

Computação em Nuvem: Conceitos, Aplicações e Desafios

Miguel Elias Mitre Campista

miguel@gta.ufrj.br

COMPUTAÇÃO EM NUVEM É IMPORTANTE?

IBM tenta impulsionar crescimento na nuvem

5 competências tecnológicas que serão obrigatórias no futuro

f Recomece



Cisco tenta impulsionar negócio de computação em nuvem

f Recomece

233.502 views 56 Salvar notícia

Thinkstock/Brian Jackson

Wikicommons

Impos

A computação em nuvem é uma tendência inegável de mercado!

Especialistas em computação na nuvem

EMPREENDEDORISMO

Computação em nuvem reduz custos de empresas com informática

Interesse por sistema de Cloud vem crescendo especialmente entre startups, que conseguem evitar gastos com infraestrutura e mão de obra

29 DEZ 2015 07h00 atualizado em 4/1/2016 às 13h47

f

t

g+

p

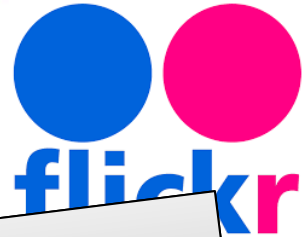
3

COMENTÁRIOS

Empresas que continuarem receosas com o armazenamento em nuvem tendem a ficar para trás



Reprodução
vem da Apple



iCloud

ShareLaTeX

A computação em nuvem está em todo o lugar!



Google Drive



Microsoft Azure

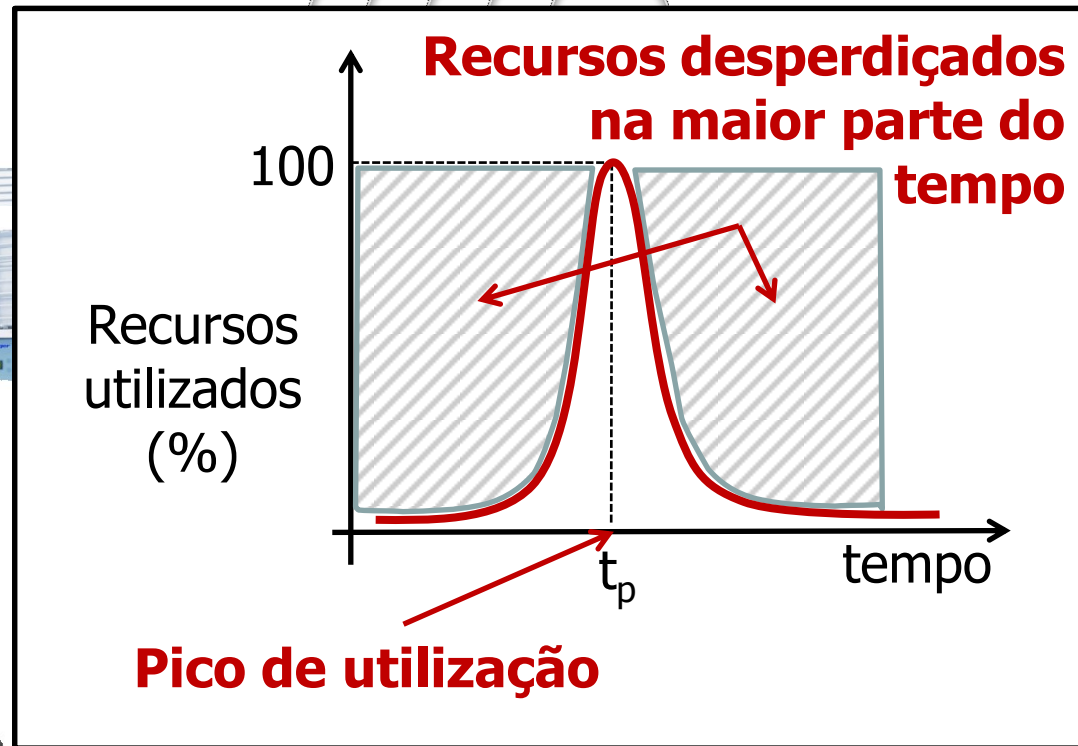


QUAL A MOTIVAÇÃO DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM?

Setor de TI

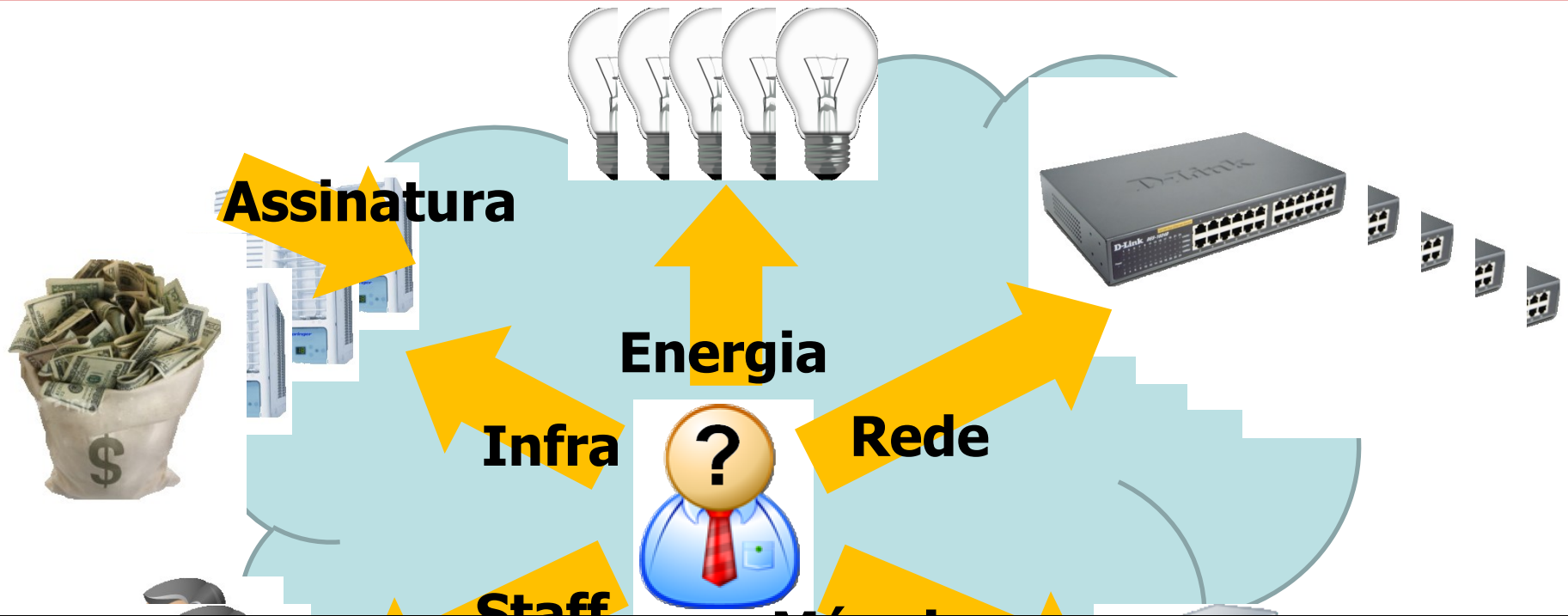






Perfil de utilização em picos

Setor de TI na Nuvem



**Setor de TI pode ser totalmente ou
parcialmente delegado para a nuvem:
Redução de custos!**

- **Para o cliente...**

- Redução de custos com infraestrutura em geral
- Agilidade de operação
 - Recursos disponíveis sob demanda com elasticidade
- Redução de custos com equipe técnica para manutenção e gerenciamento
- Robustez da infraestrutura
- Acesso remoto ubíquo através da Internet
- Desempenho
 - Mais recursos computacionais são acessíveis
- Concorrência entre provedores

- ... para o provedor...
 - Recursos virtualizados compartilhados entre múltiplos clientes
 - Provisionamento estatístico dos recursos
 - Oportunidade de agregação de valor ao produto
 - Oferta de softwares relacionados aos usuários

Contrapartida da Nuvem

- **Para o cliente...**

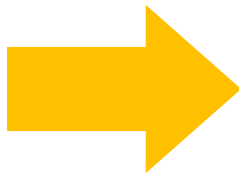
- Acesso aos recursos deve ser feito através da Internet
 - Não existe nuvem sem Internet (exceto nuvens privadas)
- Recursos computacionais limitados a perfis pré-estabelecidos
 - Hardware ou software especiais não necessariamente estão disponíveis na nuvem
- Privacidade dos dados

- **... para o provedor...**

- Cumprimento de requisitos pré-contratados
 - Garantias de disponibilidade e elasticidade

Modelos de Serviço da Nuvem

- Nuvem oferece serviços baseados em abstrações de recursos computacionais de múltiplos níveis
 - Arquitetura baseada em serviço: ***Everything-as-a-service (EaaS)***



Acesso via browser,
por exemplo

Software-as-a-Service (SaaS)

Platform-as-a-Service (PaaS)

Infrastructure-as-a-Service (IaaS)

Modelos de Serviço da Nuvem

- ***Software-as-a-Service (SaaS)***

- Usuários ganham acesso a softwares ou bases de dados na nuvem
 - Não precisam realizar instalações
 - Podem ser cobrados conforme o uso (assinatura mensal, anual, etc.)
- Provedores oferecem softwares ou base de dados
 - Gerenciam infraestrutura para a execução dos softwares
- Ex.: Office 365

Modelos de Serviço da Nuvem

- ***Platform-as-a-Service (PaaS)***

- Usuários ganham acesso a plataformas de desenvolvimento de aplicações
 - Não precisam realizar instalações do ambiente de desenvolvimento (S.O., ambiente de execução de uma determinada linguagem e bibliotecas de programação)
 - Podem ser dispensados das configurações do ambiente de desenvolvimento
- Provedores oferecem ambiente de desenvolvimento
 - Gerenciam infraestrutura para a execução do ambiente (semelhante ao SaaS)
- Ex.: Microsoft Azure

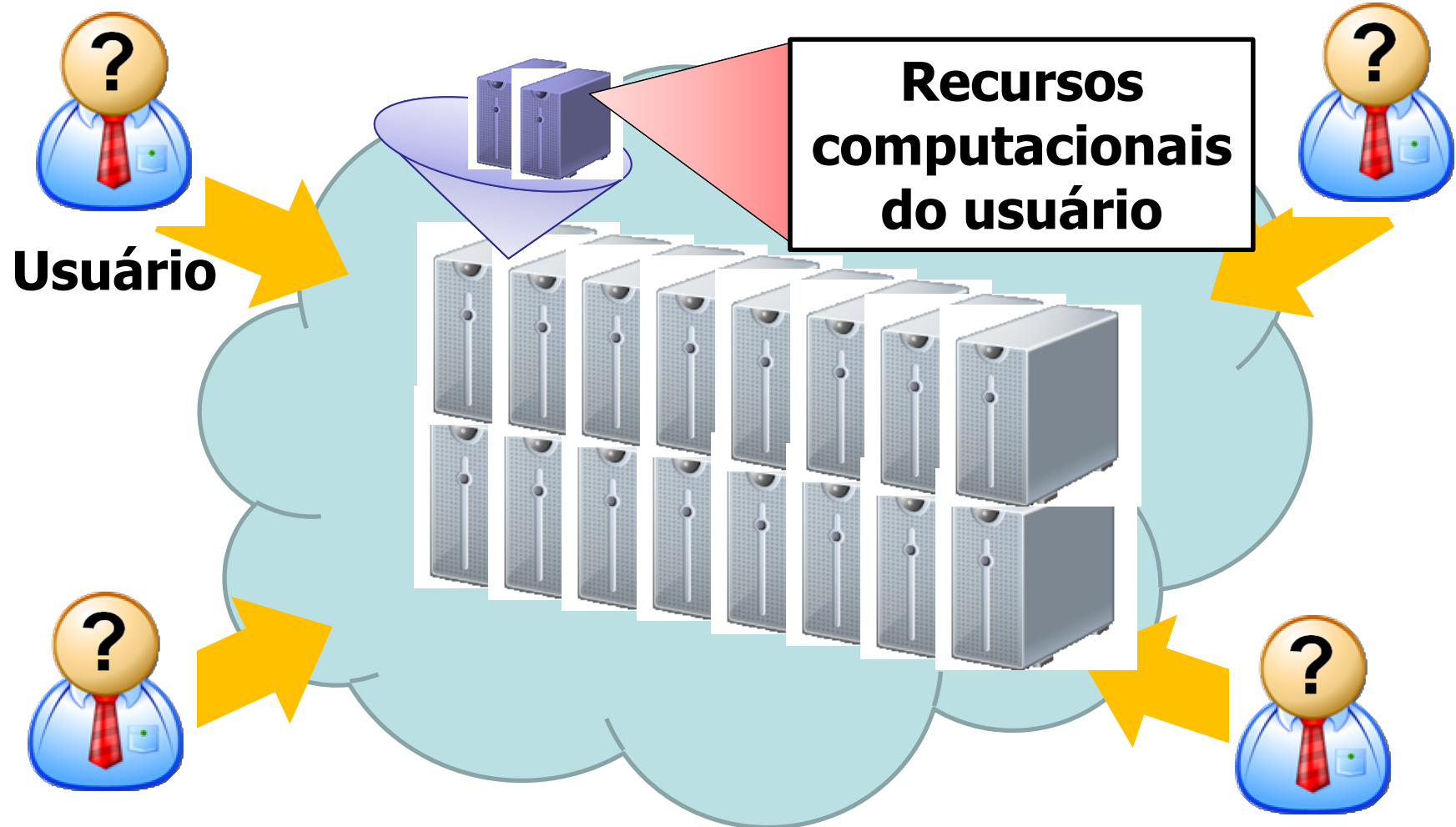
Modelos de Serviço da Nuvem

- ***Infrastructure-as-a-Service (IaaS)***
 - Usuários ganham acesso a máquinas virtuais
 - Não precisam se envolver com recursos físicos, localização, escalabilidade, segurança e até backup
 - Instalam sistemas operacionais e todos os programas necessários e ainda podem ter acesso a redes entre as máquinas virtuais
 - Provedores oferecem máquinas físicas ou virtuais
 - Gerenciam infraestrutura física (semelhante ao SaaS)
 - Ex.: Amazon EC2

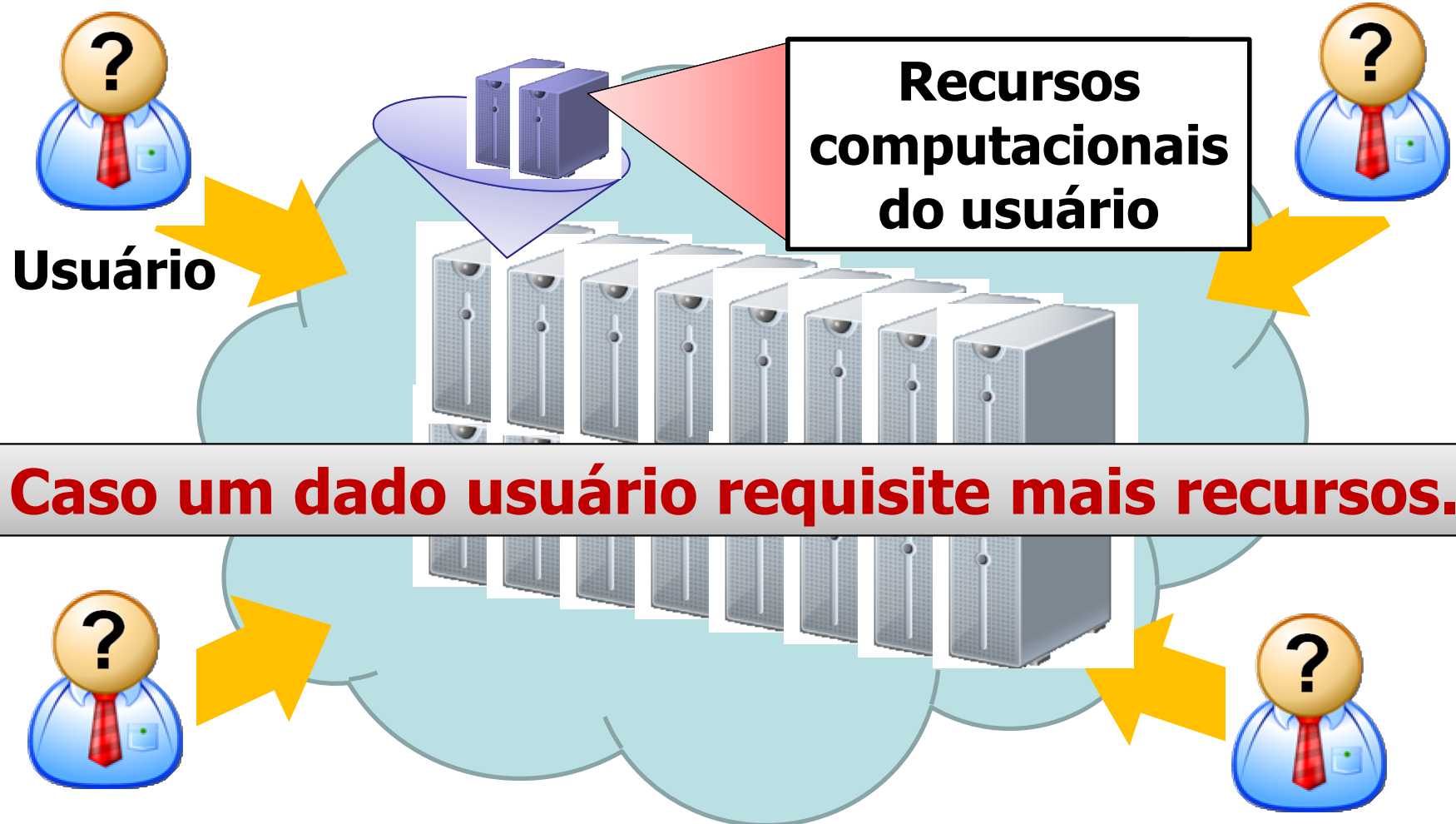
Modelos de Serviço da Nuvem

- Ainda existem outros modelos...
 - DaaS (*Desktop-as-a-Service*)
 - DBaaS (*DataBase-as-a-Service*)
 - DevaaS (*Development-as-a-Service*)
 - TaaS (*Testing-as-a-Service*)
 - HaaS (*Hardware-as-a-Service*)
 - etc.

Elasticidade da Nuvem



Elasticidade da Nuvem



Elasticidade da Nuvem



Elasticidade da Nuvem

- Requer provisionamento de recursos sob demanda
 - Possivelmente usando virtualização
- Requer escalonamento dos recursos
 - Escolha da infraestrutura física que abriga o serviço

Infraestrutura organizada a partir de centros de dados (*datacenters*)...

ORGANIZAÇÃO DOS CENTROS DE DADOS

Organização da Nuvem

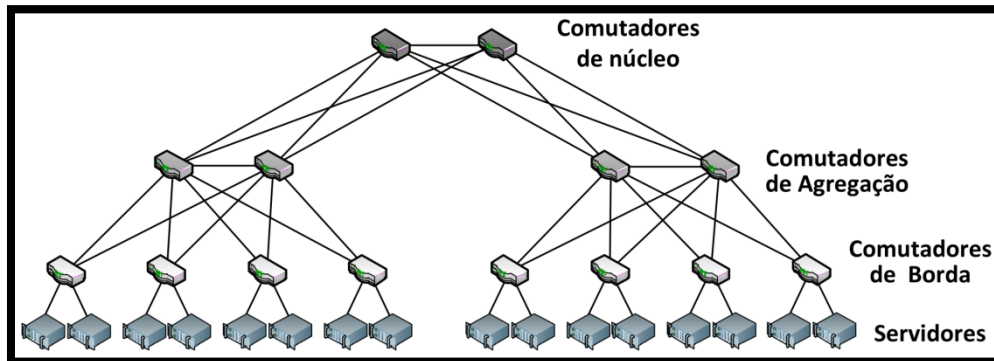
- Nuvem é organizada a partir de centros de dados (*datacenters*)
 - Parque de recursos computacionais (máquinas e armazenamento) são colocados



Máquinas podem estar interligadas em rede

Rede dos Centros de Dados

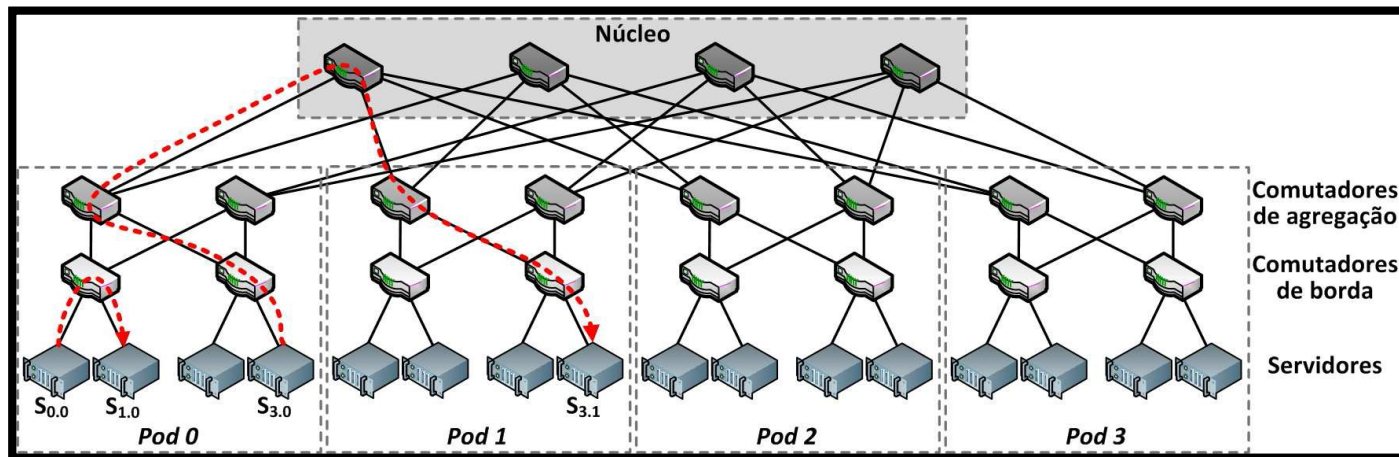
- Muitas topologias já foram propostas...



Árvore de três camadas

Rede dos Centros de Dados

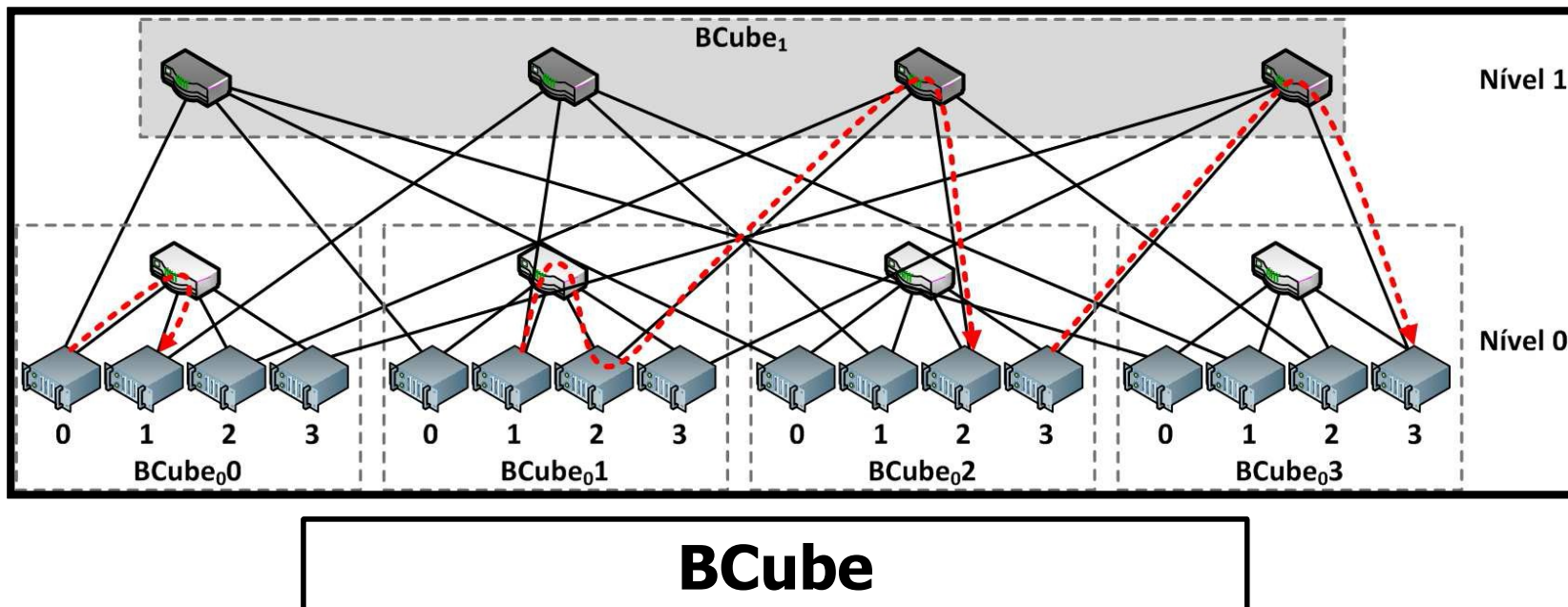
- Muitas topologias já foram propostas...



Árvore Fat-tree

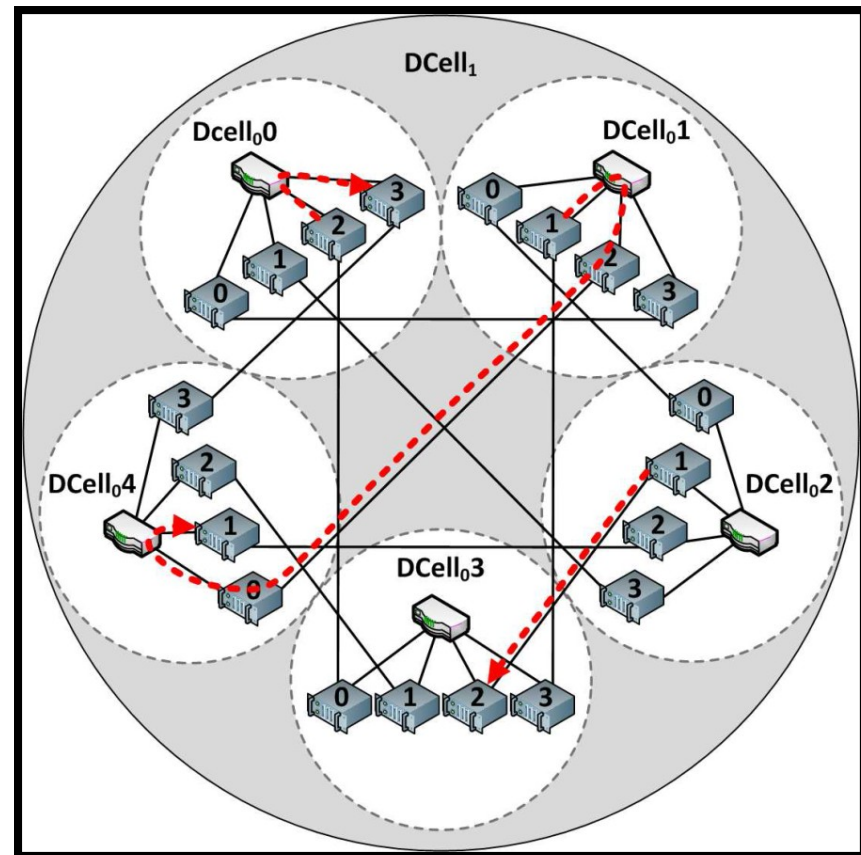
Rede dos Centros de Dados

- Muitas topologias já foram propostas...



Rede dos Centros de Dados

- Muitas topologias já foram propostas...



DCell

- Muitas topologias já foram propostas...

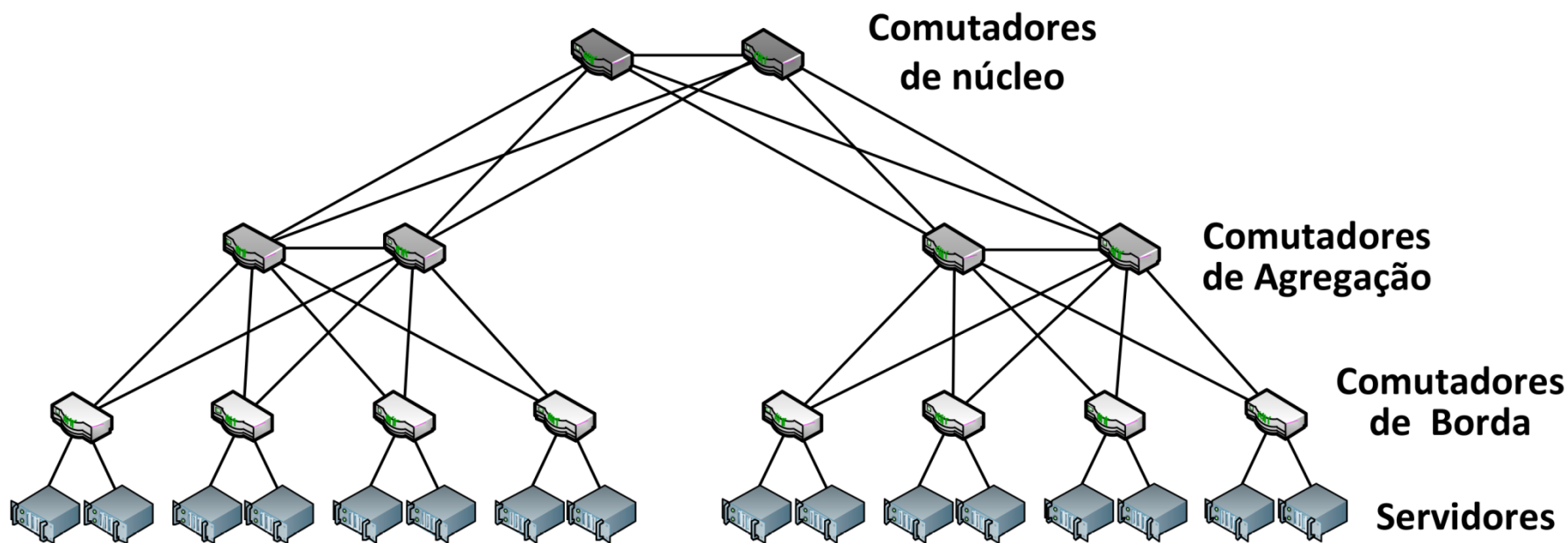
Dentro dos centros de dados, as redes possuem topologia hierárquica

...

Privilegia arquitetura modular e redução de infraestrutura de rede

Redes em Centro de Dados

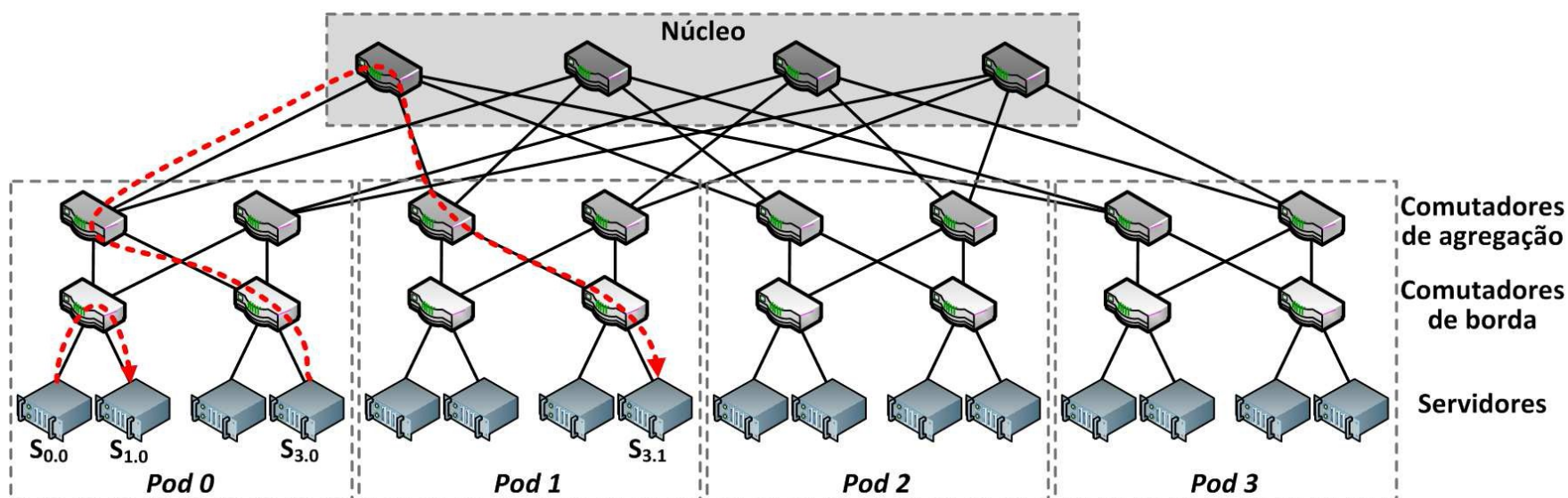
- Three-layer: Topologia hierárquica convencional



Ex. topologia Three-layer com 2 portas de borda e 4 portas de agregação

Redes em Centro de Dados

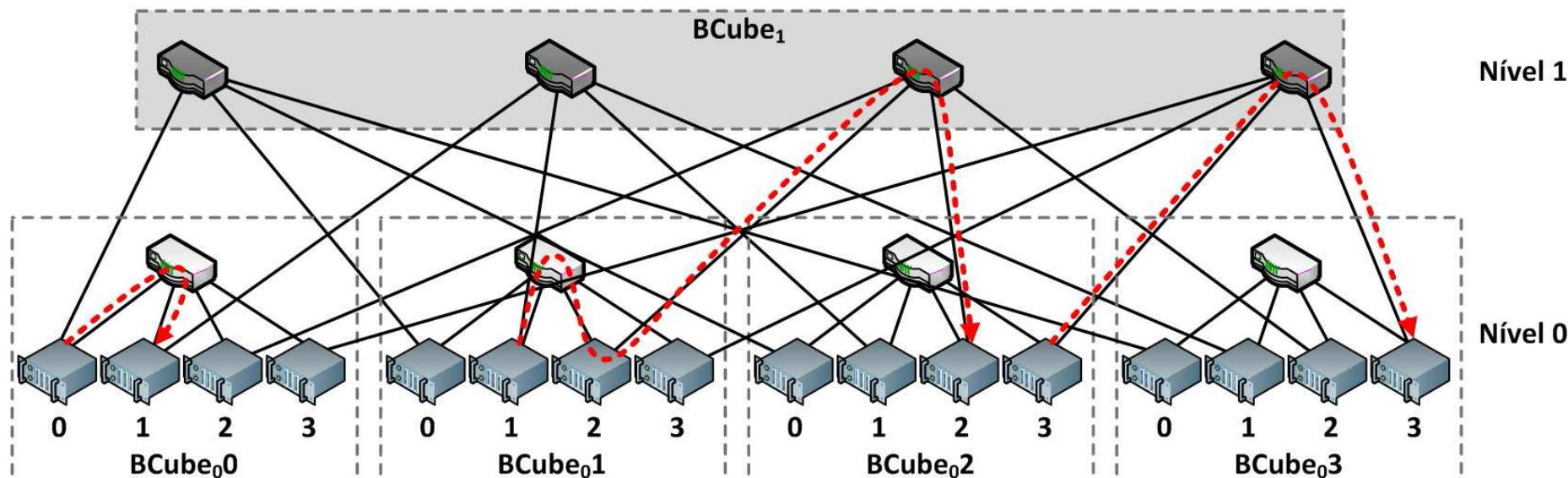
- Fat-tree: Baseada na rede de Clos
 - É sempre possível realizar a conexão entre dois terminais inativos, independente do número de conexões ativas



Ex. comutadores de 4 portas

Redes em Centro de Dados

- Bcube: Centro de dados modulares (Uso em contêineres)
 - Servidores são usados para a transferência de dados

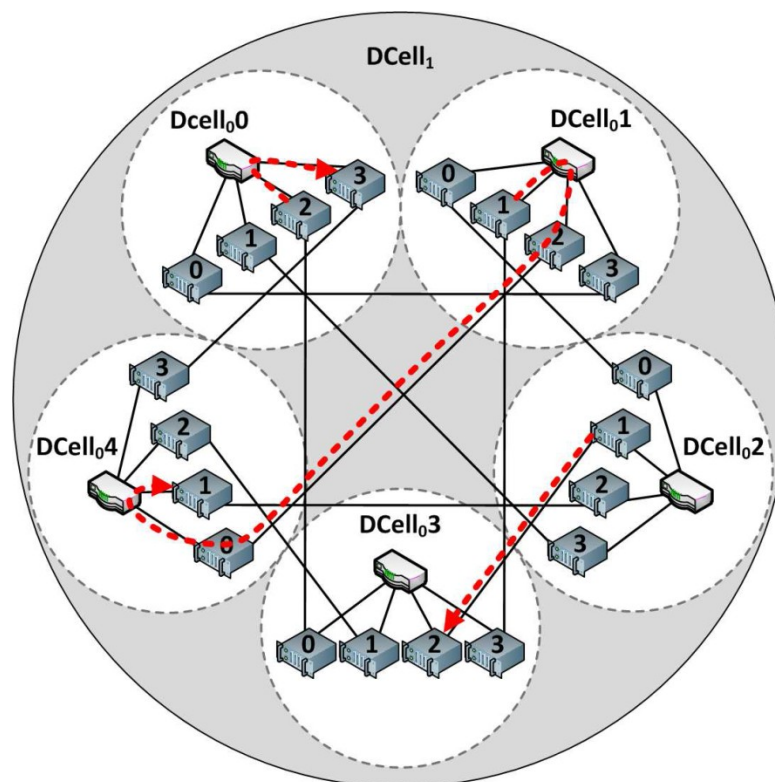


Ex. comutadores de 4 portas e servidores com 2 interfaces de rede

Redes em Centro de Dados

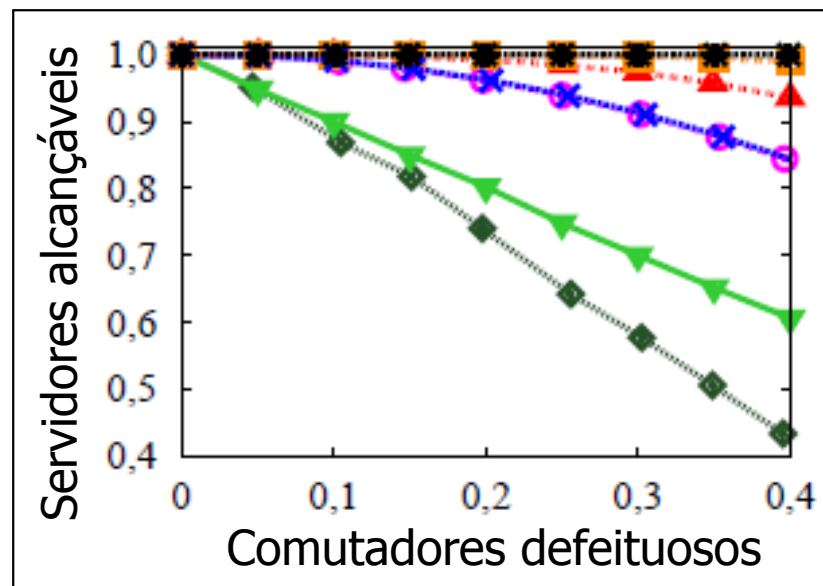
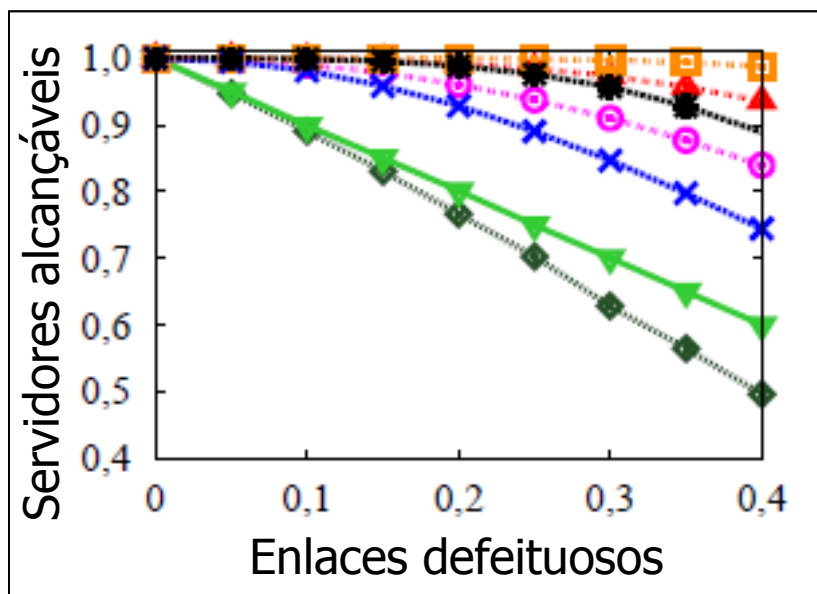
- DCell: Alta capacidade de transferência e tolerância a falhas
 - Servidores também participam do encaminhamento de dados

Ex. comutadores de 4 portas e servidores com 2 interfaces de rede



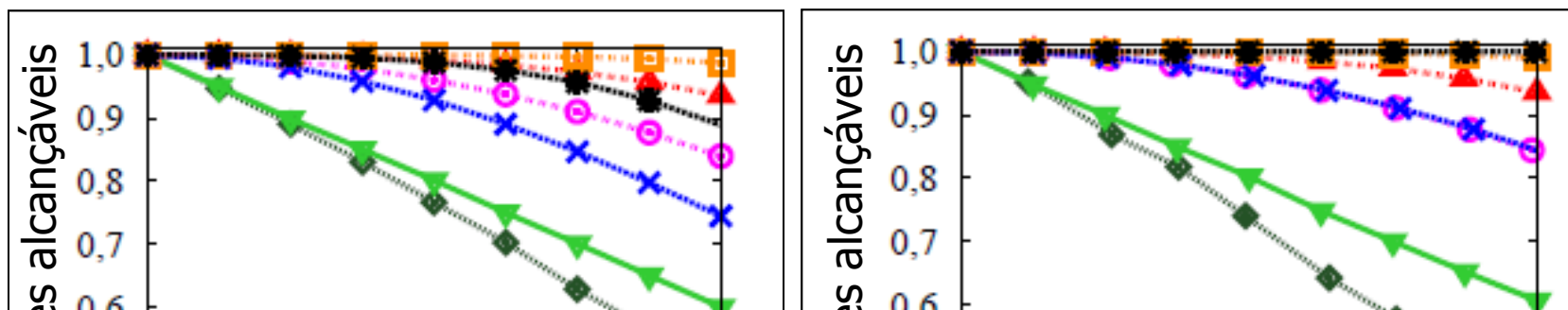
Redes em Centro de Dados

- Resiliência



Redes em Centro de Dados

- Resiliência



E entre os centros de dados, como é a organização da rede?

Enlaces defeituosos

Comutadores defeituosos

Three-layer
Fat-tree

BCube2
BCube3

BCube5
DCell2

DCell3

ORGANIZAÇÃO ENTRE OS CENTROS DE DADOS

Organização da Nuvem: Problema

- Topologia colocalizada
 - Centralização dos recursos pode gerar **latência...**



Organização da Nuvem: Problema

- Topologia colocalizada
 - Centralização dos recursos pode gerar **vulnerabilidades...**



Solução: Uso de topologias geo-distribuídas

Nuvens Geo-distribuídas

- Nuvem menos vulnerável e mais próxima dos usuários



Nuvens Geo-distribuídas

- Nuvem menos vulnerável e mais próxima do usuário
 - **Nuvem voluntária:** Formada com recursos ociosos dos próprios participantes (inclusive recursos de máquinas p

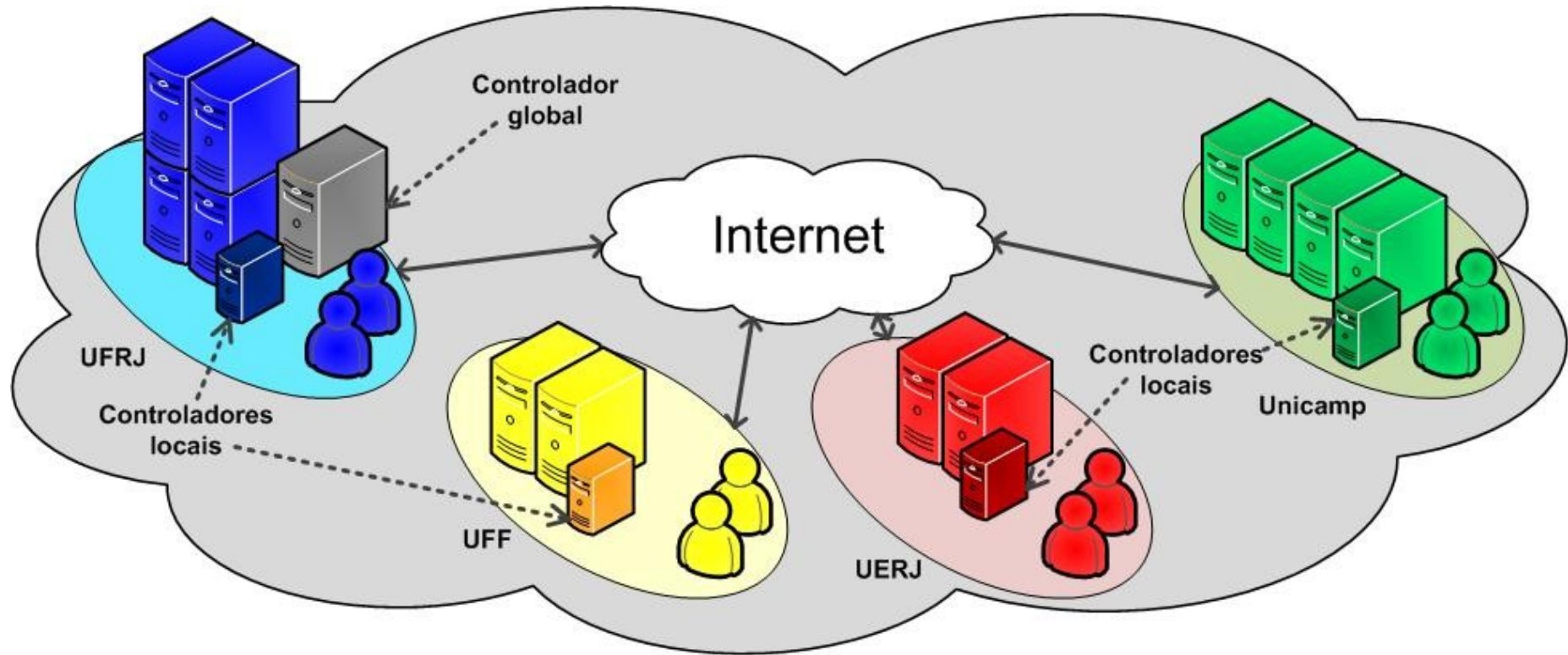


Nuvens Geo-distribuídas

- Nuvem menos vulnerável e mais próxima dos usuários
 - **Nuvem colaborativas:** Formada com recursos dedicados (possivelmente ociosos) dos próprios participantes

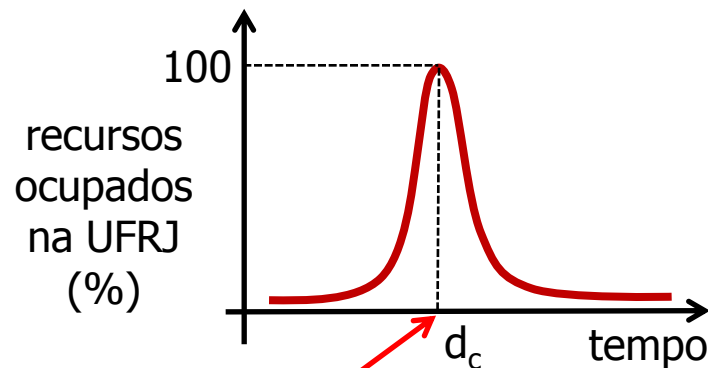


Nuvens Colaborativas Geo-distribuídas

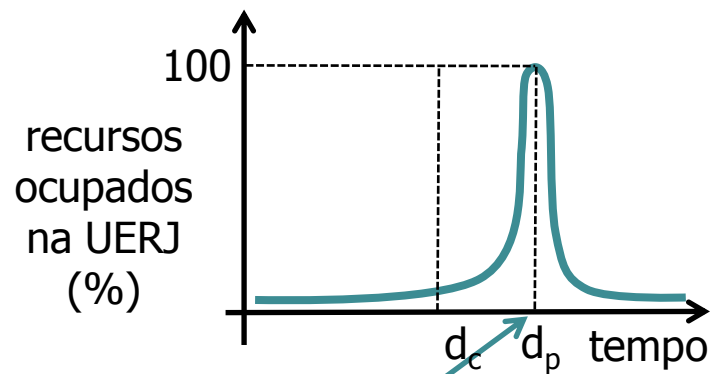


PROJETO PID

- Disponibilidade dos recursos computacionais
 - Ociosos por longos períodos
 - Mas...
 - Indisponíveis em momentos críticos

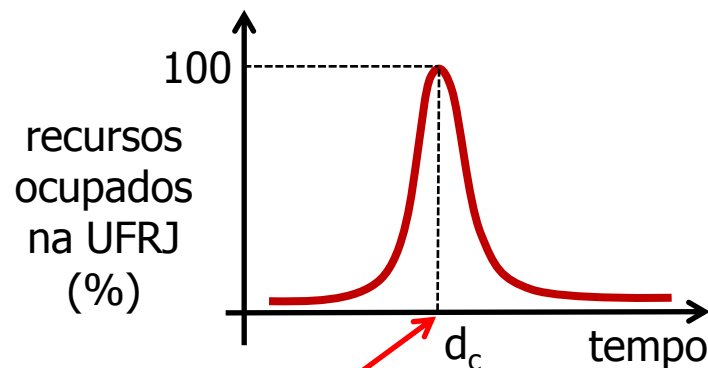


Deadline do congresso!

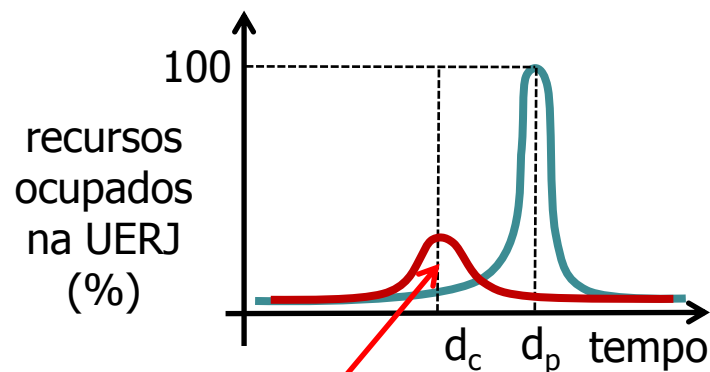


Deadline do projeto!

- Disponibilidade dos recursos computacionais
 - Ociosos por longos períodos
 - Mas...
 - Indisponíveis em momentos críticos



Deadline do congresso!



Requisições excedentes da UFRJ

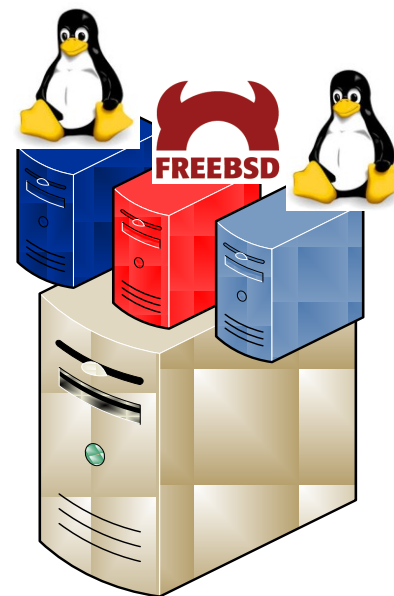
PID: Objetivos

- **Promover o compartilhamento de recursos computacionais ociosos entre participantes**
 - Através de uma nuvem colaborativa
 - Modelo de infraestrutura como serviço (IaaS)
- Aumentar a capacidade disponível por participante
 - Recursos computacionais locais + recursos remotos
- Reduzir custos de infraestrutura
 - Recursos são melhor aproveitados

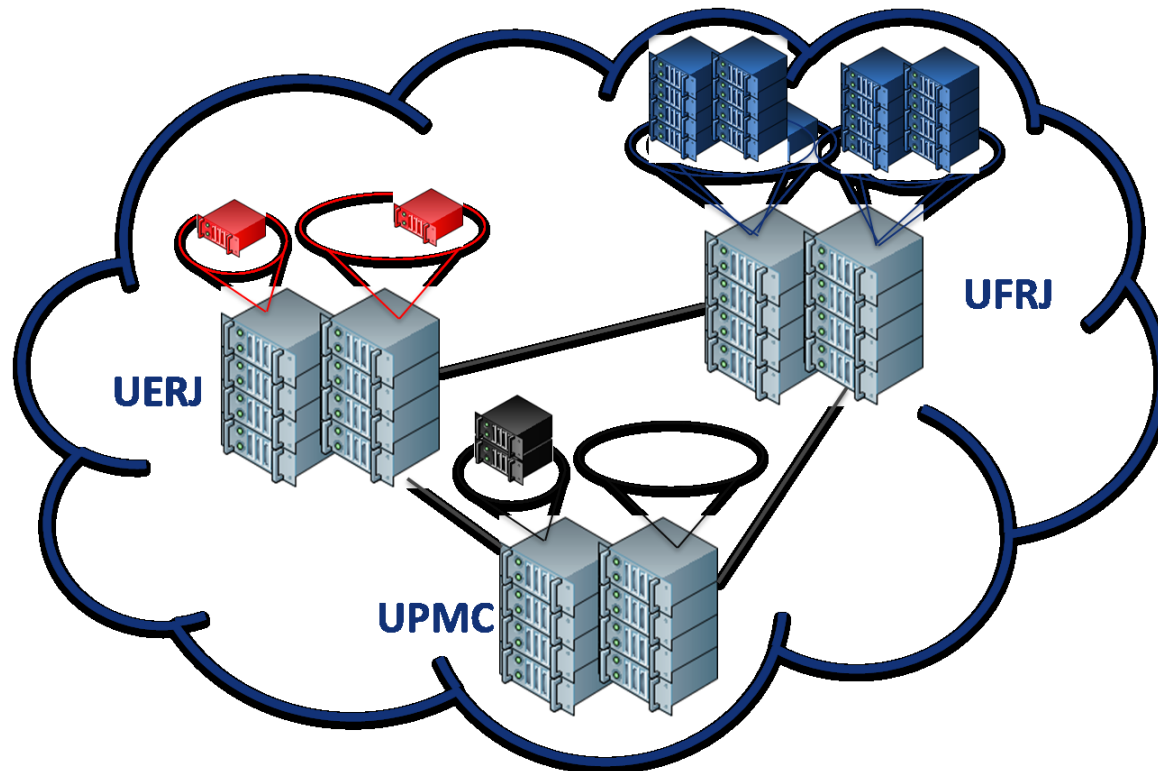
- Base para um serviço IaaS
- Compartilhamento de um servidor físico por diferentes máquinas virtuais (VMs – *Virtual Machines*)
 - Usuário tem a ilusão de possuir uma máquina exclusiva
 - Implementada por um **hipervisor**



Virtualização

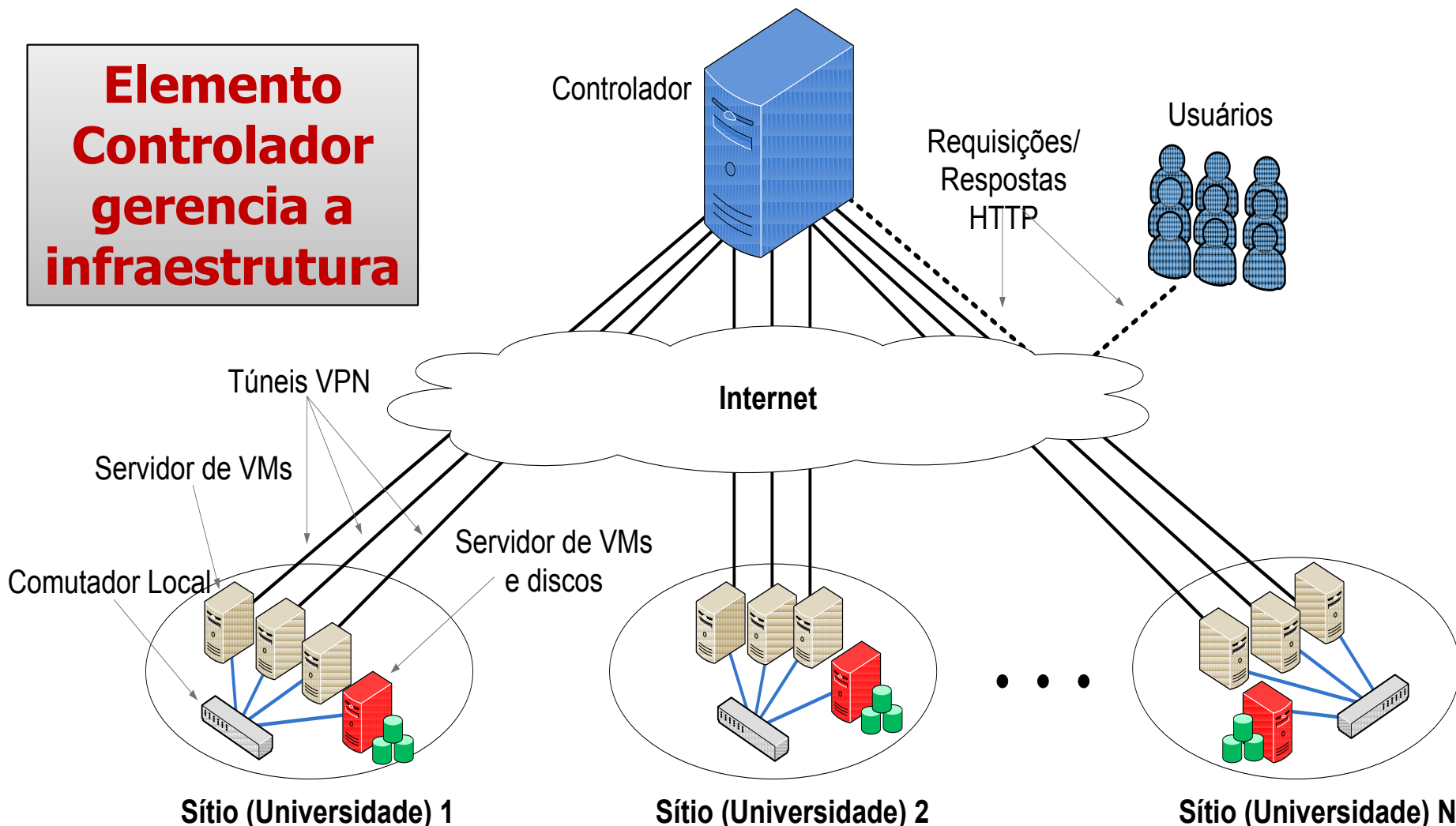


- Usuário recebe um conjunto de máquinas virtuais
 - Sistema operacional completo
 - Flexibilidade para executar suas aplicações



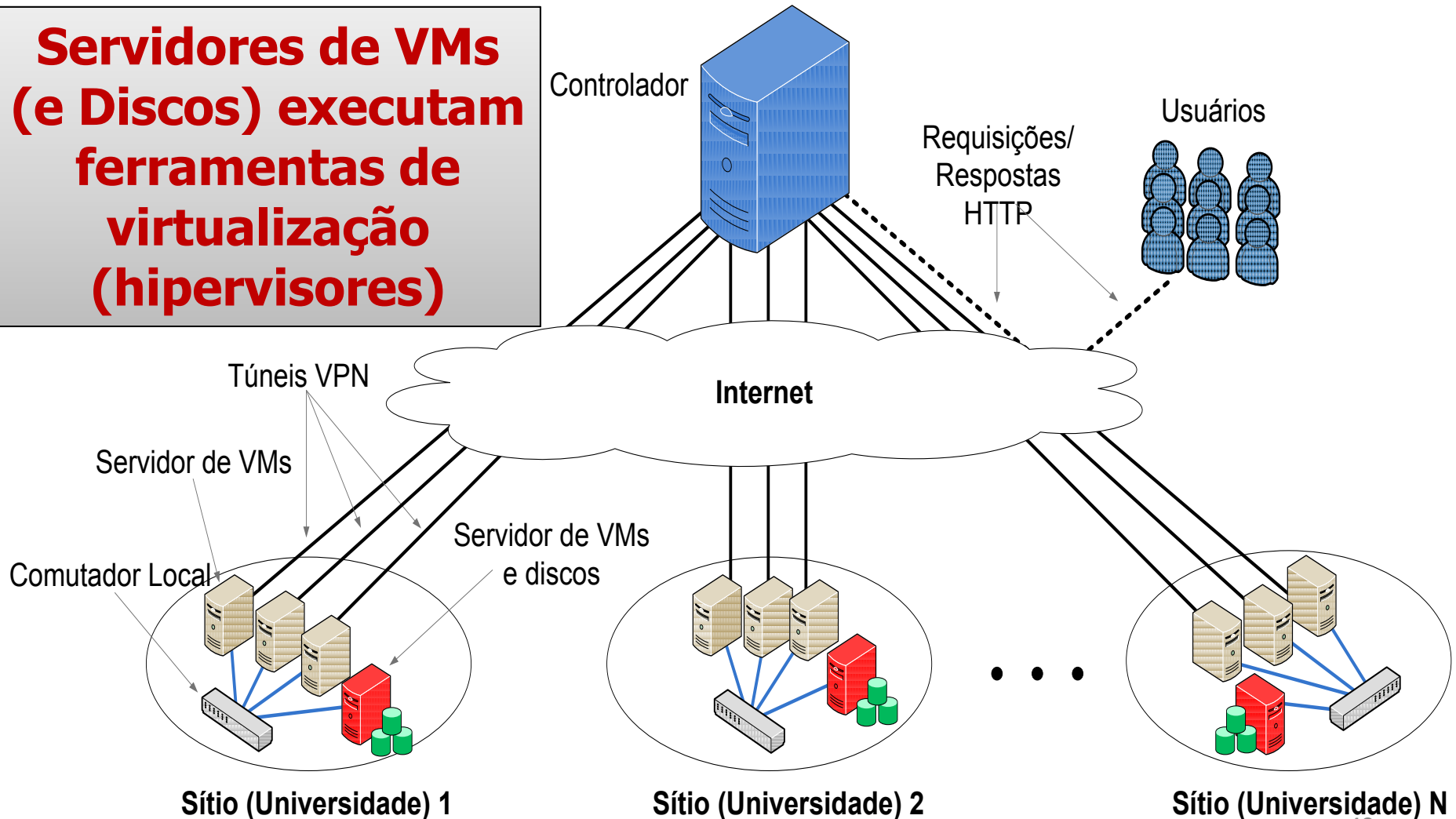
Visão Geral da Arquitetura do PID

**Elemento
Controlador
gerencia a
infraestrutura**



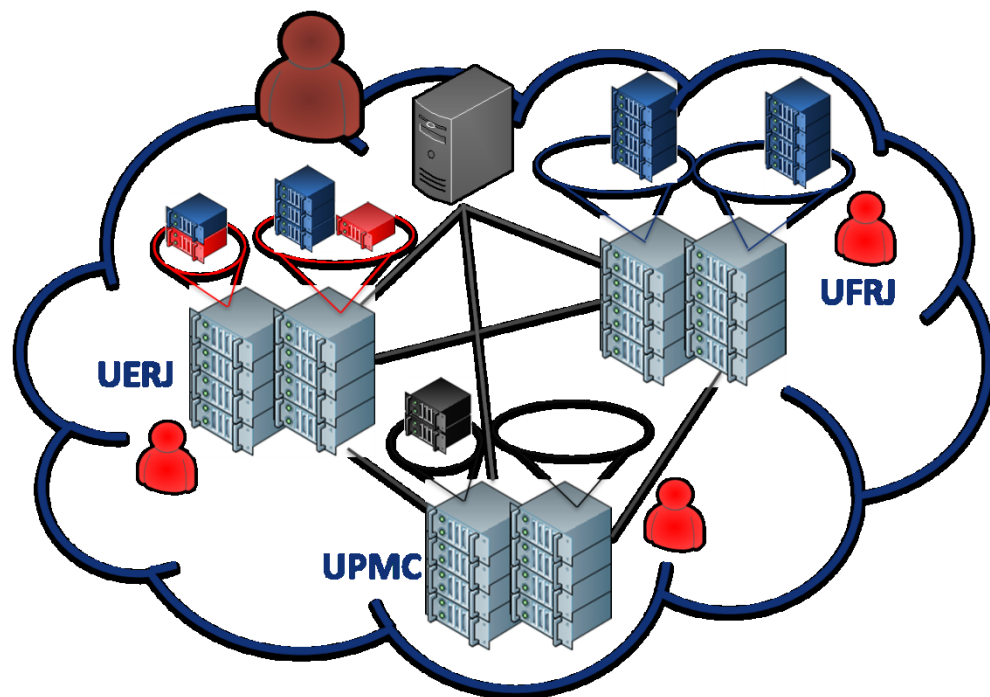
Visão Geral da Arquitetura do PID

**Servidores de VMs
(e Discos) executam
ferramentas de
virtualização
(hipervisores)**



Gerenciamento no PID

- **Administrator Global**
 - Entidade com visão e poder total sobre a infraestrutura
- **Administrador Local**
 - Entidade responsável por um sítio
 - Controle sobre todas as máquinas de um sítio



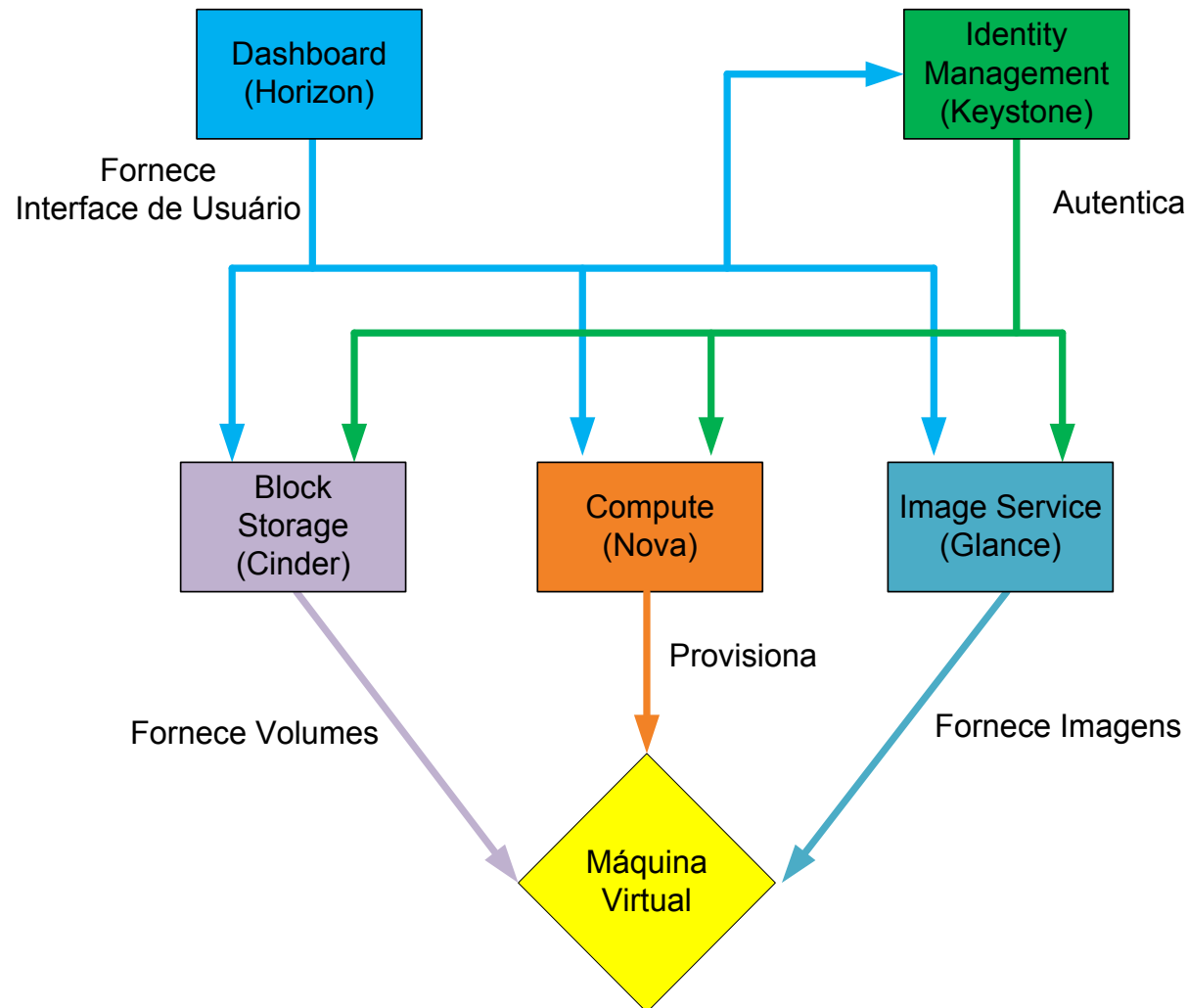
- **OpenStack**

- Conjunto de APIs para manipulação da nuvem
- Recursos Gerenciados
 - Computação (p.ex. processamento e memória)
 - Rede
 - Armazenamento
- Mecanismos de autenticação e gerenciamento
- Interface web para usuários e administradores
- Código aberto
- Grande comunidade

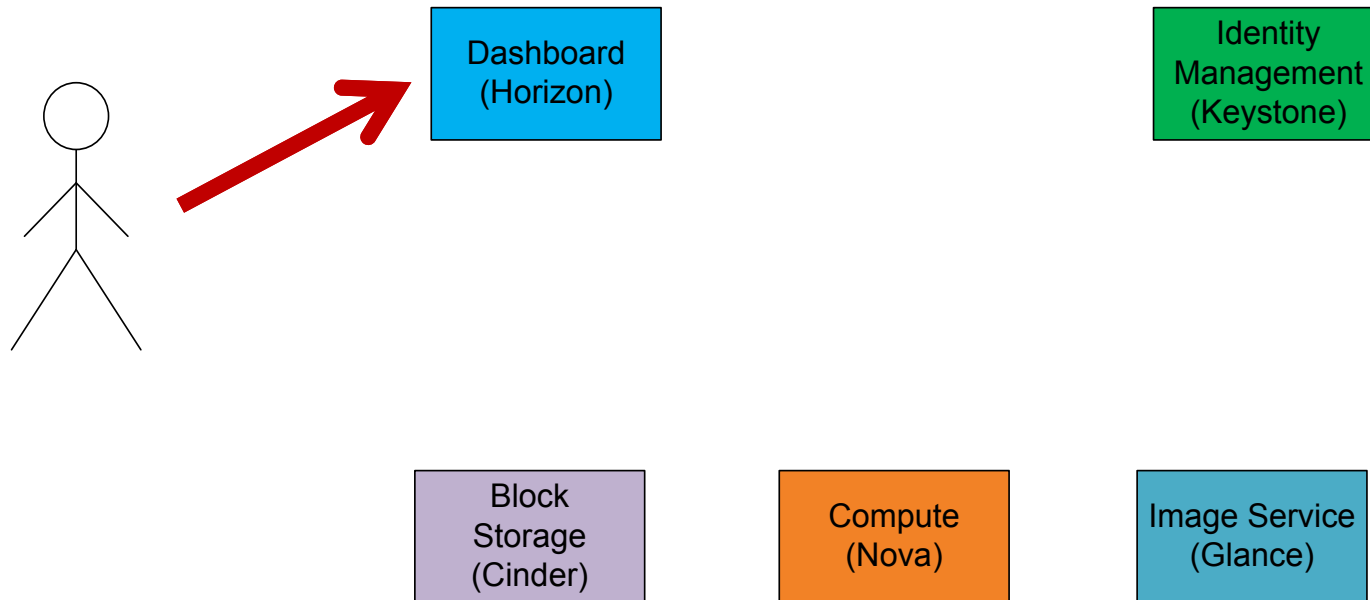


- **Arquitetura projetada para nuvens colaborativas**
 - Criação do papel Administrador Local
 - Modificações nos papéis do OpenStack
- **Distribuição geográfica da nuvem OpenStack**
 - Divisão lógica em sítios
 - Proposta e Implementação do Escalonador de Sítios
 - Escolha de quais sítios hospedarão VMs de uma requisição
- **Modificação da interface web do OpenStack**
 - Criação de máquinas considerando sítios
 - Administração local-global e migração local (intra-sítio)

Arquitetura do OpenStack

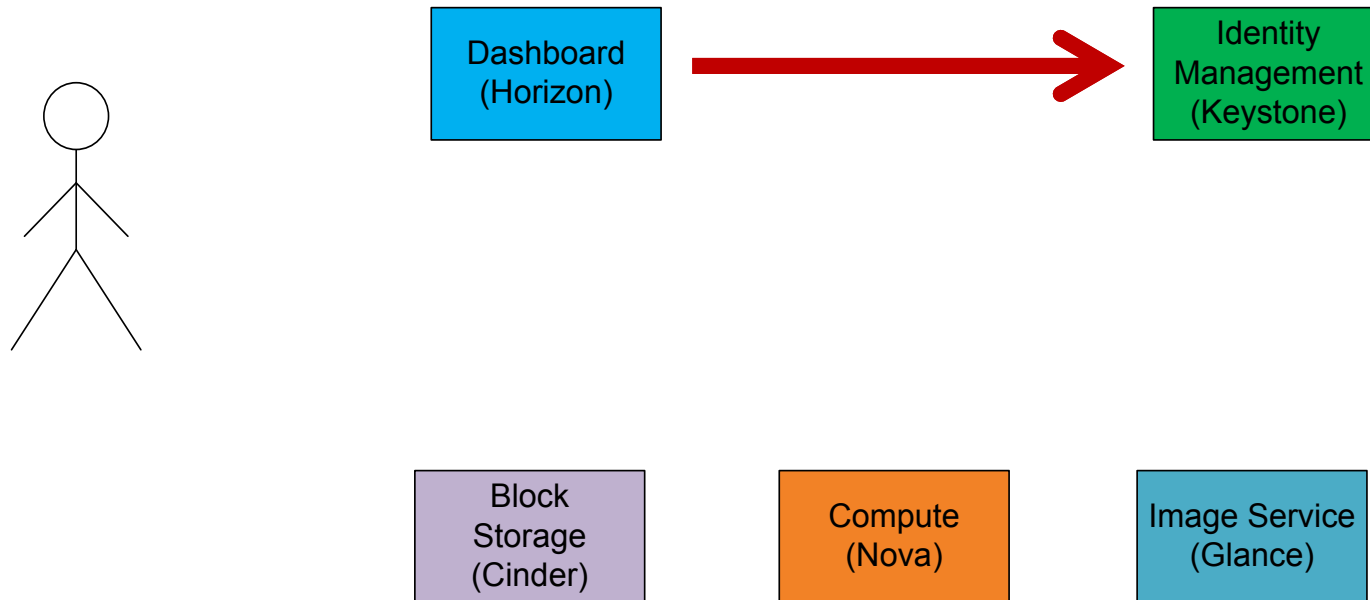


Visão Geral do OpenStack



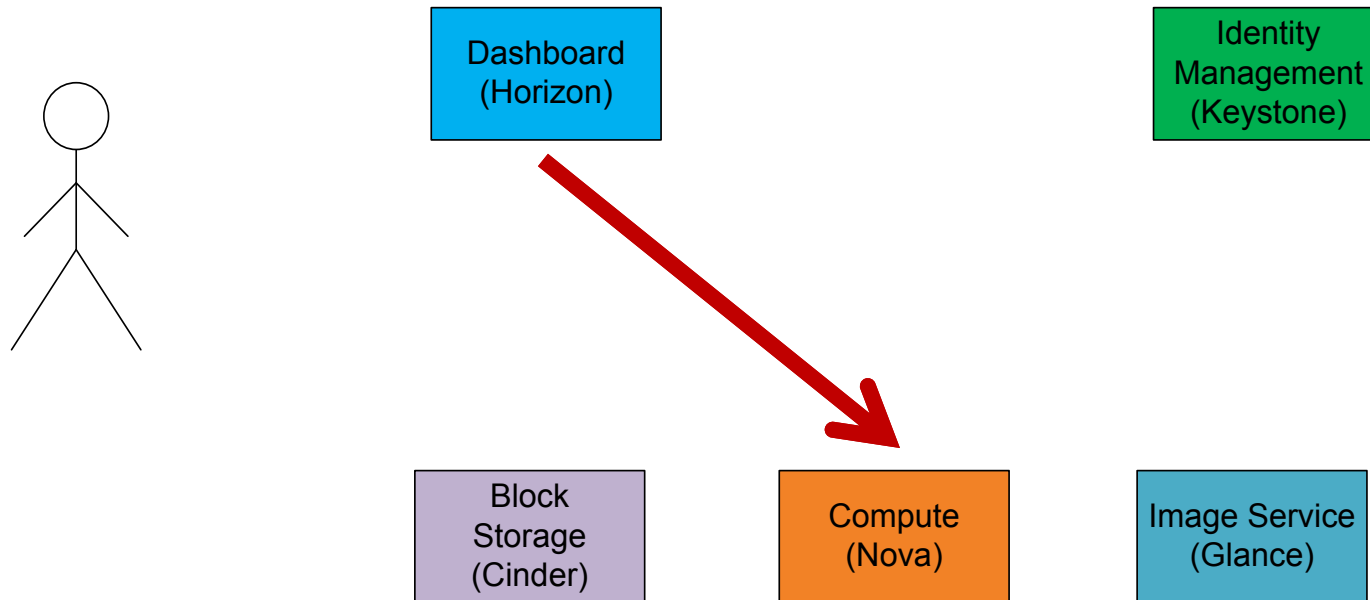
Usuário solicita a criação de uma VM pela interface web

Visão Geral do OpenStack



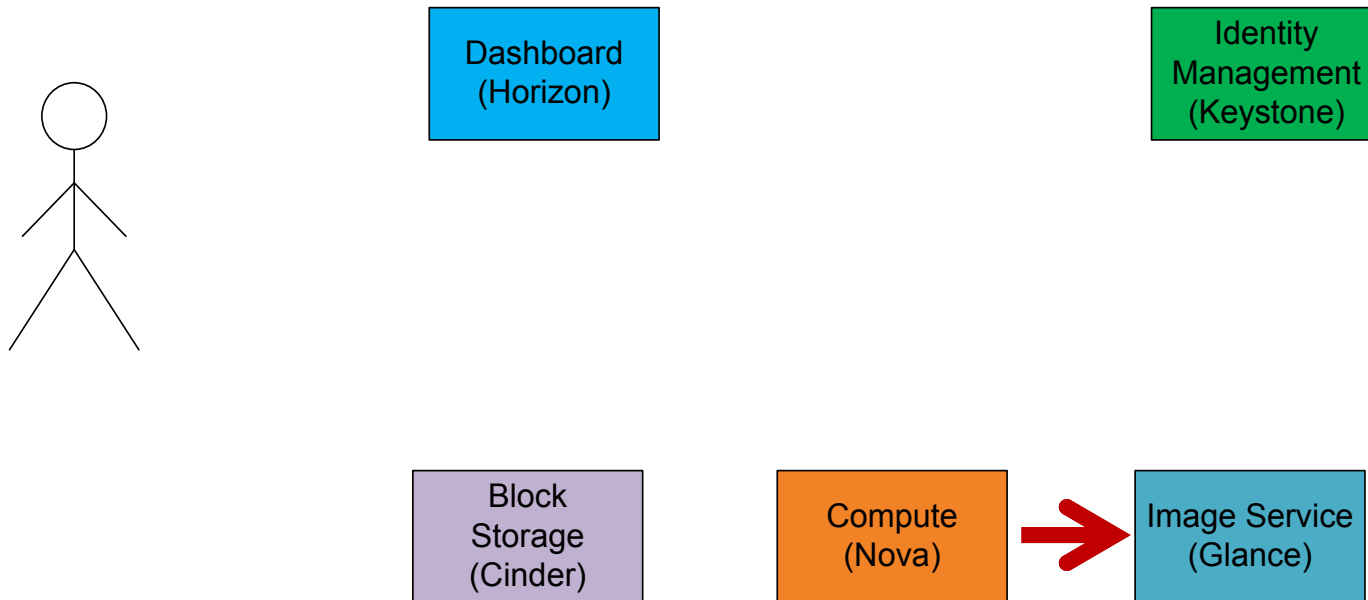
Pedido é autenticado em um gerenciador de identidades

Visão Geral do OpenStack



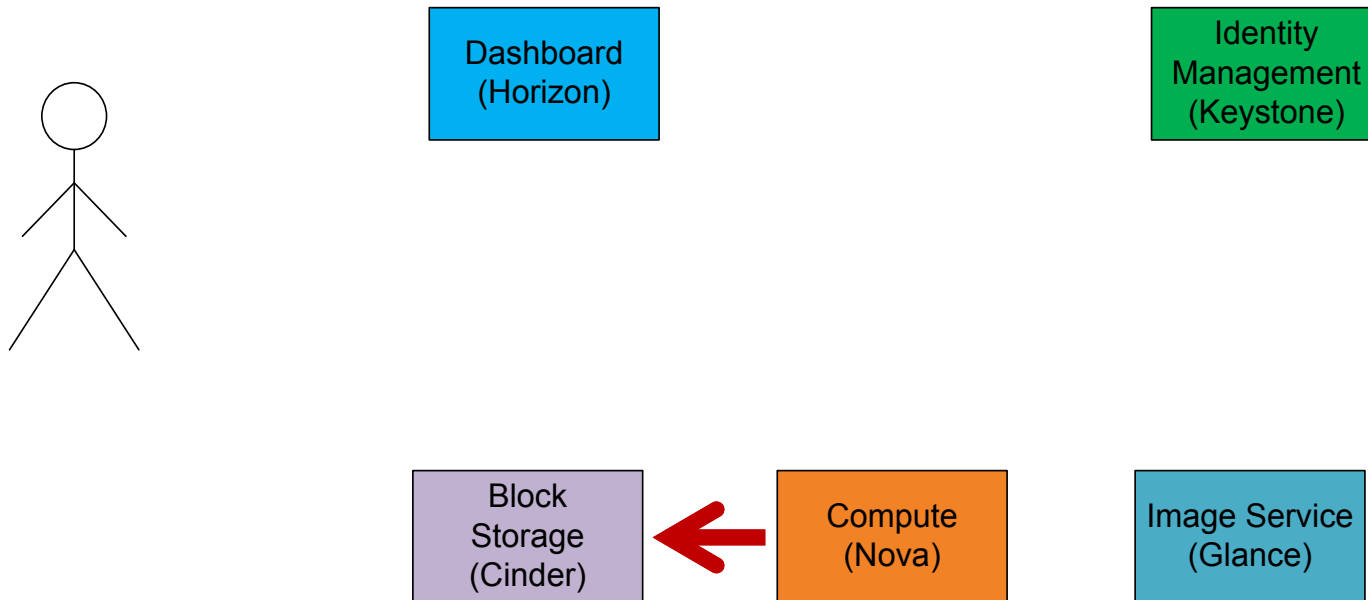
Gera-se uma requisição de criação de VM para o serviço de computação

Visão Geral do OpenStack



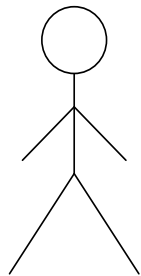
Serviço de computação solicita uma imagem para a VM (p.ex., uma que contenha o sistema operacional escolhido)

Visão Geral do OpenStack



Serviço de computação solicita a criação de um disco lógico para a VM

Visão Geral do OpenStack



Dashboard
(Horizon)

Identity
Management
(Keystone)

Block
Storage
(Cinder)

Compute
(Nova)

Image Service
(Glance)

**VM é criada através
de requisições ao
hipervisor do Servidor
de VM escolhido!**

Máquina
Virtual

Configuração da Virtualização no PID

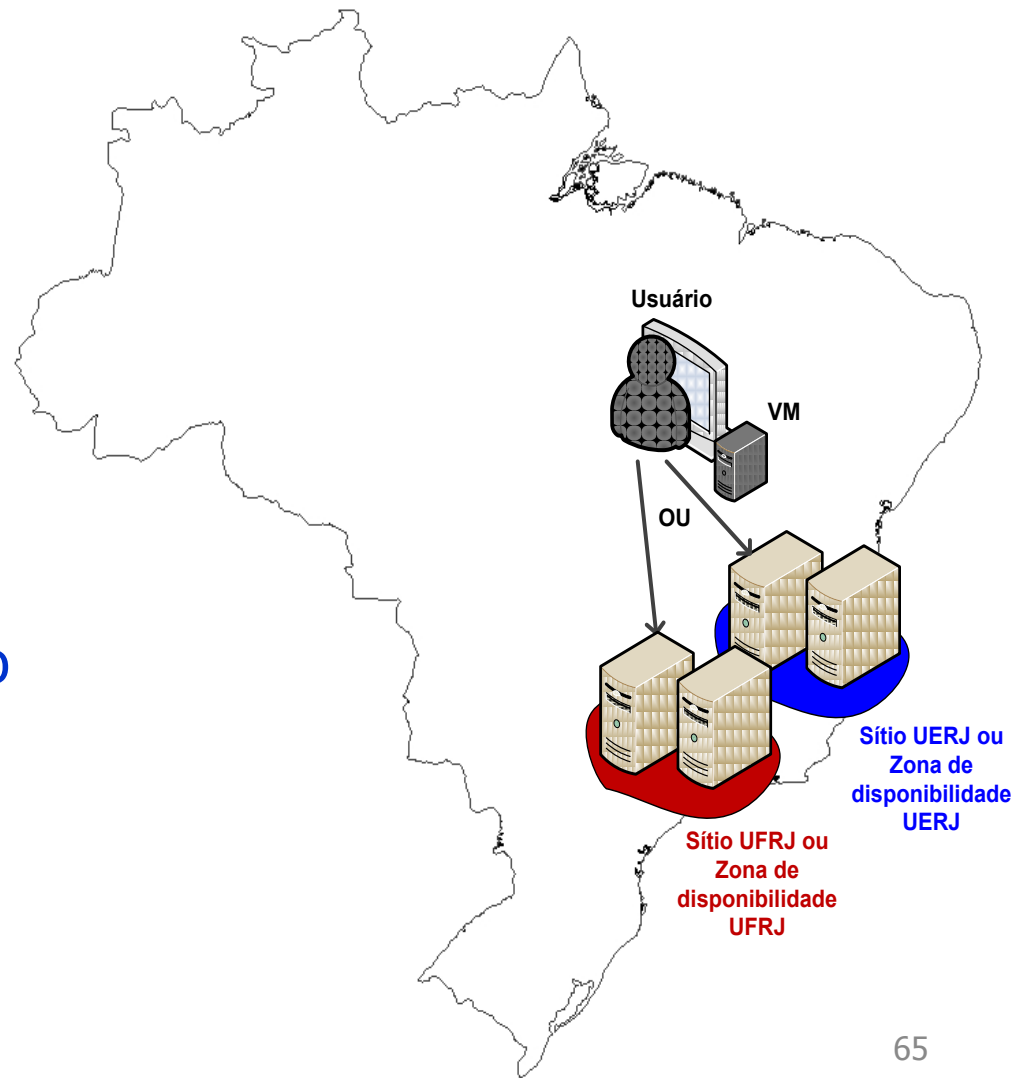
- Utilização do Hipervisor KVM
- VM possui acesso à Internet através de NAT
- VMs de um mesmo sítio podem comunicar-se através de IPs privados

Gerenciamento de Recursos Global

- **Gerenciamento Global**
 - **Instanciação de máquinas virtuais**
 - Decisão de em quais sítios e servidores instanciar
 - Escalonador de sítios

Zona de Disponibilidade

- Separação lógica entre Servidores de VMs
- Contexto do PID
 - Uma Zona de Disponibilidade por sítio
 - Usuário pode escolher o sítio de cada VM
 - Ex: melhora da tolerância a falhas



Instanciação de Máquinas Virtuais

- **Centralizado**
 - Todas as VMs em um sítio específico
 - Atualmente UFRJ, UERJ ou UFF
 - Todas as VMs em um sítio escolhido pelo escalonador
- **Distribuído**
 - Esquema *round-robin* entre todos os sítios
 - Escalonador de Sítios obtém os sítios que suportam pelo menos uma máquina do tipo desejado

Gerenciamento de Recursos Local

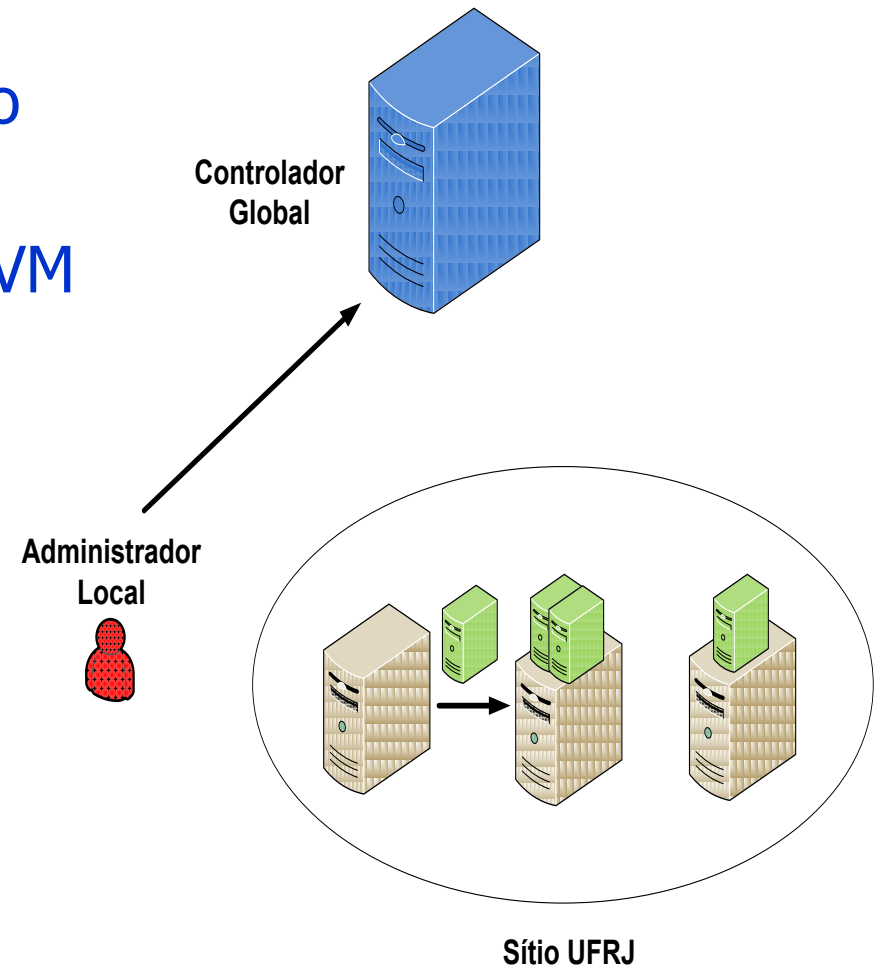
- **Gerenciamento Local**

- **Migração Local**

- Migração ao vivo entre servidores do mesmo sítio
 - Utilizado em período de manutenção de servidor

Migração Local

- Solicitação realizada pelo administrador local de cada sítio
- Transferência da execução da VM
 - De um Servidor para outro no mesmo sítio
- Não há cópia de disco
 - Servidor NFS compartilhado
 - Operação rápida e sem interrupção do serviço



FUNCIONAMENTO DA NUVEM DO PID

Demonstração da Interface Gráfica

- Entrada no Sistema



The image shows a login window for the GT-PID system. At the top center is a logo consisting of a blue cloud shape with a network of nodes and lines inside, and the text "GT-PID" in a large, grey, sans-serif font below it. Underneath the logo is the word "Entrar" in bold black text. Below this are two input fields: the first is labeled "Nome do Usuário" and contains the text "admin"; the second is labeled "Senha" and contains a series of dots. At the bottom right of the window is a blue button with the word "Entrar" in white text.

Interface do Administrador Global

- Administrador Global pode assumir todos os papéis

The screenshot displays the GT-PID Global Administrator interface. On the left sidebar, the 'Project' role is highlighted with a red circle. The main content area shows the 'Instances' page, which is currently empty, displaying 'No items to display.' and 'Displaying 0 items.' The interface includes a top navigation bar with 'Logged in as: admin', 'Settings', 'Help', and 'Sign Out' links. The left sidebar also features a 'CURRENT PROJECT' dropdown set to 'admin' and a 'Manage Compute' section with links to 'Overview', 'Instances', 'Volumes', 'Images & Snapshots', and 'Access & Security'.

Instances Logged in as: admin [Settings](#) [Help](#) [Sign Out](#)

Instances

☐	Instance Name	Image Name	IP Address	Site	Size	Keypair	Status	Task	Power State	Uptime	Actions
No items to display.											

Displaying 0 items

GT-PID

Project **Admin** **Local Admin**

CURRENT PROJECT
admin

Manage Compute

[Overview](#)

[Instances](#)

[Volumes](#)

[Images & Snapshots](#)

[Access & Security](#)

Interface do Administrador Global

- Listagem de Servidores de VMs (hipervisores)



GT-PID

Project Admin Local Admin

System Panel

- Overview
- Hypervisors**
- Instances
- Volumes
- Flavors
- Images
- Defaults
- System Info

Identity Panel

- Projects
- Users

All Hypervisors

Logged in as: admin [Settings](#) [Help](#) [Sign Out](#)

Hypervisor Summary



VCPU Usage
Used 4 of 40



Memory Usage
Used 2GB of 101GB



Disk Usage
Used 0 of 6.2TB

Hypervisors

Hostname	Type	VCPUs (total)	VCPUs (used)	RAM (total)	RAM (used)	Storage (total)	Storage (used)	Instances
gtPid-local-ufrj-02	QEMU	12	1	31GB	576MB	458.0GB	0	1
gtPid-local-ufrj-01	QEMU	8	2	31GB	640MB	2.7TB	0	2
gtPid-local-ufrj-01	QEMU	12	1	31GB	576MB	458.0GB	0	1
gtPid-local-ufrj-03	QEMU	8	0	7GB	512MB	2.7TB	0	0

Displaying 4 items

Interface do Usuário Final

- Instanciação de VMs

The screenshot displays the GT-PID cloud management interface. On the left is a sidebar with the GT-PID logo and a navigation menu. The main area is titled 'Instances' and shows a table with columns for Instance Name, Image Name, IP Address, Site, Size, Keypair, Status, Task, Power State, Uptime, and Actions. The table is currently empty, displaying 'No items to display.' and 'Displaying 0 items'. A '+ Launch Instance' button is highlighted with a red circle. The top right of the interface shows the user is logged in as 'demo' with links for Settings, Help, and Sign Out.

GT-PID

Project

CURRENT PROJECT
demo

Manage Compute

Overview

Instances

Volumes

Images & Snapshots

Access & Security

Instances

Logged in as: demo Settings Help Sign Out

Filter

Filter

+ Launch Instance

Instance Name	Image Name	IP Address	Site	Size	Keypair	Status	Task	Power State	Uptime	Actions
No items to display.										

Displaying 0 items

Interface do Usuário

Final: Instanciação

Launch Instance

Details * Access & Security * Post-Creation

Distribution Type
Any Distribution

Instance Name *

Flavor *
m1.nano

Instance Count *
1

Instance Boot Source *
--- Select source ---

Specify the details for launching an instance.
Choose how you want to distribute your
instances across the sites resources used by this project
in relation to the project's quotas.

Flavor Details

Name	m1.nano
VCPUs	1
Root Disk	0 GB
Ephemeral Disk	0 GB
Total Disk	0 GB
RAM	64 MB

Project Limits

Number of Instances	0 of 10 Used
Number of VCPUs	0 of 20 Used
Total RAM	0 of 51,200 MB Used

Cancel

Launch

Distribution Type

Any Distribution

Any Distribution

Centralized

Distributed

Distribution Type

Centralized

Site

Any Site

Any Site

uerj

ufrj

Interface do Usuário

Final: Instanciação

Exemplo de Criação Centralizada

Launch Instance

Details *

Access & Security *

Post-Creation

Distribution Type

Centralized

Site

ufrj

Instance Name *

test_1

Flavor *

m1.nano

Instance Count *

1

Instance Boot Source *

Boot from image

Image Name

cirros-0.3.1-x86_64-uec (24.0 MB)

Exemplo de Criação Distribuída

Launch Instance

Details *

Access & Security *

Post-Creation

Distribution Type

Distributed

Instance Name *

test_2

Flavor *

m1.nano

Instance Count *

3

Instance Boot Source *

Boot from image (creates a new volume).

Image Name

cirros-0.3.1-x86_64-uec (24.0 MB)

Device size (GB)

1

Device Name

vda

Interface do Usuário

Final: Uso da VM



GT-PID

Project Admin

CURRENT PROJECT
demo

Manage Compute

Overview

Instances

Volumes

Images & Snapshots

Access & Security

Instance Detail: vm

Logged in as: admin Settings Help Sign Out

Overview Log Console

Instance Console

If console is not responding to keyboard input: click the grey status bar below. [Click here to show only console](#)

Connected (unencrypted) to: QEMU (instance-00000001) Send CtrlAltDel

```
further output written to /dev/ttyS0

login as 'cirros' user. default password: 'cubswin:)', use 'sudo' for root.
cirros login: cirros
Password:
$ ping nce.ufrj.br
PING nce.ufrj.br (146.164.2.83): 56 data bytes

--- nce.ufrj.br ping statistics ---
9 packets transmitted, 0 packets received, 100% packet loss
$ ping portal.nce.ufrj.br
PING portal.nce.ufrj.br (146.164.2.9): 56 data bytes
64 bytes from 146.164.2.9: seq=0 ttl=59 time=1.165 ms
64 bytes from 146.164.2.9: seq=1 ttl=59 time=1.404 ms
64 bytes from 146.164.2.9: seq=2 ttl=59 time=1.286 ms
64 bytes from 146.164.2.9: seq=3 ttl=59 time=1.364 ms
64 bytes from 146.164.2.9: seq=4 ttl=59 time=1.318 ms
64 bytes from 146.164.2.9: seq=5 ttl=59 time=1.264 ms
64 bytes from 146.164.2.9: seq=6 ttl=59 time=1.273 ms
64 bytes from 146.164.2.9: seq=7 ttl=59 time=1.281 ms
64 bytes from 146.164.2.9: seq=8 ttl=59 time=1.280 ms
64 bytes from 146.164.2.9: seq=9 ttl=59 time=1.422 ms
64 bytes from 146.164.2.9: seq=10 ttl=59 time=1.246 ms
```

Interface do Administrador Local

- Visualização de Instâncias no sítio
- Migração Local



Project Local Admin

Overview Panel

OVERVIEW

Site Panel

UERJ

Instances

Logged in as: adm_uerj [Settings](#) [Help](#) [Sign Out](#)

Instances

☐	Project	Host	Name	Image Name	IP Address	Site	Size	Status	Task	Power State	Uptime	Actions
☐	-	gtPid-local-uerj-01	test_5	cirros-0.3.1-x86_64-uec	10.4.128.11	uerj	m1.nano 64MB RAM 1 VCPU 0 Disk	Active	None	Running	1 hr, 42 minutes	Local Live Migration More
☐	-	gtPid-local-uerj-01	test_2-a7fea379-668d-4a05-ad6e-42ae3f35e683	(not found)	10.4.128.7	uerj	m1.nano 64MB RAM 1 VCPU 0 Disk	Active	None	Running	3 hours, 59 minutes	Local Live Migration More
☐	-	gtPid-local-uerj-01	test_2-5186448a-ffb3-4b5b-9ae9-543372300877	(not found)	10.4.128.6	uerj	m1.nano 64MB RAM 1 VCPU 0 Disk	Active	None	Running	3 hours, 59 minutes	Local Live Migration More

Displaying 3 items

Interface do Administrador Local

- Formulário de Migração Local

Local Live Migration

Current Host

Current Site

New Host *

Select a new host ▼

Select a new host

gtPid-local-uerj-03

Description:

From here you can live migrate an instance to a specific host.

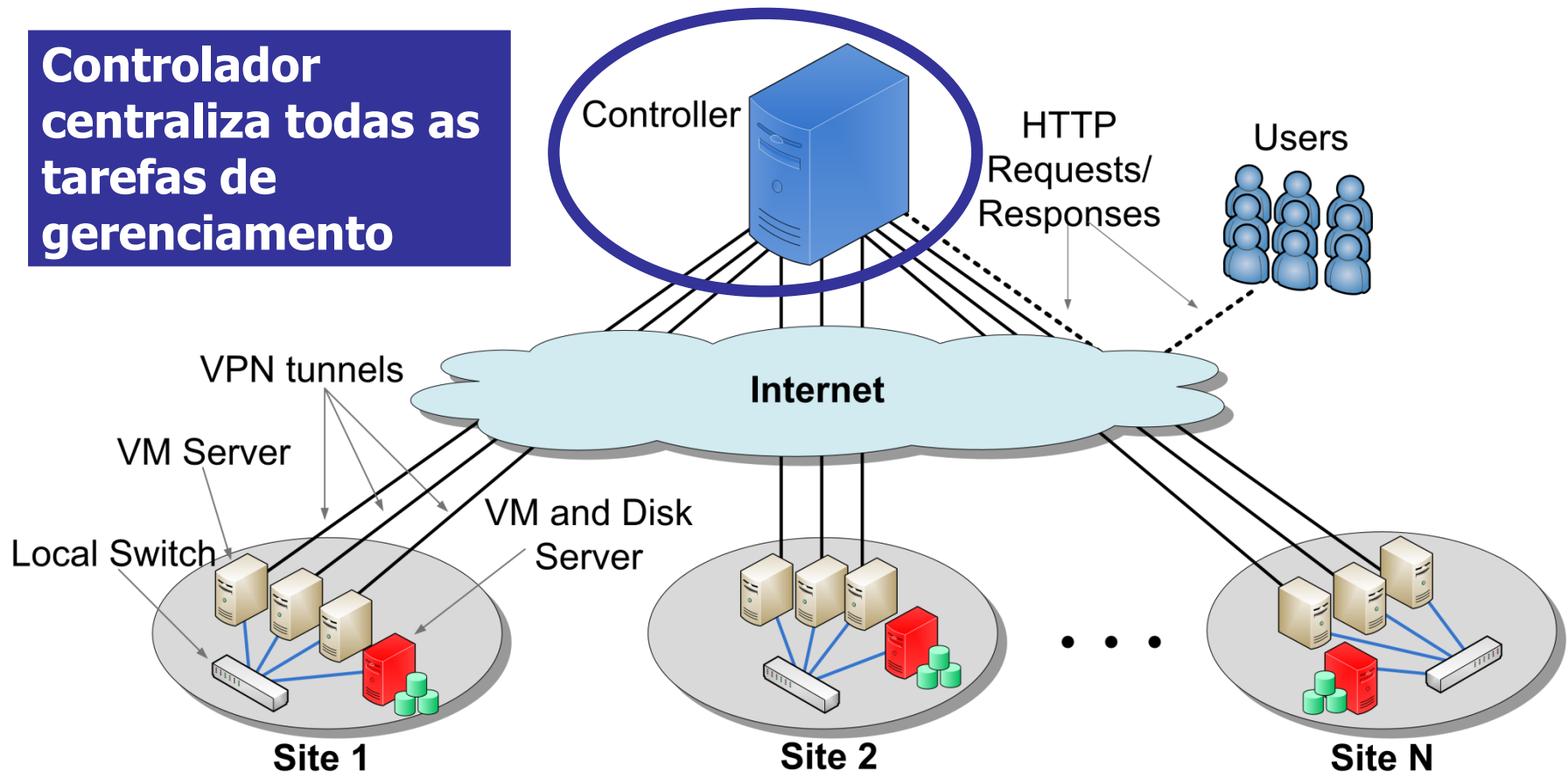
Cancel

Migrate Instance

EXPERIMENTOS DE ESCALABILIDADE

Arquitetura PID: Nuvem Colaborativa

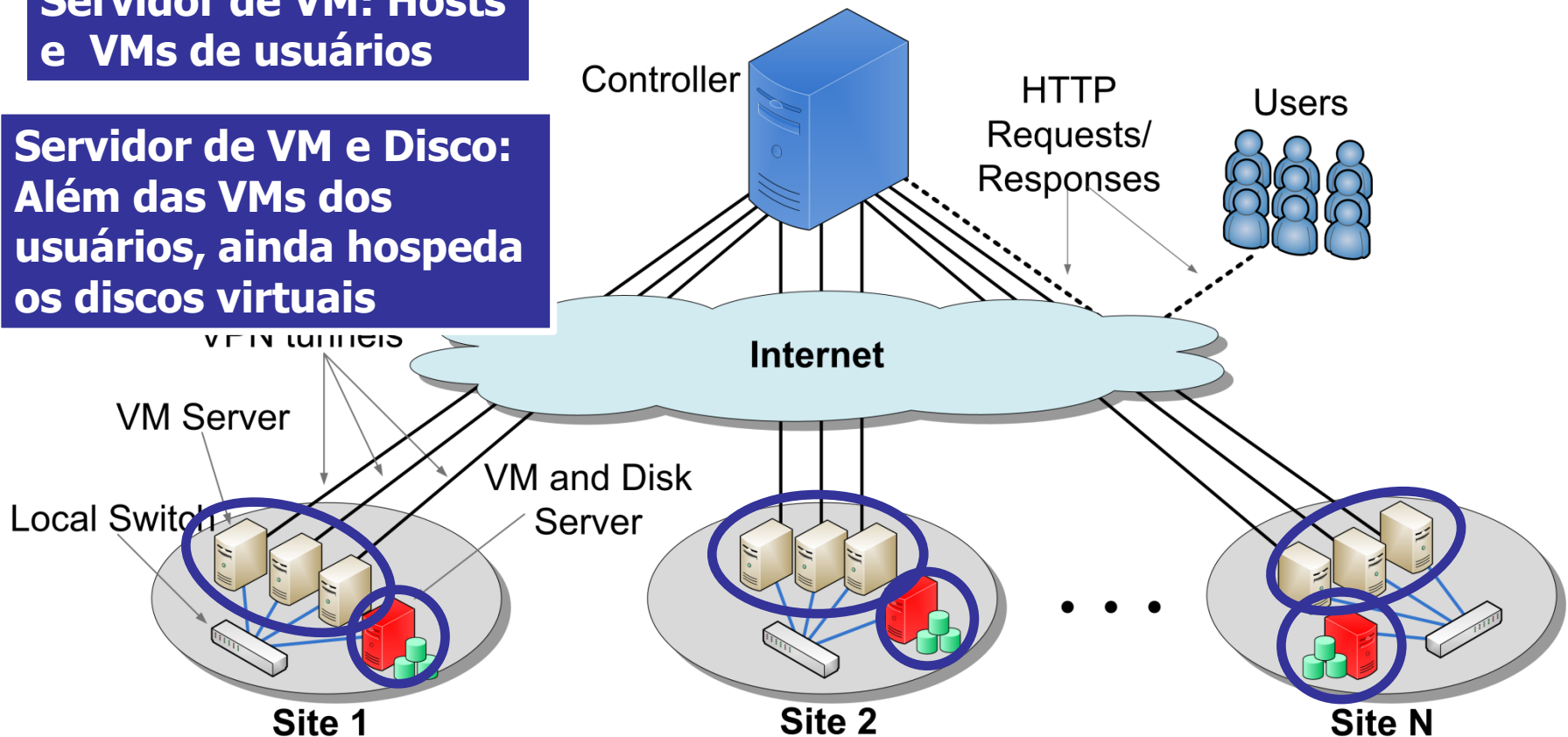
**Controlador
centraliza todas as
tarefas de
gerenciamento**



Arquitetura PID: Nuvem Colaborativa

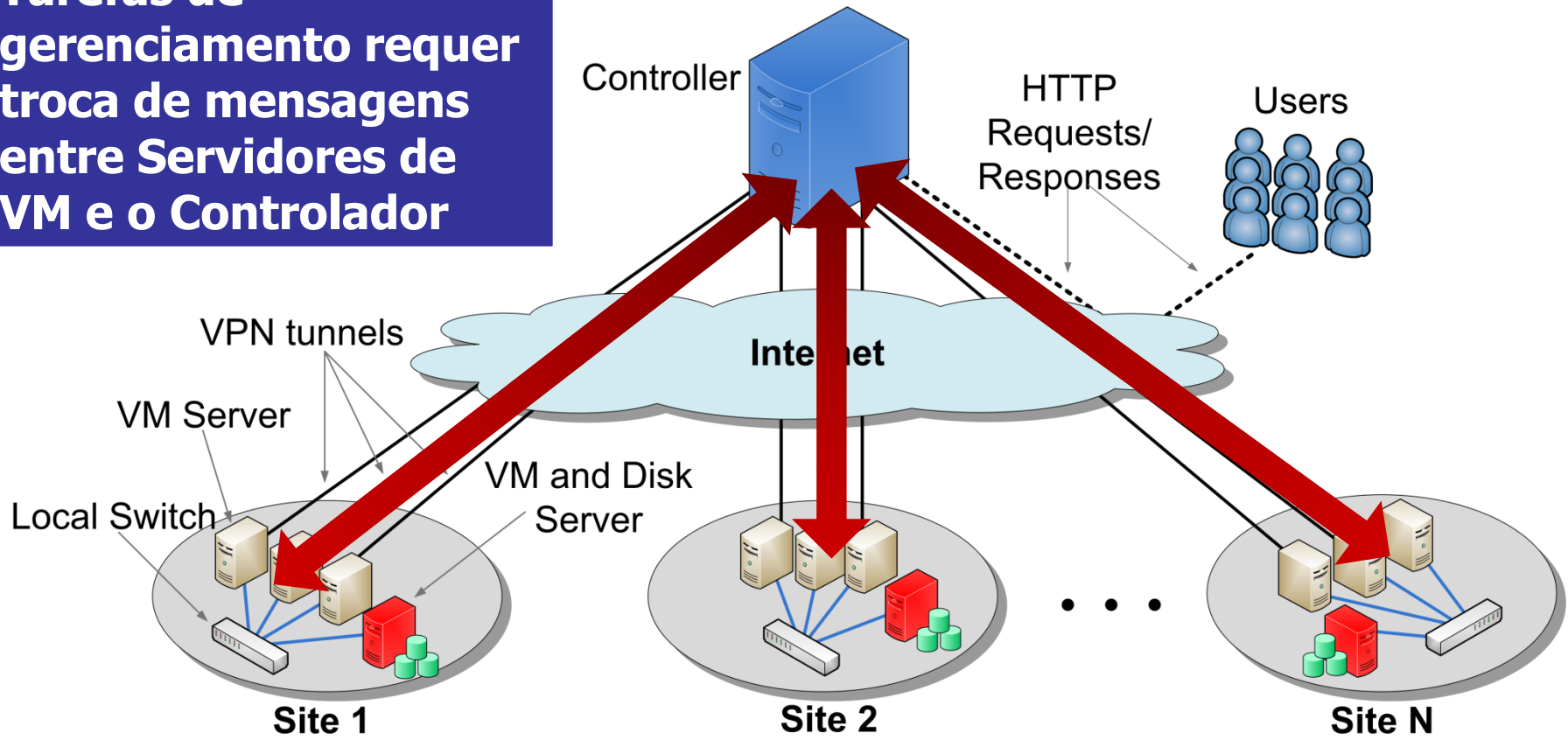
**Servidor de VM: Hosts
e VMs de usuários**

**Servidor de VM e Disco:
Além das VMs dos
usuários, ainda hospeda
os discos virtuais**



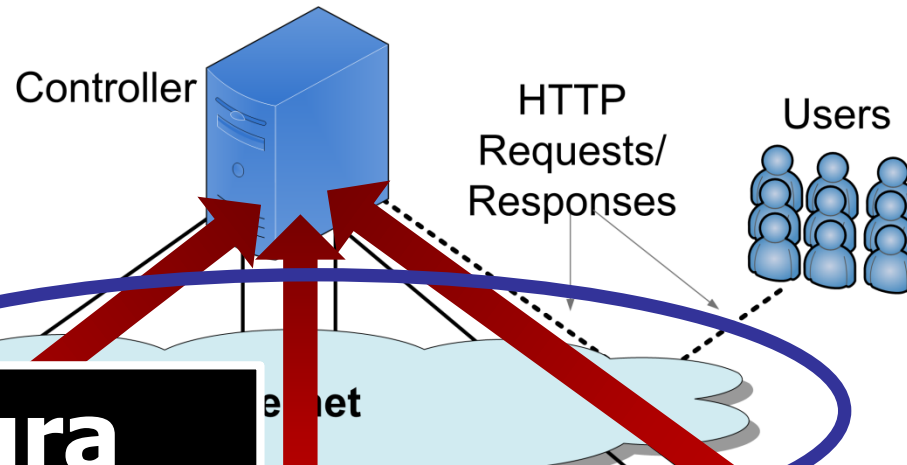
Problema do Controlador Central

Tarefas de gerenciamento requer troca de mensagens entre Servidores de VM e o Controlador



Problema do Controlador Central

Enlaces de longa
distância entre
Controlador e sítios!



Menor largura
de banda!

Maior latência!

Site 1

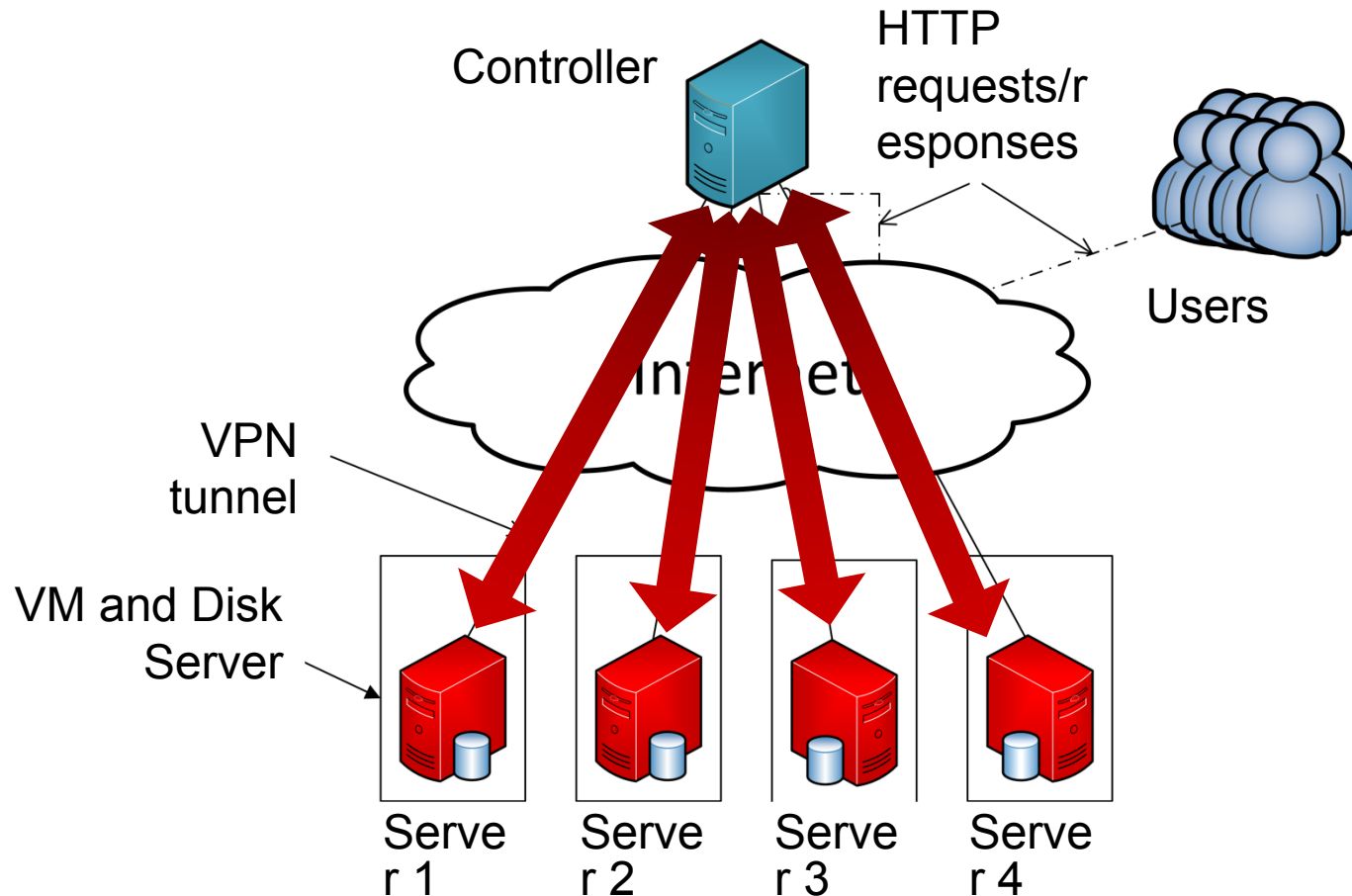
Site 2

Site N

Objetivo dos Experimentos

- Em linhas gerais...
 - Avaliar a escalabilidade e disponibilidade da infraestrutura
 - Limitações da WAN
- Alvo mais específico...
 - Analisar o impacto da **troca de mensagens entre os Servidores de VMs e o Controlador na rede**
 - Estratégias de comunicação do orquestrador OpenStack

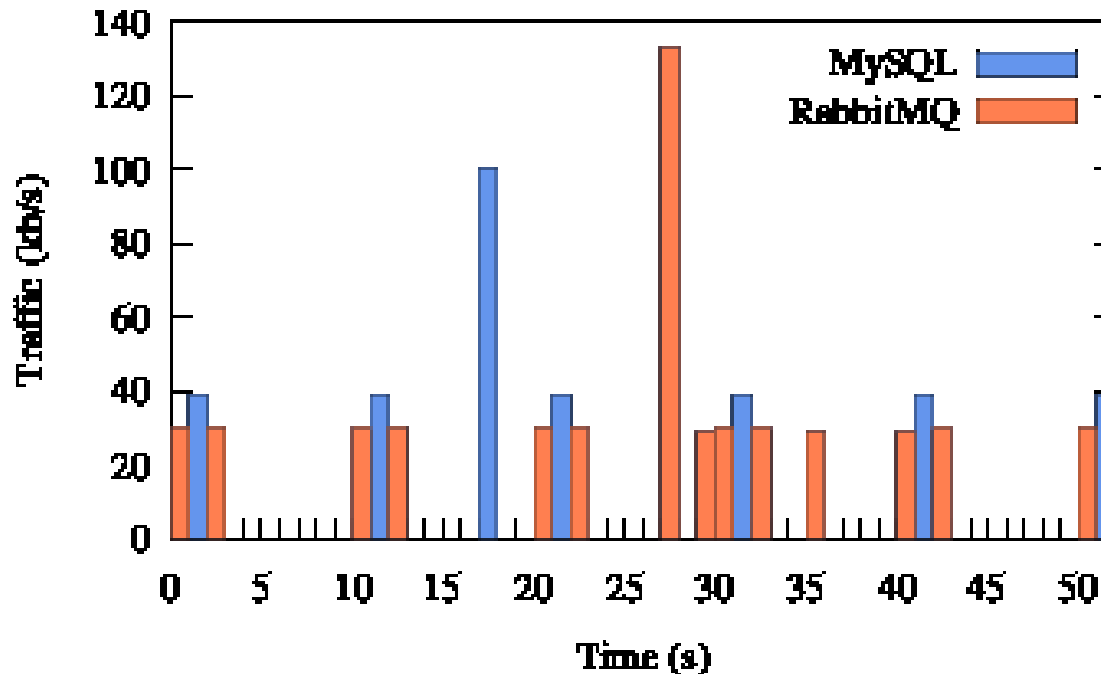
Plataforma de Experimentação



Métrica de interesse: Tráfego de controle entre o Controlador e os Servidores de VM e Disco!

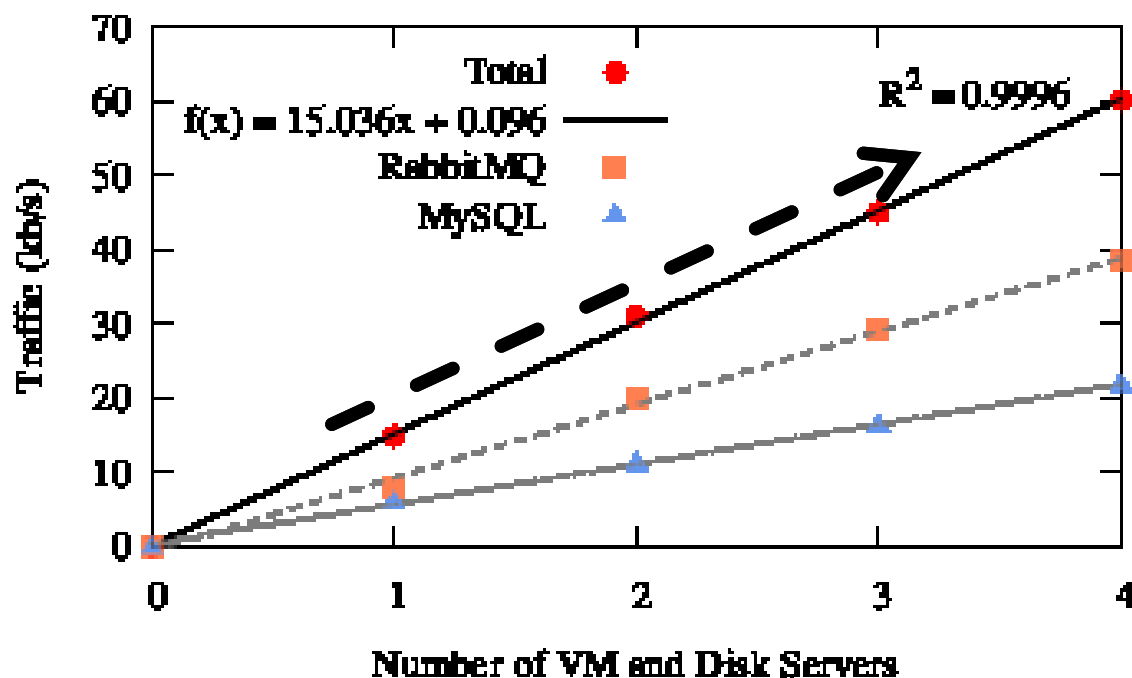
Controle entre VM e Servidor de Disco

- A cada 10s: Atualização do estado do serviço
- A cada 60s: Atualização do estado da VM



Impacto do # de VMs e Servidores de Disco

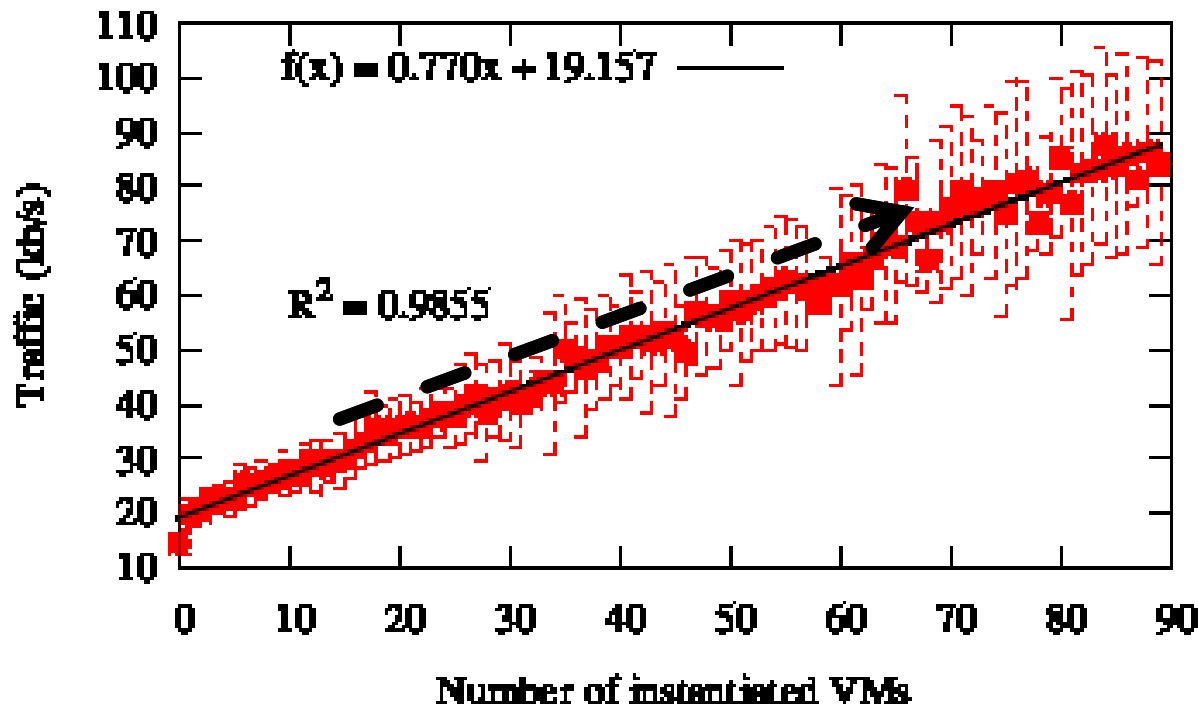
- Servidores sem VMs instanciadas (medidas em 60s)



Comportamento linear: Aprox. 15 kb/s a cada novo servidor
100 servidores → 1,5 Mb/s

Impacto do # de VMs por Servidor

- Uma única VM e Servidor de Disco

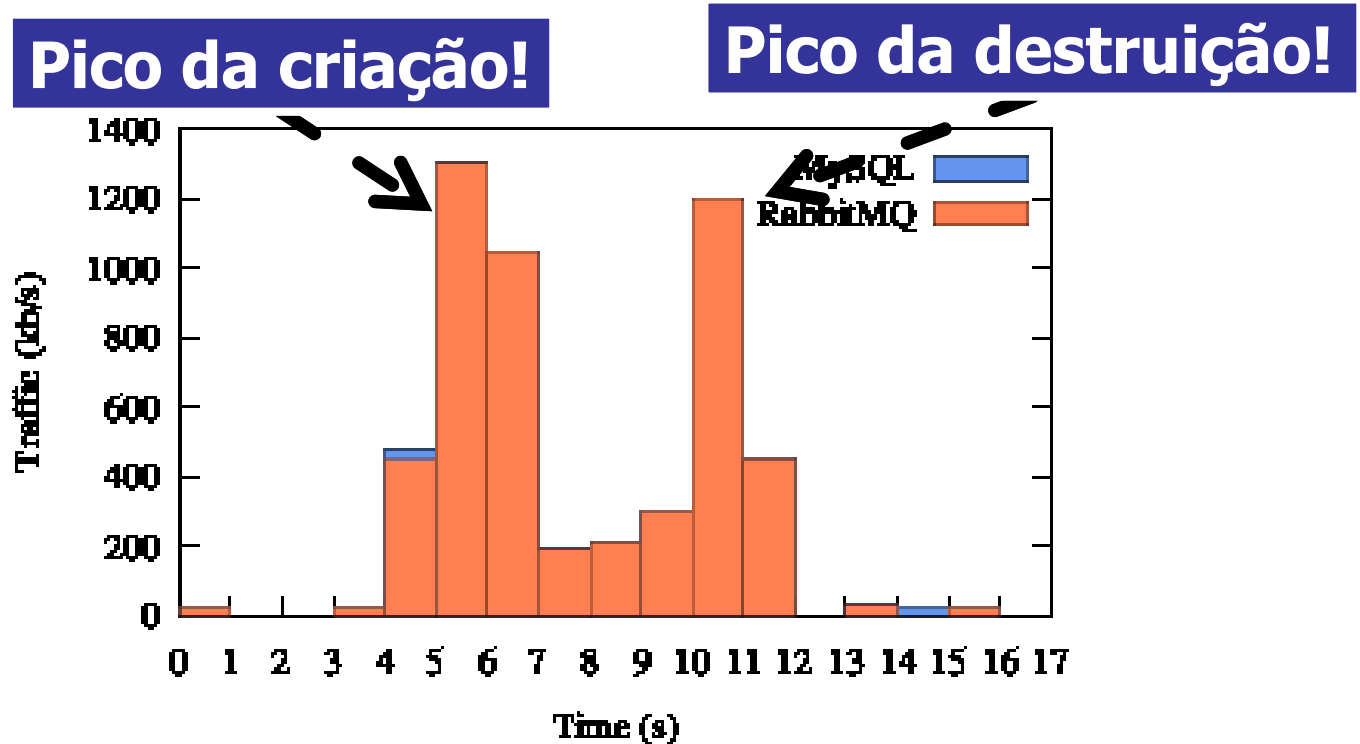


Comportamento linear: Aprox. 0,77 kb/s por VM

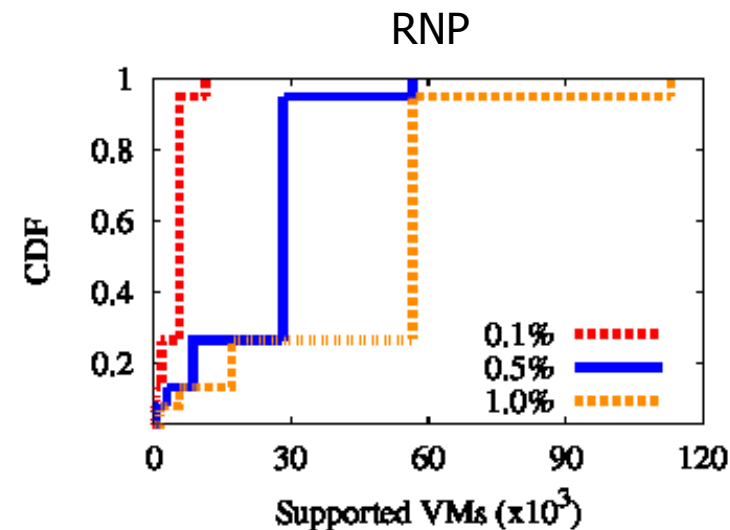
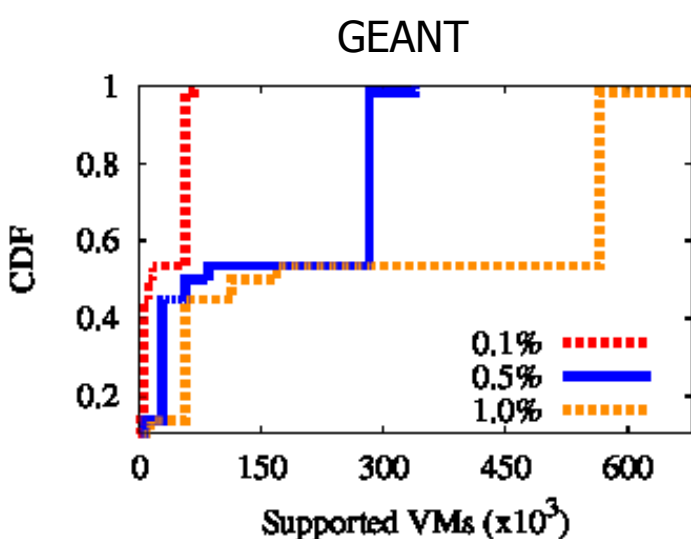
100 servidores c/ 15 VMs cada $\rightarrow 1,5 + 1,2 = 2,7$ Mb/s

Impacto da Criação e Destruição de VMs

- **Criação** seguida de uma **destruição** da VM
 - Criação: 1,3 Mb/s – Destruição: 1,2 Mb/s

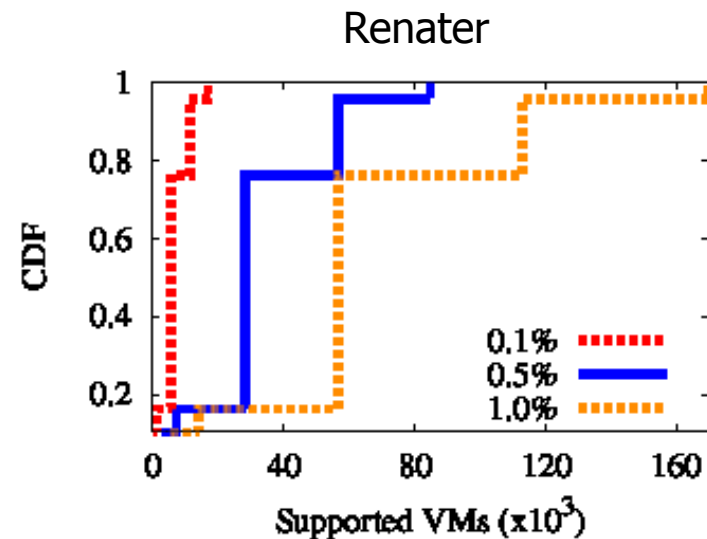


Impacto do Controle em WANs Reais



Localização do Controlador é importante já que seu enlace de acesso pode se tornar um gargalo

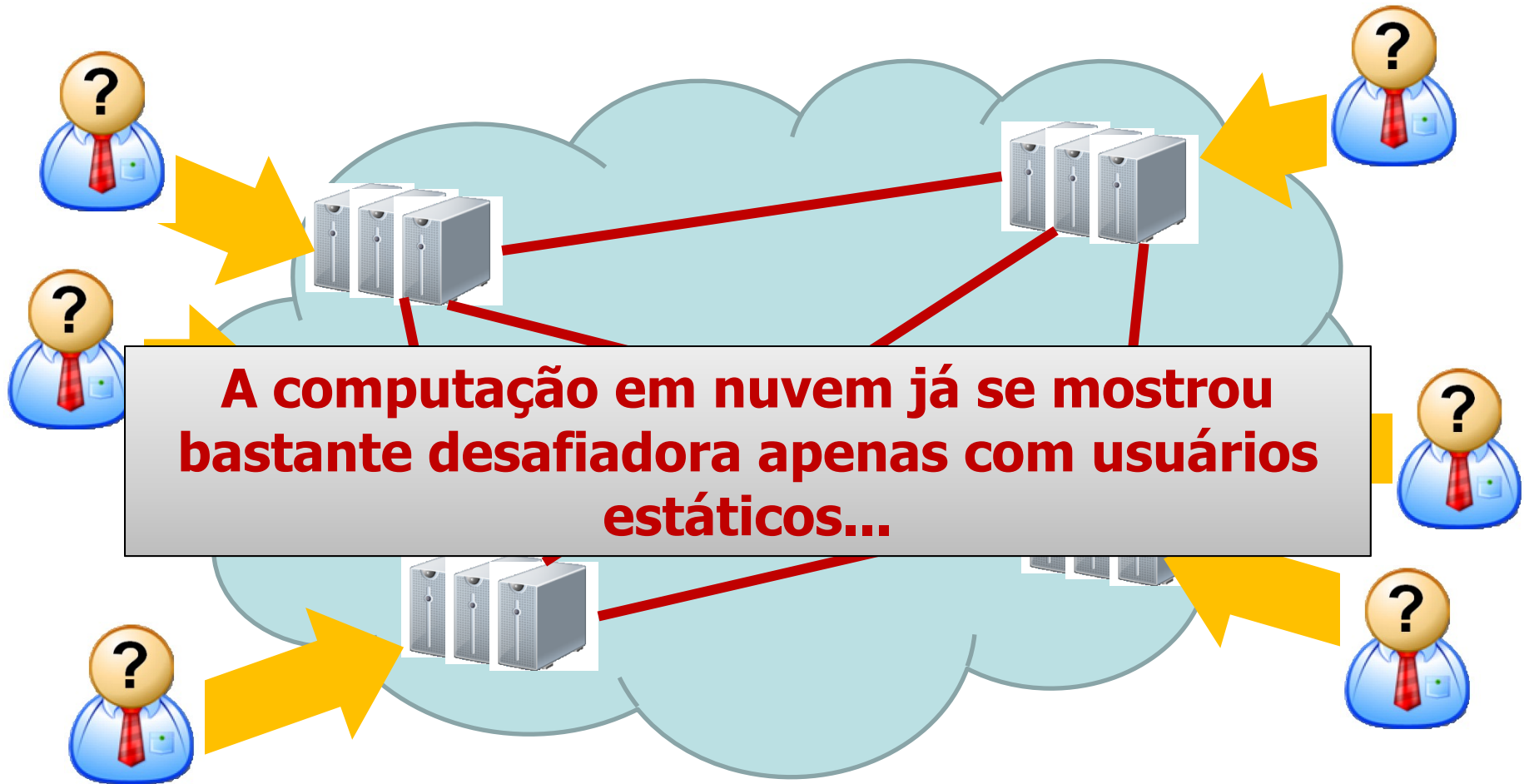
Assumindo que 0,1%, 0,5%, ou 1,0% da capacidade do enlace é reservada para tráfego de controle, a escolha da posição do Controlador é importante!



Conclusões dos Experimentos

- Apesar de suportado pelas redes WAN atuais...
 - Tráfego de controle não pode ser negligenciado
- Tráfego de controle base é proporcional a:
 - Número de servidores e número de VMs por servidor
 - Taxa de criação e destruição de VMs
- Logo, o projeto de uma nuvem deve considerar
 - Sobrecarga no enlace de acesso do Controlador
 - Casos de uso de utilização do sistema
 - P.ex., o # de VMs criadas/destruídas simultaneamente

NOVOS DESAFIOS EM NUVEM



Nuvens Móveis



- Mudança da motivação para uso da nuvem
 - **Redução de custos → Compensação das restrições computacionais** dos dispositivos móveis
- Problemas de escala
 - Número de usuários pode aumentar exponencialmente
- Meio de transmissão sem-fio
 - Limitações de banda passante
- Mobilidades dos usuários
 - Dificuldade para o planejamento da nuvem

- Mudança da motivação para uso da nuvem
 - **Redução de custos → Compensação das restrições computacionais** dos dispositivos móveis

- Problemas de comunicação

Muita pesquisa ainda pode ser desempenhada nessa área!

- Transmissão sem-fio
 - Limitações de banda passante
- Mobilidades dos usuários
 - Dificuldade para o planejamento da nuvem

- Computação em nuvem é essencial hoje em dia
- Projeto PID propõe uma arquitetura colaborativa acadêmica
- Muito trabalho ainda pode ser feito na área
 - Sobretudo considerando o acesso móvel dos usuários

OBRIGADO!