já em um ambiente virtualizado, temos que definir mais dois conceitos, os de sistema

operacional hospedeiro e o de sistema operacional visitante. O sistema operacional hospedeiro (*Host Operating System*), refere-se ao SO nativo da máquina na qual ocorrerá a virtualização. Já o sistema operacional visitante (*Guest Operating System*), refere-se ao sistema operacional que é executado sobre a máquina virtual. Uma máquina na qual é feita a virtualização pode-se contar com apenas um SO hospedeiro sendo executado por vez. No entanto, podem ser executados diversos SOs visitantes simultaneamente.

O próximo conceito a ser discutido é de vital importância para o entendimento da virtualização. O conceito em questão é o do *Virtual Machine Monitor (VMM)*, ou seja, Monitor de Máquina Virtual, também conhecido por *Hypervisor*. O *hypervisor* provê uma camada de abstração entre o hardware e o sistema operacional que está executando conforme é apresentado na Figura 2.10.

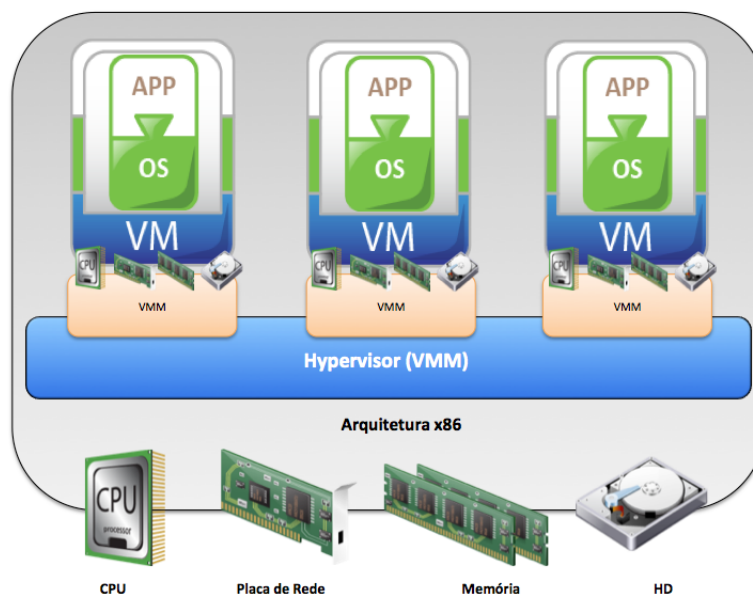


Figura 2.10: Relacionamento das Máquinas Virtuais e o VMM
Adaptação de: (EMC, 2011)

O Virtual Machine Monitor é um componente de software que hospeda as máquinas virtuais (ROSE, 2004). O VMM é responsável pela virtualização e controle dos recursos compartilhados entre as máquinas virtuais, tais como, processadores, dispositivos de entrada e saída, memória, armazenamento, etc. Também é função do VMM escalonar qual máquina virtual vai executar a cada momento, semelhante ao escalonador de processos do Sistema Operacional (MENASCE, 2005).

O VMM é executado no modo de supervisor, no entanto as máquinas virtuais são executadas em modo de usuário. Como as máquinas virtuais são executadas em modo de usuário, quando estas tentam executar uma instrução privilegiada, é gerada uma interrupção e o VMM se encarrega de emular a execução desta instrução.

2.3.2 Vantagens e Desvantagens

Existem diversas vantagens na virtualização, segundo ROSE (2004), a seguir serão citadas as principais:

- **Segurança:** Usando máquinas virtuais, pode ser definido qual é o melhor ambiente para executar cada serviço, com diferentes requerimentos de segurança, ferramentas diferentes e o sistema operacional mais adequado para cada serviço. Além disso, cada máquina virtual é isolada das demais. Usando uma máquina virtual para cada serviço, a vulnerabilidade de um serviço não prejudica os demais;
- **Confiança e disponibilidade:** A falha de um software não prejudica os demais serviços;
- **Custo:** A redução de custos é possível de ser alcançada com a consolidação de pequenos servidores em outros mais poderosos. Essa redução pode variar de 29 a 64 (ROSE, 2004);
- **Adaptação às diferentes cargas de trabalho:** Variações na carga de trabalho podem ser tratadas facilmente. Ferramentas autônomas podem realocar recursos de uma máquina virtual para a outra;
- **Balanceamento de carga:** Toda a máquina virtual está encapsulada no VMM. Sendo assim é fácil trocar a máquina virtual de plataforma, a fim de aumentar o seu desempenho; .
- **Suporte a aplicações legadas:** Quando uma empresa decide migrar para um novo Sistema Operacional, é possível manter o sistema operacional antigo sendo executado em uma máquina virtual, o que reduz os custos com a migração. Vale ainda lembrar que a virtualização pode ser útil para aplicações que são executadas em hardware legado, que está sujeito a falhas e tem altos custos de manutenção. Com a virtualização desse hardware, é possível executar essas aplicações em hardware mais novos, com custo de manutenção mais baixo e maior confiabilidade.

Por outro lado, existem as desvantagens da virtualização, sendo as principais:

- **Segurança:** Segundo Neil MacDonald, especialista de segurança da Gartner, as máquinas virtuais são menos seguras que as máquinas físicas devido ao VMM (MACDONALD, 2011). Este ponto é interessante, pois se o sistema operacional hospedeiro tiver alguma vulnerabilidade, todas as máquinas virtuais que estão hospedadas nessa máquina física estão vulneráveis, já que o VMM é uma camada de software, portanto, como qualquer software, está sujeito a vulnerabilidades;

- Gerenciamento: Os ambientes virtuais necessitam ser instanciados, monitorados, configurados e salvos (CARISSIMI, 2008). Existem produtos que fornecem essas soluções, mas esse é o campo no qual estão os maiores investimentos na área de virtualização, justamente por se tratar de um dos maiores contra-tempos na implementação da virtualização. Vale lembrar que o VMWare é a plataforma mais flexível e fácil de usar, mas ainda apresenta falhas que comprometem a segurança, assim como as demais plataformas (CARISSIMI, 2008);
- Desempenho: Atualmente, não existem métodos consolidados para medir o desempenho de ambientes virtualizados. No entanto, a introdução de uma camada extra de software entre o sistema operacional e o hardware, o VMM ou *hypervisor*, gera um custo de processamento superior ao que se teria sem a virtualização. Outro ponto importante de ressaltar é que não se sabe exatamente quantas máquinas virtuais podem ser executadas por processador, sem que haja o prejuízo da qualidade de serviço.

2.3.3 Técnicas de Virtualização

Existem três técnicas para lidar com instruções privilegiadas virtualizando CPU na arquitetura x86. A Figura 2.11 mostra uma comparação entre as técnicas.

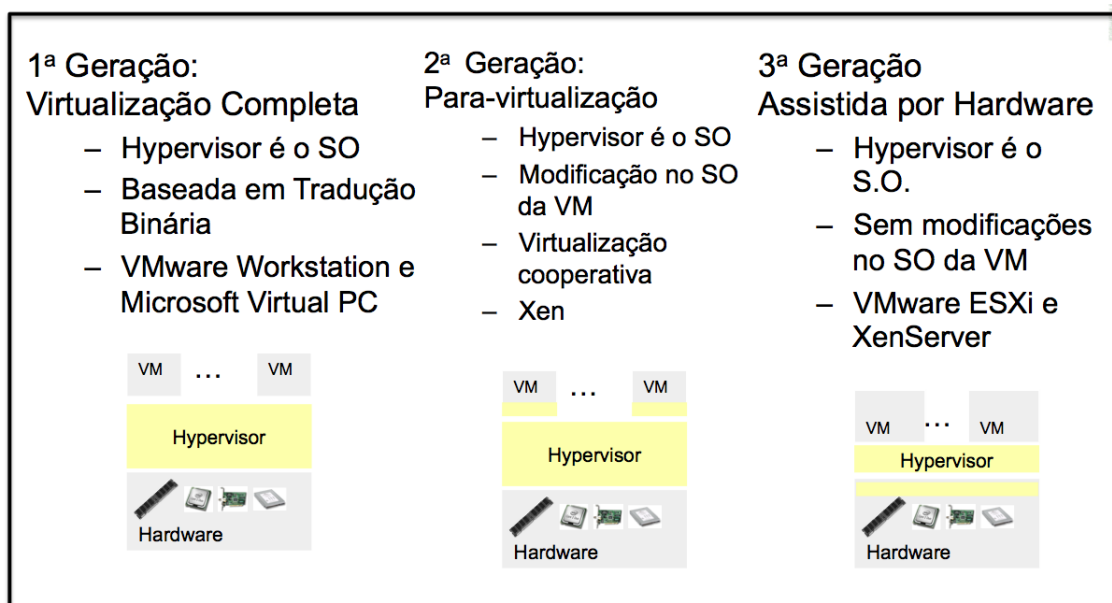


Figura 2.11: Comparação das Técnicas de Virtualização

A virtualização completa tem por objetivo fornecer ao sistema operacional visitante uma réplica do hardware subjacente. Dessa forma, o sistema operacional visitante é executado sem modificações sobre o monitor de máquina virtual (VMM), o que traz alguns inconvenientes. O primeiro é que o número de dispositivos a serem suportados pelo VMM é extremamente elevado.

Para resolver esse contratempo, as implementações da virtualização total usam dispositivos genéricos, que funcionam bem para a maioria dos dispositivos disponíveis, mas não garantem o uso da totalidade de sua capacidade. Outro inconveniente da virtualização total é o fato do sistema operacional visitante não ter conhecimento de que está sendo executado sobre o VMM, então as instruções executadas pelo sistema operacional visitante devem ser testadas pelo VMM para que depois sejam executadas diretamente no hardware, ou executadas pelo VMM e simulada a execução para o sistema visitante. Por fim, o último inconveniente da virtualização total é o fato de ter que contornar alguns problemas gerados pela implementação dos sistemas operacionais, já que esses foram implementados para serem executados como instância única nas máquinas física, não disputando recursos com outros sistemas operacionais. Um exemplo desse último inconveniente é o uso de paginação na memória virtual, pois há disputa de recursos entre diversas instâncias de sistemas operacionais, o que acarreta em uma queda do desempenho (CARISSIMI, 2008).

A para-virtualização é uma alternativa à virtualização total. Nesse modelo de virtualização, o sistema operacional é modificado para chamar o VMM sempre que executar uma instrução que possa alterar o estado do sistema, uma instrução sensível. Isso acaba com a necessidade de o VMM testar instrução por instrução, o que representa um ganho significativo de desempenho. Outro ponto positivo da para-virtualização é que os dispositivos de hardware são acessados por *drivers* da própria máquina virtual, não necessitando mais do uso de *drivers* genéricos que inibiam o uso da capacidade total do dispositivo.

Embora a para-virtualização apresentasse um ganho de desempenho significativo frente à virtualização total, essa disparidade tem sido superada devido à presença de instruções de virtualização nos processadores Intel e AMD, que favorecem a virtualização total. Embora tenham sido desenvolvidas para o mesmo propósito, foram criadas de maneira independente. Por esse motivo, há alguns problemas na portabilidade de máquinas virtuais de uma arquitetura Intel para a arquitetura AMD e vice-versa.

A virtualização assistida por hardware é conseguida através da utilização de CPU “hypervisor-aware” para lidar com instruções privilegiadas, onde o suporte à virtualização é implementado dentro do processador. A principal vantagem é a redução da sobrecarga de virtualização no *hypervisor* na virtualização completa e na para-virtualização. É implementada pela tecnologias AMD-V e Intel VT nas arquiteturas de processadores x86.

A virtualização tem estado presente nos *datacenters* por vários anos como uma tecnologia bem sucedida para consolidação de servidores. A virtualização fornece a base para a construção de um ambiente de nuvem, pois a aumenta a agilidade e flexibilidade.

2.4 Computação em Nuvem

Uma definição bem aceita de computação em nuvem, ou do inglês *cloud computing*, estabelecida pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology*) assume que “Computação

em nuvem é um modelo que permite o acesso ubíquo, conveniente e sob demanda de recursos computacionais compartilhados e configuráveis, tais como, redes, servidores, armazenamento, aplicações e serviços, que podem ser rapidamente provisionados e entregues ao usuário com um esforço mínimo de gerenciamento ou de interação com o provedor de serviços” (MELL; GRANCE, 2011).

Computação em nuvem é um modo de usar recursos computacionais apenas quando necessário pelo tempo que for necessário. Como a Internet é a base para a computação em nuvem, pois todos os serviços e recursos devem estar disponíveis a qualquer momento e em qualquer dispositivo, porém a decisão de colocar dados sensíveis na Internet pode criar um novo problema relacionado à privacidade e à segurança dos dados. Uma possibilidade para amenizar estes problemas é montar uma infraestrutura privada, onde apenas um grupo restrito de usuários terá acesso aos recursos desta nuvem.

2.4.1 Propriedades

Ainda segundo o NIST, Computação em Nuvem é composta por algumas características essenciais (MELL; GRANCE, 2011), dentre as quais destacam-se:

- Auto-atendimento sob demanda (*on-demand self-service*): o usuário pode acessar os recursos da cloud e requisitar, de acordo com a sua demanda, a quantidade de recursos que será disponibilizada. O custo financeiro desta requisição do usuário poderá ser diretamente proporcional à quantidade de recursos requisitados. Se o usuário não puder dizer o que precisa, o ambiente perderá força para ser considerado como uma cloud;
- Amplo acesso à rede (*broad network access*): por ser utilizada por uma grande quantidade de usuários e por depender de infraestrutura de comunicação adequada para sua execução, o ambiente deve possuir capacidade suficientemente grande para receber acessos simultâneos provenientes de diferentes origens. Um investimento reduzido na infraestrutura de rede da cloud pode se tornar um gargalo para a sua utilização;
- Grupo de recursos (*resource pooling*): em uma nuvem, diversos recursos computacionais (como servidores) são disponibilizados para os usuários de forma transparente. O usuário requisita da nuvem o que ele deseja e a mesma retorna para ele o recurso requisitado. O usuário não precisa saber que servidores estão processando a sua tarefa, e muito menos onde esses servidores estão fisicamente (princípio de independência de localização);
- Elasticidade rápida (*rapid elasticity*): uma outra propriedade importante de uma cloud é a sua elasticidade; em suma, pode-se definir a elasticidade de uma cloud

como sua capacidade de disponibilizar mais recursos à medida que isto for sendo requisitado pelo usuário (ou pela sua aplicação). O ambiente de cloud deve ser capaz de prover ao usuário, de forma rápida e padronizada, mecanismos para a requisição e disponibilização de mais recursos computacionais. Esta é uma das principais propriedades de uma Cloud; se a Cloud não tiver esta capacidade, sua própria caracterização como cloud fica comprometida;

- Serviços medidos (*measured services*): uma outra característica vital de uma nuvem é a mensuração de seus serviços. O modelo de negócio deste tipo de ambiente é baseado no modelo pague pelo uso (*pay-per-usage*); desta forma, devem ser disponibilizadas formas de se medir a utilização de recursos e serviços. Um dos temas atuais nessa propriedade da nuvem é a bilhetagem, e nele diversos esforços de pesquisa vêm sendo propostos. Se o ambiente de nuvem não tiver como medir e cobrar pela sua utilização, o modelo de negócio associado a este novo paradigma pode estar fadado ao insucesso, tendo em vista que as empresas não terão algoritmos efetivos para efetuar a cobrança dos seus clientes.

Um ambiente de nuvem deve possuir algumas características desejáveis. Uma primeira característica desejável em uma nuvem é a homogeneidade; se um conjunto homogêneo (produtos iguais ou similares) de recursos (softwares e hardwares) for utilizado, tarefas como instalação e gerenciamento serão largamente simplificadas. Por produtos similares, deve-se entender um conjunto de softwares compatíveis e configurações/marcas de recursos computacionais (como servidores) similares (preferencialmente iguais).

Uma segunda característica fundamental é o uso de virtualização para o melhor aproveitamento dos recursos computacionais. A utilização de virtualização no ambiente de nuvem é uma tendência, pois obtém-se melhores resultados em comparação a outros ambientes, como *Grid Computing* (FREDERIC; MAGOULES, 2012).

A utilização de software de baixo custo, especialmente software livre, é outra característica marcante. O custo de implementação de uma ambiente de nuvem pode sofrer uma redução significativa pela utilização de tal artifício, e este baixo custo acaba refletindo em um menor preço pelo serviço disponibilizado ao usuário final.

Por fim, uma característica também desejável (e até necessária) em um ambiente de nuvem é a orientação a serviço. O provedor nuvem deve fornecer alguma forma de cobrar a utilização de seu ambiente para os clientes; disponibilizando seus recursos como serviço. Regras podem ser colocadas, como **SLAs** (*Service Level Agreements*), para padronizar e legalizar o negócio entre provedores de serviço e clientes, trazendo mais confiabilidade para o modelo de negócio.

2.4.2 Modelos de Serviço

Considerando o contexto variado de aplicações para a nuvem, uma classificação atualmente bastante utilizada e difundida é baseada nos modelos de serviços ofertados ao usuário, conforme mostrado Figura 2.12.

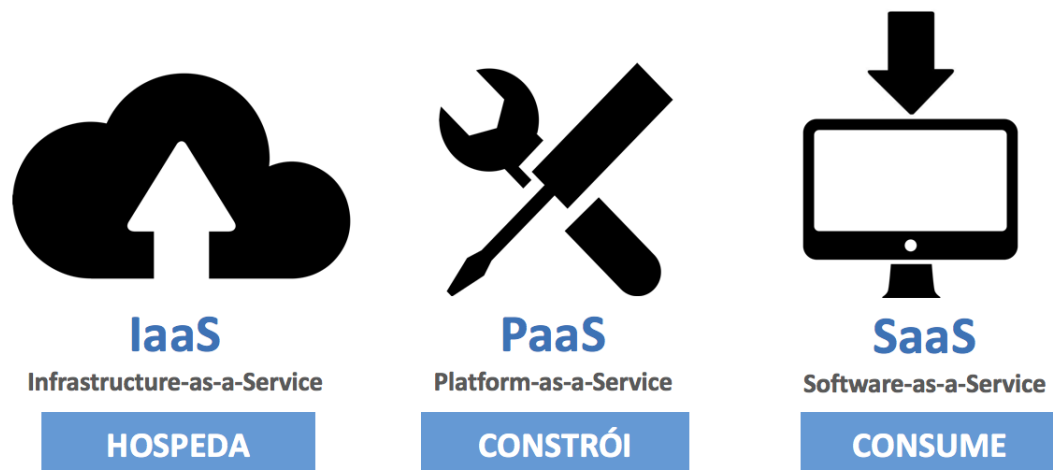


Figura 2.12: Principais modelos de serviços e seus usuários em computação em Nuvem

- **IaaS (*Infrastructure-as-a-Service*):** é o modelo que se encontra mais próximo do hardware/recursos físicos. Em geral, serviços neste modelo proveem uma *Application Programming Interface* (**API**) de gerenciamento para a utilização de um conjunto de recursos físicos de forma que o usuário tenha acesso a funcionalidades como configurações automatizadas do sistema operacional, escalabilidade sob demanda e armazenamento. Como exemplo deste tipo de cloud, pode-se citar o Eucalyptus, Amazon AWS e o OpenNebula (NURMI et al., 2009; Amazon Web Services, Inc, 2015; MILOJICIC; LLORENTE; MONTERO, 2011);
- **PaaS (*Platform-as-a-Service*):** permite aos utilizadores adaptar aplicações legadas para o ambiente de nuvem ou desenvolver aplicativos nativos para nuvem (*cloud-aware*) utilizando linguagens de programação, serviços, bibliotecas e outras ferramentas de desenvolvimento disponibilizadas pelo provedor. Um exemplo interessante é o *Google App Engine*(MALAWSKI et al., 2013), que oferece, não apenas recursos de armazenamento, mas também um ambiente para programação onde pode-se desenvolver e executar aplicações;
- **SaaS (*Software-as-a-Service*):** neste modelo os usuários podem executar aplicativos através de múltiplos dispositivos na infraestrutura em nuvem. Exemplos de serviços disponibilizados pela nuvem, neste contexto, são o *Google Docs*⁸, *Salesforce*⁹.

⁸<http://www.google.com/docs>

⁹<http://www.salesforce.com>

2.4.3 Modelos de Implantação

Uma outra classificação bastante difundida baseia-se na forma que os ambientes de nuvens são implantados. De forma geral, usando este parâmetro, pode-se classificar as nuvens em privada (*private cloud*), pública (*public cloud*), comunitária (*community cloud*) e híbrida (*hybrid cloud*).

Nuvens privadas oferecem a ideia de fornecer serviços para a própria organização, sendo operadas e utilizadas apenas pela mesma. As nuvens privadas ainda podem ser classificadas em internas (locais) ou externas. O modelo de nuvem privada local, mostrado na Figura 2.13, permite que a organização tenha controle total sobre a infraestrutura e dados. Neste modelo, o departamento de Tecnologia de Informação (TI) da organização é tipicamente o prestador de serviços em nuvem. Este modelo é mais adequado para organizações que querem ter o controle completo sobre sua infraestrutura, configurações de recursos, aplicativos, dados e mecanismos de segurança.

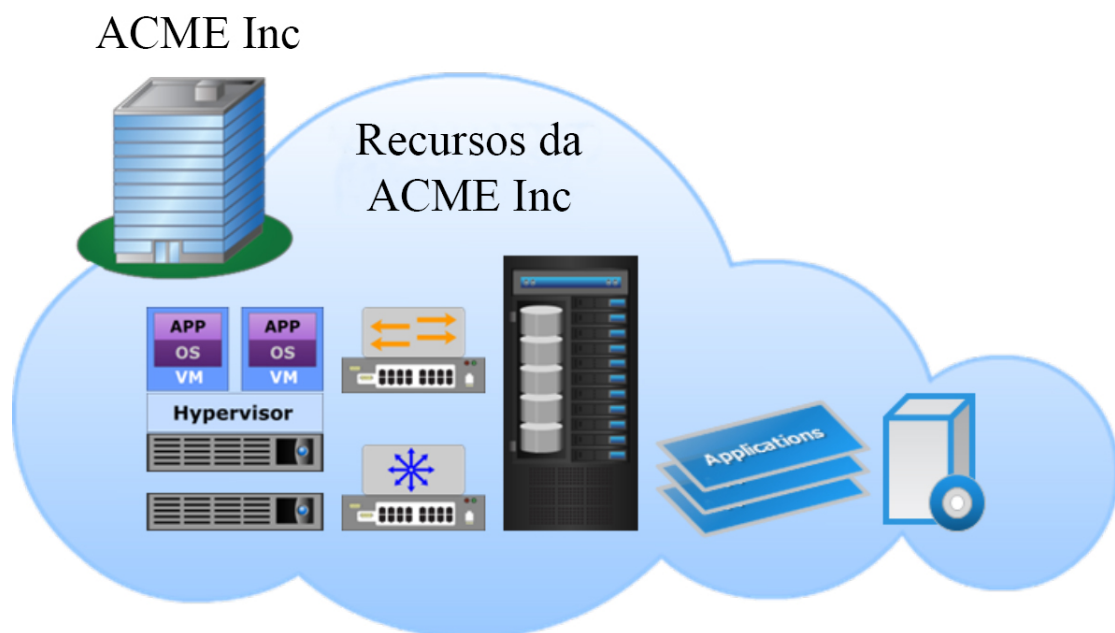


Figura 2.13: Nuvem privada interna
Adaptação de: (EMC, 2011)

No modelo de nuvem privada hospedado externamente, mostrado na Figura 2.14, uma organização terceiriza a implementação da nuvem privada em um provedor de serviço de nuvem externa. A infraestrutura de nuvem está hospedada em instalações do provedor externo e não no interior das instalações da organização. O provedor gerencia a infraestrutura de nuvem e provê um ambiente privado exclusivo para a organização. A infraestrutura de TI da organização se conecta à nuvem privada hospedada externamente através de uma rede segura. O provedor impõe mecanismos de segurança na nuvem privada por exigências de segurança da organização consumidora. Neste modelo, a infraestrutura de nuvem pode ser compartilhada por vários

consumidores. No entanto, o provedor tem um perímetro de segurança em torno dos recursos de nuvem privada de cada uma das organizações consumidoras.

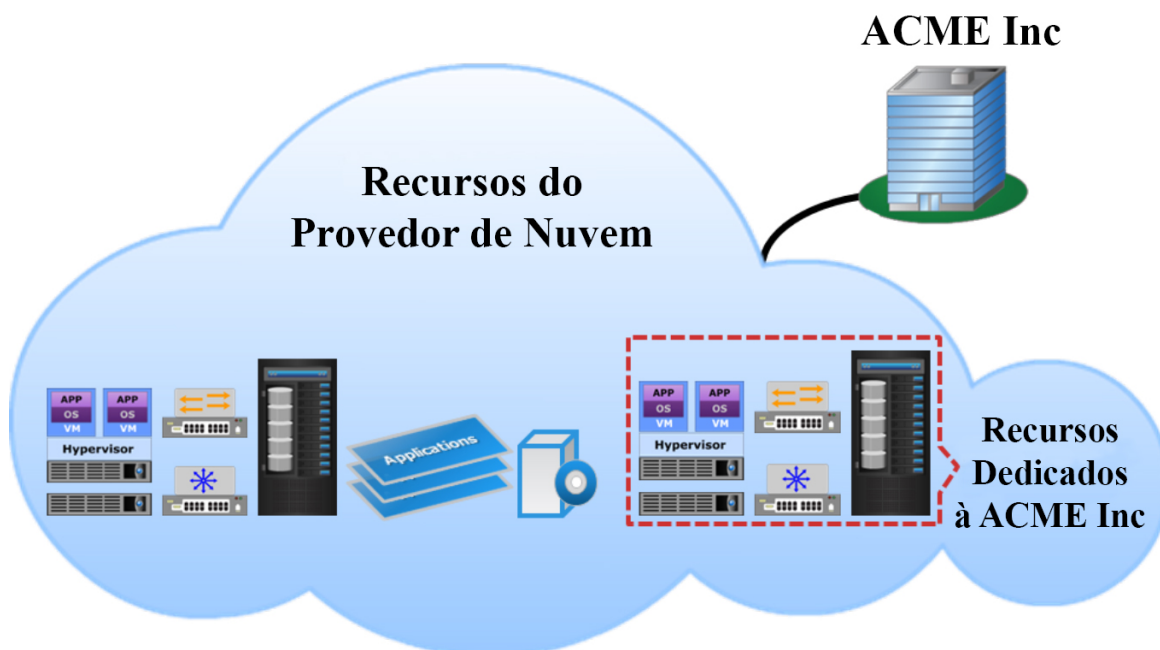


Figura 2.14: Nuvem privada hospedada externamente
Adaptação de: (EMC, 2011)

As Nuvens Comunitárias baseiam-se em um ambiente de Computação em Nuvem compartilhado entre organizações com interesses em comum.

Já as Nuvens Públicas comportam um modelo que disponibiliza ambientes para o público em geral e são normalmente comercializadas por corporações com grande poder de armazenamento e processamento.

E, finalmente, as Nuvens Híbridas tratam da composição entre dois ou mais ambientes de estruturas distintas, privadas e públicas, por exemplo, gerando uma única nuvem.

2.5 Considerações Finais

Este capítulo apresentou os conceitos básicos utilizados nesta tese. Inicialmente, noções sobre a infraestrutura de *datacenters*: padrões de tráfego, topologia de rede e classificação foram apresentadas. As plataformas computacionais e seus diferentes tipos, também foram introduzidas. Uma explanação sobre a virtualização de servidores, incluindo definições, vantagens, desvantagens e as diferentes técnicas, foi introduzida posteriormente. Por fim, uma explanação geral sobre computação em nuvem foi realizada, destacando suas propriedades fundamentais e os diferentes modelos.

O próximo capítulo irá apresentar os modelos de referência e plataformas para computação em nuvem, bem como o estado da arte relacionado a estes temas.

3

Modelos de Referência e Plataformas para Computação em Nuvem

*O homem que nesta terra miserável mora entre as feras, sente inevitável
necessidade de também ser fera.*

—AUGUSTO DOS ANJOS

De acordo com a **OASIS** (*Organization for the Advancement of Structured Information Standards*)¹, um modelo de referência é um *framework* abstrato para compreender as relações significativas entre as entidades de algum domínio e para o desenvolvimento de padrões consistentes ou especificações, suportando aquele domínio. Um modelo de referência é baseado em um pequeno número de conceitos unificadores, não estando diretamente ligada a quaisquer normas, tecnologias ou outros detalhes de implementação concreta (**EMC, 2014**).

Este capítulo apresenta um levantamento sobre os principais esforços, tanto na academia e na indústria sobre modelos de referência para adoção de computação em nuvem.

3.1 Introdução a Modelos de Referência

Neste contexto, mas não diretamente relacionado à modelos de referência para computação em nuvem, o padrão *International Organization for Standardization (ISO)/International Electrotechnical Commission (IEC)*² 12207 (**ISO/IEC, 2008**) foi criado para ajudar as empresas no seu processo de desenvolvimento de software.

O padrão ISO/IEC 12207 foi publicada pela primeira vez em agosto de 1995 (**ISO/IEC, 1995**) e foi o primeiro padrão internacional a fornecer um conjunto abrangente de processos, atividades e tarefas para especificação do ciclo de vida de software. A ISO/IEC 12207 sofreu alterações em 2002, (**ISO/IEC, 2002**), e 2004, (**ISO/IEC, 2004**), estabelecendo um modelo

¹OASIS, acesso em novembro de 2015, <http://www.oasis-open.org>

²**ISO/IEC ISO/IEC**

de referência para processos em conformidade com os requisitos do padrão ISO/IEC 15504-2 (ISO/IEC, 2003).

De acordo com o padrão ISO/IEC 12207, um modelo de referência para processos (MR-P) deve conter:

- A declaração do domínio do processo;
- Uma descrição do processos dentro do âmbito do modelo de referência;
- Uma descrição da relação entre o modelo de referência e o contexto de utilização;
- Uma descrição da relação entre os processos definidos no modelo de referência.

Os elementos fundamentais de um MR-P são as descrições dos processos dentro do âmbito do modelo. As descrições do processo no MR-P devem incorporar uma declaração de alto nível de seus objetivos, juntamente com o conjunto dos resultados que demonstram a realização bem sucedida do processo. Estas descrições devem satisfazer os seguintes requisitos:

- Descrição do processo conforme suas funcionalidades e resultados;
- O conjunto de resultados deve ser necessário e suficiente para atingir o objetivo do processo;
- Todos os aspectos da descrições dos processo, conforme descrito na Cláusula 5 da ISO/IEC 15504-2, devem ser claros e explícitos.

O uso do padrão ISO/IEC 12207 (ISO/IEC, 2008) faz-se necessário na definição de um modelo de referência para nuvem, pois irá fornecer subsídios técnicos e científicos durante a concepção de uma arquitetura de referência.

Alguns modelos de referência para computação em nuvem foram propostas na literatura, sendo que o modelo definido pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology*) (BOHN et al., 2011) é o mais amplamente utilizado, pois é agnóstico à uma tecnologia específica. Algumas empresas de tecnologia, como IBM³ e HP⁴, também criaram seus modelos de referência para computação nuvem, porém dando foco aos seus produtos.

O NIST é uma agência federal dos EUA, que tem por missão a promoção da inovação e a competitividade na indústria. A publicação especial SP 500-292⁵, “NIST Cloud Computing Reference Architecture”, apresenta uma modelo de referência para computação em nuvem. Este modelo inclui os atores, papéis e os componentes necessários para implantação de um ambiente de nuvem.

³IBM.COM, acesso em novembro de 2015, <https://goo.gl/UP0Uek>

⁴HP.COM, acesso em novembro de 2015, <http://goo.gl/cfxih3>

⁵NIST.GOV, acesso em novembro de 2015, <http://goo.gl/OejsMc>

A definição de computação em nuvem **NIST** é amplamente aceita como uma valiosa contribuição para fornecer uma compreensão clara das tecnologias de computação em nuvem e serviços em nuvem. A arquitetura de referência de computação em nuvem do **NIST** é uma extensão lógica para sua definição de computação em nuvem (**MELL; GRANCE, 2011**).

O modelo de referência do NIST (**MR-NIST**), é um modelo genérico conceitual de alto nível, que não está vinculado a qualquer implementação específica produtos de fornecedores, serviços ou referência, nem define soluções normativas que inibem a inovação. Ele define um conjunto de atores, atividades e funções que podem ser utilizadas no processo de desenvolvimento de arquiteturas de computação em nuvem.

A arquitetura de referência presente no **MR-NIST** contém um conjunto de descrições que são a base para discutir as características, usos e padrões para a computação em nuvem. O modelo é baseado em atores e papéis que permitem compreender a visão global das responsabilidades, a fim de avaliar e atribuir risco.

A Figura 3.1 apresenta uma visão geral da arquitetura de referência de computação em nuvem do **NIST**, identificando os principais atores, suas atividades e funções na computação em nuvem. A arquitetura de alto nível genérica se destina a facilitar o entendimento dos requisitos, características e padrões de computação em nuvem.

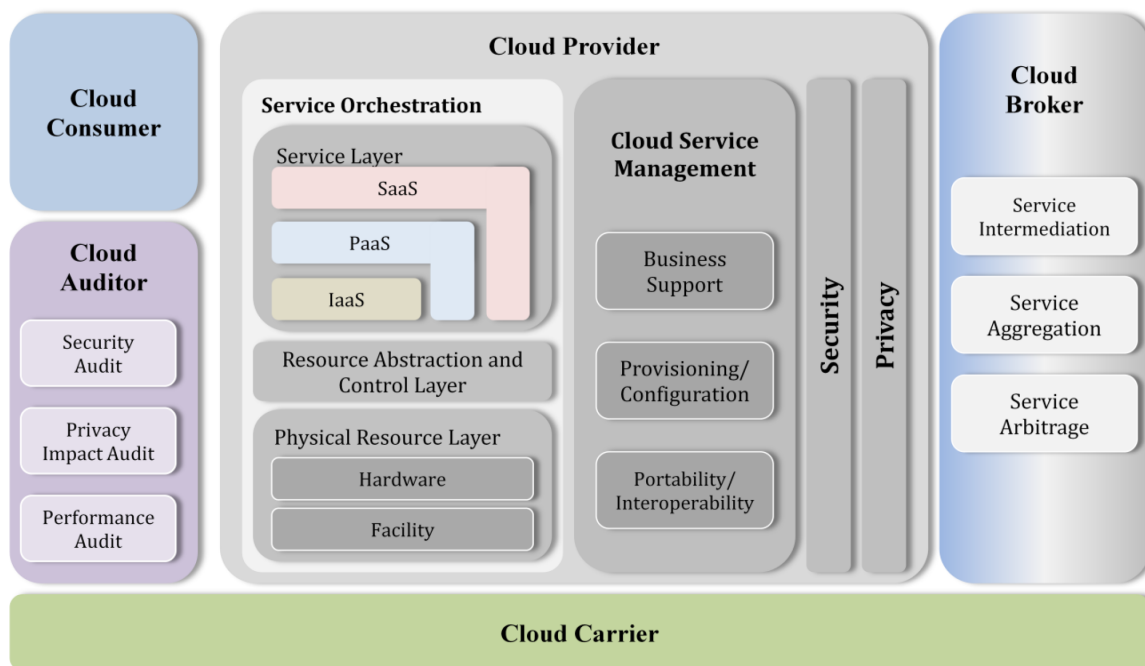


Figura 3.1: Modelo de Referência Conceitual do NIST

Fonte: (**BOHN et al., 2011**)

A arquitetura de referência do **NIST** define cinco principais atores: *cloud consumer*, *cloud provider*, *cloud carrier*, *cloud auditor* e *cloud broker*. Cada ator é uma entidade (uma pessoa ou uma organização) que participa de uma transação/processo ou executa tarefas em um ambiente de computação em nuvem.

- *Cloud Consumer*: A pessoa ou organização que mantém uma relação de negócios com, e usa o serviço de, provedores de nuvem;
- *Cloud Provider*: Responsável por disponibilizar serviços de nuvem aos interessados;
- *Cloud Auditor*: Conduz uma avaliação independente dos serviços em nuvem, operações, desempenho e da segurança da implementação de nuvem;
- *Cloud Broker*: Entidade que gerencia o uso, desempenho e entrega de serviços em nuvem. Adicionalmente, negocia as relações entre provedores (*providers*) e consumidores (*consumers*);
- *Cloud Carrier*: Fornece conectividade e o transporte dos serviços entre provedores e consumidores.

3.2 Estudo sobre Modelos de Referências para Computação em Nuvem

Em 2009, [JI; MA; JI \(2009\)](#) propôs um dos primeiros modelo de referência para computação em nuvem dividido em vários componentes agrupados em 3 camadas:

- Camada de infraestrutura: fornece um conjunto de recursos de hardware, como CPU, memória, largura de banda e armazenamento;
- Camada de plataforma: inclui componentes de sistema, tais como kernel, sistema de arquivos distribuídos, monitoramento e interface de gerenciamento;
- Camada de aplicação: hospeda as aplicações de domínio específico.

No mapeamento para o modelo de referência, alguns componentes das camadas propostas, como o *kernel*, sistema de arquivos distribuídos, já possuem muitas implementações comerciais ou *opensource*. Os desenvolvedores de aplicativos, não precisam se preocupar com detalhes do serviço, tais como gerenciamento de tarefas, memória, armazenamento e rede; podendo reutilizar a experiência da computação tradicional tornando a curva de aprendizado mais rápida.

O problema da interoperabilidade semântica entre plataformas heterogêneas de nuvem é abordado por [LOUTAS et al. \(2010\)](#), que propões uma arquitetura de referência para nuvens semanticamente interoperáveis (RASIC - *Reference Architecture for Semantically Interoperable Clouds*).

A arquitetura RASIC tem por objetivo facilitar a troca entre provedores de nuvem e permitir a composição e integração de serviços hospedados em diferentes nuvens, sendo baseada em padrões abertos e soluções *opensource*.

O modelo de referência é composta por três camadas horizontais: de camada serviço ou de *frontend*, camada de **SOA** (*Service Oriented Architecture*), camada de virtualização e execução; e duas camadas verticais: camada semântica e a camada de governança, que são transversais a todas as horizontais.

TUNG (2011), em 2011, definiu um modelo de referência para nuvem que identifica o que deve ser considerado como parte da pilha de uma aplicação baseada na nuvem. O modelo divide a arquitetura em sete camadas: aplicação, transformação, controle, instanciação, ferramentas, virtual e física. Cada camada de **TI** se concentra em apoiar as funcionalidade de uma área específica abstraindo os detalhes da outras camadas.

O modelo de referência proposto facilita o entendimento dos componentes da arquitetura baseada em nuvem. Cada camada do modelo foca nas preocupações sobre um determinado aspecto da concepção global. O modelo também permite a caracterização dos atributos como, por exemplo, custo, performance e segurança. Esta abordagem incluiu detalhes sobre a classificação “as-a-Service” (Como Serviço) (**CEARLEY; SMITH, 2009; REEVES, 2010**).

HAMDAQA; LIVOGIANNIS; TAHVILDARI (2011) desenvolveu uma arquitetura de software, uma linguagem de modelagem e padrões de projeto com o objetivo de permitir que usuários de nuvem desenvolvam suas aplicações independente da plataforma. É apresentado um meta-modelo que mostra o vocabulário, elementos de projeto, regras de configuração e interpretação semântica.

O metamodelo é baseado numa notação **UML** (*Unified Modeling Language*) de um diagrama de classes. Tendo por objetivo o desenvolvimento de linguagem de modelagem para representar os principais componentes de aplicativos em nuvem e as relações entre eles.

O gerenciamento de segurança em ambiente de nuvem é abordado por **KRETZSCHMAR; KNUEPFER (2011)**, onde é proposta uma arquitetura de referência para o gerenciamento de nuvem no contexto de governo e organizações militares.

A principal contribuição está centrada na orientação da implementação e adaptação de uma solução de gerenciamento de segurança eficiente e eficaz para ambientes entre nuvens.

A arquitetura proposta define um conjunto de funções e processos. A função representa uma atividade atômica dentro da arquitetura que cria, modifica ou exclui artefatos de dados. Enquanto um processo representa um fluxo de trabalho mais complexo, a fim de interagir com o ambiente de nuvem.

A arquitetura de referência proposto por **LIU et al. (2012)**, baseia-se na arquitetura de referência para **SOA** (*Service Oriented Architecture*), proposta pelo *The Open Group* (**GROUP, 2011**), possuindo extensões específicas para suportar as características de computação em nuvem.

A arquitetura de referência proposta é aplicável a todos os tipos de modelos de implantação de nuvem, incluindo nuvens públicas, nuvens privadas, nuvens comunitárias, nuvens híbridas. Tendo por objetivo fornecer um modelo para a criação ou avaliação de arquiteturas de nuvem. Ela fornece modelos e orientações e papéis de engenharia de software dentro do ciclo de vida de desenvolvimento.

Os estudos de caso e análises realizadas mostraram que a arquitetura proposta é extensível e configurável para fornecer orientações normativas e permitindo o compartilhamento de infraestrutura, software, aplicação e processos de negócios de forma unificada.

Embora existam diversos modelos conceituais para descrever e caracterizar ofertas de serviços em nuvem, eles são desenvolvidos por diferentes grupos e organizações, de modo que diferem em sua intenção, tipo de formulação, nível de descrição e avaliação de serviços. GUDENKAUF et al. (2013) propõe uma arquitetura de referência consolidado para descrever e avaliar uniformemente ofertas de serviços em nuvem.

A principal contribuição deste trabalho é uma pesquisa de diferentes estruturas e modelos de referência para a descrição das ofertas de nuvem, com o objetivo de ajudar a superar o ceticismo das empresas em matéria de ofertas de serviços em nuvem.

FERNANDEZ; MONGE (2014) propõem uma arquitetura de referência de segurança para nuvem, utilizando modelos UML e padrões de projeto, de modo a incorporar uma abordagem para construir sistemas seguros.

A abordagem utilizada para construir a arquitetura de referência adiciona segurança para sistemas em nuvem através da aplicação de uma metodologia de desenvolvimento segura e sistemática, que pode ser usada como um guia para construir e avaliar sistemas de nuvem seguros.

A partir desse levantamento, pode-se notar que a existência de um modelo, ou arquitetura, de referência para o definição, implantação, desenvolvimento de ambientes de nuvem.

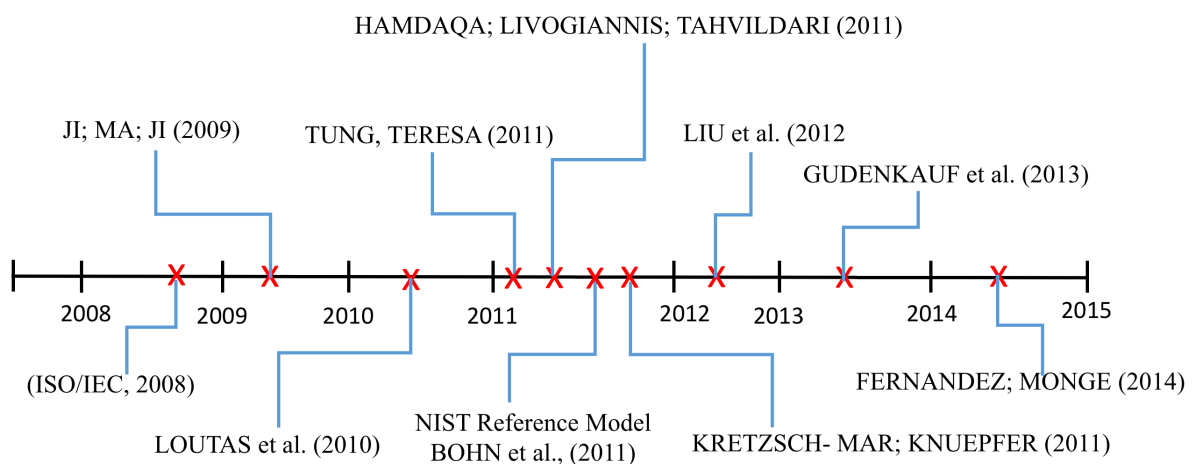


Figura 3.2: Linha do tempo: modelos de referência para computação em nuvem

A Figura 3.2 resume a linha do tempo das principais pesquisas sobre modelos e arquiteturas de referências para adoção de computação em nuvem. No entanto, ainda não existe um modelo, arquitetura ou especificação para computação em nuvem. O modelo mais relevante e aceito, tanto pela indústria e pela academia, é o modelo de referência do NIST (MELL; GRANCE, 2011).

3.3 Plataformas para Computação em Nuvem

Uma plataforma para computação em nuvem pode ser definida como um sistema integrado para a criação e o gerenciamento de serviços em nuvens privadas, públicas e híbridas; combinado com a virtualização de servidores, armazenamento, rede e segurança através de uma abordagem centralizada para automatizar o ciclo de vida dos serviços na infraestrutura de nuvem.

3.4 Estudo sobre Plataformas para Computação em Nuvem

Os requisitos mostrados na Tabela 3.1, e inicialmente apresentados no Capítulo 1, foram definidos a partir da análise dos termos de referências de diversas licitações ocorridas entre 2012 a julho de 2015, conforme Apêndice A.

Tabela 3.1: Requisitos para Comparação de Propostas

Requisito	Descrição
R1	Provisionamento Automático
R2	Migração de Máquinas Virtuais
R3	Migração entre Storages
R4	Proteção de Dados e Backup
R5	Alta Disponibilidade
R6	Tolerância à Falhas
R7	Gerenciamento de Recursos
R8	Gerenciamento Energético
R9	Gestão de Custos
R10	Planejamento de Capacidade
R11	Recuperação de Desastres
R12	Suporte à Múltiplos Hypervisors
R13	Portal Self-Service
R14	Rede Definida por Software
R15	Virtualização de Funções de Rede
R16	Plataforma de Orquestração

Estes requisitos foram utilizados na busca de trabalhos e como parâmetro de comparação entre as soluções de mercado.

3.4.1 Soluções de Mercado

Algumas plataformas de computação em nuvem estão disponíveis (VMware vRealize Suite, Openstack, OpenNebula, Cloudstack, Eucalyptus), porém nem todas são *open-source* e o custo com licenças pode exceder milhões de reais, dependendo do tamanho da infraestrutura.

As soluções *open-source* não fornecem suporte completo para todos os requisitos de usuário, como por exemplo o XenServer sem suporte a recuperação de desastre (DR) e o OpenNebula sem planejamento de capacidade.

A Tabela 3.2 apresenta uma análise comparativa quanto ao atendimento dos requisitos.

Tabela 3.2: Análise das Soluções de Mercado
Legenda X = Atende completamente; O = Atende Parcialmente

	VMware	XenServer	Openstack	OpenNebula	CloudStack	Eucalyptus
R1	O					
R2	X	X	X	X	X	X
R3	X	X	X		X	X
R4	X	X	O		O	O
R5	X	X		X	X	X
R6	X					
R7	O	O	O	O	O	O
R8	X					
R9	X					
R10	X					
R11	X					
R12			O	O	O	O
R13	O					
R14	X		O		O	
R15	X		O		O	
R16	X		O			

O *VMware vCloud Suite* (VMWARE, 2015) permite a criação e gerenciamento de uma nuvem privada baseada no vSphere (INC, 2015). O funcionamento do vCloud é baseado na integração dos produtos VMware, criados para funcionarem melhor juntos, que fornecem: virtualização de infraestrutura, recuperação de desastres e automação de testes, e gerenciamento de nuvens privadas.

O VMware atende completamente à grande maioria dos requisitos, exceto:

- R1 (provisionamento automático): O vCloud não permite a instalação e configuração automática de servidores físicos, embora seja possível automatizar a instalação de máquinas virtuais;
- R7 (gerenciamento de recursos): As políticas de gerenciamento de recursos não é flexível ao ponto de permitir a personalização das estratégias de migração VMs conforme necessidade do usuário, por exemplo;
- R13 (gestão de custos): Embora o vCloud possua um portal de serviços, o seu foco é voltado para a administração da infraestrutura, não apresentando opções de personalização e customização.

O principal obstáculo para adoção do VMware vCloud é o valor das licenças e o fato de não ser um software de código aberto, conforme recomenda o decreto 8.135 no que tange ao uso de software de código aberto. As instituições da Administração Pública Federal (APF)

possuem requisitos específicos, muitas vezes não atendidos por produtos comerciais como o VMware, o que impacta fortemente a contratação dos serviços de nuvem.

O XenServer ([STAALINPRASANNAH; SURIYA, 2013](#)) é um projeto *opensource* gerenciado pela Citrix. É um projeto que desenvolve software de código aberto para virtualização de servidores x86, permitindo a consolidação de hardware e a automação para reduzir custos e simplificar o gerenciamento de servidores e aplicações.

Possuindo um foco mais voltado à virtualização de servidores e desktops, o XenServer consolidou-se como a segunda plataforma de virtualização mais adotado no mercado, principalmente quando tornou-se *opensource* em 2013. Devido à esta decisão de foco da Citrix, o XenServer não atende à maioria dos requisitos definidos.

Openstack, Cloudstack e Eucalyptus concorrem entre si para se tornarem a plataforma padrão, sendo que o Openstack foi a que atendeu mais requisitos. Grandes empresas de tecnologia, como HP, IBM, RedHat, VMware, Cisco, Dell, EMC, Yahoo, etc.; fazem parte do consórcio que financiam e colaboram com o desenvolvimento do Openstack, muitas delas possuem uma versão licenciada com funcionalidades desenvolvidas e/ou adaptadas para seus produtos e soluções.

No seguimento de nuvem pública, o *Amazon Virtual Private Cloud* (VPC) ([Amazon Web Services, 2014](#)) fornece uma instância logicamente isolado do *Amazon Web Services* (AWS) ([Amazon Web Services, Inc, 2015](#)), onde é possível executar VMs em uma rede virtual definido por um usuário. É possível configurar o ambiente de rede virtual, incluindo a seleção de um intervalo de endereços IP, criação de sub-redes, e configuração de tabelas de rotas e roteadores de rede. Entretanto não fornece suporte à modelagem visual, apenas assistentes para facilitar a configuração.

3.5 Análise de Trabalhos acadêmicos

A proposição realizada por esta tese é bem ampla e engloba uma série de requisitos bem distintos, de modo que a busca por trabalhos tornou-se bastante limitada conforme mostram a Figura 3.3. Após a exclusão de trabalhos que elencavam desafios e direções futuros, os poucos trabalhos que sobraram não justificarão a execução de uma revisão sistemática da literatura. Os principais trabalhos são detalhados a seguir:

O gráfico da linha do tempo de trabalhos na Figura 3.3 (a), mostra os trabalhos relacionados à soluções de orquestração para computação em nuvem, o gráfico da Figura 3.3 (b) mostra a evolução das propostas para computação em nuvem definida por software.

[WANG et al. \(2012\)](#) apresentam LUCID, uma plataforma de orquestração para o provisionamento de *Infrastructure as a Service* (IaaS) em *data centers* de nuvens públicas, possuindo o foco nas tecnologias de redes definidas por software (SDN) ([NUNES et al., 2014](#)); não fornecendo suporte ao provisionamento de data center como serviço. Outra abordagem acadêmica apresentada por Kumoi ([SUGIKI, 2013](#)), baseado em *scripts* para fazer o *deploy* das VMs utilizando SDN.

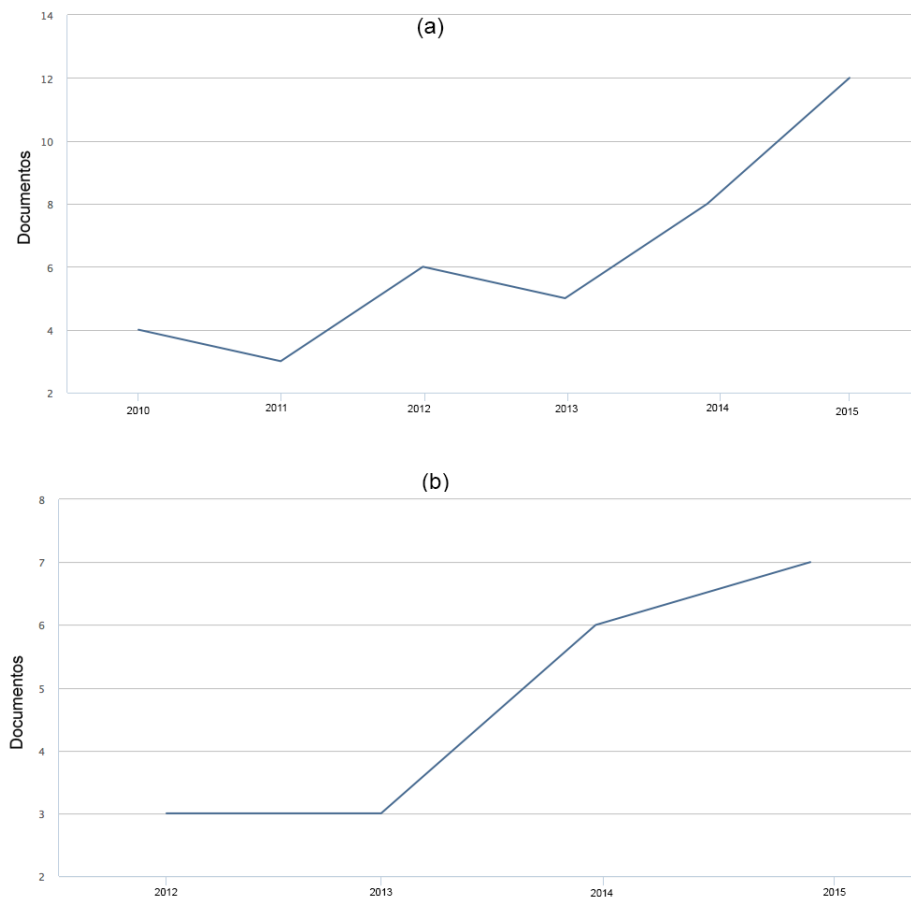


Figura 3.3: Linha do tempo de trabalhos relacionados

O trabalho de [BUYAYA et al. \(2014\)](#) propõe uma arquitetura de computação em nuvem definida por software (SDC) construída sobre os recentes avanços em muitas áreas: virtualização de servidores ([BARHAM et al., 2003](#)), redes definidas por software ([SDN](#)) ([Valdivieso Caraguay; Barona Lopez; Garcia Villalba, 2013](#)), redes *middlebox* definidas por software [GEMBER et al. \(2012\)](#), e virtualização de rede ([KOPONEN et al., 2014](#)). A abordagem do autor discute os diferentes elementos que compreendem a arquitetura de nuvens definidas por software, também é feita uma simulação para avaliar o potencial da solução através de dois casos de uso baseadas em [QoS](#), alocação de largura de banda, eficiência energética e migração de [VMs](#).

[SUGIKI; KATO \(2012\)](#) implementou uma pilha de software, chamada de “Kumoi”, com o objetivo de acelerar o desenvolvimento de *middleware* para computação em nuvem. Neste trabalho estabelece um meio de acesso uniforme aos vários recursos distribuídos, escondendo detalhes sem comprometer as funcionalidades. A abordagem proposta baseia-se num ambiente baseado em *scripts* para fazer para simplificar a construção de um sistema de nuvem, tendo por foco a melhorara a eficiência e flexibilidade do desenvolvimento de aplicações para nuvem.

Devido à dificuldade nas buscas por trabalhos que englobem todos os requisitos, foi realizado uma busca por trabalhos que atendessem um ou mais requisitos, conforme apresentando na Tabela [3.3](#).

Tabela 3.3: Levantamentos de trabalhos científicos

PUBLICAÇÕES	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16
POKHAREL; LEE; PARK (2010)											X					
FRINCUI; CRACIUN (2011)					X											
SCHNJAKIN; ALNEMR; MEINEL (2011)					X											
WOOD et al. (2011)											X					
ALHAZMI; MALAIYA (2012)											X					
ALCHERRY; LAKSHMAN (2012)		X					X	X								
BELOGLAZOV; ABAWAJY; BUYYA (2012)		X					X	X								
BIRAN et al. (2012)		X					X	X								
BREITGAND; EPSTEIN (2012)		X					X	X								
FELLER; RILLING; MORIN (2012)		X					X									
GHOORBANI; CAESAR (2012)		X					X	X								
GIURGIU et al. (2012)		X					X	X								
GULATI et al. (2012)		X					X									
GUO et al. (2012)		X					X	X								
JAMJOOM (2012)		X					X									
JIANG et al. (2012)		X					X	X								
JIANG et al. (2012)									X	X						
KAWASHIMA (2012)														X	X	
KONSTANTELI et al. (2012)		X					X									
KOUKI; LEDOUX (2012)										X						
LIU et al. (2012)		X					X	X								
PRAKASH et al. (2012)											X					

Continua na próxima página

Tabela 3.3 – Continuação da página anterior

PUBLICAÇÕES	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16
SINGH; SINGH; CHHABRA (2012)					X											
TIAN; WANG; YIN (2012)										X						
VISWANATHAN; VERMA; DUTTA (2012)		X					X									
WEN et al. (2012)		X					X	X								
WUHIB; STADLER; LINDGREN (2012)		X					X									
WUHIB; STADLER; SPREITZER (2012)		X					X	X								
ABOUZAMAZEM; EZHILCHELVAN (2013)					X											
AL-HAJ; AL-SHAER (2013)		X					X									
BANIKAZEMI et al. (2013)														X		
BASHROUSH; NOUREDDINE (2013)										X						
CHANG (2013)							X			X						
DIXIT; HAO; MUKHERJEE (2013)														X		
FOSTER et al. (2013)		X					X									
HUANG; BEGNUM (2013)											X					
JEONG; PARK (2013)					X											
KAJIURA et al. (2013)					X											
KUO; JENG; CHEN (2013)					X											
SHI et al. (2013)		X					X									
NADGOWDA et al. (2013)											X					
NUNES; PONTES; GUEDES (2013)														X		
PAL; HUI (2013)									X	X						
PEREIRA ESTEVES et al. (2013)		X					X									

Continua na próxima página

Tabela 3.3 – Continuação da página anterior

PUBLICAÇÕES	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16
RABBANI et al. (2013)		X					X	X								
ROYTMAN et al. (2013)		X					X									
SCHWARZKOPF et al. (2013)		X					X									
WUHIB; YANGGRATOKE; STADLER (2013)		X					X	X								
WU et al. (2013)														X		
XIANG et al. (2013)											X					
ZHANI; ZHANG (2013)		X					X	X								
AN et al. (2014)					X											
BRENNER; GARBERS; KAPITZA (2014)					X											
CHANG et al. (2014)					X					X						
WANG et al. (2014)		X					X									
WANG et al. (2014)		X					X	X								
HAMANAKA; TAKAHASHI (2015)					X											
WANG et al. (2015)		X								X						

Como mencionado anteriormente, os trabalhos apresentador na Tabela 3.3 não satisfazem ou implementam todos os requisitos propostos pela tese, de modo que não fez-se necessário o detalhamento individual de cada um deles, sendo que os mesmo serão citados nos próximos capítulos quando necessário para fundamentar alguma decisão e/ou justificativa de implementação.

3.6 Considerações Finais

A proposição deste trabalho é bem ampla e engloba uma série de requisitos bem distintos, de tal modo que não foi encontrado uma proposta ou produto de mercado que se adequasse 100% à todos os requisitos, implementasse o modelo de referência proposta no Capítulo 4 e cumprisse as questões legais no tocante à legislação brasileira.

Devido à questões de escopo, foco e da metodologia utilizada para o desenvolvimento não fez-se necessário a execução de uma revisão sistemática na literatura, tendo em vista a pouca quantidade de trabalhos que abordam a proposta como um todo, de tal modo que a estratégia utilizada foi uma vasta pesquisa buscando trabalhos que tratassem os requisitos estabelecidos de forma individual, tendo casos que um trabalho atendeu a mais de um requisito.

O próximo capítulo define um modelo de referência baseado nos requisitos que motivaram este trabalho, além de apresentar uma metodologia utilizada na concepção do modelo. Também será apresentado a arquitetura do modelo de referência, assim como mostra as etapas da especificação do modelo de referência, definindo requisitos para camada uma das camadas da arquitetura.

4

Modelo de Referência para Implantação de Nuvem Privada

No final, nós nos lembraremos não das palavras dos nossos inimigos, mas do silêncio dos nossos amigos.

—MARTIN LUTHER KING JR.

Recentemente surgiram várias notícias relacionadas à espionagem internacional, onde governos estrangeiros têm obtido informações estratégicas e relevantes através do monitoramento de links e com colaboração de empresas de prestação de serviços básicos de armazenamento de dados e e-mail. Associado a isso tem-se a evolução da utilização destes serviços, através do uso de equipamentos portáteis como *smartphones*, *tablets*, redes sociais e computação em nuvem. Desta forma, foi detectada a necessidade de se estabelecer uma plataforma de computação em nuvem que ofereça estes serviços básicos sobre completa gestão da administração pública.

4.1 Introdução

Somando-se a estes fatos, porém não menos importante, faz-se necessário atender à legislação brasileira que regula a gestão de dados das instituições que compõe a Administração Pública Federal, conforme mostrado na Seção 1.1. Bem como a observação aos procedimentos definidos nos acórdãos¹ do Tribunal de Contas da União (TCU) que versa sobre segurança da informação e sua propriedade:

- Acórdão 1603/2008 - AC-1603-32/08-P²: Levantamento de auditoria, situação da governança de tecnologia da informação - TI na administração pública federal, ausência de planejamento estratégico institucional, deficiência na estrutura de pessoal,

¹ Acórdão é uma decisão preferido por um grupo de julgadores (sentenças são definidas apenas por um julgador) e, quando atribuída por uma instância superior, vale como um modelo para resolver casos ou situações análogas.

² <http://goo.gl/UXfRWu>, Acesso em dezembro de 2014

tratamento inadequado à confidencialidade, integridade e disponibilidade das informações;

- Acórdão 2471/2008 - AC-2471-46/08-P³: Fiscalização de orientação centralizada, tema de maior significância “terceirização na administração pública federal”, subtema “terceirização em TI”, execução descentralizada de auditorias, relatório de consolidação de informações obtidas nas auditorias.

Para garantir não só a segurança, mas também o sigilo das informações, faz-se necessário especificar uma nuvem de dados privada, porém essa nuvem deve ser totalmente implantada dentro das instalações das organizações da administração pública, atendendo a todos os requisitos legais.

Com base nos princípios da Administração Pública, de acordo com a emenda constitucional n.º 19/98⁴ e com o acórdão 1739/2015⁵ do TCU, deverão ser atendidos os seguintes requisitos fundamentais:

- I Permitir a mais alta proteção e integridade dos dados institucionais;
- II Permitir e exprimir a mais alta disponibilidade dos dados hospedados;
- III Primar pela eficiência energética e permitir um aumento crescente da infraestrutura do data center, conforme o aumento da demanda visando ao princípio da economicidade;
- IV Utilizar soluções escaláveis elasticamente, que permitam um aumento ou encolhimento, sob demanda, dos recursos computacionais consumidos, em prol da racionalidade.

Tendo em vista o que foi apresentado, faz-se necessária a definição de um modelo de referência a ser seguido de modo que guie a transição da infraestrutura de data center tradicional para uma infraestrutura virtualização e, posteriormente, para o ambiente de nuvem.

4.2 Metodologia

Para conduzir a definição do modelo de referência foi proposto uma metodologia base dividida em cinco fases:

- I Análise da Demanda: fase inicial responsável pelo estabelecimento e condução de todas as outras fases e estudos. Tem por entrada artefatos da Instrução Normativa 04, de 11 de setembro de 2014 (IN-04), requisitos de negócios que servirão como entrada para a próxima fase;

³<http://goo.gl/ABQIRr>, Acesso em dezembro de 2014

⁴<http://goo.gl/eXnpSs>, Acesso em novembro de 2015

⁵<http://goo.gl/EUHxML>, Acesso em novembro de 2015

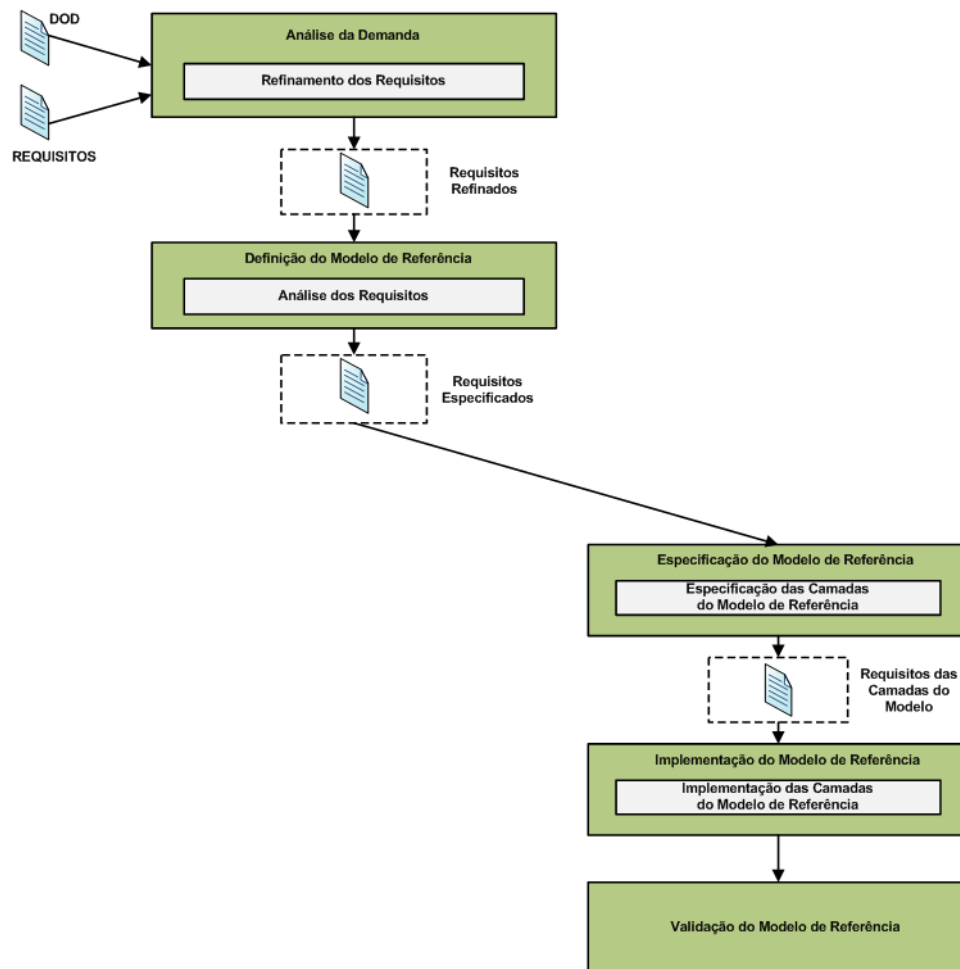


Figura 4.1: Metodologia para Implantação de Nuvem Privada

- II Definição de um Modelo de Referência: modelo abstrato em camadas que caracteriza e normatiza as funções de um ambiente de computação em nuvem. Não estando ligado diretamente a quaisquer normas, tecnologias ou outros detalhes de implementação concretas, procura oferecer uma semântica comum que pode ser usada de forma não ambígua através, e entre, diferentes implementações;
- III Especificação do Modelo de Referência: cada uma das camadas do modelo de referência (de hardware ou software) deverá ser especificada através da realização de estudos de análise de viabilidade para apontar uma solução com o melhor **TCO** (*Total Cost of Ownership*) tendo por base a **IN-04**, que trata do processo de contratação de soluções de **TI**;
- IV Implementação do Modelo de Referência: com base nos requisitos definidos na fase de especificação do modelo de referência, uma arquitetura de software servirá como base para a implementação. A implementação não está relacionada apenas com o desenvolvimento de alguma peça de software, podendo utilizar componentes de software existentes;

- V Validação do Modelo de Referência: após a implementação, a solução de nuvem estará pronta para uso e poderá ser validada através da realização de uma prova de conceitos, onde serão verificados se os requisitos foram atendidos conforme a especificação.

Nas próximas seções cada uma das fases da metodologia serão detalhadas.

4.3 Objetivos e Princípios

As principais metas do modelo de referência proposto são:

- Transmitir os princípios fundamentais e funcionalidade básica de um domínio que representa;
- Facilitar a comunicação dos detalhes do domínio entre as partes interessadas;
- Fornecer um ponto de referência para projetistas de sistemas extraírem as especificações do sistema;
- Aumentar a compreensão de um indivíduo sobre o domínio representado;
- Documentar o sistema para referência futura e proporcionar um meio para colaboração.

No universo da computação em nuvem, preservar a escolha das plataformas de nuvem é um fator crítico. Neste contexto, alguns padrões já consolidados de sistemas distribuídos e *middleware* (VOLTER; KIRCHER; ZDUN, 2004; PUDER; ROMER; PILHOFFER, 2005); padrões para design computação em nuvem (FEHLING et al., 2014; ERL; COPE; NASERPOUR, 2015) devem ser levados em consideração para o projeto da arquitetura:

- Dirigida a evento: uma arquitetura dirigida a eventos, ou EDA (*Event-Driven Architecture*), é um padrão de arquitetura de software que promove a produção, detecção, consumo e a reação a eventos. Uma arquitetura EDA permite que seus serviços, aplicativos e sistemas sejam construídos de uma forma que facilite a sua capacidade de resposta, porque são, por definição, mais normalizados para ambientes imprevisíveis e assíncronos;
- Assíncrona: como a comunicação é baseada em mensagens, ela deve ser assíncrona para garantir uma performance adequada aos seus serviços e aplicativos uma vez que todas as capacidades de *multithreading* podem ser utilizadas, ou seja, a execução de diversos processos em paralelo;

- Não Bloqueadora: uma arquitetura não bloqueadora (do inglês *Non-Blocking*) tem a capacidade de responder a eventos de maneira assíncrona, não ficando “presa” a um único processo ou demanda;
- Independente, Idempotente: quer dizer que múltiplas requisições ao mesmo recurso usando o método devem ter o mesmo resultado que teria uma requisição apenas;
- Baseado em Mensagem: é uma forma de comunicação muito utilizada em computação paralela, programação orientada a objetos e comunicação Inter processos. Neste modelo processos ou objetos podem enviar e receber mensagens (compreendendo zero ou mais bytes, estruturas de dados complexas, ou mesmo segmentos de código) para outros processos;
- Eventualmente Consistente: no caso de uma falha, o sistema se tornará consistente ao longo do tempo, desde que não recebe nenhuma entrada durante esse tempo.

4.4 Modelo de Referência: uCloud-MR

O modelo de referência de computação em nuvem é um modelo abstrato que caracteriza e normatiza as funções de um ambiente de computação em nuvem dividindo-o em camadas de abstração e funções transversais. O modelo proposto é baseado no modelo de referência do NIST (MELL; GRANCE, 2011), apresentado na Capítulo 3. O modelo agrupa as funções e atividades de computação em nuvem em cinco camadas lógicas e três camadas transversais, conforme mostrado na Figura 4.2.

As cinco camadas do uCloud-MR são: camada física, camada de virtualização, camada de controle, camada de orquestração de serviço e camada de serviços. Cada uma destas camadas especifica vários tipos de entidades que podem existir em um ambiente de computação em nuvem, tais como sistemas de computação, dispositivos de rede, dispositivos de armazenamento, software de virtualização, mecanismos de segurança, software de controle, software de orquestração, software de gestão, e assim por diante. O modelo também descreve as relações entre estas entidades.

As três camadas transversais são: continuidade de negócios, segurança e gerenciamento de serviços. Funções de continuidade de negócios e segurança especificam várias atividades, tarefas e processos que são necessários para oferecer serviços em nuvem confiáveis e seguros para os consumidores. A função de gerenciamento de serviços especifica várias atividades, tarefas e processos para permitir que a administração da infraestrutura e dos serviços em nuvem possam atender aos requisitos de negócios da companhia e as expectativas do consumidor.



Figura 4.2: Arquitetura do Modelo de Referência uCloud

4.4.1 Camadas do uCloud-MR

- I Camada Física: A camada física é a fundação da infraestrutura de nuvem, ela especifica as entidades físicas que operam nessa camada, tais como sistemas de computação, dispositivos de rede e dispositivos de armazenamento. Esta camada também especifica as entidades, tais como ambiente operacional, protocolos, ferramentas e processos que permitem que as entidades físicas desta camada desempenhe suas funções e sirvam a outras camadas da infraestrutura de nuvem;
- II Camada de Virtualização: A camada virtual é implantada sobre a camada física. Ele especifica as entidades que operam nessa camada, tais como software de virtualização, *pools* de recursos e recursos virtuais. O software de virtualização é responsável pelo compartilhamento dos recursos físicos a partir dos quais são criados recursos virtuais;
- III Camada de Controle: A camada de controle é responsável por realizar a configuração e o provisionamento do *pool* de recursos, atendendo solicitações da camada de orquestração e interagindo com a camada de virtualização. Esta camada também expõe recursos (físicos e/ou virtuais) através de interfaces de serviços expostas aos consumidores da nuvem;
- IV Camada de Orquestração: Especifica as entidades que podem operar nesta camada, como um software de orquestração. A função fundamental desta camada é fornecer *workflows* para a execução de tarefas. Um *workflow* refere-se a uma série de tarefas inter-relacionadas necessárias para execução de alguma regra de negócio. Com

base em um *workflow*, o software de orquestração interage com diversas entidades (de camada de controle, continuidade de negócios, segurança, e gerenciamento de serviço) para executar as tarefas de provisionamento necessárias.

- V Camada de Serviço: Especifica A função fundamental desta camada é a de armazenar e apresentar as informações sobre todos os serviços oferecidos aos consumidores de nuvem em um repositório. Um catálogo de serviços é um banco de dados de informações sobre os serviços em nuvem oferecidos pelo provedor de nuvem. O catálogo inclui uma variedade de informações, incluindo a descrição, tipo, custo, **SLAs** suportados, mecanismos de segurança, e assim por diante. Outra função fundamental desta camada é permitir que os consumidores de nuvem possam acessar e gerenciar os serviços em nuvem através do portal *self-service*. Além do catálogo de serviços, esta camada fornece uma interface para acessar e gerenciar as instâncias alugadas. As solicitações de provisionamento e de gestão são repassadas para a camada de orquestração, onde *workflows* são executados para cumprir as solicitações.
- VI Camada de Continuidade de Negócio: A camada transversal de continuidade dos negócios, ou **BC** (*Business Continuity*), especifica a adoção de medidas proativas e reativas permitindo que uma empresa mitigue o impacto do tempo de inatividade planejado e não planejado. Medidas proativas incluem atividades, tarefas e processos, tais como análise de impacto nos negócios, avaliação de riscos e tecnologia de soluções de implantação (como backup e replicação). Medidas reativas incluem atividades, tarefas e processos, tais como a recuperação e reinício de desastres no caso de uma falha no serviço.
- VII Camada de Segurança: A camada transversal de segurança especifica a adoção dos mecanismos administrativos e técnicos que podem atenuar ou minimizar as ameaças à segurança e proporcionar um ambiente de nuvem seguro. Mecanismos administrativos incluem políticas ou procedimentos. Mecanismos técnicos são geralmente implementados através de ferramentas ou dispositivos implantados na infraestrutura de TI, tais como *firewall*, detecção de intrusão, antivírus, entre outros. Governança, Risco e Conformidade (**GRC**) especificam os processos que ajudam uma organização no processo de garantir que seus atos são eticamente corretos e de acordo com o nível de risco que a organização opta por aceitar. Mecanismos de segurança devem ser implantados para atender aos requisitos de **GRC**.
- VIII Camada de Gerenciamento de Serviços: Especifica a adoção de atividades relacionadas com a gestão e operação de serviços. A adoção destas atividades permite que uma organização alinhe a criação e entrega de serviços em nuvem para atender seus objetivos de negócios e para atender as expectativas dos consumidores de serviços em nuvem. O gerenciamento dos serviços inclui a manipulação da configuração da

infraestrutura, provisionamento de recursos, resolução de problemas, capacidade, disponibilidade e cumprimento de conformidade. A gestão de operação de serviço também inclui serviços de monitoramento, permitindo que o provedor possa coletar informações relacionadas com o consumo e custo da geração de recursos.

4.4.2 Atores e Papéis do uCloud-MR

O modelo de referência proposto estabelece os seguintes atores e papéis:

- Provedor: organização da Administração Pública Federal (**APF**) responsável por gerenciar a infraestrutura de nuvem e fornecer recursos para as demais organizações;
- Administrador: usuário do provedor de nuvem que possui qualificação técnica (treinamentos e certificações) específica para poder gerenciar a infraestrutura de nuvem;
- Usuário ou Consumidor: todo usuário que utiliza a infraestrutura de nuvem, composta de servidores, camada de rede e armazenamento.

4.5 Especificação do Modelo de Referência uCloud-MR

O uso de computação em nuvem pela administração pública deverá ter sua contratação conforme a **IN-04** (Instrução Normativa 04, de 11 de setembro de 2014) - que normatiza a contratação de serviços de informática. A demanda será analisada conforme o Documento de Oficialização da Demanda (**DOD**) e podendo, ou não, causar um refinamento dos requisitos.

No escopo deste trabalho, podemos considerar como demanda os requisitos extraídos do processamento dos termos de referência de diversas licitações, conforme Apêndice **A**.

Os requisitos resultantes da análise da demanda foram apresentados e discutidos anteriormente na Seção **1.2**, de modo que pode-se utilizá-los como entrada para a especificação do modelo de referência. A Tabela **4.1** mostra quais camadas do modelo de referência são afetadas pelos requisitos, observando que estes requisitos estão diretamente relacionados a camadas transversais que afetam todo o modelo. Deste modo, apenas as camadas horizontais serão especificadas segundo os requisitos que as afetam.

Tabela 4.1: Camadas do Modelo de Referência Afetadas pelos Requisitos

	Física	Virtualização	Controle	Orquestração	Serviço
Provisionamento Automático				X	
Migração de Máquinas Virtuais			X		
Migração entre Storages			X		
Proteção de Dados e Backup			X		X
Alta Disponibilidade	X		X		
Tolerância à Falhas	X		X		
Gerenciamento de Recursos			X		
Gerenciamento Energético				X	
Gestão de Custos					X
Planejamento de Capacidade				X	
Recuperação de Desastres				X	
Suporte à Múltiplos Hypervisors				X	
Portal Self-Service					X
Rede Definida por Software				X	
Virtualização de Funções de Rede				X	
Plataforma de Orquestração				X	

4.5.1 Especificação da Camada Física

Em um ambiente de nuvem, normalmente utilizam-se servidores baseados na arquitetura x86 para construir a camada física. Onde, em cada servidor, é instalado software de virtualização (*hypervisor*) para permitir a criação de vários sistemas virtuais de computação, conhecidas como máquinas virtuais (**VMs**), cada uma capaz de executar seu próprio sistema operacional.

A escolha do tipo da plataforma computacional, conforme apresentado na Seção 2.2, deve ser baseada no melhor **TCO**, normalmente em 5 ou 3 anos, levando em consideração custos de aquisição (**CAPEX**), de operação (**OPEX**): que inclui custo de suporte, manutenção, consumo energético e de refrigeração.

Servidores torres não são utilizados em ambientes de produção de data centers, pois ocupam muito espaço, consomem muita energia e tornam o cabeamento lógico complexo. A preferência é por servidores rack, blades e, em alguns casos especiais, mainframes.

4.5.1.1 Requisitos

1. Plataforma deverá prover otimização da ocupação de espaços, o aumento dos recursos computacionais, uma maior eficiência no uso da energia elétrica e o aumento da capacidade de crescimento com alta disponibilidade:
2. **Fonte de Alimentação:**

- 2.1. deverá ser fornecido com a quantidade total de fontes suportadas com redundância $N+N$, onde N é a quantidade mínima de fontes chaveadas necessária para suportar o consumo de energia, sem a obrigatoriedade de que as fontes estejam em uma posição ou sequência lógica. As fontes de alimentação devem possuir o recurso de *hot-swap* ou *hot-plug*;
- 2.2. deve permitir que, no caso de falha de uma das fontes, as restantes consigam manter as condições elétricas e de potência adequadas para sustentar o funcionamento normal;
- 2.3. A tensão de alimentação deve ser de automática (trifásico) 220/110 ou 380V (trifásico);
- 2.4. Deverão ser fornecidos todos os cabos, acessórios e tomadas das Unidades de Distribuição de Energia necessárias à ligação, instalação e funcionamento.

3. Conectividade:

- 3.1. deverá ser configurado e fornecido com adaptadores de conectividade que disponibilizem comunicação, no mínimo, 10GE (Dez *Gigabit Ethernet*) e FC 8Gbps (*Fiber Channel*) ou com adaptadores convergentes FCoE;
- 3.2. Os adaptadores de conectividade *Gigabit Ethernet* e *Fiber Channel* ou convergentes a serem ofertados devem suportar o recurso de criação de interfaces virtuais pela solução de virtualização;
- 3.3. As interfaces de uplink *Gigabit Ethernet* deverão suportar os padrões:
 - IEEE 802.1q – VLAN;
 - IEEE 802.3ab - *Gigabit Ethernet*;
 - IEEE 802.3ad - *Link Aggregation*;
 - IEEE 802.3ae - *10 Gigabit Fiber Ethernet*;
 - *Jumbo Frames*;
 - *IP forwarding*;
 - *IP filtering com ACLs*;
 - VRRP;
 - Suporte a *static routes* ; e
 - Suporte *IGMP snooping e IGMP relay*.
- 3.4. As interfaces de uplink *Fiber Channel* deverão suportar os padrões:
 - Operar no modo NPIV;
 - Caso operem em modo switch, devem suportar os protocolos: F_Port (*Fabric Ports*), FL_Port (*Fabric Loop Ports*), N_Port (*For NPIV uplinks*) e E_Port (*Expansion Ports*);

- Suportar *Class 2, Class 3 e Class F (inter-switches)*;
- Suportar a Auto Negociação entre os padrões, de forma automática;

3.5. A solução de conectividade a ser fornecida deverá ser fornecida em pares, operando em configuração que implemente redundância ativo-ativo;

4.5.1.2 Recomendações para Alta Disponibilidade e Tolerância a Falhas

Sistemas de alta disponibilidade procuram minimizar duas coisas:

- Indisponibilidade do Sistema: ocorre quando um serviço não está disponível por um período máximo de tempo especificado.
- Perda de Dados: destruição de dados ou deleção de dados.

A maioria dos sistemas de alta disponibilidade garantem proteção para inatividade do sistema e perda de dados apenas para o caso de uma única falha. No entanto, é esperado uma proteção contra falhas em cascata, em que uma única falha se deteriora em uma série de falhas consecuentes:

Um aspecto crucial de alta disponibilidade é a eliminação de pontos únicos de falha, ou **SPOF** (*Single Points of Failure*). Um ponto único de falha é uma peça individual de hardware ou software que causará tempo de inatividade do sistema ou perda de dados no caso de falha. A fim de eliminar **SPOFs**, deve-se ter:

- Componentes de rede, como switches e roteadores;
- Aplicações e migração automática do serviço;
- Componentes de armazenamento;
- Serviços gerais, como energia, ar condicionado e proteção contra fogo;

No caso em que um componente falhe e um sistema de *backup* assuma sua carga, a maioria dos sistemas de alta disponibilidade irá substituir o componente o mais rápido possível para manter a redundância necessária.

Sistemas de alta disponibilidade tipicamente alcançam um percentual de disponibilidade de 99,99% ou mais, o que equivale a cerca de menos de uma hora de inatividade por ano. A fim de alcançar este objetivo, os sistemas de alta disponibilidade devem manter o tempo de recuperação após uma falha em torno de dois minutos, algumas vezes significativamente menor.

Os servidores devem possuir ventiladores e fontes de alimentação, redundantes e Hot-Pluggable; discos rígidos redundantes com possibilidade de troca a quente; no mínimo duas placas de rede 10GE, cada uma ligada a um switch diferente; duas HBA **FC** (*Fibre Channel*) de 8Gbs, cada uma ligada a switch diferente. As placas de rede e HBA FC podem ser substituídas por

placas convergentes **FCoE** (*Fibre Channel over Ethernet*) ou ainda por placas **CNA** (*Converged Network Adapter*) que se apresentam como o sistema operacional como uma placa de rede ethernet e uma HBA FC.

A solução de armazenamento deverá possuir ventiladores e fontes de alimentação, redundantes e *Hot-Pluggable*; discos rígidos redundantes com possibilidade de troca a quente. A solução deverá ser redundante permitindo a falha de discos no conjunto e falha de equipamento, sendo que um segundo equipamento com replicação constante deverá assumir.

Os switch e roteadores deverão possuir ventiladores e fontes de alimentação, redundantes e *Hot-Pluggable*. Todos os ativos de rede devem estar replicados numa configuração ativo/ativo com agregação de links, ou ativo/passivo com *failover* em caso de falha do equipamento primário, assim como devem ter mais de uma rota para acesso aos dispositivos que estão ligados;

Baseado nos estudos comparativos anteriores, a solução de blade mostrou-se a mais adequada para um ambiente de nuvem. Deste modo, a arquitetura proposta utiliza a topologia **EoR** (*End-of-Row*), ou “fim de linha”, para conexão entre os racks até os *switches* de agregação ou, dependendo do caso, diretamente nos *switches* core. Esta ligação é feita através de *uplinks* ópticos de 10Gb, 20Gb ou 40Gb com conexões redundantes e tecnologias de agregação de links, oferecendo deste modo velocidades bastante altas entre os *chassis* e *switches* de agregação/core.

A Figura 4.3 apresenta uma proposta para arquitetura de rede.

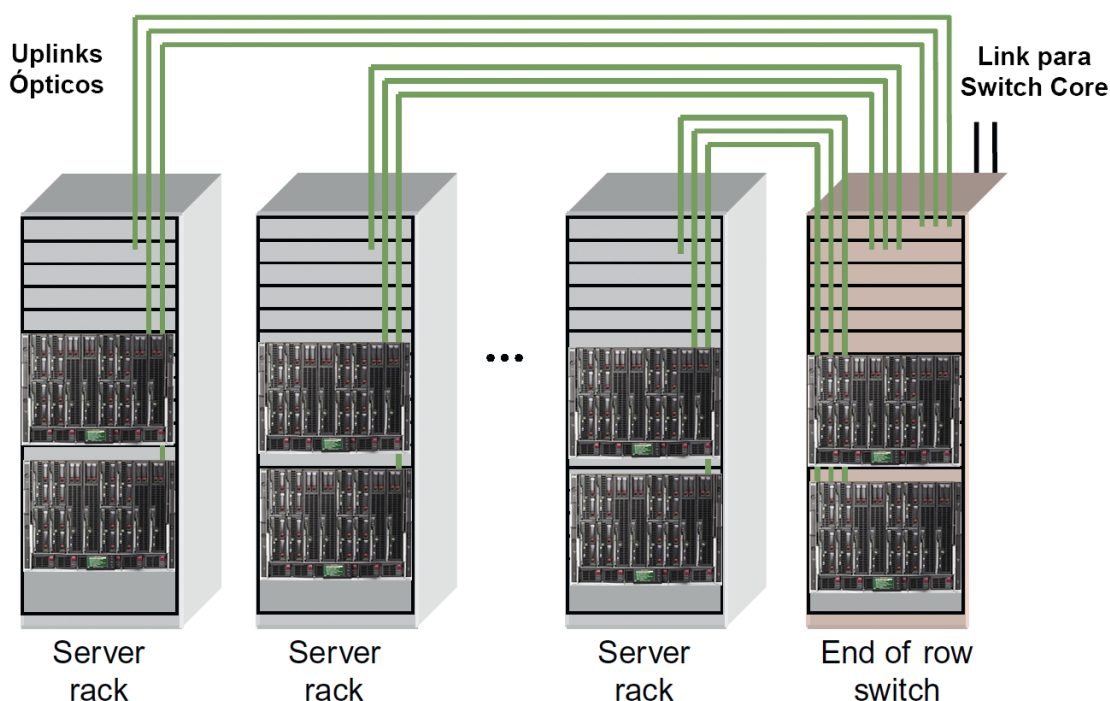


Figura 4.3: Arquitetura de Rede Proposta

As blades possuem módulos de interconexão internos onde todas as lâminas estão ligadas, dependendo da tecnologia utilizada pelo fabricante o tráfego “leste-oeste”, entre lâminas de um mesmo chassis, não sairá para as camadas de agregação ou core. Cada módulo de interconexão permite cascatear um chassis em outro independentemente dos *uplinks* e, mais

uma vez dependendo da tecnologia dos módulos de interconexão, o tráfego leste-oeste entre os servidores de blades diferentes não sairá para os *switches* de agregação/core.

Cada chassi pode ter mais de um tipo de módulos de interconexão, no mínimo são exigidos dois por questões de alta disponibilidade, onde cada servidor está ligado fisicamente via barramento interno nos dois módulos. Os módulos podem ser *ethernet* para LAN, *fibre channel* para SAN ou ainda infinity band (TRADE, 2015).

Para reduzir cabeamento e número de *switches* na rede, recomenda-se o uso de módulos convergentes, como por exemplo o *HP Virtual Connect Flex Fabric 20/40/F8*⁶ para os chassi HP da série c7000, onde cada módulo convergente *FlexFabric* fornece até oito conexões *downlink* ajustáveis (seis ethernet e duas fibre channel, ou seis ethernet e duas iSCSI ou oito ethernet) para os adaptadores *FlexFabric* 10Gb/20Gb em cada lâmina.

4.5.2 Especificação da Camada de Virtualização

A virtualização é a tecnologia base para computação em nuvem, pois permite utilizar os recursos de forma mais otimizada. Embora existam nuvens públicas que oferecem servidores físicos, como por exemplo a IBM Softlayer⁷, o mais comum é a oferta de máquinas virtuais na modalidade IaaS.

A definição da camada de virtualização deverá atender ao decreto 8135, no tocante ao uso de plataformas abertas. Deste modo, a seguir são detalhados os requisitos.

4.5.2.1 Requisitos

1. Compatibilidade com padrões de mercado: O software de virtualização deve ser compatível com as seguintes tecnologias:
 - 1.1. AMD-V RVI
 - 1.2. EM64T
 - 1.3. Hyperthreading
 - 1.4. iSCSI
 - 1.5. Intel EPT e/ou Intel-VT
 - 1.6. Multicore
 - 1.7. x86_66
 - 1.8. Large Memory pages
 - 1.9. Tecnologias de armazenamento SAN e NAS, suportando os protocolos FC, FCoE, iSCSI, NFS, SMB

⁶<http://goo.gl/vZQBAm>, Acesso em agosto de 2015

⁷<https://store.softlayer.com/configure>, Acesso em abril de 2015

2. Escalabilidade: O limite de máquinas virtuais gerenciáveis está diretamente relacionada com a quantidade de recursos computacionais disponíveis no data center e gerenciados pelos *hypervisor*, sendo possível ampliar e reduzir o número de máquinas virtuais suportadas apenas adicionando ou removendo mais hardware, respectivamente;
3. Gerenciamento de redes: Fornecer suporte às seguintes tarefas:
 - 3.1. Adicionar e remover placas de rede virtuais;
 - 3.2. Especificar a banda utilizada por cada máquina virtual;
 - 3.3. Permitir que os diferentes tipos de tráfego no data center (migração, gerenciamento, máquinas virtuais, armazenamento) utilizem agregação de links
 - 3.4. Permitir o balanceamento de tráfego através de mais de uma placa de rede física;
 - 3.5. Suporte à criação de VLANs;
 - 3.6. Suporte ao isolamento das máquinas virtuais;
 - 3.7. Suporte a Jumbo Frames;
 - 3.8. Suporte a múltiplas camadas (multipath), tolerante a falha (failover) e agregação de links (link aggregation)
4. Provisionamento de recursos virtuais: Permitir a criação de máquinas virtuais com:
 - 4.1. Adicionar mais de um disco virtual, assim como estender o tamanho dos discos já existentes
 - 4.2. Criação através de interface gráfica ou **CLI** (*Command Line Interface*) de switches virtuais,
 - 4.3. Mais de CPU virtual
 - 4.4. Mais de uma placa de rede virtual
 - 4.5. Provisionamento de discos virtuais sob demanda (*lazy*), alocando apenas o que for utilizado pela máquina virtual, e sob reserva fazendo uma pré-alocação do tamanho total do disco rígido.
 - 4.6. Suporte a mais de uma HBA FC virtual através de Raw Device Mapping
 - 4.7. Suporte à clonagem de máquinas virtuais
 - 4.8. Suporte à criação de máquinas virtuais com os seguintes sistemas operacionais:
 - 4.8.1. Windows Server versões 2003 R2 e posteriores

- 4.8.2. RedHat Enterprise Linux versões 4 e posteriores
- 4.8.3. Oracle Enterprise Linux versões 4 e posteriores
- 4.8.4. Suse Linux Enterprise Server versões 9 e posteriores
- 4.8.5. Ubuntu versões 9 e posteriores
- 4.8.6. CentOS versões 4 e posteriores
- 4.8.7. Debian versões 4 e posteriores
- 4.8.8. FreeBSD versões 4 e posteriores
- 4.8.9. Fedora versões 9 e posteriores
- 4.8.10. SUSE Linux 9 e posteriores

4.5.3 Especificação da Camada de Controle

A camada de controle inclui software de controle que é responsável pela gestão e controle dos recursos de infra-estrutura de nuvem, permitindo o provisionamento de recursos virtuais para a criação de serviços em nuvem. A camada de controle pode ser implementada na parte superior da camada virtual ou no topo da camada física.

Esta camada recebe pedido das camadas de serviço e orquestração e interage com os recursos virtuais e físicos para provisionar de recursos de TI. Quando um consumidor iniciar uma solicitação de serviço (VM com 4 GB de RAM e 500 GB de armazenamento), com base no fluxo de trabalho definido pela camada de orquestração para este serviço, a camada de controle irá provisor os recursos necessários para cumprir a solicitação de serviço.

Esta camada também expõe os recursos (físicos e/ou virtuais) para dar suporte à camada de serviço, onde as interfaces de serviços em nuvem estão expostos aos consumidores.

As principais funções da camada de controle incluem a configuração, provisionamento e monitoramento de recursos.

4.5.3.1 Requisitos

1. Agendamento de Tarefas: Permite realizar agendamento de tarefas administrativas, tais como: migração de máquinas virtuais entre servidores físicos, migração de máquinas virtuais de um equipamento de armazenamento (storage) para outro, criação de máquinas virtuais, ligar/parar/desligar/suspender máquinas virtuais.
2. Alta disponibilidade: A plataforma fornece suporte à alta disponibilidade oferecendo detecção automática de falhas de servidor, acionando a reinicialização automática das máquinas virtuais sem qualquer intervenção humana. Possibilidade de criar grupos de máquinas virtuais que devem ser reiniciadas juntas no caso de uma falha de servidor físico ou definição de regras que impeçam que determinadas máquinas virtuais sejam reiniciadas no mesmo servidor físico.

3. Compatibilidade com Camada de Virtualização: deverá ser compatível e operar integrado à camada de virtualização conforme requisitos da Seção 4.5.2
4. Backup e Proteção de Dados: Fornecer backups dos arquivos das máquinas virtuais de modo eficiente eliminando blocos duplicados, utiliza estratégias de replicação otimizada distribuindo os dados na LAN e WAN. Possibilita uma recuperação rápida e oferecendo proteção em casos de desastre, além de:
 - 4.1. Permitir que ferramentas de backup realizem backup e recuperação incrementais, diferenciais e de imagem completa de máquinas virtuais para os SO Linux e Windows centralizado sem agentes. O backup passa a ser feito na camada de virtualização, o gerenciamento é feito por serviço de backup eliminando o peso do backup sobre os servidores físicos ou máquinas virtuais.
 - 4.2. Deve permitir realizar o backup de imagens de múltiplas máquinas virtuais.
5. Controle de Acesso: Possuir suporte ao protocolo LDAP para integração do mecanismo de autenticação com o OLDAP (*Open LDAP*) e AD (*Active Directory*) da Microsoft, assim como suporte ao protocolo Radius. O acesso às funcionalidades deverá ser controlado por usuário e grupos de usuários, sendo possível definir permissões por usuário ou grupo;
6. Escalabilidade: A plataforma possui uma arquitetura escalável para suportar várias conexões administrativas simultâneas, estando limitada apenas aos recursos físicos do servidor no qual está executando, bastando aumentar a capacidade do hardware para suportar mais conexões. A quantidade de máquinas virtuais gerenciadas também está relacionada ao suporte da solução de virtualização utilizada, de modo que a plataforma poderá gerenciar dezenas, centenas, milhares de máquinas virtuais.
7. Gerenciamento Centralizado: Todo o gerenciamento da plataforma, através de diversos módulos, é realizado através de um console central de modo a fornecer uma visão global de tudo que a plataforma está gerenciando.
8. Gerenciamento de Recursos: Aumento da eficiência operacional do data center por meio da otimização automática de recursos visando a uma melhor utilização do hardware dos servidores. Possibilidade da criação de políticas de afinidade entre as máquinas virtuais e priorização de recursos em caso de concorrência de recursos, executando migração de máquinas virtuais para atender às políticas especificadas. O gerenciamento de recursos é embasado em análises estáticas de dados coletados da monitoração dos servidores e máquinas virtuais;

9. Migração de Máquinas Virtuais: Permitir a migração de máquinas virtuais entre diferentes servidores físicos para fins de manutenção, balanceamento de carga e ou upgrades, sem desligamento da máquina virtual e sem interrupção do serviço.
10. Interface web: Permitir o acesso ao gerenciamento da plataforma através dos *browsers* Firefox e Chrome, executando independente de sistema operacional

4.5.4 Especificação da Camada de Orquestração

Orquestração de serviços refere-se à automatização da coordenação e gestão dos diversos sistemas ou componentes em uma infraestrutura de nuvem para fornecer e gerenciar serviços de nuvem. Orquestração de serviço não está apenas associado com um sistema específico. Em vez disso, ela pode abranger diversos sistemas.

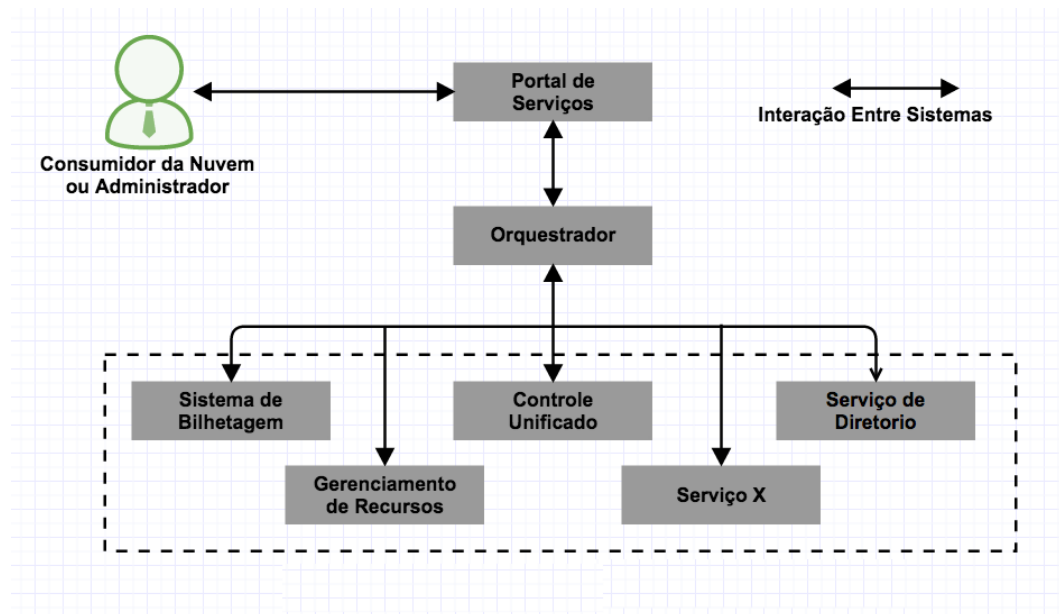


Figura 4.4: Processo de Orquestração

Fonte: Adaptação de (EMC, 2014)

A integração de sistemas é a conexão de várias sistemas ou componentes, que são essenciais para a realização de provisionamento e gerenciamento de serviços. O orquestrador, conforme mostrado na Figura 4.4, fornece a capacidade de integração de sistema. O orquestrador permite definir fluxos de trabalho que integram logicamente vários sistemas para automatizar o provisionamento e gerenciamento de serviços em nuvem. Um portal de serviço recebe requisições dos usuários e encaminha para o orquestrador. O orquestrador, por sua vez, interage com os sistemas adequados, baseados em fluxos de trabalho pré-definidos, coordenando a sequência da execução desses sistemas, e atualiza o portal com informações do serviço atualizadas.

Orquestração de serviços oferece vários benefícios. Alguns dos principais benefícios estão listados abaixo:

- **Otimização do Tempo de Provisionamento:** Reduz o tempo necessário para aprovar, configurar, integrar e provisionar recursos através da coordenação de vários sistemas;
- **Eliminação de Erros Manuais:** A abordagem manual para o gerenciamento de serviços está sujeita a erros, tornando-se difícil de auditar. A Orquestração de serviços automatiza a coordenação das funções do sistema, o que elimina o risco de erro humano.
- **Redução das Despesas Operacionais:** A orquestração de serviços reduz o custo de administração através de automação fim-afim do provisionamento de serviços e, conseqüentemente, diminui o custo da prestação de serviços em nuvem.
- **Simplifica o Gerenciamento de Infraestrutura de Nuvem:** Atividades repetitivas e comuns de gerenciamento manual são orquestrados em um ambiente de nuvem. A redução de atividades manuais simplifica a administração de recursos de infraestrutura e serviços.

Embora algumas etapas manuais (realizadas por administradores de nuvem) possam ser necessárias ao processar uma solicitação de provisionamento de serviços, provedores de serviços estão buscando automatizar essas funções, tanto quanto possível.

4.5.4.1 Requisitos

1. **Auditoria:** Disponibilizar informações de auditoria relativas aos acessos e operações realizadas permitindo a exportação dos dados em, no mínimo, 03 (três) formatos compatíveis com padrão e-ping⁸.
2. **Controle de Acesso:** Possuir suporte ao protocolo LDAP para integração do mecanismo de autenticação com o OLDAP (*Open LDAP*) e AD (*Active Directory*) da Microsoft, assim como suporte ao protocolo Radius. O acesso às funcionalidades deverá ser controlado por usuário e grupos de usuários, sendo possível definir permissões por usuário ou grupo;
3. **Continuidade de Negócios:** A solução permitirá a migração manual, automática ou agendada de máquinas virtuais, ou de data centers virtuais, em caso de uma parada do servidor para manutenção, balanceamento de carga ou atualizações de um servidor para outro. Em caso de uma falha do servidor físico em que um servidor fique inativo, todas as máquinas virtuais serão migradas automaticamente para outros servidores, sendo possível a definição de prioridades na reativação das máquinas virtuais. Possuir suporte às tecnologias *Storage Area Network* (**SAN**) de modo a suportar migração de máquinas virtuais entre equipamentos de armazenamento (storages);

⁸<http://goo.gl/icwVix>

4. Data Centers Virtuais: A solução deverá abstrair a criação de máquinas virtuais através do agrupamento em data centers virtuais permitindo o desenho utilizando diagramas e representações gráficas para máquinas virtuais e demais ativos de rede;
5. Fluxos de Trabalho: Permitir a criação de fluxo de trabalhos, ou *workflows*, para automação e orquestração dos processos de virtualização.
6. Independência da solução de virtualização: A solução deverá possuir integração com Citrix XenServer 6.5 e/ou versões posteriores, VMware vSphere 6.0 e/ou versões posteriores, Openstack Kilo e/ou versões anteriores;
7. Integração com Nuvens Públicas: Possuir suporte à **APIs** de nuvens públicas para, através de uma canal seguro, permitir o gerenciamento de recursos virtuais localizados externamente à nuvem privada.
8. Gerenciamento de Rede Avançado: Possuir suporte à virtualização de funções de rede, permitindo a entrega de serviços como **FWaaS** (*Firewall as a Service*), **LBaaS** (*Load Balancer as a Service*), **VPNaaS** (*VPN as a Service*). Além de fornecer suporte à **SDN** (*Software-Defined Networking*), para a criação de redes definidas por software onde o usuário possa especificar os ativos virtuais de sua rede, tais como *switches*, roteadores e endereçamento IP;
9. Gerenciamento Energético: Possibilitar uma melhor eficiência energética através da consolidação de cargas de trabalho de servidores ociosos, obedecendo um limite da carga máxima, de modo a colocar estes servidores em *standby* para economia de energia;
10. Segurança: Armazenar os dados de acesso ao mesmo (senhas e dicas de senha) utilizando criptografia de no mínimo 128bits;
11. Interface Web: Permitir o acesso ao gerenciamento da plataforma através dos *browsers* Firefox e Chrome, executando independente de sistema operacional;
12. Planejamento de Capacidade: Analisar o ambiente virtualizado para prover:
 - 12.1. Definir prioridade de reinicialização de máquinas virtuais durante a restauração das operações;
 - 12.2. Fazer análise, planejamento e predição de capacidade do ambiente de virtualização;
 - 12.3. Identificar hosts de virtualização estressados e subutilizados;
 - 12.4. Monitorar os processos automatizados de cópia e alertar usuários de possíveis falhas através de traps SNMP V.3 ou envio de e-mail;

- 12.5. Realizar a análise de performance através de relatórios que demonstrem máquinas virtuais sobrecarregadas, subutilizadas e desligadas;
 - 12.6. Simular a adição e remoção de novo hardware físico, estimando a capacidade futura do ambiente, podendo planejar quando novos recursos de hardware deverão ser adquiridos;
 - 12.7. Simular a adição e remoção de novas máquinas virtuais, analisando a capacidade futura do ambiente, podendo planejar quando novos recursos de hardware deverão ser adquiridos;
 - 12.8. Traçar tendências por meio de avaliações do uso dos recursos computacionais existentes e poder estimar em que momento a demanda por recursos atingirá o limite.
13. Provisionamento Automático: Durante a criação de máquinas virtuais deverá ser permitido a instalação automatizada do sistema operacional e aplicativos de forma dinâmica sem o uso de *templates*;
14. Recuperação de Desastres: Permitir a automatização da recuperação do ambiente em caso de falha do data center:
- 14.1. Orquestrar a parada de um grupo de máquinas virtuais no site primário e a subida das máquinas virtuais no site backup, a partir de um único comando;
 - 14.2. Permitir que, finalizada a manutenção ou o incidente no site primário, sejam retornadas as máquinas virtuais ao site principal, de forma automática;
15. Tecnologias Abertas: Utilização de tecnologias abertas (*open source*) como a linguagem de programação Java e uso/extensão das APIs públicas das soluções de virtualização suportadas;

4.5.5 Especificação da Camada de Serviços

Serviços em nuvem são recursos de TI “empacotados” pelos prestadores de serviços que são oferecidos aos consumidores. Uma vez que os recursos de TIC são provisionados e configurado, o serviço é instanciado. O serviço instanciado é chamado de uma instância de serviço. A Figura 4.5 apresenta um exemplo de serviço de nuvem.

O serviço compreende dois servidores de aplicação, um servidor de banco de dados e um balanceador de carga - todos eles são hospedados em máquinas virtuais (VMs). Duas VLANs estão configurados para interligar esses VMs de forma adequada. O balanceador de carga distribui conexões de clientes em ambos os servidores de aplicação. Os servidores de aplicação acessam o servidor de banco de dados para armazenar e recuperar dados durante o processamento de solicitações de seus clientes.

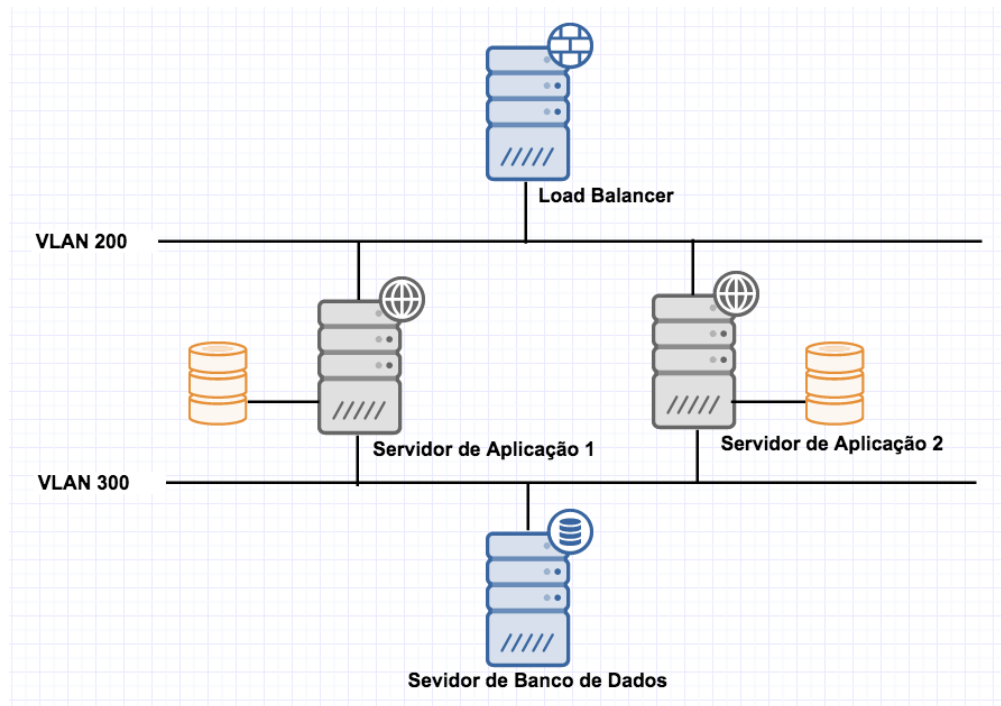


Figura 4.5: Exemplo de um Serviço de Nuvem

A especificação desta camada é feita pela especificação dos subsistemas que a compõem, detalhados a seguir:

4.5.6 Especificação do Portal de Serviço

O portal de serviços é uma interface de auto-atendimento (*self-service*) através da qual um consumidor pode monitorar, modificar, iniciar e parar instâncias de serviços alugados sem interação manual com o provedor de serviços. O portal também é acessado pelos administradores para gerenciar a infraestrutura e o ciclo de vida de serviços em nuvem. O portal de serviços fornece acesso aos recursos do ambiente de nuvem por meio de um catálogo de serviços.

4.5.6.1 Requisitos

1. Permitir a criação de classe de serviços, definindo propriedades no SLA, tais como:
 - 1.1. Tipo de armazenamento
 - 1.2. Alta disponibilidade
 - 1.3. Tolerância a falhas
 - 1.4. Política de backup
 - 1.5. Política de snapshot
 - 1.6. Largura de banda

2. A solução deverá permitir o acesso à solução de nuvem por meio de uma interface web compatível com os navegadores Firefox e Chrome.
3. Permitir que usuários finais da infraestrutura criem máquinas virtuais dentro de sua organização, permitindo escolher essa máquina virtual partir de um modelo pré-definido e com sistema operacional e softwares aplicativos pré-instalados.
4. Permitir que o usuário final da infraestrutura possa gerenciar o ciclo de vida de suas máquinas virtuais, controlando a criação, inicialização, parada e remoção da máquina virtual.
5. A solução deve permitir criar de datacenters virtuais, isolados e contidos para cada usuário, que incluam capacidades de recursos computacionais, armazenamento e rede, possibilitando a completa separação entre o consumo dos serviços de infraestrutura e a camada de hardware.
6. A solução deve permitir fazer uma reserva física de hardware (servidores, espaço para armazenamento e pool de endereço ips) onde um determinado usuário, ou grupo de usuários, irão criar suas máquinas virtuais.
7. Permitir, de forma simplificada, a entrega de endereços IP públicos de um pool previamente definido à máquina virtual.
8. Permitir, de forma simplificada, que o usuário defina o seu próprio range de endereçamento IP privado.
9. Permitir que usuários finais escolham o tipo de armazenamento apropriado, de acordo com o nível de serviço (SLA).
10. Permitir que usuários finais consigam de forma autônoma provisionar máquinas virtuais com SOs básicos a partir de um catálogo (menu) de opções.
11. Permitir que usuários finais consigam de forma autônoma provisionar máquinas virtuais especializadas baseado em imagens padrões a partir de um catálogo (menu) de
12. Permitir o acesso ao console das máquinas virtuais, através de um navegador web sem a necessidade de uma solução especializada de serviço de terminal.
13. Permitir o controle da quantidade de recursos computacionais (processador e memória) e armazenamento alocado ao usuário final com o modelo de alocação apropriado (pagar pelo uso, alocado ou reservado).

14. Permitir a emissão de relatórios de alocação dos recursos e exportação de dados em, no mínimo, 03 (três) formatos compatíveis com padrão e-ping⁹).

4.5.7 Especificação da Solução Gestão de Custos

O Ambiente de Nuvem deve ser possível identificar o quanto cada usuário da está consumindo de recursos e quanto está custando financeiramente.

Inicialmente deve-se extrair os recursos virtuais que serão ofertados pelo ambiente de nuvem e como podem ser precificados.

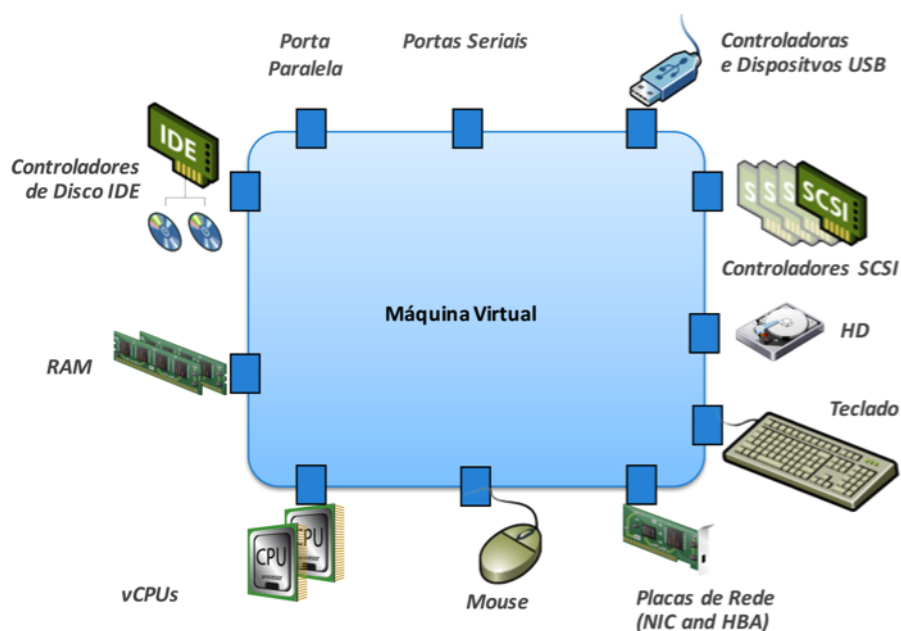


Figura 4.6: Recursos Virtuais

Dentre os recursos mostrados na Figura 5 apenas alguns podem ser utilizados para o cálculo do custo, pois impactam diretamente na aquisição de hardware físico:

- vCPU: processadores virtuais;
- RAM: memória virtual;
- HD: disco rígido virtual.

A partir do que foi gasto na aquisição de hardware e no seu consumo energético, a plataforma deve ser capaz de estimar o custo unitário por hora ou mês de cada um dos três recursos.

⁹<http://goo.gl/icwVix>

4.5.7.1 Requisitos

1. A solução de controle e gestão de custos deverá ser compatível e operar integrado ao software de gerenciamento de nuvem.
2. A solução deve possuir console de administração web compatível com os navegadores Firefox e Chrome.
3. Permitir a criação de modelos de custos reutilizáveis.
4. Deverá permitir a associação entre modelo de custos e usuários, ou grupo de usuários.
5. Deverá permitir a criação de grupo de usuários.
6. Permitir criar políticas de cobranças flexíveis, tais como: custo fixo, baseado em alocação, baseado em utilização ou a combinação desses.
7. Permitir criar custos não variáveis possibilitando endereçar a realidade do datacenter, sendo:
 - 7.1. Custos fixos: adicionar custos fixos à hierarquia contabilizando atributos não computacionais (ex: licenças de software, energia/refrigeração, custos customizados).
 - 7.2. Fatores de multiplicação (peso): Contabilizar pelo uso de servidores ou storage high-end ou altos níveis de acordo de serviço (SLA).
 - 7.3. Custos pontuais: cobrar por custos pontuais como overhead na criação de uma máquina virtual.
 - 7.4. Taxas de excesso: permitir que os usuários utilizem mais do que a capacidade contratada aplicando cobranças diferenciadas.
 - 7.5. Distribuição de custos: compartilhar custos de uma máquina virtual em diferentes departamentos.
8. Permitir visibilidade de custos da infraestrutura gerenciada através da análise e geração de relatórios simplificados, listados abaixo:
 - 8.1. Relatórios de custos: relatórios de resumo e comparação dos custos e utilização dos recursos para um período específico.
 - 8.2. Modelos de relatórios customizados: customização do cabeçalho, rodapé, logo, entre outros.
 - 8.3. Entrega dos relatórios: arquivar, agendar, enviar por e-mail e permitir a exportação dos dados em, no mínimo, 03 (três) formatos compatíveis com padrão e-ping¹⁰ com visualizar através de uma interface web.

¹⁰<http://goo.gl/icwVix>

8.4. Relatórios das máquinas virtuais mais caras: entender os grandes consumidores do datacenter.

9. Permitir contabilizar consumo de usuários finais no ambiente de nuvem, sendo:

9.1. Medir recursos gerenciados pela solução de nuvem descrita nesta especificação, integrando-se aos modelos de cobrança criados pela solução do portal de serviços.

9.2. Permitir visualização imediata das organizações e datacenters virtuais criados pela solução.

9.3. Permitir criar regras e permissões customizadas de acesso.

10. Capacidade de suportar:

10.1. Pelo menos 300 (trezentas) conexões administrativas simultâneas.

10.2. O gerenciando pelo menos 1000 (mil) máquinas virtuais rodando simultaneamente

4.5.7.2 Estimativa de Custos

Supondo um data center com um chassi blade e dezesseis servidores HP BL460c Gen8 E5-2680 Dual Xeon 10 cores 256GB, resultando em 320 cores com a possibilidade de virtualizar 640 máquinas virtuais (1 VM por thread). Adicionalmente tem-se um storage SAN HP 3PAR StoreServ 7200 com 144 TB de capacidade.

Tabela 4.2: Bens e Serviços da Solução

Item	Descrição	UN (R\$)	QTDE	Total (R\$)
01	Rack HP 642 1075mm Pallet Intelligent Rack	9.910,00	1	9.910,00
02	Chassi Blade HP c700. Alimentação: 6 x 2650W Platinum 220V - IEC 320 C20 - C19; Interconexão: 04 HP BLc VC FlexFabric-20/40 F8 Convergente, 08 HP BLc 10G SFP+ SR Transceiver, 08 HP 8Gb Short Wave B-Series SFP+ 1 Pack; 10 FANs; 2 Onboard Administrator; Garantia HP 5 anos 6 horas CTR Pro-active Care SVC. Serviço de Instalação, Configuração e Treinamento.	142.790,00	1	142.790,00

Continua na próxima página

Tabela 4.2 – Continuação da página anterior

Item	Descrição	UN (R\$)	QTDE	Total (R\$)
03	Servidor Blade HP BL460c Gen8 E5-2680 Dual Xeon 10 cores, HP 300GB 6G SAS 10K 2.5in, HP FlexFabric 10Gb 2P 554FLB FIO Adptr , HP Raid 1 Drive 1 FIO, HP BLc VC Flex-10 Enet Module, HP BLc 10Gb SR SFP+	56.802,02	16	864.000,00
04	Memória RAM HP 16GB 2Rx4 PC3-12800R-11 Kit	1.506,13	256	385.569,28
05	Software de Gerenciamento HP Insight Control; Suporta a quantidade de servidores do Chassi C7000; HP 5 anos SW Proactive Care SVC	28.000,00	1	28.000,00
06	Storage SAN HP 3PAR StoreServ 7200 144 TB de capacidade	504.459,76	1	504.459,76
Custo Total				1.934.729,04

A partir da solução da Tabela 4.2 pode-se extrair o valor individual de cada um dos recursos virtuais que servirão de base para estimar o custo médio das máquinas virtuais.

Tabela 4.3: Preço de Recursos Virtuais em Relação à Aquisição

Preço da solução de hardware	R\$ 1.934.729,04
Preço da solução sem memória RAM	R\$ 1.549.159,76
Preço da solução de armazenamento	R\$ 504.459,76
Quantidade de U's por chassi	10
Quantidade de lâminas por chassi	16
Quantidade de sockets por lâmina	2
Quantidade de cores por socket	10
Quantidade de cores por Lâmina	20
Total de cores por chassi	320
Total de vCPU por core	2
Total de vCPU por lâmina	40
Total de vCPU por chassi	640
Total de memória RAM por lâmina	256 GB
Média de memória RAM por core	12,8 GB
Média de memória RAM por vCPU	6,4 GB
Total de memória RAM por chassi	4.096 GB

Continua na próxima página

Tabela 4.3 – Continuação da página anterior

Total de espaço da solução	144 TB
Preço médio de 1 Core	R\$ 3.264,69
Preço médio de 1 vCPU	R\$ 1.632,34
Preço médio de 1GB RAM	R\$ 94,13
Preço médio por TB de HD	R\$ 3.503,19
Preço médio por GB de HD	R\$ 3,42

A partir dos custos da Tabela 4.3, podemos estimar o preço média de uma máquina virtual com 1 vCPU (R\$ 1.632,34) 1 GB RAM ($1 * R\$94.13$) e 100 GB de HD ($100 * R\3.42) como sendo R\$ 2.068,47. Este custo representa apenas o custo de aquisição, não sendo levado em consideração o custo de operação (por exemplo, consumo elétrico) . A partir de valores extraídos do software de simulação de carga *HP Power Advisor* e valores de tarifas praticas pela Companhia Energética de Pernambuco (CELPE) (Apêndice C.6), foi possível estimar o valor dos recursos básicos que compõem uma máquina virtual conforme apresentado na Tabela 4.4.

Tabela 4.4: Estimativa do Custo Mensal Operacional

Consumo energético da solução de hardware	4,92 kW/h
Consumo de refrigeração da solução de hardware	16444 BTU/h
Consumo energético por GB da solução de hardware	0,24 kW/h
Consumo de refrigeração por GB da solução de hardware	0,81 BTU/h
Consumo energético da solução de armazenamento	2,950 kw/h
Consumo de refrigeração da solução de armazenamento	9816 BTU/h
Custo total elétrico mensal da solução de hardware	R\$ 61.183,34
Custo total elétrico mensal da solução de armazenamento	R\$ 36.599,49
Capacidade de armazenamento da solução de armazenamento	144 TB
Quantidade de vCPU na solução de hardware	640
Quantidade de RAM na solução de hardware	2048 GB
Quantidade média de RAM por vCPU	3,2 GB
Custo energético mensal por TB de HD	R\$ 254,16
Custo energético mensal por GB de HD	R\$ 0,25
Custo energético mensal por vCPU	R\$ 95,60
Custo energético mensal por GB de RAM	R\$ 3,00

Utilizando os valores da Tabela 4.4 podemos calcular o custo de operação mensal de uma máquina virtual com 1 vCPU (R\$ 95,60) 3.2 GB RAM ($3.2 * R\$3,00$) e 100 GB de HD ($100 * R\$0,25$) como sendo R\$ 130,21 ou R\$ 4,34 por dia ou R\$ 0,181 por hora. O custo enérgico por GB de RAM foi estimado a partir do software *HP Power Advisor* levando em consideração consumo energético e dissipação de calor, obtido através da diferença dos valores de consumo das lâminas com 256GB de RAM e lâminas sem memória RAM.

4.5.8 Requisitos para Plataforma de Proteção de Dados e Backup

1. Acesso via dispositivos móveis: Acesso aos arquivos vias plataformas móveis, por exemplo Android e IOS, via *tablets* e *smartphones*.
2. Tolerância a Falhas: Atuar de forma distribuída possuindo a capacidade de independência de falhas entre unidades de armazenamento.
3. Compartilhamento de arquivos: um usuário pode compartilhar facilmente uma pasta de trabalho ou um arquivo com os demais usuários.
4. Criptografia e privacidade: Utiliza um mecanismo de encriptação (cifragem) que garantam a confidencialidade e integridade dos dados.
5. Escalabilidade: Permitir a agregação dinâmica de unidades de armazenamento de forma que se possa configurar uma unidade de armazenamento maior.
6. Gerenciamento Centralizado: Possuir interface de gerenciamento centralizada com a capacidade de definição de perfis de backup podendo definir, por exemplo, quais as extensões dos arquivos a serem salvos.
7. Interface web: Permitir o acesso ao gerenciamento da plataforma através dos *browsers* Firefox e Chrome, executando independente de sistema operacional.
8. Interoperabilidade e Protocolos: Prover protocolos diferentes de acesso para uma maior interoperabilidade com a nuvem de dados como, por exemplo, iSCSI, NFS, SMB.
9. Políticas de Segurança e Posse dos Dados: Funcionar em ambiente privado onde os dados salvos podem ser replicados, possuindo desta forma uma cópia local e outra cópia em um ponto remoto.
10. Sincronismo de dados em diretórios: Fazer o backup e restauração dos diretórios desejados, atendendo as limitações de quota e espaço de armazenamento.
11. Sistema de Quotas: Definição de quotas por usuários e/ou grupo de usuários.

12. Suporte à criação de pastas virtuais: Possuir a capacidade de criação de uma pasta na qual o usuário salva os seus dados e estes são automaticamente salvos no sistema de backup.
13. Tecnologias Abertas: Utilizar tecnologias abertas de acordo com o decreto 8135.
14. Versionamento: Manter versões dos arquivos à medida que os mesmos vão sendo atualizados.

4.6 Considerações Finais

Este capítulo apresentou um modelo de referência para implantação de nuvens privadas na administração pública. Em primeiro lugar, foi apresentada a metodologia a ser utilizada como guia de referência para implantação de nuvens privadas. Em segundo lugar, foram definidas as metas e os padrões de projeto utilizadas para definição. Em terceiro lugar, é foi feita a proposição de uma arquitetura em camadas para o modelo de referência e o detalhamento de cada uma das camadas do modelo de referência.

O próximo capítulo apresentará uma proposta de validação do modelo de referência baseada na implementação de uma plataforma para o provisionamento de data center como serviço e na execução de experimento real para validar a implementação da plataforma.

5

Modelo de Referência uCloud-MR na Administração Pública Federal

Missão dada, parceiro, é missão cumprida!
—CAPITÃO NASCIMENTO (Tropa de Elite)

Um ambiente de nuvem oferece computação, armazenamento, rede, virtualização e componentes de gerenciamento em um único pacote. A implantação de um ambiente de nuvem pode enfrentar problemas devido à falta de flexibilidade e compatibilidade das soluções de diferentes fornecedores, em alguns casos exigindo a substituição de todo o conjunto de software que já foram adquiridos pelas instituições e obrigando o uso de toda a pilha de produtos. Isso criou uma demanda por soluções convergentes que permitam a escolha dos componentes de infraestrutura de vários fornecedores, tais como dispositivos de rede, sistemas de computação, e *hypervisors* para esta solução.

5.1 Introdução

Tendo por base o modelo de referência apresentado no Capítulo 4, a Figura 5.1 apresenta um refinamento da arquitetura proposta.

Observa-se que o software de orquestração e o portal de serviços são o ponto chave para a implementação desta arquitetura, pois o software de virtualização e recursos físicos seguem padrões de mercado e as recomendações do modelo.

Deste modo, a validação do modelo será feita através da implementação de um conjunto de ferramentas para atender aos requisitos do modelo, assim como a execução de um estudo de caso para avaliar o atendimento aos requisitos propostos.

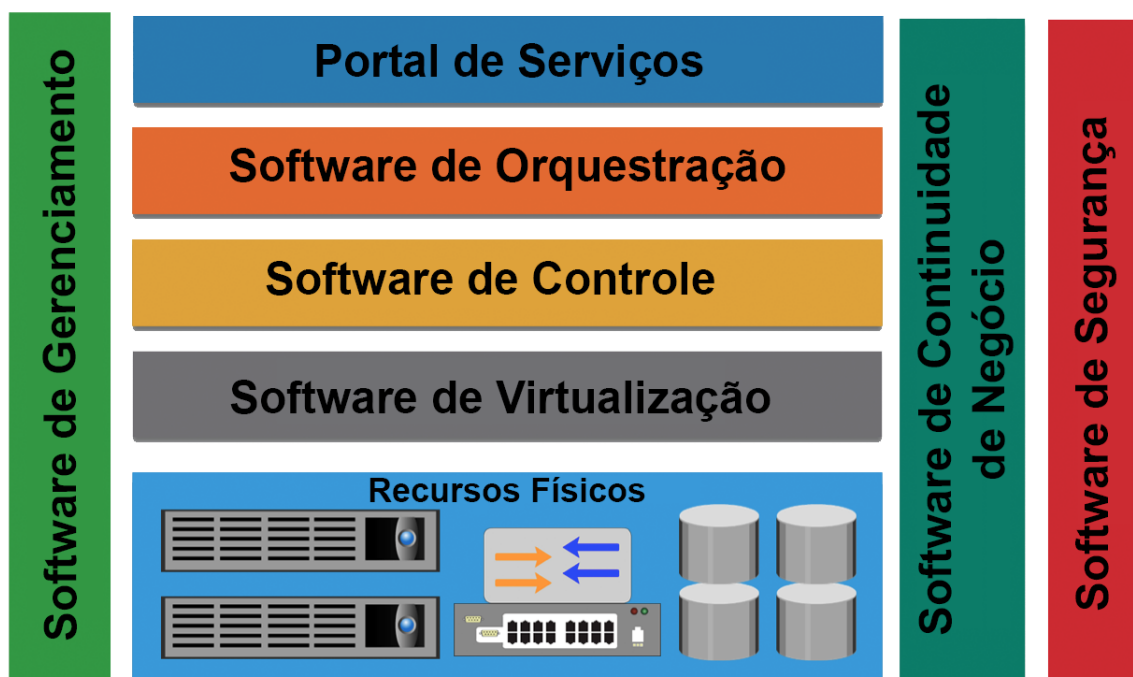


Figura 5.1: Refinamento da Arquitetura do Modelo de Referência

5.2 Data Center Como Serviço

O termo data center como serviço (**DCaaS** - *Data Center as a Service*), também conhecido como data center definido por software, ou **SDDC** (*Software-Defined Data Centers*), é uma visão computacional para a infraestrutura de **TIC** que estende os conceitos de virtualização para automatizar todos os recursos e serviços do data center. Num ambiente de data center como serviço todos elementos da infraestrutura - redes, armazenamento, CPU e segurança - são virtualizados e entregues como um serviço.

Neste contexto introduzimos o termo data center virtual, ou **VDC** (*Virtual Data Center*), como sendo uma abstração dos recursos virtualizados de um determinado usuário do ambiente de nuvem, sendo que cada **VDC** está isolado de outros usuários tendo em vista que estão usando um ambiente multi-inquilino, ou *multi-tenant*.

Para possibilitar a entrega de **DCaaS** no ambiente de nuvem proposto, foi desenvolvida uma série de ferramentas seguindo o modelo de referência, dando origem a uma plataforma de orquestração para provisionamento de data center como serviço.

5.3 uCloud: Uma Plataforma para Orquestração de Data Center como Serviço

O uCloud é um ambiente baseado em nuvem que proporciona adaptação e evolução das operações de gerenciamento de data centers virtualizados, permitindo a criação, manipulação, configuração e controle da infra-estrutura de data center virtualizado como um serviço.

Para a operação da plataforma uCloud alguns atores foram definidos:

- Super Usuário (*root*): O super usuário possui todas as permissões possíveis no sistema, podendo criar novas zonas, data centers virtuais (**VDCs**) e máquinas virtuais com suas respectivas configurações em cada **VDC**. Além disso, pode associar administradores a cada zona de virtualização. Ele também é responsável por criar novos usuários e alocar permissões aos mesmos
- Administrador (*admin*): O usuário administrador pode criar e manter data centers virtuais em uma zona de virtualização, adicionando novas máquinas virtuais a cada **VDCs** ou até mesmo removendo-as, podendo alterar suas configurações. O administrador pode criar usuários do tipo padrão para auxiliar no monitoramento e manutenção de máquinas virtuais em um data center.
- Usuário padrão (*user*): O usuário padrão não pode realizar alterações em um data center virtual. Este usuário é criado com a intenção de ajudar um usuário administrador na manutenção e no monitoramento das máquinas virtuais de um dado **VDCs**. O usuário padrão pode checar o status de cada máquina virtual e realizar ações sobre cada uma delas (iniciar, parar, reiniciar, desligar), bem como pode observar os relatórios gerenciais de uso de recursos.

Algumas terminologias também foram definidas durante o desenvolvimento da plataforma:

- *Zone*: Representa cada uma das instâncias do uCloud executando em data centers distintos, ou no mesmo data center;
- *Container*: Agrupamento do mesmo tipo de *Hypervisors*;
- *Template*: Uma máquina virtual pré-instalada com **SO** e aplicativos que é utilizada como modelo para a criação de novas **VMs**;
- **VDC**: Agrupamento lógico de recursos virtuais;

A Figura 5.2 mostra os principais elementos do ambiente proposto.

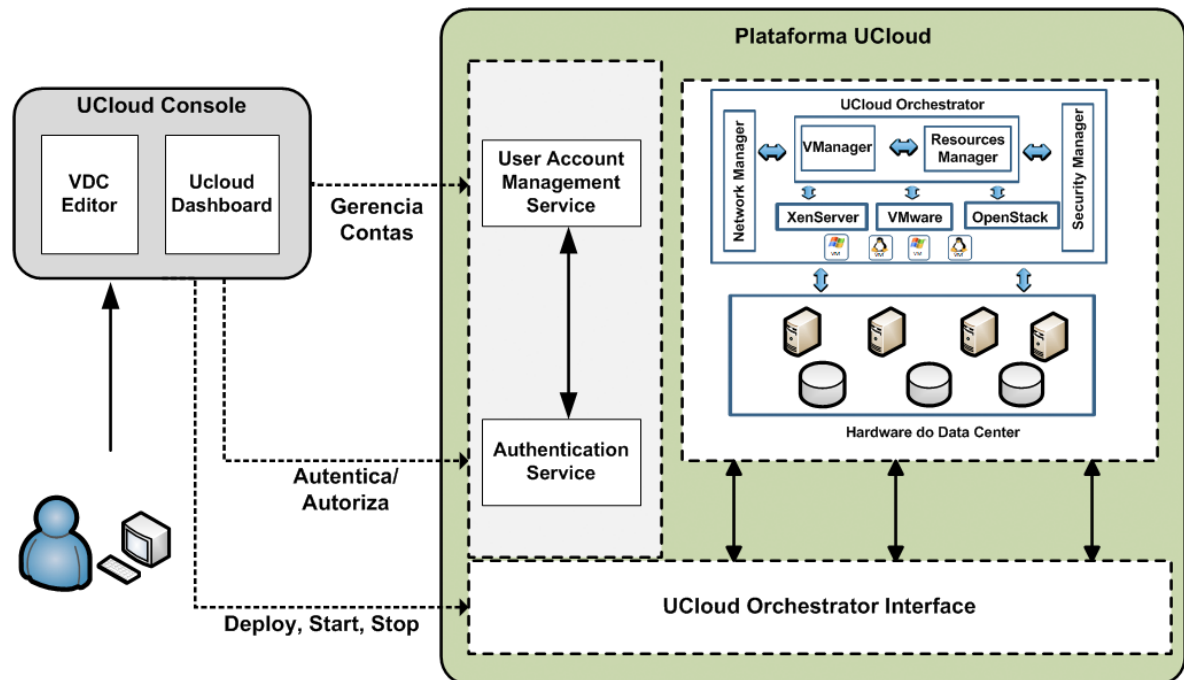


Figura 5.2: Plataforma uCloud

O *uCloud Console* é um portal web desenvolvido em *AngularJS* (GHART; NEHLSSEN, 2014), um *framework* JavaScript. O *uCloud Console* consiste nos seguintes componentes:

- **VDC Editor:** Fornece suporte à modelagem gráfica do data center, usando recursos “*drag-n-drop*”, para projetar data centers virtuais. Ambientes virtualizados existentes podem ser importados; todas as VMs serão importados para um VDC padrão, que mais tarde pode ser modificado pelo usuário.
- **uCloud Dashboard:** Fornece um ambiente completo e centralizado para gerenciar a infra-estrutura do data center. Qualquer configuração feita pelo *VDC editor* será visível e acessível no *Dashboard*. Também pode ser usado para definir um VDC, configurar *templates* de VM, gerenciar as configurações de rede, mudar as permissões de usuários, agendamento de migração de VMs, visualizar relatórios de utilização de recursos, criar políticas para melhorar o consumo de energia dos servidores, definição de redes virtuais.

O *VDC Editor* gera o modelo visual do VDC no formato JSON (*JavaScript Object Notation*) (NURSEITOV et al., 2009). Cada usuário pode ter múltiplos VDCs, sendo que existirá um arquivo JSON correspondente para cada VDC. Este arquivo contém todas as informações sobre o VDC, como as posições e ligações dos recursos, configuração da VM, entre outros. A representação JSON é processada para extrair informações que serão utilizadas como parâmetro para execução de chamadas na interface do *uCloud Orchestrator*.

O acesso à plataforma é controlado pelo *Authentication Service* e *User Account Management Service*. O uCloud armazena registro de todas as atividades/operações realizadas. Estes dados podem ser utilizados para gerar relatórios sobre “quem, onde e o quê” está sendo executado.

O *uCloud Orchestrator* é o principal módulo da plataforma, possuindo uma interface **REST** (*Representational State Transfer*) exposta para comunicação com o *uCloud Console*. Esta interface é desacoplada de qualquer solução/plataforma de virtualização/orquestração, de modo que o usuário tenha conhecimento apenas da API exposta.

Os módulos do *uCloud Orchestrator* interagem com as plataformas de virtualização legadas, como VMware, XenServer, KVM, OpenNebula e OpenStack. O *uCloud Orchestrator* atua como um *proxy* fornecendo funcionalidades adicionais não suportadas por algumas destas plataformas, como por exemplo o planejamento de capacidade para o XenServer e alta disponibilidade para o Openstack. É fornecido suporte completo para XenServer 6.2/6.5 e VMware Vsphere 5.5, enquanto a integração com KVM, OpenNebula e OpenStack estão em fase de conclusão.

5.3.1 uCloud Orchestrator: Arquitetura

O *uCloud Orchestrator* foi desenvolvido utilizando uma arquitetura escalável em camadas, onde novos módulos podem ser adicionados conforme a necessidade. A arquitetura do *uCloud Orchestrator* é mostrada na Figura 5.3.

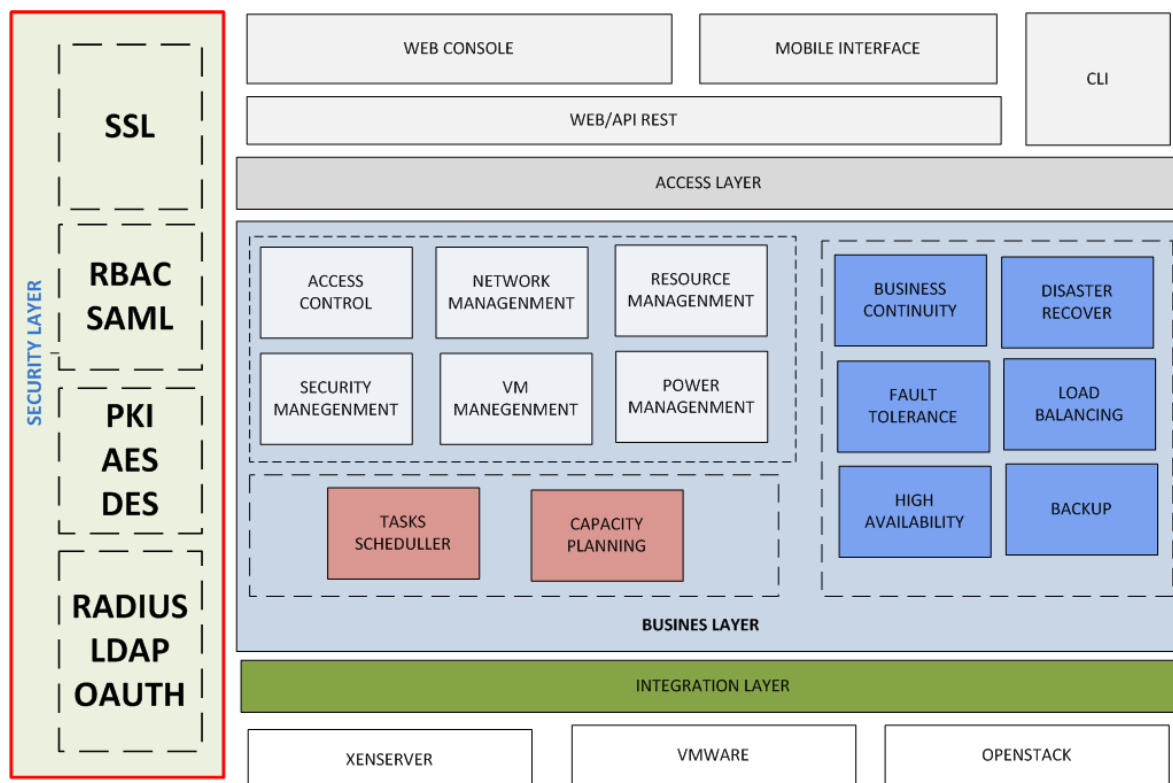


Figura 5.3: Arquitetura do uCloud Orchestrator

O *uCloud Orchestrator* possui quatro camadas:

- **Camada de Acesso:** Esta camada fornece acesso às camadas inferiores através da **API REST** ou **CLI** (*Command Line Interface*). O *uCloud Console* utiliza esta camada para gerenciar recursos no data center.
- **Camada de Segurança:** É responsável por lidar com as principais preocupações de segurança: autenticação, autorização e integridade.
- **Camada de Negócio:** Esta camada tem vários módulos usados para gerenciar a infraestrutura do data center.
- **Camada de Integração:** Esta camada trata da comunicação com plataformas de virtualização (e.g. XenServer, VMware) e gerenciamento de infraestrutura de nuvem (e.g. OpenStack, OpenNebula).

O *uCloud Orchestrator* foi implementado utilizando linguagem de programação Java. Ele fornece uma interface de gerenciamento **REST** e uma **CLI** para Linux. A plataforma de hospedagem utilizado é o Apache Tomcat. Porém, ele pode ser implantado como aplicação *standalone* executando como um serviço.

5.3.2 Modelando um VDC

Usando a *Plataforma uCloud* um usuário pode acessar o *uCloud Console*, através de uma interface intuitiva baseada na web, onde é possível modelar a arquitetura de um VDC, selecionando recursos virtuais de um catálogo de serviços. A interface possui funcionalidades “*drag-n-drop*” de objetos e serviços. O usuário pode modelar um VDC completo, incluir a definição de VMs (CPU, memória, disco e rede). Também é possível especificar balanceamento de carga, políticas de segurança, VPN, VLAN e configuração de QoS. A Figura 5.4 mostra a modelagem de um VDC que será detalhado a seguir:

O VDC apresentado na Figura 5.4, possui um *firewall* (**Firewall 1**) para realizar controle de banda e filtragem de pacotes. Um balanceador de carga (**LB**) foi colocado para distribuir a carga entre dois servidores de aplicação (**Tomcat 1 e Tomcat 2**), cada servidor possui um disco extra. Ambos os servidores possuem acesso a uma servidor de banco de dados (**MySQL 1**).

Após finalizar a modelagem do VDC, será necessário fazer o *deploy* na infraestrutura física do data center. Para isso o *uCloud Console* usa as APIs do *uCloud Orchestrator* para interagir com as plataformas de virtualização para fornecer e configurar os recursos virtuais especificados pelo usuário durante a modelagem do VDC. O *uCloud Orchestrator* é responsável por criar a VM, fazer a configuração de rede, alocar armazenamento e agendar as operações de backup. O provisionamento de máquinas virtuais é feito através de *templates* predefinidos, onde uma VM fica disponível para uso dentro de segundos. Também é possível fazer um

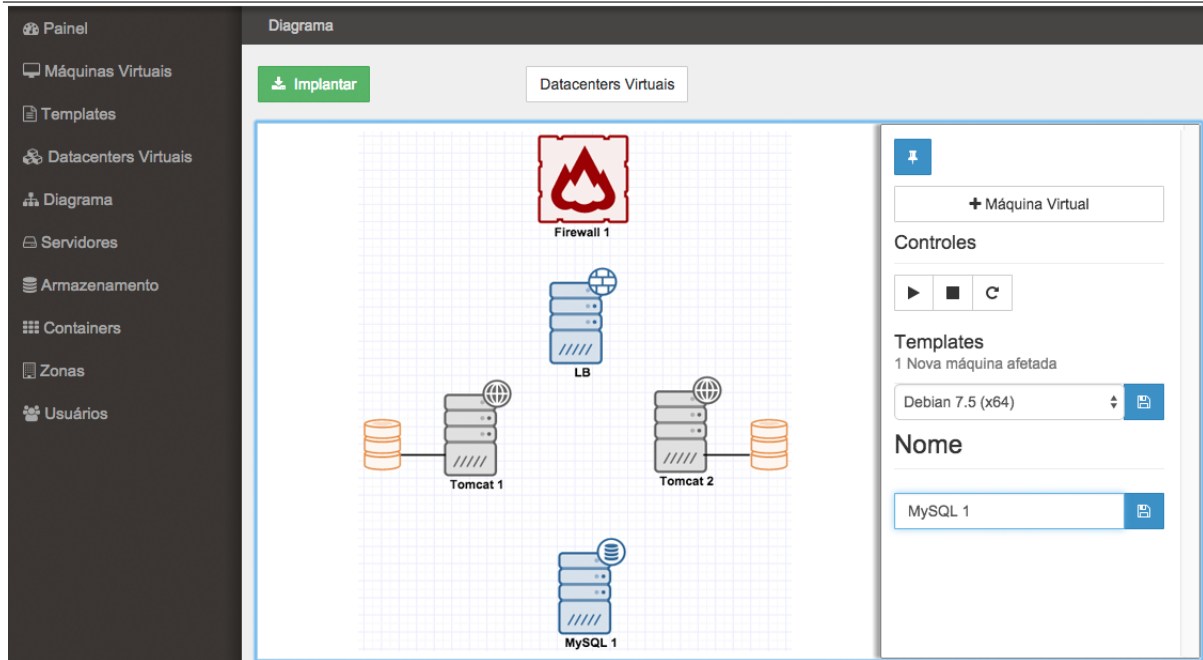


Figura 5.4: Processo de Criação de VDC

provisionamento dinâmico, baseado nas configurações definidas durante a modelagem (e.g. versão e arquitetura do sistema operacional, pacotes a serem instalados, configuração de rede, etc.), neste caso a VM levará mais tempo para ficar pronta para uso, pois será necessário fazer uma instalação nova do sistema operacional. Detalhes adicionais sobre a *Plataforma uCloud* serão fornecidos nas próximas seções.

O *uCloud Console* proporciona o gerenciamento de armazenamento, onde é possível criar e gerenciar volumes, bem como definir políticas de backup de dados do usuário. Bancos de dados podem ser gerenciados através de alguns cliques. A escolha de qual SGBD a ser utilizado é feita a partir de *templates* pré-definidos de VMs.

5.3.3 Provisionamento de Data Center Como Serviço

Após a modelagem do data center descrita na seção anterior, a Figura 5.5 mostra o fluxo do provisionamento do data center como serviço (DCaaS).

Após a modelagem do VDC, utilizando o editor gráfico do *uCloud Console* (passo # 1), o *Execution Service* irá fazer uma validação da representação JSON gerada (passo #2). Logo em seguida o *uCloud Console* envia uma requisição de criação de VDC para o *uCloud Orchestrator* através da API REST (passo #3).

O *VM Manager*, após receber a requisição do *uCloud Console*, extrai a informação relacionada à criação das VMs e inicia a preparação para o provisionamento das máquinas virtuais (passo #4). O *VM Manager* é um *proxy* para as plataformas de virtualização suportadas, sendo que foram feitas extensões para realizar qualquer requisito/funcionalidade não presente nas plataformas de virtualização.

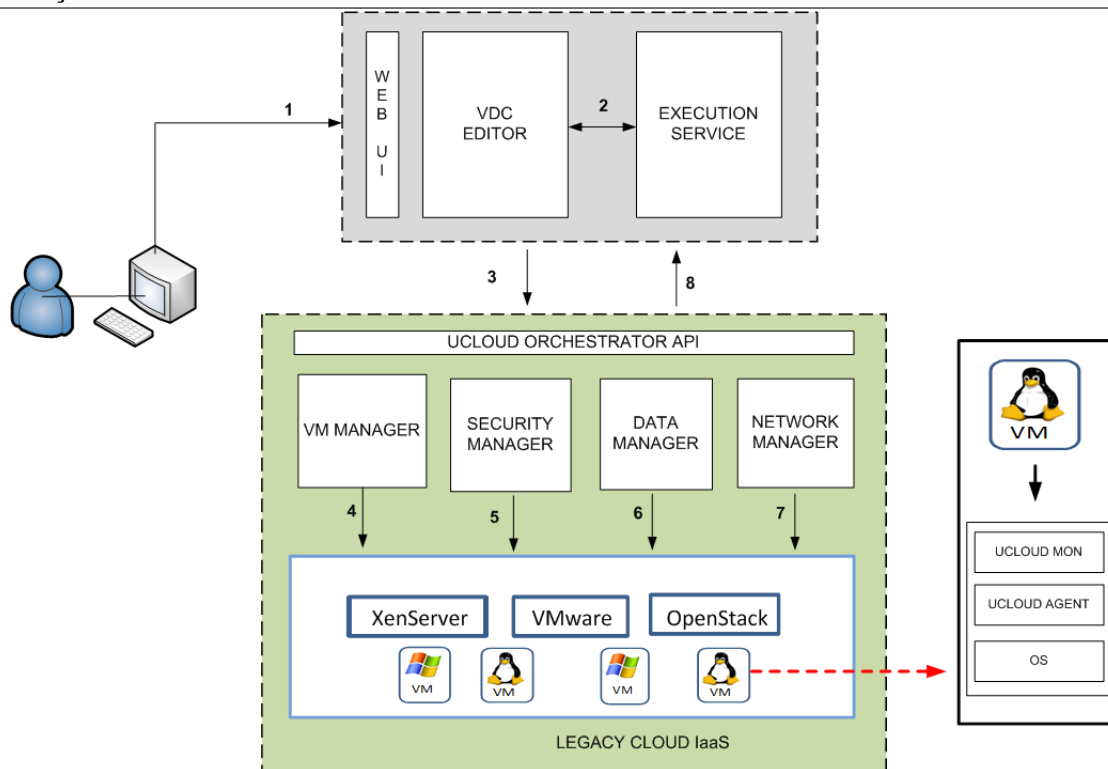


Figura 5.5: Fluxo de Provisionamento de Data Center Como Serviço

O *Security Manager* é responsável por tratar todas as questões de segurança da plataforma. Ele irá processar a requisição de *deploy* e irá extrair os requisitos de segurança definidos durante a modelagem do VDC, como configurações do *firewall* e chaves criptográficas. O *Security Manager* irá se comunicar com a plataforma de virtualização para realizar qualquer configuração necessária para atender os requisitos definidos no VDC (passo #5).

O *Data Manager* gerencia os dados armazenados em todo o ambiente *uCloud*. A sua principal função é abstrair o gerenciamento de volumes das plataformas de virtualização. Dados em repouso, como *templates* e imagens de VMs que não estão em execução são protegidos com criptografia. Quando uma nova VM for criada é necessário decriptar o *template* antes da plataforma de virtualização acessá-lo (passo #6).

O *Network Manager* fornece uma API para definir a conectividade e endereçamento de rede. Fornece suporte para configurar e gerenciar diversos serviços de rede como *Network Address Translation* (NAT), balanceador de carga, *firewall* e VPN. O *Network Manager* irá configurar o endereço IP da VM e qualquer configuração adicional especificada pelo usuário durante a modelagem do VDC (passo #7).

Dentro de cada VM gerenciada pelo uCloud existem agentes responsáveis por coletar informações que serão utilizados por outros módulos do uCloud. Esses agentes também são responsáveis por realizar ações definidas no VDC durante a fase de modelagem como instalação de pacotes, configuração de *firewall* local e encriptação do sistema de arquivos.

5.4 Análises Comparativos e Estudos de Viabilidade na Administração Pública Federal

Conforme a etapa I da metodologia apresentada na Seção 4.2 foram realizadas algumas análises que justificaram algumas decisões na implementação da plataforma uCloud.

5.4.1 Análise Comparativa: Servidores Rack x Servidores Blade

Para atender a demanda de 2000 VMs, segundo as premissas, as duas plataformas (rack e blade) serão baseada na arquitetura x86. Embora os processadores mais modernos da Intel, linha Xeon E5-2699v3, possam chegar até 18 cores, ainda não aconteceu nenhuma licitação destes processadores. Nesta simulação serão utilizados os seguintes servidores:

- Servidor Rack: HP Proliant DL360p Gen8 Dual Intel Xeon E5-2650v2 (2.6GHz / 8-core / 20MB / 95W) 256GB de RAM
- Servidor Blade: HP BL460c Gen9 Dual Intel Xeon E5-2650v3 (2.3GHz / 10-core / 25MB / 105W) 256 GB de RAM em Chassi HP c7000

As análises comparativas serão baseadas em estimativas resultantes de pesquisas em licitações e através da utilização do software *HP Power Advisor*.¹

Para a solução de rack, o processador Intel Xeon E5-2650v2 possui 16 threads (2 por core)², deste modo seriam 32 threads por servidor. Cumprindo a premissa de 1 VM por thread, teríamos que ter 62.5 servidores rack.

Para a solução blade, o processador Intel Xeon E5-2650v3 possui 20 threads, o que nos daria 40 threads por servidor e 50 servidores blade para executar as 2000 VMs. Como um chassi de blade possui 16 servidores, 3 chassis têm um total de 48 servidores, deste modo, com 2 servidores a menos, temos uma média de 1920 VMs. Na solução de rack, para manter a média de 1920, seriam necessários 60 servidores. A Tabela 5.1 e a Tabela 5.2 mostram os custos das aquisições necessárias para a solução de rack e blade, respectivamente.

Os 60 servidores da solução rack foram distribuídos em 3 racks, sendo 20 servidores por rack. Cada servidor precisa, por questões de alta disponibilidade, estar ligado a dois switches diferentes, deste modo faz-se necessário 2 switches FC, 2 10Gb e 2 1G, pois cada servidor precisa de 1 conexão redundante de 10Gb para rede de dados e uma 1Gb para gerenciamento. Em cada um dos 6 switches de acesso no topo de cada um dos racks chegavam 60 cabos.

¹<http://goo.gl/OjDCLz>, Acesso em maio de 2015

²<http://goo.gl/cgveR8>

Tabela 5.1: Bens e Serviços que Compõem a Solução Servidores Rack

Descrição	UN (R\$)	QTDE	Total (R\$)
Rack HP 642 1075mm Pallet Intelligent Rack	9.910,00	3	29.730,00
Servidor HP DL360p Gen8 2x Intel Xeon E5-2650 v2 (2.6GHz/8-core/20MB/95W); 256 GB de RAM Dual Rank x4 PC3-12800R (DDR3-1600) Registered CAS-11 Memory Kit; 02 (dois) HDs SAS Hot Plug de 300GB; HP Ethernet 10Gb 2-port 530SFP+; HP 82Q 8Gb Dual Port Fibre Channel HBA; Garantia HW HP 3 anos 6 horas CTR Proactive Care SVC; Form Factor 1U	61.120,65	60	3.667.239,00
Switch SAN Fibre Channel HP 8Gb 24 Ports	60.970,00	6	365.820,00
Switch Ethernet HP 5920AF-24XG 10Gb 24 Ports	67.000,00	6	402.000,00
Switch Ethernet HP 2530-24G 1Gb 24 Ports	3.350,00	6	20.100,00
Custo Total			4.484.889,00

Como o chassi blade já possui switches integrados ao barramento interno, onde cada servidor é ligado diretamente, não tendo necessidade do uso de switches topo de rack e economizando cabeamento. Cada chassi possui o tamanho de 10U, deste modo fez-se necessário apenas um rack de 42U, ocupando 2 vezes menos espaço no data center.

A Tabela 5.3 mostra o resumo do estudo realizado que levou em consideração apenas as estimativas aquisições realizadas nas duas soluções e o custo energético. A carga considerada foi de 80% e os dados utilizados para o cálculo do TCO, assim como as tabelas adicionais estão localizadas no Apêndice C.

Conforme mostrado na Tabela 5.3, observou-se que o custo da solução blade é 89% mais barato do que a solução rack, o custo para refrigeração para blades é 16% menor, resultando num TCO de 5 anos 33% mais barato do que a solução em rack.

5.4.2 Análise Comparativa: Servidores Blade x Mainframe

A utilização da nova geração de mainframes para virtualização tornou-se opção viável, pois graças ao advento dos processadores IFL (*Integrated Facility for Linux*) é possível a execução de máquinas virtuais utilizando o z/VM. Cada IFL pode executar várias máquinas virtuais, de modo a consolidar cargas que estariam executando num ambiente de x86, a taxa de consolidação “CORE/IFL” é calculado pela IBM conforme a carga de trabalho.

Utilizando um sistema x86 baseado em uma solução de blades com o chassi HP c7000 e 16 servidores HP BL460c Gen9 2 x Intel Xeon E5-2650v3 (2.3GHz/10-core/25MB/105W), essa taxa de consolidação é de 10.66 cores x86 por IFL. Deste modo seriam necessárias 30 IFLs para consolidar um chassi completo com 16 servidores blade. O mainframe com esta capacidade seria o modelo de entrada do System z13 N30. A partir de estimativas e informações oficiais da IBM foi feito um estudo comparativo que resultou na Tabela 5.4.

Tabela 5.2: Bens e Serviços que Compõem a Solução Servidores Blade

Descrição	UN (R\$)	QTDE	Total (R\$)
Rack HP 642 1075mm Pallet Intelligent Rack	9.910,00	1	9.910,00
Chassi Blade HP c700. Alimentação: 6 x 2650W Platinum 220V - IEC 320 C20 - C19; Interconexão: 04 HP BLc VC FlexFabric-20/40 F8 Convergente, 08 HP BLc 10G SFP+ SR Transceiver, 08 HP 8Gb Short Wave B-Series SFP+ 1 Pack; 10 FANs; 2 Onboard Administrator; Garantia HP 5 anos 6 horas CTR Proactive Care SVC. Serviço de Instalação, Configuração e Treinamento; Form Factor 10U	142.790,00	3	428.370,00
Servidor Blade HP BL460c Gen9 2 x Intel Xeon E5-2650v3 (2.3GHz/10-core/25MB/105W); 256 GB RAM HP 32GB 4Rx4 PC4-2133P-L Kit; Adaptador HP FlexFabric 20Gb 2P 630FLB FIO ;Adaptador HP FlexFabric 10Gb 2P 534M; NIC adicional 1000 dedicado para gerenciamento remoto - iLO 4; Controladora de Disco HP H244br FIO Smart HBA; 02 x HP 300GB 6G SAS 10K 2.5in DP ENT HDD; 02 x Cartões de Memória de 08GB MicroSD; Garantia HW HP 5 anos 6 horas CTR Proactive Care SVC	38.600,00	48	1.852.800,00
Software de Gerenciamento HP Insight Control; Suporta a quantidade de servidores do Chassi C7000; HP 5 anos SW Proactive Care SVC	28.000,00	3	84.000,00
Custo Total			2.375.080,00

Conforme apresentado na Tabela 5.4 a utilização de mainframe para o caso geral de virtualização não compensa financeiramente por ter se mostrado 467% mais caro do que a solução de blades e software de virtualização VMware em 5 anos. Devido à acordos de **NDA** (*Basic Nondisclosure Agreement*), os detalhes do cálculo e as planilhas auxiliares não poderão ser apresentadas.

A utilização de mainframes é viável quando utilizado para execução de aplicações que têm o licenciamento baseado em números de processadores físicos ou números de cores. Por exemplo, o banco de dados Oracle tem licença calculada conforme a fórmula: $NUMEROS_CORES * FATOR_MULTIPLICADOR$, onde o fator multiplicador é um valor definido pela Oracle para cada tipo de arquitetura de processador.³ Para a execução do Oracle em *cluster*, vários servidores executando uma instância do Oracle como se fosse um único banco de dados distribuído, faz-se necessário a aquisição de uma licença adicional chamada de Oracle **RAC** (*Real Application Clusters*) com valor calculado utilizando a mesma fórmula.

O mainframe possui processadores especializados voltados ao processamento de carga de banco de dados (acziip), processamento de Java (**zAAP**), além de processadores dedicados alta performance de **E/S** (**SAP**). Deste modo a taxa de consolidação para banco de dados é melhor do que a taxa do caso geral. A Figura 5.6 mostra as taxas de consolidações de banco Oracle em

³<http://goo.gl/O2BeBg>, Acesso em maio de 2015

Tabela 5.3: Comparativo do TCO da Solução Blade X Solução Rack

	Blade (R\$)	Rack (R\$)
(0) Custo do Hardware	2.375.080,00	4.484.889,00
(1) Instalação/Configuração Hardware	-	-
(2) CAPEX HARDWARE (0+1)	2.375.080,00	4.484.889,00
(3) Custo de Software de Virtualização	-	-
(4) Custo de Software de gerenciamento de Centralizado para ambiente de virtualização	-	-
(5) CAPEX SOFTWARE (3+4)	-	-
(6) Custo anual de Suporte e Manutenção Hardware	-	-
(7) Custo anual de Suporte Software de Virtualização	-	-
(8) Custo anual de Suporte a Software de Gerenciamento para ambiente virtualizado	-	-
(9) Custo Elétrico anual	1.586.243,55	1.843.743,91
(10) OPEX anual (6+7+8+9)	1.586.243,55	1.843.743,91
(11) OPEX após 5 anos (10*5)	7.931.217,73	9.218.719,54
TOTAL (CAPEX + OPEX) TCO em 5 anos	10.306.297,73	13.703.608,54

diversos cenários.

Industry	Distributed Cores	IBM Enterprise Linux Server Cores	Core-to-Core Ratio
Public	292	5	58 to 1
Banking	111	4	27 to 1
Finance	442	16	27 to 1
Banking	131	5	26 to 1
Insurance	350	15	23 to 1
Insurance	500+	22	22 to 1
Banking	63	3	21 to 1
Finance	854	53	16 to 1
Healthcare	144	14	10 to 1
Transportation	84	9	9 to 1
Insurance	7	1	7 to 1

Figura 5.6: Taxa de Consolidação de Cores/IFL para Banco Oracle

Fonte: SUSE White Paper: <http://goo.gl/ePaIvD>

Baseado em estimativas retiradas da análise de licitações para aquisição de licenças Oracle ⁴, o custo de uma licença do *Oracle Database Enterprise Edition* é de R\$ 107.511,09 e

⁴Ata de Realização do Pregão Eletrônico Nº 00084/2014, UAST 925968

Tabela 5.4: Comparativo do TCO da Solução Blade X Solução Mainframe

	Blade (R\$)	Mainframe (R\$)
(0) Custo do Hardware	1.044.700,00	8.964.000,00
(1) Instalação/Configuração Hardware	-	-
(2) CAPEX HARDWARE (0+1)	1.044.700,00	8.964.000,00
(3) Custo de Software de Virtualização	470.112,00	1.800.000,00
(4) Custo de Software de gerenciamento de Centralizado para ambiente de virtualização	27.530,64	1.440.000,00
(5) CAPEX SOFTWARE (3+4)	497.642,64	3.240.000,00
(6) Custo anual de Suporte e Manutenção Hardware	-	-
(7) Custo anual de Suporte Software de Virtualização	3.522,52	594.000,00
(8) Custo anual de Suporte a Software de Gerenciamento para ambiente virtualizado	9.176,88	480.000,00
(9) Custo Elétrico anual	549.592,08	550.088,75
(10) OPEX anual (6+7+8+9)	562.291,48	1.624.088,75
(11) OPEX após 5 anos (10*5)	2.811.457,39	8.120.443,75
TOTAL (CAPEX + OPEX) TCO em 5 anos	4.353.800,03	20.324.443,75

para o Oracle **RAC** é de R\$ 52.226,74, com um total de R\$ 159.737,83. Imaginando um cenário onde tem-se um cluster de Oracle rodando em 8 servidores blade HP BL460c Gen9 2 x Intel Xeon E5-2650v3 2.3GHz 10-core, onde em cada servidor teríamos 20 cores, seriam necessários a aquisição de 10 licenças por servidor, pois o fator de multiplicação dos processadores Intel Xeon é de 0.5. O total de licenças Oracle para execução do cluster seria 80 ($NUMERO_LICENCAS * NUMERO_SERVIDORES$) e o custo total seria de R\$ 12.779.026,40 ($TOTAL_LICENCAS * VALOR_LICENCA$).

Supondo uma utilização por uma instituição financeira, tem-se uma taxa de consolidação de 27 cores para 1 IFL, o cluster Oracle (8 servidores com 160 cores) teria a necessidade apenas de 6 licenças ($160/27 = 5.93 \Rightarrow \approx 6$), pois o fator de multiplicação da **IFL** é 1. Resultando num custo de R\$ 958.426,98 ($6 * 159.737,83$), ou seja uma economia de R\$ 11.821 milhões.

5.4.3 Conclusão das Análises Comparativas

Após realizar as estimativas de custos baseado em **TCOs** de cinco anos, na análise dos **TRs** (Termo de referências) das licitações (Apêndice **A**), em recomendações do mercado (**CRIP-PEN et al., 2005; QUINN et al., 2006; ENTERASYS NETWORKS, 2011; TECHNOLOGIES, 2013, 2014**) e da academia (**WANG et al., 2009; SMITH et al., 2008; LI, 2011; MCCLELLAN; AUSTIN; DEIKMAN, 2012; ZHOU; JIANG, 2014**), conclui-se que o paradigma de alta densidade baseado em soluções blade é a melhor escolha como plataforma de computação para ser utilizada no data center. A solução de blade prover uma grande consolidação de servidores no seu chassi, além de possuir conectividade integrada eliminando a necessidade de *switches* topo de rack, reduzir a quantidade de cabeamento e de reduzir o números de *switches* na camada de agregação em até 95% (**HEWLETT-PACKARD, 2014**).

5.5 Estudo de Caso

Para validar a plataforma uCloud, implementando segundo o modelo de referência proposta, foi conduzida uma avaliação experimental conduzida em laboratório, o ambiente contava com chassi balde HP c7000 com oito servidores. Cada servidor é um HP BL460c Gen8 Intel Xeon E5-2695v2 2.4GHz, 12-core, 30MB cache, 256GB RAM. Em todos os servidores foi instalado a versão 6.2 do XenServer. Um servidor Intel Core i7 de 2,7 GHz, 16 GB de RAM, rodando CentOS 6.6 x86_64 foi usada para executar uma instância uCloud.

O ambiente estava executando num data center operando 24x7 com 100 máquinas virtuais, porém sendo capaz de suportar uma carga média de 384 VMs por servidor. Esta carga foi calculado dividindo a taxa de consolidação (Ct) pelo total de servidor.

A Ct representa o número de VMs executando em um servidor físico e é definida por: $Ct = Pps * Cpp * Tpc$. Onde Pps é definido pela quantidade de processadores físicos por servidor, Cpp representa a quantidade de cores por processador físico e Tpc representa a quantidade de *threads* por core.

O ambiente de teste possuía oito servidores, dois processadores físicos por servidor (Pps) com doze cores (Cpp). Cada core tem duas *threads*⁵. Usando estes valores para calcular a taxa de consolidação tem-se: $Ct = (Pps * Cpp * Tpc) * 8 = (2 * 12 * 2) * 8 = 384$.

A primeira parte do experimento consistiu em comparar processo a instalação e configuração de servidores físicos feito de forma manual versus o automatizado pelo uCloud. O provisionamento automático ocorreu sem nenhuma interação humana, nos servidores físicos, apenas utilizando o *uCloud Console* para automatizar o processo de instalação, através da escolha do sistema operacional e pacotes que serão instalados. A única informação necessária foi o endereço MAC de cada servidor físico. As Figuras 5.7 e 5.8 mostram o processo sendo executado pelo uCloud.

A métrica escolhida foi o tempo para executar todas as tarefas necessárias colocando sete servidores totalmente operacionais e configurados em cluster com um armazenamento de dados iSCSI compartilhado. O cliente de teste utilizado foi o JMeter⁶, que enviava pedidos à API do *uCloud Orchestrator* via REST.

A Tabela 5.5 mostra o tempo médio coletadas a partir do experimento. O tempo médio manual foi obtida através de um questionário realizado em 15 organizações que tinham clusters de servidores XenServer instaladas em seus centros de dados.

Tabela 5.5: Tempo Médio de provisionamento de servidores físicos

Provisionamento Manual	Provisionamento Automática uCloud
3 days	10 minutes

⁵<http://goo.gl/63ftto>, Acesso em janeiro de 2015

⁶<http://jmeter.apache.org/>, Acesso em janeiro de 2016

Figura 5.7: uCloud: Provisionamento Automática de Servidores - Parte 1

A segunda parte do experimento consistiu em fazer o deploy de um VDC com trinta VMs: 10 CentOS 6.4 x86_64, 10 Debian 7.0.8 x86_64 and 10 Ubuntu 13.04 x86_64. Inicialmente o deploy do VDC será realizado sob demanda, com a instalação do sistema operacional e aplicativos nas VMs sendo realizada após a criação de cada VM. Em seguida, o deploy será realizado utilizando templates, onde cada VM será criada a partir de um template específico.

A Tabela 5.6 mostra o resultado. Mais uma vez, o tempo de manual foi obtido de uma pesquisa realizada em 15 organizações. A contagem é iniciada no momento que o JMeter envia da solicitação de deploy do VDC para o *uCloud Orchestrator*, sendo finalizada quando o processo de inicialização e/ou execução scripts de configuração foram concluídos pelas VMs.

Tabela 5.6: Tempo Médio de Deploy por Distribuição

	Centos	Debian	Ubuntu
Provisionamento Manual (Sevidor Físico)	495min	495min	495min
Provisionamento Dinâmico (VM)	200min	200min	200min
uCloud Provisionamento (Beseado em Template)	1.5min	1.4min	1.4min
uCloud Provisionamento (Dinâmico)	6.37min	7.45min	7.38min

O provisionamento dinâmico de VMs requer conexão com Internet durante a instalação do sistema operacional, podendo causar uma sobrecarga na rede, alternativamente pode ser utilizado repositórios locais das distribuições.

The screenshot displays the uCloud interface for configuring a host. The left sidebar contains a navigation menu with items: Painei, Máquinas Virtuais, Templates, Datacenters Virtuais, Diagrama, Servidores, Armazenamento, Containers, Zonas, and Usuários. The main content area is titled 'Host' and includes tabs for 'Classes', 'Network', 'Operating System' (selected), 'Parameters', and 'Additional Information'. Under the 'Operating System' tab, the following configuration options are visible:

- Architecture ***: A dropdown menu set to 'x86_64'.
- Operating system ***: A dropdown menu set to 'Centos 6.4'.
- Build mode**: A checkbox that is checked, with the text 'Enable this host for provisioning' below it.
- Media ***: A dropdown menu set to 'Local CentOS'.
- Partition table ***: A dropdown menu set to 'Kickstart default'.
- Custom partition table**: A large text area that is currently empty. Below it, a note states: 'What ever text(or ERB template) you use in here, would be used as your OS disk layout options If you want to use the partition table option, delete all of the text from this field'.
- Root password ***: A text input field that is empty. To its right, a note states: 'Password must be 8 characters or more'.

Figura 5.8: uCloud: Provisionamento Automática de Servidores - Parte 2

A terceira parte do experimento consistiu em migrando VMs em execução de servidores com uma carga de trabalho baixo para outros servidores, em seguida colocando estes servidores com baixa carga em *standby* para economizar energia. A Tabela 5.7 mostra a média dos resultados durante três semanas.

Tabela 5.7: Carga média dos servidores durante o dia

	08:00-18:00	18:00-00:00	00:00-08:00
Segunda à Sexta	60%	20%	10%
Sábado	10%	10%	10%
Domingo	10%	10%	10%

O ambiente de teste operando 24x7, em um dia o chassi HP c7000 com oito servidores irá opera 10 horas a 60%, seis horas a 20% e oito horas a 10% em média.

De acordo com as especificações do fabricante e das estimativas obtidas através do *HP Power Advisor*, o ambiente de teste com uma carga de 60% irá consumir 2344 W (2.34 kWh). Quando a carga for reduzida para 20%, o consumo irá cair para 1490 W (1.49 kWh). Com 10% o valor baixa para 1280 W (1.28 kWh). Durante uma semana o ambiente de teste consumiu 274.34 kW ($50 * 2.34 + 30 * 1.49 + 88 * 1.28$).

O módulo de gerenciamento de energia *uCloud Orchestrator Power Management*, utilizando uma base de dados de conhecimento, irá consolidar as VMs num número menor de

servidores físicos. O uCloud irá desligar os servidores com menos recursos de CPU e memória em uso. As VMs em execução nestes servidores serão migradas para outros hosts ativos cluster para, em seguida, o servidor ser posto em standby. Todas as VMs foram consolidados em apenas dois servidores XenServer com uma carga média de 15 %.

A média do consumo de energia do chassi HP c7000 caiu para 1258 W (1.26 kWh) entre 18:00 e 08:00. A média semanal caiu de 274.34 kWh para 265.68 kWh ($50 * 2.34 + 118 * 1.26$). Uma economia média de 8.66 kWh, ou 3.16%.

Mesmo com seis servidores em modo de espera, cada servidor irá consumir de 126 W (0,126 kWh) em vez de 270 W (0,27 kWh). Para atingir um melhor gerenciamento de energia, o uCloud deve estar sempre gerenciando a distribuição de recursos.

5.6 Considerações Finais

Este capítulo apresentou detalhes sobre a implementação da plataforma uCloud, detalhando a arquitetura mostrando um passo a passo de como é feito o provisionamento de *datacenters* como serviço utilizando a solução proposta. Também foi apresentado as análises comparativas entre plataformas de computação e soluções de virtualização. Por fim, foi apresentado um estudo de caso mostrando o uso do uCloud no provisionamento de servidores e máquinas virtuais com foco na eficiência energética.

O próximo capítulo apresentará as conclusões e trabalhos futuros.

6

Conclusão e Trabalhos Futuros

Acabou... acabou... acabou!

—GALVÃO BUENO (Na Conquista do Tetra)

A necessidade de consumo de recursos computacionais aumentou consideravelmente devido à taxa de crescimento dos dados, fazendo surgir demandas de processamento, armazenamento, memória, entre outros recursos computacionais, que muitas vezes esgota a própria capacidade existente no data center das instituições.

A crescente adoção e uso de computação em nuvem, revolucionou o processo de aquisição de recursos computacionais, causando uma transferência das despesas em **CAPEX** (*Capital Expenditures*) para despesas em **OPEX** (*Operational Expenditures*). Neste contexto, as organizações, públicas e/ou privadas, tiveram que se adaptar a esta nova realidade de consumo trazida pela computação em nuvem. Porém devido à natureza e as especificidades de cada negócio, nem todas as empresas podem investir milhões para construção de data centers com o intuito de montarem sua própria nuvem. Deste modo, o caminho natural seria alugar estes recursos computacionais em provedores de nuvem. Porém, outras empresas, devido à questões estratégicas e sigilosas, têm como requisito básico a execução dos seus serviços e aplicações em data center próprio.

Embora nos últimos anos tenha havida uma evolução e adequação da legislação em vigor sobre uso de computação em nuvem, armazenamento de dados, segurança da informação, entre outras questões, surgiu a necessidade da criação de ofertas de serviços de nuvem dentro da administração pública, principalmente graças às imposições causadas pela legislações, que impõem sérias restrições quanto à escolha do provedores de serviços, armazenamento de dados e segurança.

Mesmo existentes soluções de mercado e soluções comerciais, devido à natureza do negócio de alguns órgãos da administração pública e, principalmente de natureza estratégica como, por exemplo, das forças armadas, tais soluções podem vir a não atender todas as necessidades exigidas e demandariam customizações que, na sua grande maioria, não seriam atendidas pelos fornecedores de soluções como VMware e HP, já que seus produtos são padronizados.

A partir deste cenário, com o objetivo de atender à crescente demanda por gerenciamento de infraestruturas de **TIC** baseadas em computação em nuvem este trabalho propôs uma solução chamada uCloud, composta por uma metodologia, no formato de um modelo de referência e um conjunto de ferramentas que juntas viabilizarão a transição da infraestrutura de data center tradicional para uma infraestrutura virtualização e, posteriormente, para o ambiente de nuvem. A proposta também viabilizou a possibilidade da oferta de data center como serviço. num cenário onde todos elementos da infraestrutura - redes, armazenamento, CPU e segurança - são virtualizados e entregues como um serviço.

6.1 Contribuições

A principal contribuição deste trabalho foi a definição e especificação de um modelo de referência para a implementação de ambientes de nuvem na administração pública, respeitando a legislação corrente no tocante às recomendações para o uso de computação em nuvem pelo governo federal.

Outra contribuição, não menos importante, foi introdução e implementação do conceito de data center como serviço (**DCaaS**) que visa fornecer infraestrutura física de um data center e recursos de computação (por exemplo, servidores, redes, armazenamento e assim por diante) para clientes na forma de serviço.

Adicionalmente, foi proposto e desenvolvido a Plataforma uCloud, um conjunto de ferramentas que serviram para validar o modelo de referência através do conceito de data center como serviço.

Como fruto do trabalho teve-se algumas publicações em conferências internacionais e nacionais:

- Uma Ferramenta para Gerenciamento de Infraestruturas de Computação em Nuvem (**NASCIMENTO et al., 2014**)
- uCloud : A Proposal to Provide Data Center as a Service in Cloud Computing Environments (**DAMASCENO et al., 2015**)¹

6.2 Trabalhos Relacionados

Na literatura, alguns trabalhos relacionados puderam ser identificados durante a pesquisa. Ao longo do Capítulo 3 foram apresentados diversos trabalhos acadêmicos e soluções comerciais relacionadas ao trabalho. No entanto, a principal diferença entre este trabalho e os demais é a completude da proposta, pois engloba uma série de requisitos bem distintos, de tal modo que não foi encontrado uma proposta ou produto de mercado que se adequasse 100% à todos os requisitos.

¹ Aceita para publicação no ICSEA 2015: The Tenth International Conference on Software Engineering Advances

Devido à questões de escopo, foco e da metodologia utilizada, foram realizadas pesquisas buscando trabalhos que tratassem os requisitos estabelecidos de forma individual, existindo casos que um trabalho atendeu a mais de um requisito, conforme Tabela 3.3

6.3 Limitações

Por questões de escopo e de objetivos da tese, alguns aspectos não foram abordados nesse trabalho. Todas estas limitações terão indicações de aperfeiçoamento na seção de trabalhos futuros

- Revisão bibliográfica: Não foi efetuada uma documentação, do ponto de vista mais formal, da pesquisa bibliográfica através de uma revisão sistemática da literatura;
- Suporte à múltiplos *hypervisors*: Neste versão da plataforma uCloud não foi suportado o Hyper-V da Microsoft, assim como a plataforma de nuvem Azure;
- Validação: Estudos de casos do experimento não trataram todos os requisitos do modelo de referência;
- Documentação: Não foi apresentado todas as telas, assim documentação explicando como cada um dos requisitos foi tratado e implementado pela plataforma uCloud;
- Implementação dos Requisitos: Devido à limitações causadas por acesso à hardware especializado e cenários particulares, alguns requisitos especificados não puderam ser implementados.

6.4 Trabalhos Futuros

Diversos trabalhos futuros são vislumbrados neste contexto, alguns inclusive já iniciados, mas ainda não finalizados, motivo pelo qual eles não foram apresentados anteriormente.

- Ampliar a quantidade *hypervisors* suportadas, para assim aumentar a compatibilidade da solução com os demais produtos de mercado existentes. Inicialmente, pretende-se estender o número de *hypervisors* suportados pela implementação do uCloud Orche, como por exemplo as soluções da Microsoft (Hyper-V e Azure); o z/VM, virtualizador da IBM para provisionamento de Linux em mainframes. Com o suporte a mais *hypervisors*, poderão surgir novas requisitos e desafios não tratados por este trabalho;
- Executar o experimento com mais estudos de casos, de modo a demonstrar o atendimento a todos os requisitos;

- Documentar o trabalho de análise dos requisitos através de uma revisão sistemática da literatura;
- Implementar a solução proposta em um data center da administração pública federal, seja no uso do modelo de referência para guiar a implementação do ambiente de nuvem, ou através do uso da plataforma uCloud como solução de orquestração;
- Implementação de mais requisitos na plataforma uCloud;

Referências

- ABOUZAMAZEM, A.; EZHILCHELVAN, P. Efficient Inter-cloud Replication for High-Availability Services*. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLOUD ENGINEERING (IC2E), 2013. **Anais...** IEEE, 2013. p.132–139.
- ADC Krone. **TIA-942 Data Centre Standards Overview: white paper**. [Online; acessado em Jan-2015], http://www.herts.ac.uk/__data/assets/pdf_file/0017/45350/data-centre-standards.pdf.
- AL-HAJ, S.; AL-SHAER, E. A formal approach for virtual machine migration planning. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORK AND SERVICE MANAGEMENT (CNSM 2013), 9. **Proceedings...** IEEE, 2013. p.51–58.
- ALHAZMI, O. H.; MALAIYA, Y. K. Assessing Disaster Recovery Alternatives: on-site, colocation or cloud. In: IEEE 23RD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOFTWARE RELIABILITY ENGINEERING WORKSHOPS, 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p.19–20.
- ALICHERRY, M.; LAKSHMAN, T. Network aware resource allocation in distributed clouds. In: PROCEEDINGS IEEE INFOCOM, 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p.963–971.
- Amazon Web Services. **Amazon Virtual Private Cloud: user guide**. [Online; acessado em Jan-2015], <http://awsdocs.s3.amazonaws.com/VPC/latest/vpc-ug.pdf/>.
- Amazon Web Services, Inc. **Amazon Web Services**. [Online; acessado em 10-Jan-2015], <http://aws.amazon.com/>.
- AN, K. et al. A cloud Middleware for Assuring Performance and High Availability of Soft Real-Time Applications. **Journal of Systems Architecture**, [S.l.], v.60, n.9, p.757–769, Oct. 2014.
- BANIKAZEMI, M. et al. Meridian: an sdn platform for cloud network services. **IEEE Communications Magazine**, [S.l.], v.51, n.2, p.120–127, Feb. 2013.
- BARHAM, P. et al. Xen and the Art of Virtualization. **SIGOPS Oper. Syst. Rev.**, New York, NY, USA, v.37, n.5, p.164–177, Oct. 2003.
- BARKAT, A.; SANTOS, A. dos; HO, T. T. N. Open Stack and Cloud Stack: open source solutions for building public and private clouds. In: Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing (SYNASC), 2014 16th International Symposium on. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2014. p.429–436.
- BASHROUSH, R.; NOUREDDINE, M. A cost effective cloud data centre capacity planning method based on modality cost analysis. **International Journal of Communication Networks and Distributed Systems**, [S.l.], v.11, n.3, p.250, 2013.
- BELOGLAZOV, A.; ABAWAJY, J.; BUYYA, R. Energy-aware resource allocation heuristics for efficient management of data centers for Cloud computing. **Future Generation Computer Systems**, [S.l.], v.28, n.5, p.755–768, 2012.

- BERBEROVA, D.; BONTCHEV, B. Design of Service Level Agreements for Software Services. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SYSTEMS AND TECHNOLOGIES AND WORKSHOP FOR PHD STUDENTS IN COMPUTING, New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2009. p.26:1–26:6. (CompSysTech '09).
- BIRAN, O. et al. A Stable Network-Aware VM Placement for Cloud Systems. In: IEEE/ACM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CLUSTER, CLOUD AND GRID COMPUTING (CCGRID 2012), 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p.498–506.
- BOHN, R. B. et al. NIST Cloud Computing Reference Architecture. In: IEEE WORLD CONGRESS ON SERVICES, 2011. **Anais...** IEEE, 2011. p.594–596.
- BREITGAND, D.; EPSTEIN, A. Improving consolidation of virtual machines with risk-aware bandwidth oversubscription in compute clouds. In: PROCEEDINGS IEEE INFOCOM, 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p.2861–2865.
- MAGOUTIS, K.; PIETZUCH, P. (Ed.). **Distributed Applications and Interoperable Systems**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014. 16–30p. (Lecture Notes in Computer Science, v.8460).
- BUYYA, R. et al. Software-Defined Cloud Computing: architectural elements and open challenges. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN COMPUTING, COMMUNICATIONS AND INFORMATICS (ICACCI), 2014. **Anais...** IEEE, 2014. p.1–12.
- CARISSIMI, A. Virtualizacao: da teoria a solucoes. **Minicursos do Simposio Brasileiro de Redes de Computadores - SBRC 2008**, [S.l.], p.173–207, 2008.
- CEARLEY, D.; SMITH, D. M. **Cloud Computing Services - A Model for Categorizing and Characterizing Capabilities Delivered From the Cloud**. 2009.
- PAN, J.-S. et al. (Ed.). **Intelligent Data analysis and its Applications, Volume II**. Cham: Springer International Publishing, 2014. 3–13p. (Advances in Intelligent Systems and Computing, v.298).
- CHANG, R. N. Cloud Analytics for Capacity Planning and Instant VM Provisioning. **IEEE Transactions on Network and Service Management**, [S.l.], v.10, n.3, p.312–325, Sept. 2013.
- CORRADI, A.; FANELLI, M.; FOSCHINI, L. VM consolidation: a real case based on openstack cloud. **Future Generation Computer Systems**, [S.l.], v.32, n.1, p.118–127, Mar. 2014.
- CRIPPEN, M. J. et al. BladeCenter packaging, power, and cooling. **IBM Journal of Research and Development**, [S.l.], v.49, n.6, p.887–904, 2005.
- DAMASCENO, J. C. et al. **U-CLOUD : a proposal to provide data center as a service in cloud computing environments**. 2015.
- DIXIT, A.; HAO, F.; MUKHERJEE, S. Towards an elastic distributed sdn controller. **Proceedings of the ...**, [S.l.], p.7–12, 2013.
- DUBOIS, P. **MySQL (5th Edition) (Developer's Library)**. 5.ed. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2013.

DUSTDAR, S.; SCHREINER, W. A Survey on Web Services Composition. **Int. J. Web Grid Serv.**, [S.l.], v.1, n.1, p.1–30, Aug. 2005.

EMC, E. S. **Cloud Infrastructure and Services Student Guide**. 2.ed. [S.l.]: EMC Education Services, 2011.

EMC, E. S. **Cloud Infrastructure and Services Student Guide**. 2.ed. [S.l.]: EMC Education Services, 2014.

ENTERASYS NETWORKS, I. **Data Center Networking – Connectivity and Topology Design Guide**. [S.l.]: Enterasys Networks, 2011. Disponível em: <http://goo.gl/RSoQ31>. Acesso em abril de 2015.

ERL, T.; COPE, R.; NASERPOUR, A. **Cloud Computing Design Patterns (The Prentice Hall Service Technology Series from Thomas Erl)**. 1.ed. [S.l.]: Prentice Hall, 2015.

FEHLING, C. et al. **Cloud Computing Patterns: fundamentals to design, build, and manage cloud applications**. 2014.ed. [S.l.]: Springer, 2014.

FELLER, E.; RILLING, L.; MORIN, C. Snooze: a scalable and autonomic virtual machine management framework for private clouds. In: IEEE/ACM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CLUSTER, CLOUD AND GRID COMPUTING (CCGRID 2012), 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p.482–489.

FERNANDEZ, E. B.; MONGE, R. A security reference architecture for cloud systems. In: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON DEPENDABLE AND SECURE CLOUD COMPUTING ARCHITECTURE - DASCCA '14, New York, New York, USA. **Proceedings...** ACM Press, 2014. p.1–5.

FORELL, T.; MILOJICIC, D.; TALWAR, V. Cloud Management: challenges and opportunities. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PARALLEL AND DISTRIBUTED PROCESSING WORKSHOPS AND PHD FORUM, 2011. **Anais...** IEEE, 2011. p.881–889.

FOSTER, G. et al. **The right tool for the job: switching data centre management strategies at runtime**. 2013. 151–159p.

FREDERIC; MAGOULES. **Introduction to Grid Computing (Chapman & Hall/CRC Numerical Analysis and Scientific Computing Series)**. [S.l.]: CRC Press, 2012.

FRINCU, M. E.; CRACIUN, C. Multi-objective Meta-heuristics for Scheduling Applications with High Availability Requirements and Cost Constraints in Multi-Cloud Environments. In: FOURTH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON UTILITY AND CLOUD COMPUTING, 2011. **Anais...** IEEE, 2011. p.267–274.

GEMBER, A. et al. Toward Software-defined Middlebox Networking. In: ACM WORKSHOP ON HOT TOPICS IN NETWORKS, 11., New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2012. p.7–12. (HotNets-XI).

GHART, A.; NEHLSSEN, M. **AngularJS UI Development**. [S.l.]: Packt Publishing - ebooks Account, 2014.

GHORBANI, S.; CAESAR, M. Walk the line. In: HOT TOPICS IN SOFTWARE DEFINED NETWORKS - HOTSDN '12, New York, New York, USA. **Proceedings...** ACM Press, 2012. p.67.

- GIURGIU, I. et al. Enabling efficient placement of virtual infrastructures in the cloud. **Proceeding Middleware '12 Proceedings of the 13th International Middleware Conference**, [S.l.], p.332–353, Dec. 2012.
- GROUP, T. O. **SOA Reference Architecture Technical Standard**. [Online; acessado em novembro de 2015], <http://goo.gl/cm0lgJ>.
- GUDENKAUF, S. et al. A Reference Architecture for Cloud Service Offers. In: IEEE INTERNATIONAL ENTERPRISE DISTRIBUTED OBJECT COMPUTING CONFERENCE, 2013. **Anais...** IEEE, 2013. p.227–236.
- GULATI, A. et al. **VMware Distributed Resource Management: design, implementation and lessons learned**. 2012. 45–64p.
- GUO, T. et al. **Seagull: intelligent cloud bursting for enterprise applications**. [S.l.]: USENIX Association, 2012. 33p.
- HAMANAKA, S.; TAKAHASHI, K. High-reliability, high-availability cluster system supporting cloud environment. **Fujitsu Scientific and Technical Journal**, [S.l.], v.51, n.2, p.86–91, 2015.
- HAMDAQA, M.; LIVOGIANNIS, T.; TAHVILDARI, L. A reference model for developing cloud applications. In: CLOSER 2011 - PROCEEDINGS OF THE 1ST INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLOUD COMPUTING AND SERVICES SCIENCE. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2011. p.98–103.
- HAMDAQA, M.; TAHVILDARI, L. Cloud Computing Uncovered: A research landscape. **Advances in Computers**, [S.l.], v.86, p.41–85, 2012.
- HERBST, N. R.; KOUNEV, S.; REUSSNER, R. Elasticity in Cloud Computing: what it is, and what it is not. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTONOMIC COMPUTING (ICAC 13), 10., San Jose, CA. **Proceedings...** USENIX, 2013. p.23–27.
- HEWLETT-PACKARD. **Overview of HP Virtual Connect technologies: technical white paper**. [S.l.]: Hewlett-Packard Company, 2014. Disponível em: <http://goo.gl/dPsTxx>. Acesso em agosto de 2015.
- HUANG, K.; BEGNUM, K. The Hydra: a layered, redundant configuration management approach for cloud-agnostic disaster recovery. In: IEEE 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLOUD COMPUTING TECHNOLOGY AND SCIENCE, 2013. **Anais...** IEEE, 2013. v.2, p.333–336.
- INC, V. **VMware vSphere**. [Online; accessed 15-Jan-2015], <http://www.vmware.com/products/vsphere>.
- ISO/IEC. **ISO/IEC 12207-1995 Systems and Software Engineering – Software Life Cycle Processes**. [Online; acessado em novembro de 2015], http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=21208.
- ISO/IEC. **ISO/IEC 12207 Amendment - Information Technology - Amendment 1 to ISO/IEC 12207**. [Online; acessado em novembro de 2015], http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=35263.

ISO/IEC. **ISO/IEC 15504-2 Information Technology – Process Assessment – Part 2 – Performing an Assessment**. [Online; acessado em novembro de 2015], http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=37458.

ISO/IEC. **ISO/IEC 12207 Amendment - Information Technology - Amendment 2 to ISO/IEC 12207**. [Online; acessado em novembro de 2015], http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=40183.

ISO/IEC. **ISO/IEC 12207-2008 Systems and Software Engineering – Software Life Cycle Processes**. [Online; acessado em novembro de 2015], http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=43447.

JAMJOOM, H. Virtual Machine Migration in an Over-Committed Cloud. In: IEEE NETWORK OPERATIONS AND MANAGEMENT SYMPOSIUM, 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p.196–203.

JENNINGS, B.; STADLER, R. Resource Management in Clouds: survey and research challenges. **Journal of Network and Systems Management**, [S.l.], v.23, n.3, p.567–619, Mar. 2014.

JEONG, Y.-S.; PARK, J. H. High availability and efficient energy consumption for cloud computing service with grid infrastructure. **Computers & Electrical Engineering**, [S.l.], v.39, n.1, p.15–23, Jan. 2013.

Jl, W.; MA, J.; JI, X. A Reference Model of Cloud Operating and Open Source Software Implementation Mapping. In: IEEE INTERNATIONAL WORKSHOPS ON ENABLING TECHNOLOGIES: INFRASTRUCTURES FOR COLLABORATIVE ENTERPRISES, 2009. **Anais...** IEEE, 2009. p.63–65.

JIANG, J. W. et al. Joint VM placement and routing for data center traffic engineering. In: PROCEEDINGS IEEE INFOCOM, 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p.2876–2880.

JIANG, Y. et al. Self-Adaptive Cloud Capacity Planning. In: IEEE NINTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SERVICES COMPUTING, 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p.73–80.

KAJIURA, Y. et al. A File-Distribution Approach to Achieve High Availability and Confidentiality for Data Storage on Multi-cloud. In: IEEE 37TH ANNUAL COMPUTER SOFTWARE AND APPLICATIONS CONFERENCE WORKSHOPS, 2013. **Anais...** IEEE, 2013. p.212–217.

KAWASHIMA, R. VNFC: a virtual networking function container for sdn-enabled virtual networks. **Proceedings - IEEE 2nd Symposium on Network Cloud Computing and Applications, NCCA 2012**, [S.l.], p.124–129, 2012.

KITCHENHAM, B.; DYBA, T.; JORGENSEN, M. **Evidence-based software engineering**. cited By 0.

KONSTANTELI, K. et al. Admission Control for Elastic Cloud Services. In: IEEE FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLOUD COMPUTING, 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p.41–48.

KOPONEN, T. et al. Network Virtualization in Multi-tenant Datacenters. In: USENIX CONFERENCE ON NETWORKED SYSTEMS DESIGN AND IMPLEMENTATION, 11., Berkeley, CA, USA. **Proceedings...** USENIX Association, 2014. p.203–216. (NSDI'14).

KOUKI, Y.; LEDOUX, T. SLA-driven capacity planning for Cloud applications. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLOUD COMPUTING TECHNOLOGY AND SCIENCE PROCEEDINGS, 4. **Anais...** IEEE, 2012. p.135–140.

KRETZSCHMAR, M.; KNUEPFER, M. Reference Security Management Architecture - Guiding governmental and military Inter-Cloud initiatives. In: MILITARY COMMUNICATIONS AND INFORMATION SYSTEMS CONFERENCE, 2011. **Anais...** IEEE, 2011. p.1–7.

KUO, Y.-H.; JENG, Y.-L.; CHEN, J.-N. A Hybrid Cloud Storage Architecture for Service Operational High Availability. In: IEEE 37TH ANNUAL COMPUTER SOFTWARE AND APPLICATIONS CONFERENCE WORKSHOPS, 2013. **Anais...** IEEE, 2013. p.487–492.

LI, K. Optimal Load Distribution for Multiple Heterogeneous Blade Servers in a Cloud Computing Environment. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PARALLEL AND DISTRIBUTED PROCESSING WORKSHOPS AND PHD FORUM, 2011. **Anais...** IEEE, 2011. p.948–957.

LIU, C. et al. TROPIC: transactional resource orchestration platform in the cloud. **Proceeding USENIX ATC'12 Proceedings of the 2012 USENIX conference on Annual Technical Conference**, [S.l.], p.16, June 2012.

LOUTAS, N. et al. Towards a Reference Architecture for Semantically Interoperable Clouds. In: IEEE SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLOUD COMPUTING TECHNOLOGY AND SCIENCE, 2010. **Anais...** IEEE, 2010. p.143–150.

MACDONALD, N. **Yes, Hypervisors Are Vulnerable**. [Online; acessado em fev-2014], http://blogs.gartner.com/neil_macdonald/2011/01/26/yes-hypervisors-are-vulnerable/.

MALAWSKI, M. et al. How to Use Google App Engine for Free Computing. **IEEE Internet Computing**, [S.l.], v.17, n.1, p.50–59, Jan. 2013.

MCCLELLAN, S.; AUSTIN, K.; DEIKMAN, A. Open standard blade server systems enable high performance applications. In: IEEE-NPSS REAL TIME CONFERENCE, 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p.1–4.

MELL, P.; GRANCE, T. SP 800-145. The NIST Definition of Cloud Computing. **National Institute of Standards and Technology**, [S.l.], 2011.

MENASCE, D. A. Virtualization: concepts, applications, and performance modeling. **Int. CMG Conference**, [S.l.], p.407–414, 2005.

MILOJICIC, D.; LLORENTE, I. M.; MONTERO, R. S. OpenNebula: a cloud management tool. **IEEE Internet Computing**, [S.l.], v.15, n.2, p.11–14, Mar. 2011.

MORENO-VOZMEDIANO, R.; MONTERO, R.; LLORENTE, I. Key Challenges in Cloud Computing: enabling the future internet of services. **Internet Computing, IEEE**, [S.l.], v.17, n.4, p.18–25, July 2013.

EYERS, D.; SCHWAN, K. (Ed.). **Middleware 2013**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. 204–225p. (Lecture Notes in Computer Science, v.8275).

- NASCIMENTO, L. M. et al. Uma Ferramenta para Gerenciamento de Infraestruturas de Computação em Nuvem. In: TRILHA DA INDÚSTRIA DO CONGRESSO BRASILEIRO DE SOFTWARE: TEORIA E PRÁTICA (CBSOFT). **Anais...** [S.l.: s.n.], 2014.
- NUNES, B. A. A. et al. A Survey of Software-Defined Networking: past, present, and future of programmable networks. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, [S.l.], v.16, n.3, p.1617–1634, 2014.
- NUNES, R. V.; PONTES, R. L.; GUEDES, D. Virtualized network isolation using Software Defined Networks. **Proceedings - Conference on Local Computer Networks, LCN**, [S.l.], p.683–686, 2013.
- NURMI, D. et al. The Eucalyptus Open-Source Cloud-Computing System. In: IEEE/ACM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CLUSTER COMPUTING AND THE GRID, 2009. **Anais...** IEEE, 2009. p.124–131.
- NURSEITOV, N. et al. Comparison of JSON and XML data interchange formats: a case study. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER APPLICATIONS IN INDUSTRY AND ENGINEERING 2009, CAINE 2009, 22. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2009. p.157–162.
- OBE, R. O.; HSU, L. S. **PostgreSQL: up and running: a practical introduction to the advanced open source database**. 2.ed. [S.l.]: O'Reilly Media, 2014.
- PAL, R.; HUI, P. Economic models for cloud service markets: pricing and capacity planning. **Theoretical Computer Science**, [S.l.], v.496, p.113–124, July 2013.
- PARZIALE, L. et al. **Introduction to the New Mainframe: z/vm basics**. [S.l.]: IBM Redbooks, 2008. 457p.
- PEREIRA ESTEVES, R. et al. **Paradigm-based adaptive provisioning in virtualized data centers**. 2013. 169–176p.
- POKHAREL, M.; LEE, S.; PARK, J. S. Disaster Recovery for System Architecture Using Cloud Computing. In: IEEE/IPSJ INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON APPLICATIONS AND THE INTERNET, 2010. **Anais...** IEEE, 2010. p.304–307.
- PRAKASH, S. et al. Disaster recovery services in the cloud for SMEs. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLOUD COMPUTING TECHNOLOGIES, APPLICATIONS AND MANAGEMENT (ICCCCTAM), 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p.139–144.
- PREGER, R. The Oracle Story, Part 1: 1977-1986. **IEEE Annals of the History of Computing**, [S.l.], v.34, n.4, p.51–57, Oct. 2012.
- PUDER, A.; ROMER, K.; PILHOFER, F. **Distributed Systems Architecture: a middleware approach (the mk/omg press)**. 1.ed. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2005.
- QUINN et al. **Forecasting Total Cost of Ownership for Initial Deployments of Server Blades**. [S.l.]: IDC, 2006. Disponível em: <http://goo.gl/KhDfhE>. Acesso em agosto de 2015.
- RABBANI, M. et al. **On tackling virtual data center embedding problem**. 2013. 177–184p.
- RAZA, K.; TURNER, M. **CCIE Professional Development: large scale ip network solutions**. [S.l.]: Cisco Systems, 2000.

- REEVES, D. **Cloud Computing Tiered Architecture**. [Online; acessado em novembro de 2015], <https://goo.gl/ThWWpL>.
- ROSE, R. **Survey of system virtualization techniques**. [Online; acessado em fev-2014], <http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/handle/1957/9907>.
- ROYTMAN, A. et al. PACMan: performance aware virtual machine consolidation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTONOMIC COMPUTING (ICAC 13), 10., San Jose, CA. **Proceedings...** USENIX, 2013. p.83–94.
- CHIU, D. K. W. et al. (Ed.). **Web Information Systems Engineering – WISE 2010 Workshops**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011. 449–462p. (Lecture Notes in Computer Science, v.6724).
- SCHWARZKOPF, M. et al. Omega. In: ACM EUROPEAN CONFERENCE ON COMPUTER SYSTEMS - EUROSYS '13, 8., New York, New York, USA. **Proceedings...** ACM Press, 2013. p.351.
- SEAMAN, C. Qualitative methods in empirical studies of software engineering. **Software Engineering, IEEE Transactions on**, [S.l.], v.25, n.4, p.557–572, Jul 1999.
- SHI, L. et al. **Provisioning of requests for virtual machine sets with placement constraints in IaaS clouds**. 2013. 499–505p.
- SIM, S. E.; EASTERBROOK, S.; PERRY, D. E. Case studies for software engineers. **Software Engineering, International Conference on**, Los Alamitos, CA, USA, v.0, p.1045–1046, 2006.
- SINGH, D.; SINGH, J.; CHHABRA, A. High Availability of Clouds: failover strategies for cloud computing using integrated checkpointing algorithms. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATION SYSTEMS AND NETWORK TECHNOLOGIES, 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p.698–703.
- SMITH, W. E. et al. Availability analysis of blade server systems. **IBM Systems Journal**, [S.l.], v.47, n.4, p.621–640, 2008.
- STAALINPRASANNAH, N.; SURIYA, S. Implementation of Xenserver to Ensuring Business Continuity Through Power of Virtualization for Cloud Computing. In: FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING, COMMUNICATIONS AND NETWORKING TECHNOLOGIES (ICCCNT), 2013. **Anais...** IEEE, 2013. p.1–6.
- SUGIKI, A. An integrated management framework for virtual machines, switches, and their SDNs. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORKS (ICON), 2013. **Anais...** IEEE, 2013. p.1–6.
- SUGIKI, A.; KATO, K. Elements and composition of software-defined data centers. In: POSTERS AND DEMO TRACK ON - MIDDLEWARE '12, New York, New York, USA. **Proceedings...** ACM Press, 2012. p.1–2.
- TECHNOLOGIES, G. **Blades – Uma Visão Geral Sobre as Soluções Em Lâminas**. [S.l.]: Global Technologies Soluções Integradas, 2013. Disponível em: <http://goo.gl/1soqEr>. Acesso em agosto de 2015.

TECHNOLOGIES, G. **Blades – Os Mitos Do Alto Aquecimento, Alto Consumo de Energia e Elevados Ruídos**. [S.l.]: Global Technologies Soluções Integradas, 2014. Disponível em: <http://goo.gl/7zCxBT>. Acesso em agosto de 2015.

TIAN, C.; WANG, Y.; YIN, B. An elastic capacity planning method in cloud. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE & EDUCATION (ICCSE), 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p.239–244.

TRADE, I. **Volume 1 - Architecture Specification, Release 1.3**. [S.l.]: InfiniBand Trade, 2015. Disponível em: <http://goo.gl/dPsTkx>. Acesso em agosto de 2015.

TUNG, T. Defining a Cloud Reference Model. In: IEEE/ACM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CLUSTER, CLOUD AND GRID COMPUTING, 2011. **Anais...** IEEE, 2011. p.598–603.

Valdivieso Caraguay, A. L.; Barona Lopez, L. I.; Garcia Villalba, L. J. Evolution and Challenges of Software Defined Networking. In: IEEE SDN FOR FUTURE NETWORKS AND SERVICES (SDN4FNS), 2013. **Anais...** IEEE, 2013. p.1–7.

VISWANATHAN, B.; VERMA, A.; DUTTA, S. CloudMap: workload-aware placement in private heterogeneous clouds. In: IEEE NETWORK OPERATIONS AND MANAGEMENT SYMPOSIUM, 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p.9–16.

VMWARE, I. **VMware vCloud Suite**. [Online; acessado em Jan-2015], <http://www.vmware.com/products/vcloud-suite>.

VOLTER, M.; KIRCHER, M.; ZDUN, U. **Remoting Patterns: foundations of enterprise, internet and realtime distributed object middleware**. 1.ed. [S.l.]: Wiley, 2004.

VU, Q. H.; LUPU, M.; OOI, B. C. **Peer-to-Peer Computing - Principles and Applications**. [S.l.]: Springer, 2010. I-XVI, 1-317p.

WANG, J. et al. An energy-aware resource allocation heuristics for VM scheduling in cloud. **Proceedings - 2013 IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications, HPCC 2013 and 2013 IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, EUC 2013**, [S.l.], p.587–594, 2014.

ZU, Q. et al. (Ed.). **Human Centered Computing**. Cham: Springer International Publishing, 2015. 427–440p. (Lecture Notes in Computer Science, v.8944).

WANG, L. et al. Towards Thermal Aware Workload Scheduling in a Data Center. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PERVASIVE SYSTEMS, ALGORITHMS, AND NETWORKS, 2009. **Anais...** IEEE, 2009. p.116–122.

WANG, L. et al. GreenDCN: a general framework for achieving energy efficiency in data center networks. **IEEE Journal on Selected Areas in Communications**, [S.l.], v.32, n.1, p.4–15, 2014.

WANG, X. et al. LiveCloud: a lucid orchestrator for cloud datacenters. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLOUD COMPUTING TECHNOLOGY AND SCIENCE PROCEEDINGS, 4. **Anais...** IEEE, 2012. p.341–348.

- WEN, X. et al. VirtualKnotter: online virtual machine shuffling for congestion resolving in virtualized datacenter. In: IEEE 32ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEMS, 2012. **Anais...** IEEE, 2012. p.12–21.
- WOOD, T. et al. PipeCloud. In: ACM SYMPOSIUM ON CLOUD COMPUTING - SOCC '11, 2., New York, New York, USA. **Proceedings...** ACM Press, 2011. p.1–13.
- WU, Y. J. et al. Programmable virtual network instantiation in IaaS cloud based on SDN. **Journal of China Universities of Posts and Telecommunications**, [S.l.], v.20, n.SUPPL. 1, p.121–125, 2013.
- WUHIB, F.; STADLER, R.; LINDGREN, H. **Dynamic resource allocation with management objectives—Implementation for an OpenStack cloud**. 2012. 309–315p.
- WUHIB, F.; STADLER, R.; SPREITZER, M. A Gossip Protocol for Dynamic Resource Management in Large Cloud Environments. **IEEE Transactions on Network and Service Management**, [S.l.], v.9, n.2, p.213–225, June 2012.
- WUHIB, F.; YANGGRATOKE, R.; STADLER, R. Allocating Compute and Network Resources Under Management Objectives in Large-Scale Clouds. **Journal of Network and Systems Management**, [S.l.], v.23, n.1, p.111–136, July 2013.
- XIANG, F. et al. Novel "rich cloud"based data disaster recovery strategy. **Tongxin Xuebao/Journal on Communications**, [S.l.], v.34, n.6, p.92–101, 2013.
- YEO, C. S. et al. Cluster Computing: high-performance, high-availability, and high-throughput processing on a network of computers. In: ZOMAYA, A. Y. (Ed.). **Handbook of Nature-Inspired and Innovative Computing**. [S.l.]: Springer, 2006. p.521–551.
- ZHANG, Q.; CHENG, L.; BOUTABA, R. Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. **Journal of Internet Services and Applications**, [S.l.], v.1, n.1, p.7–18, Apr. 2010.
- ZHANI, M.; ZHANG, Q. **VDC Planner: dynamic migration-aware virtual data center embedding for clouds**. 2013. 18–25p.
- ZHOU, X.; JIANG, C.-J. Autonomic Performance and Power Control on Virtualized Servers: survey, practices, and trends. **Journal of Computer Science and Technology**, [S.l.], v.29, n.4, p.631–645, July 2014.

Apêndice



Atas de Pregões de Licitações de Soluções de Virtualização

A.1 Licitações VMware 2012

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUBTOTAL	SUPORTE	QTDE	SUBTOTAL	TOTAL
682012	153808	R\$ 8.649,00	70	R\$ 605.430,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 605.430,00
452012	257049	R\$ 38.900,00	55	R\$ 2.139.500,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 2.139.500,00
452012	257049	R\$ 9.290,00	52	R\$ 483.080,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 483.080,00
532012	90031	R\$ 21.962,00	44	R\$ 965.888,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 965.888,00
1982012	238014	R\$ 17.300,00	1	R\$ 17.300,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 17.300,00
852012	925006	R\$ 14.300,00	22	R\$ 314.600,00	R\$ 3.872,72	22	R\$ 85.199,84	R\$ 399.799,84
882012	153103	R\$ 19.200,00	96	R\$ 1.843.200,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 1.843.200,00
122012	343026	R\$ 10.085,00	8	R\$ 80.680,00	R\$ 6.600,00	8	R\$ 52.800,00	R\$ 133.480,00
862012	925980	R\$ 11.850,00	30	R\$ 355.500,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 355.500,00
862012	925980	R\$ 4.700,00	30	R\$ 141.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 141.000,00
1352012	153032	R\$ 12.314,29	7	R\$ 86.200,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 86.200,00
1032012	158516	R\$ 8.400,00	96	R\$ 806.400,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 806.400,00
1002012	90028	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 3.670,00	16	R\$ 58.720,00	R\$ 58.720,00
362012	153178	R\$ 7.360,00	1	R\$ 7.360,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 7.360,00
482012	925464	R\$ 5.194,50	8	R\$ 41.556,00	R\$ 1.189,25	8	R\$ 9.514,00	R\$ 51.070,00
482012	925464	R\$ 34.072,00	8	R\$ 272.576,00	R\$ 10.440,00	8	R\$ 83.520,00	R\$ 356.096,00
872012	254445	R\$ 7.875,00	12	R\$ 94.500,00	R\$ 487,50	12	R\$ 5.850,00	R\$ 100.350,00
282012	70016	R\$ 11.899,50	2	R\$ 23.799,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 23.799,00
102012	974002	R\$ 16.500,00	32	R\$ 528.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 528.000,00
32012	925865	R\$ 7.135,71	28	R\$ 199.800,00	R\$ 5.893,00	28	R\$ 165.004,00	R\$ 364.804,00
52012	160249	R\$ 69.800,00	3	R\$ 209.400,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 209.400,00
62012	925404	R\$ 10.799,00	10	R\$ 107.990,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 107.990,00
62012	925404	R\$ 4.209,01	8	R\$ 33.672,08	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 33.672,08
62012	925404	R\$ 12.111,00	8	R\$ 96.888,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 96.888,00
1402012	158154	R\$ 16.950,00	1	R\$ 16.950,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 16.950,00
672012	70015	R\$ 10.000,00	6	R\$ 60.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 60.000,00
12012	160034	R\$ 14.191,99	30	R\$ 425.759,70	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 425.759,70
112012	925402	R\$ 5.299,75	20	R\$ 105.995,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 105.995,00

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUB TOTAL	SUPORTE	QTDE	SUBTOTAL	TOTAL
682012	153808	R\$ 10.618,00	1	R\$ 10.618,00			R\$ 0,00	R\$ 10.618,00
682012	153808	R\$ 18.509,57	6	R\$ 111.057,42			R\$ 0,00	R\$ 111.057,42
452012	257049	R\$ 25.490,00	18	R\$ 458.820,00			R\$ 0,00	R\$ 458.820,00
532012	90031	R\$ 65.202,00	6	R\$ 391.212,00			R\$ 0,00	R\$ 391.212,00
882012	153103	R\$ 13.700,00	4	R\$ 54.800,00			R\$ 0,00	R\$ 54.800,00
882012	153103	R\$ 34.500,00	8	R\$ 276.000,00			R\$ 0,00	R\$ 276.000,00
862012	925980	R\$ 21.000,00	2	R\$ 42.000,00			R\$ 0,00	R\$ 42.000,00
862012	925980	R\$ 50.990,00	2	R\$ 101.980,00			R\$ 0,00	R\$ 101.980,00
862012	925980	R\$ 42.000,00	2	R\$ 84.000,00			R\$ 0,00	R\$ 84.000,00
1032012	158516	R\$ 12.100,00	3	R\$ 36.300,00			R\$ 0,00	R\$ 36.300,00
1002012	90028	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 7.100,00	1	R\$ 7.100,00	R\$ 7.100,00
872012	254445	R\$ 11.300,00	1	R\$ 11.300,00	R\$ 710,00	1	R\$ 710,00	R\$ 12.010,00
102012	974002	R\$ 22.000,00	1	R\$ 22.000,00			R\$ 0,00	R\$ 22.000,00
32012	925865	R\$ 8.357,52	1	R\$ 8.357,52	R\$ 7.743,54	1	R\$ 7.743,54	R\$ 16.101,06
62012	925404	R\$ 17.000,00	2	R\$ 34.000,00			R\$ 0,00	R\$ 34.000,00
672012	70015	R\$ 95.000,00	2	R\$ 190.000,00			R\$ 0,00	R\$ 190.000,00
112012	925402	R\$ 9.825,00	1	R\$ 9.825,00			R\$ 0,00	R\$ 9.825,00

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUB TOTAL	
682012	153808	R\$ 191,23	400	R\$ 76.492,00	Instalação
682012	153808	R\$ 256,97	200	R\$ 51.394,00	Configuração
452012	257049	R\$ 16.890,00	15	R\$ 253.350,00	Instalação e Treinamento Hands-On
882012	153103	R\$ 5.000,00	10	R\$ 50.000,00	VCENTER SITE RECOVERY MANAGER
882012	153103	R\$ 6.291,00	10	R\$ 62.910,00	VMware vSphere: Instal, Configure, Manage
862012	925980	R\$ 4.500,00	30	R\$ 135.000,00	Instalação
862012	925980	R\$ 4.200,00	30	R\$ 126.000,00	Instalação
862012	925980	R\$ 12.000,00	2	R\$ 24.000,00	Instalação
862012	925980	R\$ 10.833,09	2	R\$ 21.666,18	Instalação
862012	925980	R\$ 9.958,54	2	R\$ 19.917,08	Instalação
862012	925980	R\$ 14.810,90	10	R\$ 148.109,00	Consultoria
862012	925980	R\$ 9.579,73	10	R\$ 95.797,30	Treinamento
1032012	158516	R\$ 27.000,00	3	R\$ 81.000,00	Instalação vSphere
1032012	158516	R\$ 17.900,00	3	R\$ 53.700,00	Instalação vCenter
862012	254445	R\$ 26.149,00	1	R\$ 26.149,00	Instalação
862012	254445	R\$ 7.463,15	10	R\$ 74.631,52	VMware vSphere: Instal, Configure, Manage
82012	70017	R\$ 26.030,00	1	R\$ 26.030,00	VMware vSphere: Instal, Configure, Manage
862012	30001	R\$ 295.000,00	1	R\$ 295.000,00	suporte técnico especializado on site a produtos da fabricante VMware
662012	30001	R\$ 333.000,00	1	R\$ 333.000,00	suporte técnico especializado on site a produtos da fabricante VMware de 1.000 créditos
242012	90030	R\$ 38.490,00	1	R\$ 38.490,00	serviços de suporte técnico em ambiente VMWARE
12012	120127	R\$ 77.760,00	1	R\$ 77.760,00	VMware vSphere: Instal, Configure, Manage

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	TOTAL
1272012	80001	R\$ 3.251,03	2	R\$ 6.502,06
1272012	80001	R\$ 27.761,57	6	R\$ 166.569,42
1272012	80001	R\$ 6.186,09	6	R\$ 37.116,54
1272012	80001	R\$ 15.900,00	14	R\$ 222.600,00
1272012	80001	R\$ 7.825,27	16	R\$ 125.204,32
1272012	80001	R\$ 1.747,10	16	R\$ 27.953,60
1272012	80001	R\$ 2.274,79	28	R\$ 63.694,12
1772012	40001	R\$ 63.751,81	2	R\$ 127.503,62
1772012	40001	R\$ 25.732,46	1	R\$ 25.732,46
1772012	40001	R\$ 18.446,75	2	R\$ 36.893,50
1772012	40001	R\$ 7.462,17	2	R\$ 14.924,34
1772012	40001	R\$ 5.184,13	16	R\$ 82.946,08
3722012	986001	R\$ 2.715.000,00	1	R\$ 2.715.000,00
3722012	986001	R\$ 258.000,00	1	R\$ 258.000,00

A.2 Licitações VMware 2013

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUBTOTAL	SUPORTE	QTDE	SUBTOTAL	TOTAL
10932013	943001	R\$ 49.000,00	96	R\$ 4.704.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 4.704.000,00
152013	158499	R\$ 13.300,00	32	R\$ 425.600,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 425.600,00
522013	925802	R\$ 13.999,99	6	R\$ 83.999,94	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 83.999,94
422013	925158	R\$ 7.488,00	20	R\$ 149.760,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 149.760,00
422013	925158	R\$ 19.200,00	20	R\$ 384.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 384.000,00
382013	90010	R\$ 18.880,00	8	R\$ 151.040,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 151.040,00
382013	90010	R\$ 16.180,00	1	R\$ 16.180,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 16.180,00
1162013	153036	R\$ 23.500,00	24	R\$ 564.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 564.000,00
1162013	153036	R\$ 25.000,00	32	R\$ 800.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 800.000,00
812013	70005	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 102.700,00	1	R\$ 102.700,00	R\$ 102.700,00
872013	200200	R\$ 8.900,00	20	R\$ 178.000,00	R\$ 5.000,00	20	R\$ 100.000,00	R\$ 278.000,00
872013	200200	R\$ 13.500,00	10	R\$ 135.000,00	R\$ 5.300,00	30	R\$ 159.000,00	R\$ 294.000,00
682013	158129	R\$ 25.961,00	34	R\$ 882.674,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 882.674,00
682013	158129	R\$ 21.698,00	38	R\$ 824.524,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 824.524,00
842013	323031	R\$ 16.000,00	16	R\$ 256.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 256.000,00
1042013	70023	R\$ 13.588,99	30	R\$ 407.669,70	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 407.669,70
312013	320004	R\$ 34.889,00	90	R\$ 3.140.010,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 3.140.010,00
1522013	158516	R\$ 2.750,00	96	R\$ 264.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 264.000,00
1522013	158516	R\$ 8.540,00	36	R\$ 307.440,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 307.440,00
312013	158135	R\$ 2.489,00	20	R\$ 49.780,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 49.780,00
312013	158135	R\$ 4.300,00	20	R\$ 86.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 86.000,00
1672013	245209	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 95.659,92	12	R\$ 1.147.919,04	R\$ 1.147.919,04
372013	530001	R\$ 5.350,00	120	R\$ 642.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 642.000,00
1192013	30001	R\$ 7.434,82	290	R\$ 2.156.097,80	R\$ 1.783,21	290	R\$ 517.130,90	R\$ 2.673.228,70
572013	389089	R\$ 16.800,00	8	R\$ 134.400,00	R\$ 8.100,00	20	R\$ 162.000,00	R\$ 266.400,00
312013	80021	R\$ 6.656,25	16	R\$ 106.500,00	R\$ 2.312,44	16	R\$ 36.999,00	R\$ 143.499,00

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUBTOTAL	SUPORTE	QTDE	SUBTOTAL	TOTAL
1072013	158516	R\$ 9.500,00	26	R\$ 247.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 247.000,00
162013	183038	R\$ 8.981,24	8	R\$ 71.849,92	R\$ 6.909,99	8	R\$ 55.279,92	R\$ 127.129,84
32013	749000	R\$ 11.222,45	50	R\$ 561.122,50	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 561.122,50
142013	410003	R\$ 8.250,00	64	R\$ 528.000,00	R\$ 6.000,00	64	R\$ 384.000,00	R\$ 912.000,00
142013	410003	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 1.500,00	48	R\$ 72.000,00	R\$ 72.000,00
222013	70024	R\$ 13.700,00	12	R\$ 164.400,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 164.400,00
242013	200200	R\$ 2.021,76	100	R\$ 202.176,00	R\$ 761,95	248	R\$ 188.963,60	R\$ 391.139,60
242013	200200	R\$ 5.841,76	160	R\$ 934.681,60	R\$ 2.006,74	232	R\$ 465.563,68	R\$ 1.400.245,28
352013	925464	R\$ 11.333,33	6	R\$ 68.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 68.000,00
352013	925464	R\$ 7.620,00	10	R\$ 76.200,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 76.200,00
722013	20001	R\$ 12.000,00	40	R\$ 480.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 480.000,00
722013	20001	R\$ 5.000,00	16	R\$ 80.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 80.000,00
92013	390004	R\$ 5.556,00	30	R\$ 166.680,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 166.680,00

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUB TOTAL	SUPORTE	QTDE	SUBTOTAL	TOTAL
10932013	943001	R\$ 21.500,00	1	R\$ 21.500,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 21.500,00
10932013	943001	R\$ 25.500,00	4	R\$ 102.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 102.000,00
152013	158499	R\$ 18.238,08	6	R\$ 109.428,48	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 109.428,48
152013	158499	R\$ 38.269,82	9	R\$ 344.428,38	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 344.428,38
422013	925158	R\$ 29.749,00	20	R\$ 594.980,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 594.980,00
1162013	153036	R\$ 19.700,00	4	R\$ 78.800,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 78.800,00
1162013	153036	R\$ 44.000,00	4	R\$ 176.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 176.000,00
872013	200200	R\$ 20.350,00	4	R\$ 81.400,00	R\$ 7.800,00	4	R\$ 31.200,00	R\$ 112.600,00
842013	323031	R\$ 22.000,00	1	R\$ 22.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 22.000,00
842013	323031	R\$ 49.000,00	6	R\$ 294.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 294.000,00
312013	320004	R\$ 41.990,00	4	R\$ 167.960,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 167.960,00
312013	320004	R\$ 48.910,00	1	R\$ 48.910,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 48.910,00
372013	530001	R\$ 21.450,00	2	R\$ 42.900,00	R\$ 11.490,00	1	R\$ 11.490,00	R\$ 54.390,00
372013	530001	R\$ 42.000,00	4	R\$ 168.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 168.000,00
1192013	30001	R\$ 27.400,00	20	R\$ 548.000,00	R\$ 7.000,00	20	R\$ 140.000,00	R\$ 688.000,00
572013	389089	R\$ 25.849,00	1	R\$ 25.849,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 25.849,00
312013	80021	R\$ 9.449,00	1	R\$ 9.449,00	R\$ 3.264,00	1	R\$ 3.264,00	R\$ 12.713,00
1072013	158516	R\$ 13.900,00	6	R\$ 83.400,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 83.400,00
162013	135081	R\$ 37.500,00	1	R\$ 37.500,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 37.500,00
32013	749000	R\$ 14.525,69	1	R\$ 14.525,69	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 14.525,69
782013	30001	R\$ 8.472,00	11	R\$ 93.192,00	R\$ 3.800,00	11	R\$ 41.800,00	R\$ 134.992,00
142013	410003	R\$ 34.000,00	10	R\$ 340.000,00	R\$ 27.300,00	10	R\$ 273.000,00	R\$ 613.000,00
142013	410003	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 2.600,00	1	R\$ 2.600,00	R\$ 2.600,00
242013	200200	R\$ 10.149,41	18	R\$ 182.689,38	R\$ 3.485,97	30	R\$ 104.579,10	R\$ 287.268,48
92013	390004	R\$ 27.696,00	1	R\$ 27.696,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 27.696,00

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUB TOTAL	
10932013	943001	R\$ 7.553,00	10	R\$ 75.530,00	VMware vsphere Instal, Configure and Manage
10932013	943001	R\$ 8.992,00	10	R\$ 89.920,00	VMware vsphere: Optimize & Scale 5.1
10932013	943001	R\$ 3.596,00	10	R\$ 35.960,00	VMware Site Recovery Manager: Instal, Configure, Manage
10932013	943001	R\$ 8.992,00	10	R\$ 89.920,00	VMware Configuration Manager
10932013	943001	R\$ 8.992,00	10	R\$ 89.920,00	VMware vCenter: Configuration Manager, Introduction
10932013	943001	R\$ 3.237,00	10	R\$ 32.370,00	VMware vCenter: Operations Manager: Analyze and Predict
10932013	943001	R\$ 5.395,00	10	R\$ 53.950,00	VMware vCloud: Architecting the VMware Cloud
10932013	943001	R\$ 5.033,00	10	R\$ 50.330,00	VMware vCloud Automation Center: Instal, Configure, Manage
10932013	943001	R\$ 5.035,00	10	R\$ 50.350,00	VMware vCloud: Director Instal, Configure, Manage
10932013	943001	R\$ 390,00	1920	R\$ 748.800,00	upgrade de VMware vsphere 5 Enterprise Plus para vCloud Suite
10932013	943001	R\$ 390,00	80	R\$ 31.200,00	instalação e configuração de VMware vCenter Server
10932013	943001	R\$ 390,00	160	R\$ 62.400,00	instalação/configuração de VMware vCenter Site Recovery
10932013	943001	R\$ 390,00	80	R\$ 31.200,00	instalação e configuração de VMware vsphere VCOPS
10932013	943001	R\$ 390,00	120	R\$ 46.800,00	Workshop - Migração para Computação em Nuvem
10932013	943001	R\$ 390,00	600	R\$ 234.000,00	VMware vCloud 'Jumpstart'
10932013	943001	R\$ 390,00	600	R\$ 234.000,00	VMware vCloud Networking & Security 'Jumpstart'
10932013	943001	R\$ 390,00	480	R\$ 187.200,00	VMware vsphere Health Chec
152013	158499	R\$ 6.169,25	2	R\$ 12.338,50	VMware vsphere Instal, Configure and Manage
152013	158499	R\$ 48.312,22	1	R\$ 48.312,22	Serviço de implantação do ambiente de virtualização -
422013	925158	R\$ 8.500,00	20	R\$ 170.000,00	VMware vsphere Instal, Configure and Manage
872013	200200	R\$ 7.951,62	12	R\$ 95.419,44	Mware vCloud: Deploy and Manage the VMware Cloud
872013	200200	R\$ 5.615,81	12	R\$ 67.389,72	VMware vCloud: Architecting the VMware Cloud
872013	200200	R\$ 4.969,76	12	R\$ 59.637,12	Mware vCloud: Design Best Practices

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUB TOTAL	
872013	200200	R\$ 7.454,63	12	R\$ 89.455,56	VMware vCloud Automation Center: Install, Configure, Manage
872013	200200	R\$ 7.454,63	12	R\$ 89.455,56	VMware vCloud Director: Install, Configure, Manage
872013	200200	R\$ 4.472,78	12	R\$ 53.673,36	VMware vCenter Site Recovery Manager: Install, Configure, Manage
872013	200200	R\$ 4.472,78	12	R\$ 53.673,36	VMware vCenter Operations Manager: Analyze and Predict
872013	200200	R\$ 3.948,00	30	R\$ 118.440,00	VMware vSphere: Install, Configure, Manage
312013	320004	R\$ 8.200,00	12	R\$ 98.400,00	VMware vSphere: Install, Configure, Manage
312013	320004	R\$ 8.050,00	12	R\$ 96.600,00	vSphere Optimize and Scale
312013	320004	R\$ 6.200,00	12	R\$ 74.400,00	VMware Analyze and Predict
312013	320004	R\$ 8.310,00	12	R\$ 99.720,00	VMware vSphere: Troubleshooting Workshop
312013	320004	R\$ 415,00	2750	R\$ 1.141.250,00	Serviço de Suporte Técnico em Banco de Horas
372013	530001	R\$ 51.000,00	3	R\$ 153.000,00	VMware vSphere: Install, Configure, Manage
1192013	30001	R\$ 184.000,00	2	R\$ 368.000,00	VMware vSphere: Install, Configure, Manage
32013	749000	R\$ 4.293,41	5	R\$ 21.467,05	VMware vSphere: Install, Configure, Manage
32013	749000	R\$ 4.327,08	5	R\$ 21.635,40	VMware Infrastructure 3: Implantar, proteger e analisar
32013	749000	R\$ 2.176,49	5	R\$ 10.882,45	VMware Infrastructure 3 : Operações
32013	749000	R\$ 4.330,46	5	R\$ 21.652,30	VMware vSphere: Troubleshooting -
242013	200200	R\$ 7.540,00	60	R\$ 452.400,00	VMware vSphere: Install, Configure, Manage
242013	200200	R\$ 8.980,00	60	R\$ 538.800,00	vSphere Optimize and Scale
352013	925464	R\$ 16.000,00	8	R\$ 128.000,00	Instalação
12013	160395	R\$ 1.780,00	5	R\$ 8.900,00	Curso presencial teórico e prático sobre VMWARE VSPHERE 5 SS 3044
172013	179087	R\$ 124.000,00	1	R\$ 124.000,00	vSphere: Design Workshop + Troubleshooting + Performance

Pregão	UAST	VALOR UN		QTDE	TOTAL	
1092013	70023	R\$	93.651,00	R\$	1,00	R\$ 93.651,00
1562013	153030	R\$	39.999,99	R\$	1,00	R\$ 39.999,99
2442013	238014	R\$	1.784.898,72	R\$	1,00	R\$ 1.784.898,72
172013	179087	R\$	924.000,00	R\$	1,00	R\$ 924.000,00

A.3 Licitações VMware 2014

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUBTOTAL	SUPORTE	QTDE	SUBTOTAL	TOTAL
122014	533014	R\$ 41.900,00	8	R\$ 335.200,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 335.200,00
752014	90031	R\$ 15.340,00	20	R\$ 306.800,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 306.800,00
302014	343026	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 10.858,24	8	R\$ 86.865,92	R\$ 86.865,92
722014	200200	R\$ 31.900,00	4	R\$ 127.600,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 127.600,00
722014	200200	R\$ 22.600,00	40	R\$ 904.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 904.000,00
722014	200200	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 1.258,00	30	R\$ 37.740,00	R\$ 37.740,00
722014	200200	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 3.153,00	43	R\$ 135.579,00	R\$ 135.579,00
722014	200200	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 1.000,00	137	R\$ 137.000,00	R\$ 137.000,00
722014	200200	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 2.580,00	113	R\$ 291.540,00	R\$ 291.540,00
722014	200200	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 6.000,00	20	R\$ 120.000,00	R\$ 120.000,00
1432014	925942	R\$ 10.600,00	400	R\$ 4.240.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 4.240.000,00
402014	135007	R\$ 37.000,00	1	R\$ 37.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 37.000,00
82014	420037	R\$ 15.999,99	6	R\$ 95.999,94	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 95.999,94
1092014	154046	0	0	R\$ 0,00	R\$ 6.288,89	18	R\$ 113.200,00	R\$ 113.200,00
602014	135010	R\$ 12.185,63	8	R\$ 97.485,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 97.485,00
372014	203003	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 8.362,50	8	R\$ 66.900,00	R\$ 66.900,00
832014	70027	R\$ 8.443,00	20	R\$ 168.860,00	R\$ 2.300,00	20	R\$ 46.000,00	R\$ 214.860,00
592014	254420	R\$ 33.600,00	2	R\$ 67.200,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 67.200,00
232014	135007	R\$ 20.000,00	1	R\$ 20.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 20.000,00
412014	158154	R\$ 17.000,00	30	R\$ 510.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 510.000,00
762014	70023	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 8.156,25	8	R\$ 65.250,00	R\$ 65.250,00
462014	925869	R\$ 19.115,23	48	R\$ 917.531,04	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 917.531,04
272014	240104	R\$ 0,00		R\$ 0,00	R\$ 8.500,00	12	R\$ 102.000,00	R\$ 102.000,00
422014	60395	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 6.312,50	16	R\$ 100.999,99	R\$ 100.999,99
562014	158141	R\$ 12.513,00	64	R\$ 800.832,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 800.832,00
982014	154049	R\$ 7.374,99	4	R\$ 29.499,94	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 29.499,94

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUBTOTAL	SUPORTE	QTDE	SUBTOTAL	TOTAL
112014	925814	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 1.099,00	42	R\$ 46.158,00	R\$ 46.158,00
112014	925814	R\$ 17.200,00	12	R\$ 206.400,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 206.400,00
62014	160195	R\$ 12.543,00	50	R\$ 627.150,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 627.150,00
322014	53046	R\$ 11.615,25	76	R\$ 882.759,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 882.759,00
192014	40003	R\$ 8.972,22	36	R\$ 322.999,92	R\$ 8.055,55	36	R\$ 289.999,80	R\$ 612.999,72
192014	40003	R\$ 15.937,50	48	R\$ 765.000,00	R\$ 16.125,00	8	R\$ 129.000,00	R\$ 894.000,00
312014	70006	R\$ 15.100,00	14	R\$ 211.400,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 211.400,00
72014	185001	R\$ 26.062,50	16	R\$ 417.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 417.000,00
532014	110120	R\$ 3.000,00	4	R\$ 12.000,00	R\$ 0,00		R\$ 0,00	R\$ 12.000,00
132014	974002	R\$ 29.000,00	32	R\$ 928.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 928.000,00
132014	974002	R\$ 348.000,00	1	R\$ 348.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 348.000,00
182014	90027	R\$ 10.289,00	327	R\$ 3.364.503,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 3.364.503,00
182014	90027	R\$ 13.458,00	32	R\$ 430.656,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 430.656,00
102014	70009	R\$ 16.646,08	7	R\$ 116.522,56	R\$ 7.935,54	8	R\$ 63.484,32	R\$ 180.006,88
702013	160395	R\$ 22.580,00	74	R\$ 1.670.920,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 1.670.920,00
2682013	158122	R\$ 14.250,00	5	R\$ 71.250,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 71.250,00

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUB TOTAL	SUPORTE	QTDE	SUBTOTAL	TOTAL
122014	533014	R\$ 47.000,00	1	R\$ 47.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 47.000,00
752014	90031	R\$ 23.875,00	2	R\$ 47.750,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 47.750,00
302014	343026	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 14.195,32	1	R\$ 14.195,32	R\$ 14.195,32
722014	200200	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 5.741,00	10	R\$ 57.410,00	R\$ 57.410,00
722014	200200	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 4.360,00	15	R\$ 65.400,00	R\$ 65.400,00
722014	200200	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 7.498,00	1	R\$ 7.498,00	R\$ 7.498,00
402014	135007	R\$ 37.000,00	1	R\$ 37.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 37.000,00
1092014	154046	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 8.950,00	2	R\$ 17.900,00	R\$ 17.900,00
602014	135010	R\$ 21.439,88	1	R\$ 21.439,88	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 21.439,88
742014	70010	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 14.438,80	8	R\$ 115.510,40	R\$ 115.510,40
742014	70010	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 15.788,00	1	R\$ 15.788,00	R\$ 15.788,00
372014	203003	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 16.100,00	1	R\$ 16.100,00	R\$ 16.100,00
372014	203003	R\$ 21.250,00	4	R\$ 85.000,00	R\$ 14.375,00	4	R\$ 57.500,00	R\$ 142.500,00
832014	70027	R\$ 12.100,00	4	R\$ 48.400,00	R\$ 3.243,00	4	R\$ 12.972,00	R\$ 61.372,00
832014	70027	R\$ 29.873,00	3	R\$ 89.619,00	R\$ 8.025,90	3	R\$ 24.077,70	R\$ 113.696,70
232014	135007	R\$ 20.000,00	1	R\$ 20.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 20.000,00
412014	158154	R\$ 27.500,00	2	R\$ 55.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 55.000,00
462014	925869	R\$ 23.800,00	2	R\$ 47.600,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 47.600,00
272014	240104	R\$ 0,00		R\$ 0,00	R\$ 11.448,00	1	R\$ 11.448,00	R\$ 11.448,00
6752014	803080	R\$ 10.446,00	8	R\$ 83.568,00	R\$ 3.312,00	8	R\$ 26.496,00	R\$ 110.064,00
422014	60395	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 9.337,53	1	R\$ 9.337,53	R\$ 9.337,53
562014	158141	R\$ 20.600,00	5	R\$ 103.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 103.000,00
112014	925814	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 3.990,00	2	R\$ 7.980,00	R\$ 7.980,00
62014	160195	R\$ 14.880,94	5	R\$ 74.404,70	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 74.404,70
322014	53046	R\$ 25.221,57	4	R\$ 100.886,28	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 100.886,28
192014	40003	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 23.500,00	2	R\$ 47.000,00	R\$ 47.000,00
312014	70006	R\$ 21.000,00	1	R\$ 21.000,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 21.000,00

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUB TOTAL	SUPORTE	QTDE	SUBTOTAL	TOTAL
132014	974002	R\$ 89.600,00	1	R\$ 89.600,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 89.600,00
182014	90027	R\$ 29.461,00	2	R\$ 58.922,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 58.922,00
182014	90027	R\$ 58.947,00	2	R\$ 117.894,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 117.894,00
102014	70009	R\$ 21.743,42	2	R\$ 43.486,84	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 43.486,84
702013	160395	R\$ 32.462,00	2	R\$ 64.924,00	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 64.924,00

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUB TOTAL	
132014	974002	R\$ 348.000,00	1	R\$ 348.000,00	SVC-CR-20
132014	974002	R\$ 12.800,00	4	R\$ 51.200,00	Sphere: Install, Configure
132014	974002	R\$ 14.390,00	4	R\$ 57.560,00	SPHERE: Optimize and Scale
132014	974002	R\$ 11.856,00	4	R\$ 47.424,00	VCOPS Analyze and Predict
132014	974002	R\$ 12.549,00	4	R\$ 50.196,00	vSphere: Troubleshooting Workshop
132014	974002	R\$ 10.910,00	4	R\$ 43.640,00	vCloud Director: Install, Configure
132014	974002	R\$ 395,00	500	R\$ 197.500,00	500 horas consultoria vmware
372014	203003	R\$ 26.692,32	2	R\$ 53.384,64	Sphere: Install, Configure
372014	203003	R\$ 12.789,12	4	R\$ 51.156,48	VCOPS Analyze and Predict
72014	158134	R\$ 10.192,00	4	R\$ 40.768,00	CENTER SITE RECOVERY MANAGER
72014	158134	R\$ 10.442,00	4	R\$ 41.768,00	VCOPS Analyze and Predict
72014	158134	R\$ 12.616,00	4	R\$ 50.463,99	Sphere: Install, Configure
332014	153165	R\$ 7.500,00	9	R\$ 67.500,00	Sphere: Install, Configure
242014	160106	R\$ 1.550,00	1	R\$ 1.550,00	Sphere: Install, Configure
182014	90027	R\$ 19.580,00	1	R\$ 19.580,00	Instalação
182014	90027	R\$ 9.237,50	8	R\$ 73.900,00	Sphere: Install, Configure
182014	90027	R\$ 8.492,88	8	R\$ 67.943,00	vSphere: Troubleshooting Workshop
182014	90027	R\$ 9.361,00	8	R\$ 74.888,00	SPHERE: Optimize and Scale
182014	90027	R\$ 4.718,25	8	R\$ 37.746,00	VCENTER CONFIGURATION MANAGE

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	TOTAL
1232014	60001	R\$ 405.000,00	R\$ 1,00	R\$ 405.000,00
332014	153165	R\$ 147.016,00	R\$ 3,00	R\$ 441.048,00
72014	185001	R\$ 417.000,00	R\$ 1,00	R\$ 417.000,00

A.4 Licitações VMware 2015

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUBTOTAL	SUPORTE	QTDE	SUBTOTAL	TOTAL
232015	80026	R\$ 12.639,00	3	R\$ 37.917,00				R\$ 37.917,00
232015	80026	R\$ 9.587,37	9	R\$ 86.286,33				R\$ 86.286,33
32015	30001	R\$ 9.847,31	49	R\$ 482.518,19				R\$ 482.518,19
32015	30001	R\$ 19.134,39	40	R\$ 765.375,60				R\$ 765.375,60
32015	30001	R\$ 26.225,00	186	R\$ 4.877.850,00				R\$ 4.877.850,00
32015	30001	R\$ 32.280,62	34	R\$ 1.096.861,08	R\$ 2.800,00	15	R\$ 42.000,00	R\$ 1.138.861,08
4052014	153163	R\$ 13.175,90	30	R\$ 395.277,00	R\$24.711,16	10	R\$247.111,60	R\$ 642.388,60
4052014	153163	R\$ 9.655,60	30	R\$ 289.668,00				R\$ 289.668,00
4052014	153163	R\$ 14.730,00	50	R\$ 736.500,00				R\$ 736.500,00
4052014	153163	R\$ 9.650,00	50	R\$ 482.500,00				R\$ 482.500,00
4052014	153163	R\$ 3.337,81	15	R\$ 50.067,15				R\$ 50.067,15
4052014	153163	R\$ 2.173,41	15	R\$ 32.601,15				R\$ 32.601,15
162015	160140	R\$ 17.000,00	6	R\$ 102.000,00				R\$ 102.000,00
192015	925008	R\$ 94.040,00	20	R\$ 1.880.800,00				R\$ 1.880.800,00
12015	389099	R\$ 30.000,00	1	R\$ 30.000,00				R\$ 30.000,00
22015	70028	R\$ 17.324,99	20	R\$ 346.499,80				R\$ 346.499,80
22015	926363	R\$ 25.499,00	1	R\$ 25.499,00				R\$ 25.499,00

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUB TOTAL	SUPORTE	QTDE	SUBTOTAL	TOTAL
32015	30001	R\$ 23.537,09	2	R\$ 47.074,18	R\$ 8.954,80	1	R\$ 8.954,80	R\$ 56.028,98
32015	30001	R\$ 48.006,88	4	R\$ 192.027,52	R\$ 22.182,02	2	R\$ 44.364,04	R\$ 236.391,56
4052014	153163	R\$ 14.730,00	10	R\$ 147.300,00	R\$ 13.083,11	1	R\$ 13.083,11	R\$ 160.383,11
4052014	153163	R\$ 9.396,90	10	R\$ 93.969,00			R\$ 0,00	R\$ 93.969,00

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUB TOTAL	SUPORTE	QTDE	SUBTOTAL	TOTAL
32015	30001	R\$18.008,78	220	R\$ 3.961.931,60	R\$ 0,00	0	R\$ 0,00	R\$ 3.961.931,60

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUB TOTAL	
32015	30001	R\$ 337,36	2000	R\$ 674.720,00	Serviços de instalação, customização
32015	30001	R\$ 337,36	800	R\$ 269.888,00	Treinamento
32015	30001	R\$ 65.219,00	6	R\$ 391.314,00	
4052014	153163	R\$ 200,00	432	R\$ 86.400,00	Suporte
192015	925008	R\$ 12.599,00	10	R\$ 125.990,00	VMware vSphere: Fast Track
192015	925008	R\$ 12.599,00	10	R\$ 125.990,00	vSphere: Optimize and Scale
202014	749000	R\$ 3.139,00	10	R\$ 31.390,00	VMware vSphere: Install, Configure, Manage

A.5 Licitações XenServer 2012

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUBTOTAL
102012	120127	R\$ 2.350,00	300	R\$ 705.000,00
522012	120016	R\$ 6.096,00	5	R\$ 30.480,00
1032012	154041	R\$ 8.900,00	10	R\$ 89.000,00
252012	135036	R\$ 9.000,00	2	R\$ 18.000,00
452012	135015	R\$ 15.692,00	4	R\$ 62.768,00
1642012	254420	R\$ 8.329,00	4	R\$ 33.316,00
1642012	254420	R\$ 7.562,10	4	R\$ 30.248,40
742012	590001	R\$ 7.499,00	10	R\$ 74.990,00

A.6 Licitações XenServer 2013

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUBTOTAL
12013	160148	R\$ 5.000,00	3	R\$ 15.000,00
22013	158503	R\$ 14.300,00	9	R\$ 128.700,00
22013	158503	R\$ 13.500,00	20	R\$ 270.000,00

A.7 Licitações XenServer 2014

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUBTOTAL
52014	160349	R\$ 3.300,00	9	R\$ 29.700,00
1562014	250052	R\$ 2.750,00	10	R\$ 27.500,00
72014	160091	R\$ 8.600,00	12	R\$ 103.200,00
72014	160091	R\$ 1.200,00	12	R\$ 14.400,00
72014	160091	R\$ 5.304,17	12	R\$ 63.650,00
3592014	153164	R\$ 1.064,30	20	R\$ 21.285,99
3592014	153164	R\$ 327,50	20	R\$ 6.549,98
102992014	910810	R\$ 10.940,97	32	R\$ 350.111,16
202014	749000	R\$ 6.170,00	10	R\$ 61.700,00

A.8 Licitações XenServer 2015

Pregão	UAST	VALOR UN	QTDE	SUBTOTAL	
132015	120127	R\$ 5.700,00	708	R\$ 4.035.600,00	Comando da Aeronáutica
92015	158161	R\$ 8.600,00	2	R\$ 17.200,00	

B

Modelos de Documentos da IN-04

B.1 Documento de Oficialização de Demanda - DOD

DOCUMENTO DE OFICIALIZAÇÃO DA DEMANDA

1 – Identificação da Área Requisitante da Solução

Unidade/Setor/Depto.:		Data:	
Nome do Projeto:			
Responsável pela Demanda:		Matrícula:	
E-mail do Responsável:		Telefone:	
Fonte de Recursos:			

2 – Equipe de Planejamento da Contratação

Integrante Requisitante:		Matrícula:	
E-mail do Integrante Requisitante:		Telefone:	
Integrante Técnico:		Matrícula:	
E-mail do Integrante Técnico:		Telefone:	
Integrante Administrativo:		Matrícula:	
E-mail do Integrante Administrativo:		Telefone:	

3 – Alinhamento Estratégico

Id	OBJETIVO ESTRATÉGICO DO REQUISITANTE	Id	NECESSIDADES ELENCADAS NO PDTI
1		1	
		2	
		3	
		...	
2		1	
		2	
		3	
		...	
.		1	
		2	
		3	
		...	

4 – Motivação / Justificativa

5 – Metas do Planejamento Estratégico a Serem Alcançadas

5.1 –

5.2 –

5. ... –

Encaminhamento

Em conformidade com o art. 9º, § 2º da Instrução Normativa nº 4 de 12 de novembro de 2010, emitida pela Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, encaminha-se a *<autoridade competente da Área Administrativa>* para:

I - decidir motivadamente sobre o prosseguimento da contratação;

II - indicar o Integrante Administrativo para composição da Equipe de Planejamento da Contratação, quando da continuidade da contratação; e

III - instituir a Equipe de Planejamento da Contratação conforme exposto no art. 2º, inciso III da IN 04 /2010.

Área Requisitante da Solução**Área de Tecnologia da Informação**

<Nome>
Matrícula: *<Matr.>*

<Nome>
Matrícula: *<Matr.>*

_____, _____ de _____ de 20____

Aprovação

Aprovo o prosseguimento da contratação, considerando sua relevância e oportunidade em relação aos objetivos estratégicos e as necessidades da Área Requisitante.

Autoridade Competente da Área Administrativa

<Nome>
Matrícula: *<Matr.>*

_____, _____ de _____ de 20____.

B.2 Análise de Viabilidade

ANÁLISE DE VIABILIDADE DA CONTRATAÇÃO

1 – Descrição da Solução de Tecnologia da Informação

2 – Requisitos de Negócio da Área Requisitante

2.1 – Necessidades de Negócio

2.1.1 – <necessidade>

Funcionalidades:

Envolvidos:

2.1. ... – <necessidade>

Funcionalidades:

Envolvidos:

2.2 – Demais Requisitos

2.2.1 – <Requisito>

2.2. ... – <Requisito>

3 – Levantamento das Alternativas

3.1 – Solução 1: <Solução>

Entidade:

Descrição:

Fornecedor:

Valor:

3. ... – Solução ...: <Solução>

Entidade:

Descrição:

Fornecedor:

Valor:

4 – Análise das Alternativas Existentes

Requisito	Id da Solução	Sim	Não	Não se Aplica
A Solução encontra-se implantada em outro órgão ou entidade da Administração Pública Federal?		X	X	
A Solução está disponível no Portal do Software Público Brasileiro?				
A Solução é um software livre ou software público?				
A Solução é aderente às políticas, premissas e especificações técnicas definidas pelos Padrões e-PING, e-MAG?				
A Solução é aderente às regulamentações da ICP-Brasil? (quando houver necessidade de certificação digital)				X
A Solução é aderente às orientações, premissas e especificações técnicas e funcionais do – e-ARQ Brasil?				

5 – Justificativa da Solução Escolhida**5.1 – <Solução Escolhida>****5.1.1 – Descrição****5.1.2 – Bens e Serviços que Compõem a Solução**

Id	Bem/Serviço	Valor
1		R \$
2		R \$
3		R \$
...		R \$
Total =		R \$

5.2 – Benefícios Esperados

a) <benefício>

b) <benefício>

...) <benefício>

6 – Necessidades de Adequação do Ambiente para Execução Contratual

6.1 – <Necessidade>

6.2 – <Necessidade>

6. ... – <Necessidade>

Equipe de Planejamento da Contratação		
Integrante Técnico	Integrante Requisitante	Integrante Administrativo

<Nome>

Matrícula: <Matr.>

<Nome>

Matrícula: <Matr.>

<Nome>

Matrícula: <Matr.>

de

de 20



Estudo Energético Solução Rack x Blade

C.1 Tarifas Aplicadas

Tarifas Celpe 08/2015	
Consumo na Ponta (kWh)	R\$ 0,469220
Consumo Fora da Ponta (kWh)	R\$ 0,304040
Demanda na Ponta (kW)	R\$ 11,244250
Demanda Fora da Ponta (kW)	R\$ 4,946360

C.2 Estimativa de Consumo - Carga em 80%

	Consumo (W)	Us por Chassi	Quantidade	Consumo Total (W)
Solução Blade				
Chassi HP c7000 + 16 Lâminas HP BL460c Gen9 E5-2650v3 (2.3GHz/10-core/25MB/105W) 256GB Ram	5259	10	3	15777
Solução Rack				
Servidor HP DL360p Gen8 2x Intel Xeon E5-2650 v2 (2.6GHz/8-core/20MB/95W); 256 GB de RAM	275	1	60	16500

C.3 Estimativa de Custo para Alimentação - Carga em 80%

Estimativa de custo de energia elétrica	
Solução Blade	
Custo elétrico mensal na ponta + demanda na ponta	R\$ 16.632,31
Custo elétrico mensal fora da ponta + demanda fora da ponta	R\$ 52.186,40
Custo elétrico mensal	R\$ 64.792,82
Custo anual com energia elétrica	R\$ 777.513,79
Solução Rack	
Custo elétrico mensal na ponta + demanda na ponta	R\$ 20.187,40
Custo elétrico mensal fora da ponta + demanda fora da ponta	R\$ 63.133,64
Custo elétrico mensal	R\$ 78.446,76
Custo anual com energia elétrica	R\$ 941.361,11

C.4 Estimativa de Calor Gerado - Carga em 80%

	Calor Gerado BTU/h	Quantidade por Data Center	Total BTU/h
Solução Blade			
Chassi HP c7000 + 16 Lâminas HP BL460c Gen9 E5-2650v3 (2.3GHz/10-core/25MB/105W) 256GB Ram	17.573,00	3	52.719,00
Solução Rack			
Servidor HP DL360p Gen8 2x Intel Xeon E5-2650 v2 (2.6GHz/8-core/20MB/95W); 256 GB de RAM	839,00	60	58.824,00

C.5 Estimativa de Custo para Refrigeração - Carga em 80%

Estimativa de Custo de Refrigeração	
Solução Blade	
Custo elétrico mensal na ponta + demanda na ponta	R\$ 16.288,01
Custo elétrico mensal fora da ponta + demanda na ponta	R\$ 51.106,13
Custo mensal com energia elétrica	R\$ 67.394,15
Custo anual com energia elétrica	R\$ 808.729,75
Solução Rack	
Custo elétrico mensal na ponta + demanda na ponta	R\$ 18.174,21
Custo elétrico mensal fora da ponta + demanda na ponta	R\$ 57.024,36
Custo mensal com energia elétrica	R\$ 75.198,57
Custo anual com energia elétrica	R\$ 902.382,80

C.6 Tarifas Horo-Sazonal Celpe/PE 8/2015



SUPERINTENDÊNCIA DE REGULAÇÃO - SRE
DEPARTAMENTO DE REGULAÇÃO ECONÔMICA E FINANCEIRA - REF

APLICAÇÃO Agosto/2015

Em função da BANDEIRA TARIFÁRIA nos valores abaixo deverá ser acrescido R\$ 0,055 para cada kWh, sem impostos, conforme Resolução ANEEL nº 1859/2015.



Conforme despacho ANEEL nº 2490/2015 de 31/07/2015, este mês a BANDEIRA TARIFÁRIA é VERMELHA

HOROSAZONAL AZUL (A1 e A3)		TARIFA SEM (ICMS e PIS/COFINS)*					VALOR FINAL COM (ICMS e PIS/COFINS)*				
		A1 (230 kV) Alcoolquímica, CITEPE, M&G e Petroflex	A1 (230 kV) Primo e Schincariol	A3 (69 kV)	A3-RURAL (69 kV)	A3-AGUA ESGOTO (69 kV) **	A1 (230 kV) Alcoolquímica, CITEPE, M&G e Petroflex	A1 (230 kV) Primo e Schincariol	A3 (69 kV)	A3-RURAL (69 kV)	A3-AGUA ESGOTO (69 kV) **
DEMANDA (R\$ / kW)	PONTA	2,08	2,28	8,07	7,26	6,86	2,89815	3,17681	11,24425	10,11983	9,55761
	FORA DE PONTA	1,99	2,22	3,55	3,20	3,02	2,77275	3,09321	4,94636	4,45172	4,20440
	ULTRAPASSAGEM NA PONTA	4,16	4,56	16,14	16,14	16,14	5,79629	6,35363	22,48850	22,48850	22,48850
	ULTRAPASSAGEM FORA DE PONTA	3,98	4,44	7,10	7,10	7,10	5,54549	6,18643	9,89271	9,89271	9,89271
CONSUMO (R\$ / kWh)	PONTA	0,33038	0,33038	0,33676	0,30308	0,28625	0,46033	0,46033	0,46922	0,42230	0,39884
	FORA DE PONTA	0,21183	0,21183	0,21821	0,196389	0,1854785	0,29515	0,29515	0,30404	0,27364	0,25843
ALÍQUOTA DO ICMS (%)							25%	25%	25%	25%	25%

HOROSAZONAL AZUL (A4)		TARIFA SEM (ICMS e PIS/COFINS)*			VALOR FINAL COM (ICMS e PIS/COFINS)*		
		A4 (13,8 kV)	A4-RURAL (13,8 kV)	A4-AGUA ESGOTO (13,8 kV) **	A4 (13,8 kV)	A4-RURAL (13,8 kV)	A4-AGUA ESGOTO (13,8 kV) **
DEMANDA (R\$ / kW)	PONTA	35,77000	32,19300	30,40450	49,83977	44,85579	42,36380
	FORA DE PONTA	12,82000	11,53800	10,89700	49,83977	44,85579	42,36380
	ULTRAPASSAGEM NA PONTA	71,54000	71,54000	71,54000	17,86262	16,07636	15,18322
	ULTRAPASSAGEM FORA DE PONTA	25,64000	25,64000	25,64000	99,67953	99,67953	99,67953
CONSUMO (R\$ / kWh)	PONTA	0,35003	0,31503	0,29753	0,48771	0,43894	0,41456
	FORA DE PONTA	0,23148	0,20833	0,19676	0,32253	0,29027	0,27415
ALÍQUOTA DO ICMS (%)					25%	25%	25%

HOROSAZONAL VERDE		TARIFA SEM (ICMS e PIS/COFINS)*			VALOR FINAL COM (ICMS e PIS/COFINS)*		
		A4 (13,8 kV)	A4-RURAL (13,8 kV)	A4-AGUA ESGOTO (13,8 kV) **	A4 (13,8 kV)	A4-RURAL (13,8 kV)	A4-AGUA ESGOTO (13,8 kV) **
DEMANDA (R\$ / kW)	PONTA	12,82	11,53800	10,89700	17,86262	16,07636	15,18322
	FORA DE PONTA	25,64	25,64000	25,64000	35,72523	35,72523	35,72523
	ULTRAPASSAGEM NA PONTA						
	ULTRAPASSAGEM FORA DE PONTA						
CONSUMO (R\$ / kWh)	PONTA	1,21763	1,09587	1,03499	1,69657	1,69657	1,69657
	FORA DE PONTA	0,23148	0,20833	0,19676	0,32253	0,32253	0,32253
ALÍQUOTA DO ICMS (%)					25%	25%	25%

HOROSAZONAL IRRIGANTE CONSUMO DA MADRUGADA (21:30h as 6h)							
CONSUMO IRRIGANTE DA MADRUGADA (R\$ / kWh)	Segmentos horo- sazonais	TARIFA SEM (ICMS e PIS/COFINS)*			VALOR FINAL COM (ICMS e PIS/COFINS)*		
		A3 (69 kV) AZUL	A4 (13,8 kV) AZUL	A4 (13,8 kV) VERDE	A3 (69 kV) AZUL	A4 (13,8 kV) AZUL	A4 (13,8 kV) VERDE
FORA DE PONTA SECA		0,02182	0,02315	0,02315	0,03040	0,03040	0,03040
FORA DE PONTA ÚMIDA		0,02182	0,02315	0,02315	0,03040	0,03040	0,03040
ALÍQUOTA DO ICMS (%)					25%	25%	25%

TUSD - TARIFA DE USO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO PARA CLIENTES LIVRES								
TENSÃO	TARIFA SEM (ICMS e PIS/COFINS)*				VALOR FINAL COM (ICMS e PIS/COFINS)*			
	DEMANDA R\$/kW	DEMANDA R\$/kW	ENCARGO R\$/MWh	ENCARGO R\$/MWh	DEMANDA R\$/kW	DEMANDA R\$/kW	ENCARGO R\$/MWh	ENCARGO R\$/MWh
	PONTA	FORA PONTA	PONTA	FORA PONTA	PONTA	FORA PONTA	PONTA	FORA PONTA
A3 - 69kV	8,07	3,55	26,00	26,00	11,24425	4,94636	36,22684	36,22684
A4-13,8 kV	35,77	12,82	39,27	39,27	49,83977	17,86262	54,71646	54,71646
ALÍQUOTA DO ICMS (%)					25%	25%	25%	25%

* Valor Final com ICMS e PIS/COFINS - corresponde ao valor da tarifa acrescido da cobrança da despesa com o PIS/COFINS incorrida pela CELPE após o desconto dos créditos conforme Lei 10.637/2002 e Lei 10.833/2003 e repasse autorizado pela Res. Hom. Anel 112/2005 e quando aplicável da alíquota correspondente do ICMS

** Abastecimento d'água, esgoto e saneamento tem redução de 15% nas tarifas de consumo e demanda (DECRETO Nº 7891/2013).

*** Os Clientes de Poder Público Estadual da Administração Direta e suas Fundações são isentos do ICMS (verificar tabela de tarifas específica)

D

Questionários Levantamento de Infraestrutura e Redes

D.1 Questionário Infraestrutura

Identificação:

Nome

Email *

Matrícula

Telefone *

Infraestrutura Básica

Data center (quantidade – apenas números)

Sala cofre (quantidade – apenas números)

Sala segura (quantidade – apenas números)

Número de racks (quantidade – apenas números)

Número de filas de racks (quantidade – apenas números)

Número total de computadores servidores (quantidade – apenas números)

Número de servidores apenas utilizados para virtualização (quantidade – apenas números)

Número de mainframes (quantidade – apenas números)

Configuração de Servidores

Tempo médio em horas para disponibilizar um novo servidor físico, desde a colocação no rack, instalação de S.O e softwares básicas à liberação para a instalação de um novo site ou sistemas? (hs)

Tempo médio em horas para disponibilizar uma nova máquina virtual(VM), desde a criação, instalação de S.O e softwares básicas à liberação para a instalação de um novo site ou sistemas? (hs)

Levantamento de Servidores

1º- Fazer o download da planilha por meio do link abaixo;

2º- Preencher a aludida planilha;

3º- Fazer o upload neste formulário da planilha preenchida por meio do botão "SELECT FILES" abaixo.

Link: <https://survey.xjulio.org/docs/infra-01.ods>

No file chosen

Solução de armazenamento

Existe uma solução de armazenamento atualmente implementada.

☐ Sim

☐ Não

Quantos equipamentos de fabricantes diferentes existem?

Equipamento 1

E1: Descrição (Fabricante e modelo)

E1: Quantidade

E1: Capacidade de armazenamento total atual do equipamento em GigaBytes (GB)

E1: Total do espaço usado em GigaBytes (GB)

E1: Arquitetura da solução

☐ SAN – Storage Area Network

☐ NAS – Network Attached Storage

☐ DAS – Direct Attached Storage

E1: Protocolos SAN suportados

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| ☐ FC | ☐ FCoE |
| ☐ iSCSI | ☐ Outros |

E1: Quantidade de portas FC**E1: Quantidade de portas FCoE****E1: Permite adicionar discos e redimensionar LUN's sem parada?**

- ☐ Sim ☐ Não

E1: Permite fazer replicação e/ou espalhamento de dados para site remoto?

- ☐ Sim ☐ Não

E1: Permite geração de snapshot (cópia sombra) de uma LUN com o sistema em produção?

- ☐ Sim ☐ Não

E1: Protocolos NAS suportados *

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| ☐ SMB/CIFS | ☐ NFS |
| ☐ FTP | ☐ SFTP |
| ☐ AFTP | ☐ AFS |
| ☐ RSYNC | ☐ Outros |

Equipamento 2**E2: Descrição (Fabricante e modelo)****E2: Quantidade****E2: Capacidade de armazenamento total atual do equipamento em GigaBytes (GB)****E2: Total do espaço usado em GigaBytes (GB)****E2: Arquitetura da solução**

- ☐ SAN – Storage Area Network
☐ NAS – Network Attached Storage
☐ DAS – Direct Attached Storage

E2: Protocolos SAN suportados

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| ☐ FC | ☐ FCoE |
| ☐ iSCSI | ☐ Outros |

E2: Quantidade de portas FC

E2: Quantidade de portas FCoE

E2: Permite adicionar discos e redimensionar LUN's sem parada?

☐ Sim

☐ Não

E2: Permite fazer replicação e/ou espalhamento de dados para site remoto?

☐ Sim

☐ Não

E2: Permite geração de snapshot (cópia sombra) de uma LUN com o sistema em produção?

☐ Sim

☐ Não

E2: Protocolos NAS suportados

☐ SMB/CIFS

☐ NFS

☐ FTP

☐ SFTP

☐ AFTP

☐ AFS

☐ RSYNC

☐ Outros

Equipamento 3

E3: Descrição (Fabricante e modelo)

E3: Quantidade

E3: Capacidade de armazenamento total atual do equipamento em GigaBytes (GB)

E3: Total do espaço usado em GigaBytes (GB)

E3: Arquitetura da solução

☐ SAN – Storage Area Network

☐ NAS – Network Attached Storage

☐ DAS – Direct Attached Storage

E3: Protocolos SAN suportados

☐ FC

☐ FCoE

☐ iSCSI

☐ Outros

E3: Quantidade de portas FC

E3: Quantidade de portas FCoE

E3: Permite adicionar discos e redimensionar LUN's sem parada?

☐ Sim

☐ Não

E3: Permite fazer replicação e/ou espalhamento de dados para site remoto?

☐ Sim

☐ Não

E3: Permite geração de snapshot (cópia sombra) de uma LUN com o sistema em produção?

- ☐ Sim ☐ Não

E3: Protocolos NAS suportados

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| ☐ SMB/CIFS | ☐ NFS |
| ☐ FTP | ☐ SFTP |
| ☐ AFTP | ☐ AFS |
| ☐ RSYNC | ☐ Outros |

Solução de Backup

Existe alguma solução de backup implementada? *

- ☐ Sim
☐ Não

Qual a solução de backup utilizada? *

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| ☐ Fita | ☐ Disco |
| ☐ Storage | ☐ Outra |

Tipo de Backup *

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ☐ Total | ☐ Incremental |
| ☐ Diferencial | ☐ Outro |

Periodicidade *

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| ☐ Diário | ☐ Semanal |
| ☐ Mensal | ☐ Anual |
| ☐ Outro | |

Tamanho atual do backup total em Gigabytes (apenas números) *

Tempo de retenção em dias (apenas números) *

Existe solução de backup que utiliza a tecnologia de snapshot? *

- ☐ Sim ☐ Não

Qual o RPO em horas (Recovery Point Objective é o tempo máximo de perda de dados)? *

Qual o RTO em horas (Recovery Time Objective é o tempo máximo permitido de parada de serviços)? *

Onde são guardados os backups em disco? *

☐ Storage Local

☐ Datacenter remoto

☐

☐

Cofre

Outro

Onde são guardados os backups em fita? *

☐ Storage Local

☐ Datacenter remoto

☐ Cofre

☐ Outro

D.2 Questionário Redes

Nome

Matrícula

Email *

Telefone *

Links

Links Existentes *

- ☐ Internet
- ☐ MPLS
- ☐ Outro

Links Internet *

	0	1	2	3	4
2 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
4 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
6 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
8 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
10 a 12 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
14 a 16 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
18 a 32 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
34 a 50 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
52 a 64 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
66 a 90 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
100 a 200 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
250 a 500 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
550 Megas a 1 Giga	☐	☐	☐	☐	☐

Links MPLS *

	0	1	2	3	4
2 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
4 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
6 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
8 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
10 a 12 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
14 a 16 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
18 a 32 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
34 a 50 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
52 a 64 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
66 a 90 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
100 a 200 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
250 a 500 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
550 Megas a 1 Giga	☐	☐	☐	☐	☐

Outros Links *

	0	1	2	3	4
2 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
4 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
6 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
8 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
10 a 12 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
14 a 16 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
18 a 32 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
34 a 50 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
52 a 64 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
66 a 90 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
100 a 200 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
250 a 500 Megas	☐	☐	☐	☐	☐
550 Megas a 1 Giga	☐	☐	☐	☐	☐

Redundância de Links *

	Sim	Não
Internet	☐	☐
MPLS	☐	☐
Outros	☐	☐

Ativos de Rede

Existe appliance para gerenciamento e levantamento automático de sistemas *

☐ Sim ☐ Não

Quantidade de equipamentos *

	0	1	2	3	4	5
Roteadores	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Switchs L2	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Switchs L3	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Switchs Core	☐	☐	☐	☐	☐	☐
IPS	☐	☐	☐	☐	☐	☐
IDS	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Firewall	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Número de Switch FC (Fibre Channel) *

	0	1	2	3
4GFC	☐	☐	☐	☐
8GFC	☐	☐	☐	☐
16GFC	☐	☐	☐	☐