



# RECloud: Ferramenta para monitoramento, tratamento e análise de comportamento em ambientes de nuvem.

Autor: **Douglas Affonso Clementino**

Orientador: **Prof. Marco Antonio Zanata Alves**



O que é uma Nuvem?

# O que é uma Nuvem?

NIST (*National Institute of Standards and Technology*)

- Essential Characteristics
  - Broad network access
  - Measured service
  - On-demand self-service
  - Rapid elasticity
  - Resource pooling

# O que é uma Nuvem?

NIST (*National Institute of Standards and Technology*)

- Essential Characteristics
- Deployment Models
  - Public cloud
  - Private cloud
  - Community cloud
  - Hybrid cloud

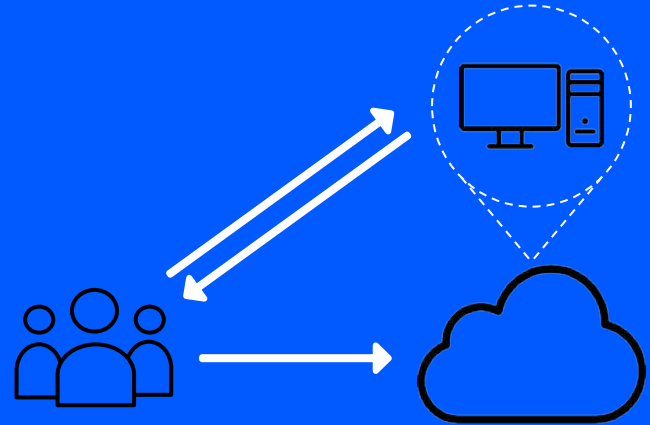
# O que é uma Nuvem?

NIST (*National Institute of Standards and Technology*)

- Essential Characteristics
- Deployment Models
- Service Models
  - Infrastructure as a Service (IaaS)
  - Platform as a Service (PaaS)
  - Software as a Service (SaaS)

# O que são nuvens IaaS ?

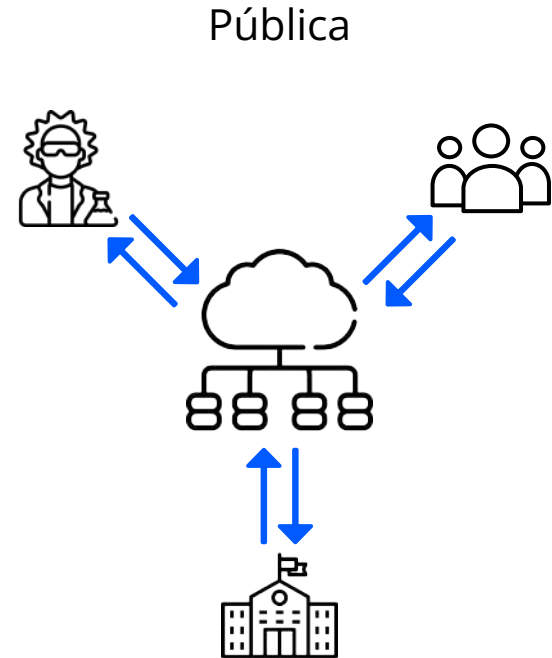
Virtualização  
Máquinas Virtuais de Sistema  
Hypervisor



# Problematização

# Cenário 1 - Nuvem Pública

- Necessário solicitar acesso administrativo.
- Mudanças podem criar problemas ao serviço.

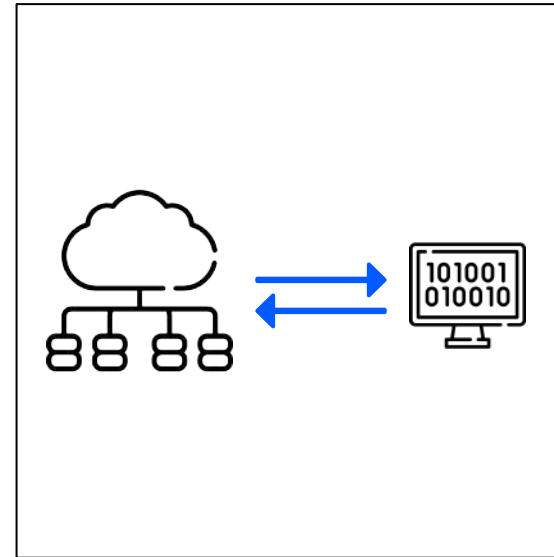




# Cenário 2 - Nuvem Privada

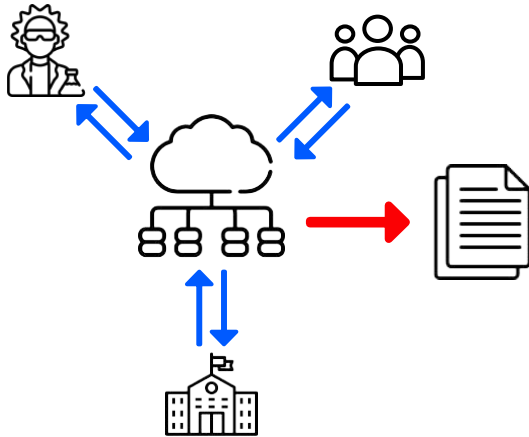
- Ausência de quantidade e pluralidade de cargas de trabalho.

Privada



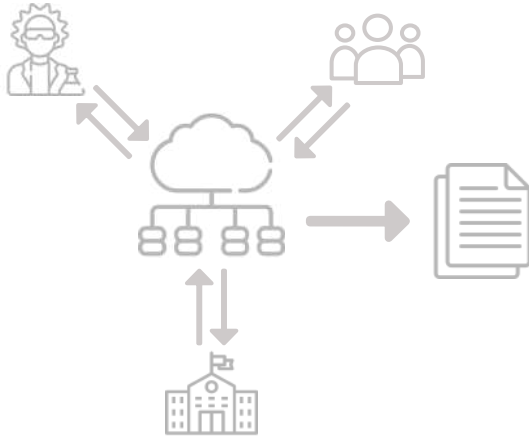
# Oportunidade

Monitoramento

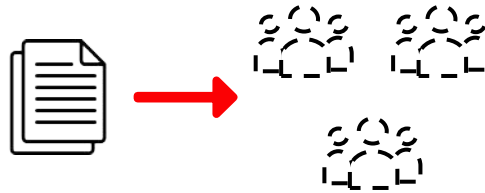


# Oportunidade

Monitoramento

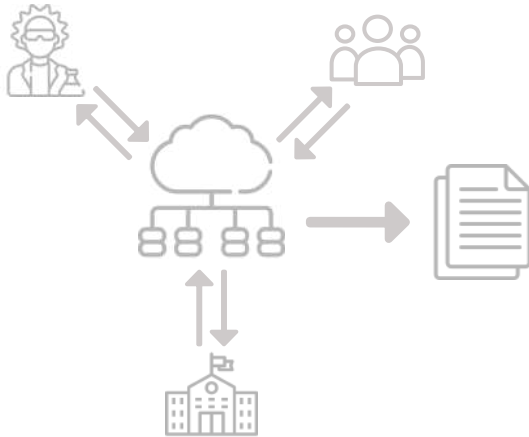


Caracterização

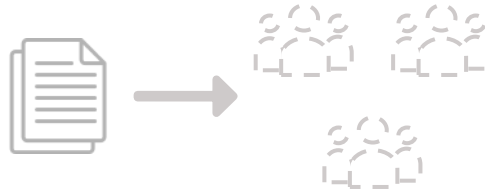


# Oportunidade

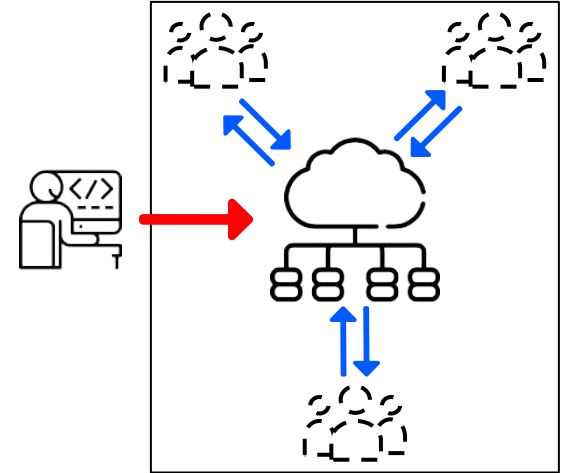
Monitoramento



Caracterização



Reprodução



# Proposta: RECloud

# Proposta: RECloud

- Efetuar Monitoramento de Ambiente de Nuvem
  - Utilização de CPU
  - Utilização de memória
  - Tráfego de pacotes de Rede.

# Proposta: RECloud

- Efetuar Monitoramento de Ambiente de Nuvem
  - Utilização de CPU
  - Utilização de memória
  - Tráfego de pacotes de Rede.
  
- Converter e caracterizar dados de monitoramento
  - Traços de Visualização
  - Traços de Reprodução

# Monitoramento



# Monitoramento

- Ambiente Monitorado
- Gerente de Monitoramento Geral
- Gerente de Monitoramento Local
- Sonda de CPU e Memória
- Sonda de Rede

---

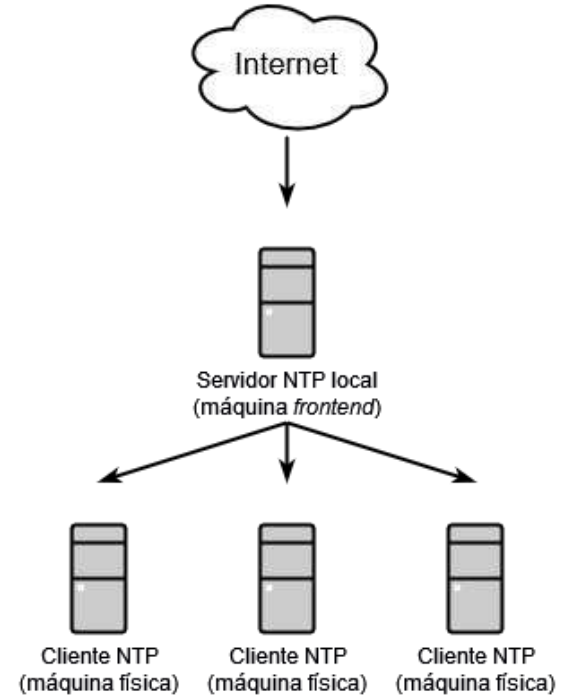
# Ambiente Monitorado

# Ambiente Monitorado

- Hypervisor
  - KVM/QEMU

# Ambiente Monitorado

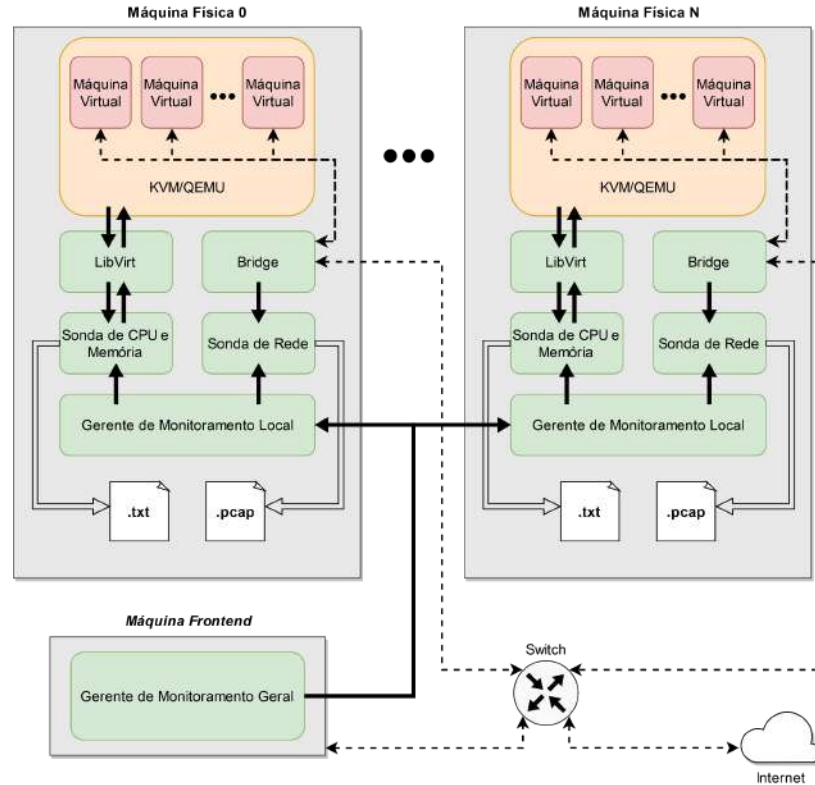
- Hypervisor
  - KVM/QEMU
- *Network Time Protocol (NTP)*
  - Chrony



# Ambiente Monitorado

- Hypervisor
  - KVM/QEMU
- *Network Time Protocol (NTP)*
  - Chrony
- Rede
  - NAT → Bridge

# Ambiente Monitorado



# Gerente de Monitoramento Geral

# Gerente de Monitoramento Geral

- Credenciais



# Gerente de Monitoramento Geral

- Credenciais
- Gerar arquivo de ambiente
  - *environment.py*

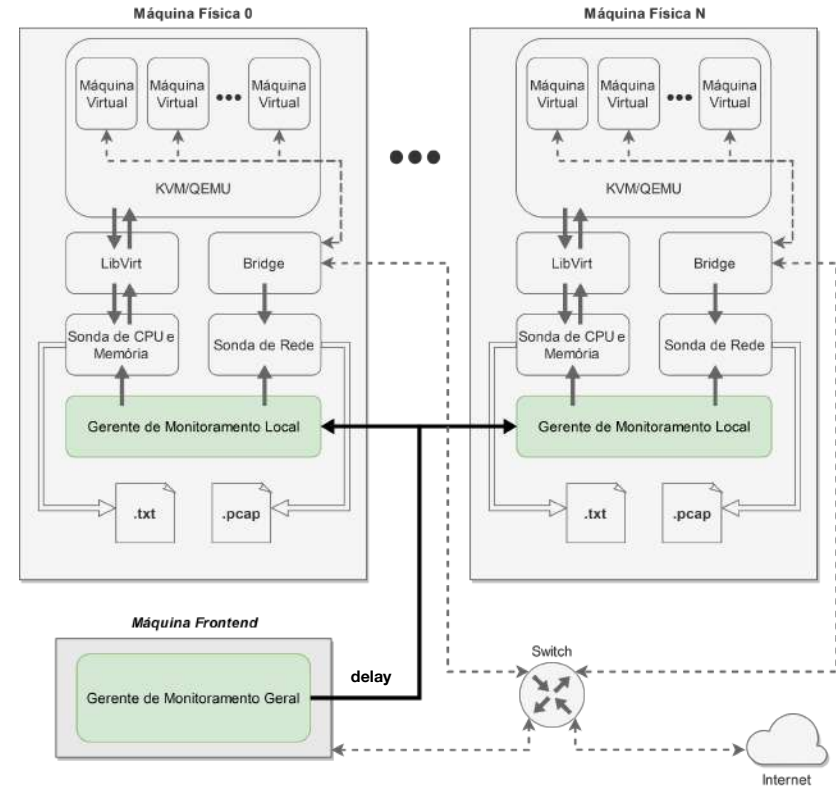
```
{
  "hostname": "MF1",
  "ip": "10.254.227.240",
  "virtual_machines": [
    {
      "name": "MV1",
      "id": 1,
      "UUID": "445a0dbc-abc5-4f8e-8b97-418672938d78",
      "mac": "52:54:00:90:00:b8",
      "vnic": "vnet0",
      "ip": "10.254.227.210",
      "max_memory": 1003520,
      "vcpus": 1
    }
  ]
}
```

# Gerente de Monitoramento Geral

- Credenciais
- Gerar arquivo de ambiente
- Sincronizar relógios

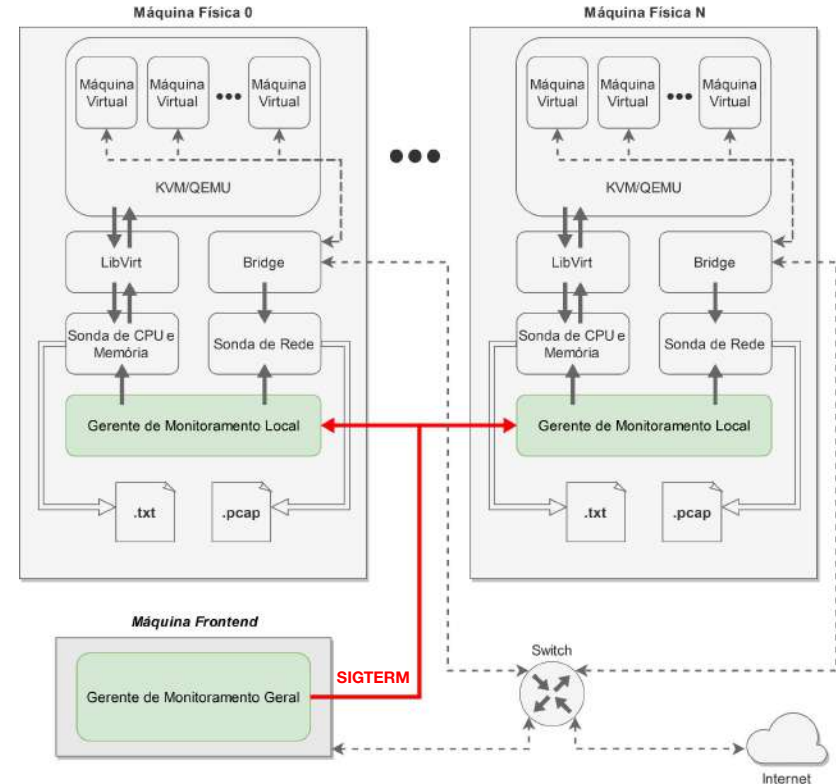
# Gerente de Monitoramento Geral

- Credenciais
- Gerar arquivo de ambiente
- Sincronizar relógios
- Iniciar monitoramento
  - Gerente de Monitoramento Local



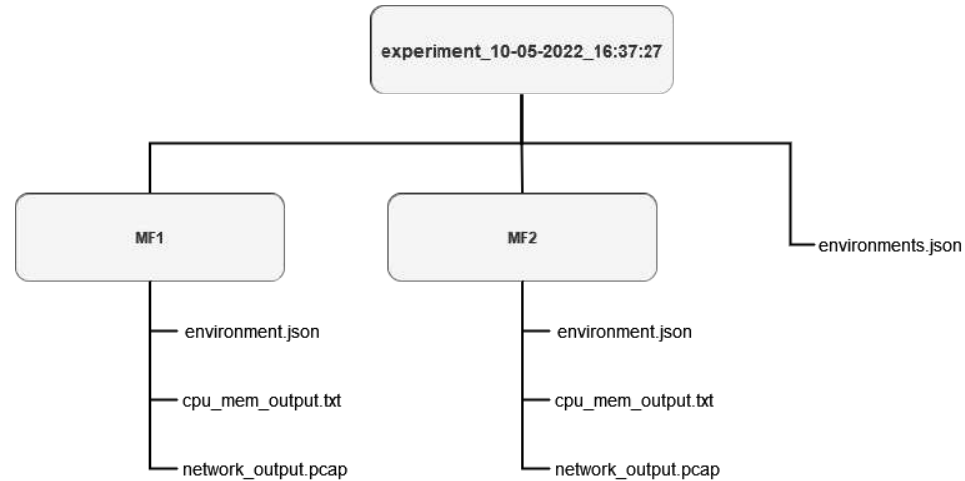
# Gerente de Monitoramento Geral

- Credenciais
- Gerar arquivo de ambiente
- Sincronizar relógios
- Iniciar monitoramento
- Finalizar monitoramento



# Gerente de Monitoramento Geral

- Credenciais
- Gerar arquivo de ambiente
- Sincronizar relógios
- Iniciar monitoramento
- Finalizar monitoramento
- Recuperar arquivos
  - *environment.json*
  - Traços de monitoramento
  - Gerar environments.json



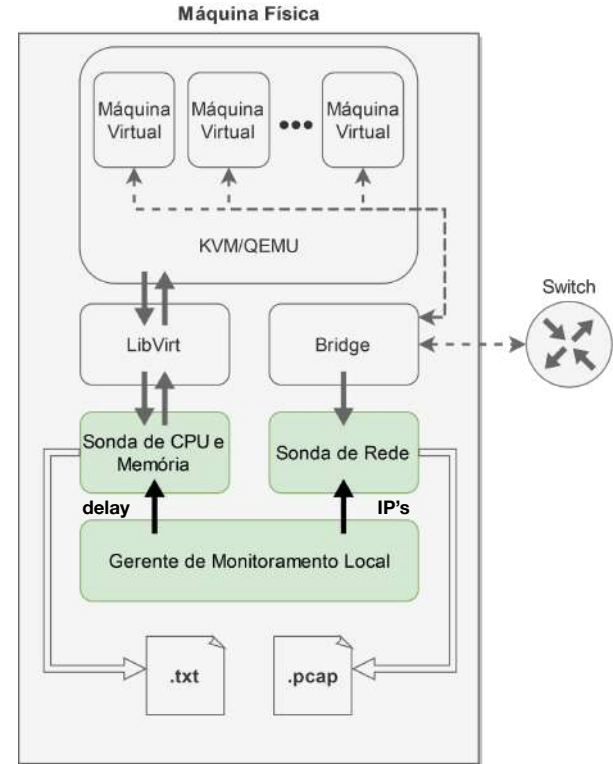
# Gerente de Monitoramento Local

# Gerente de Monitoramento Local

- Verificar permissões

# Gerente de Monitoramento Local

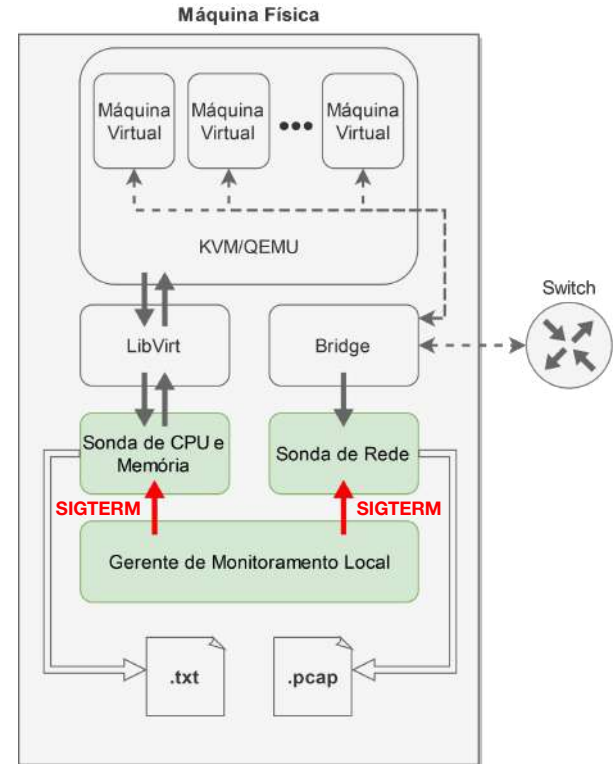
- Verificar permissões
- Iniciar monitoramento
  - Definir prioridades
  - Inicializar sondas





# Gerente de Monitoramento Local

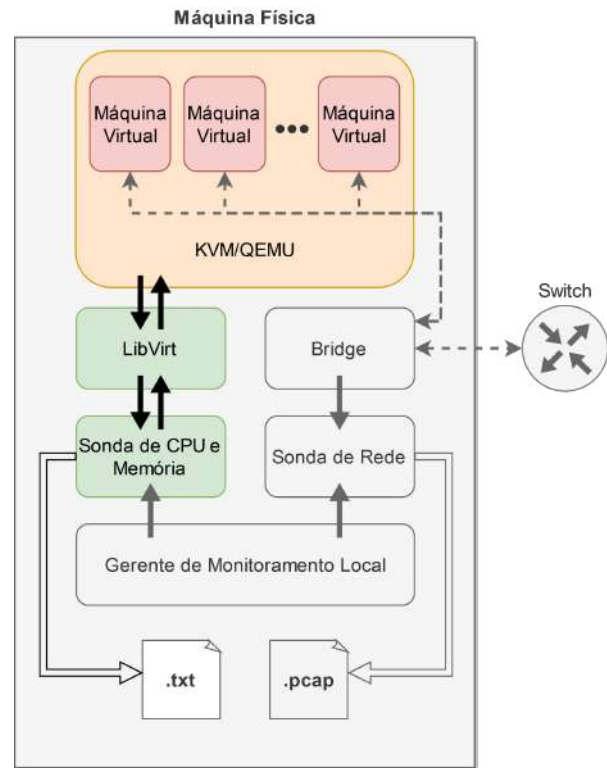
- Verificar permissões
- Iniciar monitoramento
- Finalizar monitoramento
  - Finalizar sondas



# Sonda de CPU e Memória

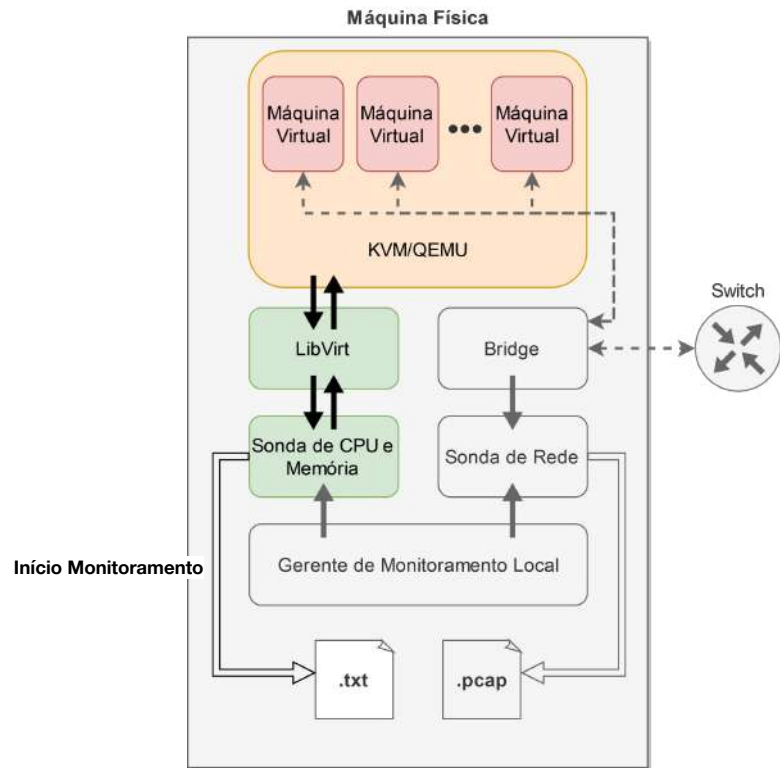
# Sonda de CPU e Memória

- Conexão com hypervisor
  - *libvirt*
  - Recuperar domínios ativos
  - Habilitar balloon driver



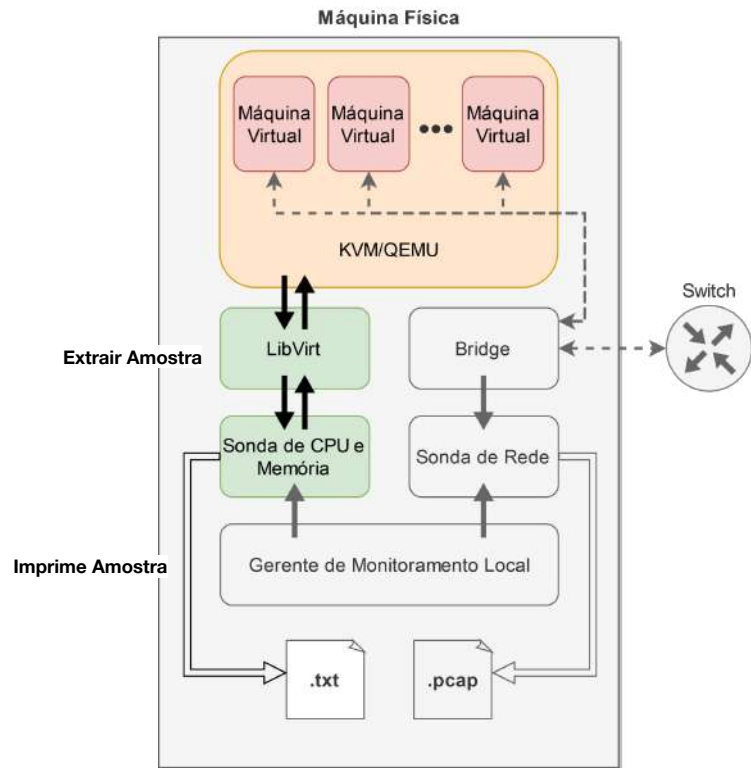
# Sonda de CPU e Memória

- Conexão com hypervisor
- Monitoramento
  - Cabeçalho inicial



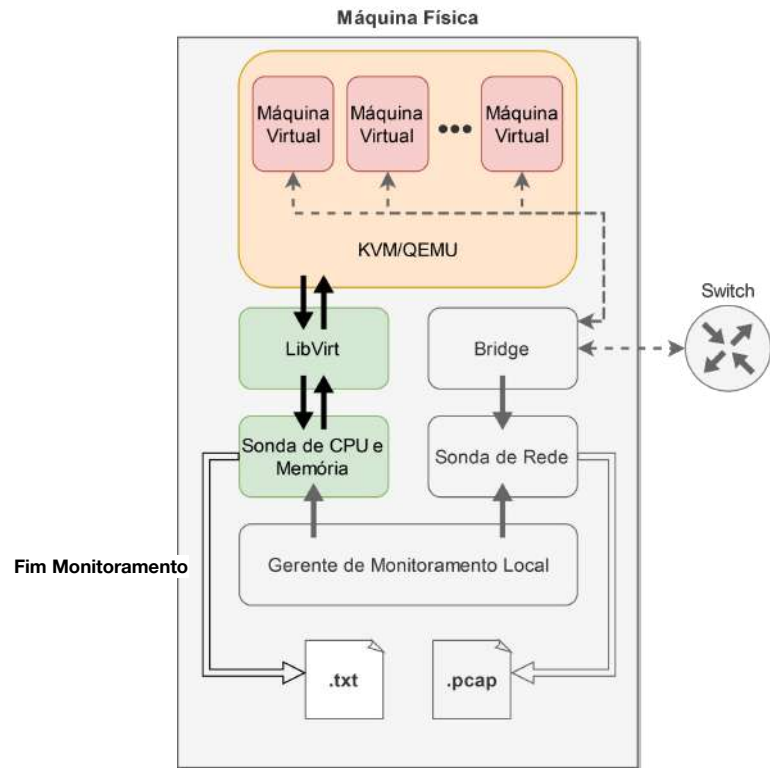
# Sonda de CPU e Memória

- Conexão com hypervisor
- Monitoramento
  - Cabeçalho inicial
  - Laço de monitoramento



# Sonda de CPU e Memória

- Conexão com hypervisor
- Monitoramento
  - Cabeçalho inicial
  - Laço de monitoramento
  - Rodapé final



# Sonda de CPU e Memória

- Conexão com hypervisor
- Monitoramento
- Exemplo de traço

```
Tue 2022-05-10 16:37:27.360726067; ***** Start Monitoring *****
Tue 2022-05-10 16:37:27.360789133; MV1 330772 34.11 0.00
Tue 2022-05-10 16:37:27.863849198; MV1 330772 34.11 30.00
Tue 2022-05-10 16:37:28.363651755; MV1 330772 34.11 40.00
Tue 2022-05-10 16:37:28.863587821; MV1 775777 80.00 100.00
Tue 2022-05-10 16:37:29.363641068; MV1 775777 80.00 100.00
Tue 2022-05-10 16:37:29.863602301; MV1 775777 80.00 100.00
Tue 2022-05-10 16:37:30.363559597; MV1 775777 80.00 100.00
Tue 2022-05-10 16:37:30.863818796; MV1 330756 34.10 0.00
Tue 2022-05-10 16:37:31.363569779; MV1 330756 34.10 0.00
Tue 2022-05-10 16:37:31.863843037; MV1 330724 34.10 0.00
Tue 2022-05-10 16:37:31.884126141; ***** Stopping Monitoring *****
```

# Sonda de CPU e Memória

- Conexão com hypervisor
- Monitoramento
- Exemplo de traço

```
Tue 2022-05-10 16:37:27.360726067; ***** Start Monitoring *****
Tue 2022-05-10 16:37:27.360789133; MV1 330772 34.11 0.00
Tue 2022-05-10 16:37:27.863849198; MV1 330772 34.11 30.00
Tue 2022-05-10 16:37:28.363651755; MV1 330772 34.11 40.00
Tue 2022-05-10 16:37:28.863587821; MV1 775777 80.00 100.00
Tue 2022-05-10 16:37:29.363641068; MV1 775777 80.00 100.00
Tue 2022-05-10 16:37:29.863602301; MV1 775777 80.00 100.00
Tue 2022-05-10 16:37:30.363559597; MV1 775777 80.00 100.00
Tue 2022-05-10 16:37:30.863818796; MV1 330756 34.10 0.00
Tue 2022-05-10 16:37:31.363569779; MV1 330756 34.10 0.00
Tue 2022-05-10 16:37:31.863843037; MV1 330724 34.10 0.00
Tue 2022-05-10 16:37:31.884126141; ***** Stopping Monitoring *****
```

$uso\_memoria = memoria\_total - memoria\_disponivel$

$$uso\_memoria\_perc = \frac{uso\_memoria}{memoria\_total} \times 100$$



# Sonda de CPU e Memória

- Conexão com hypervisor
- Monitoramento
- Exemplo de traço

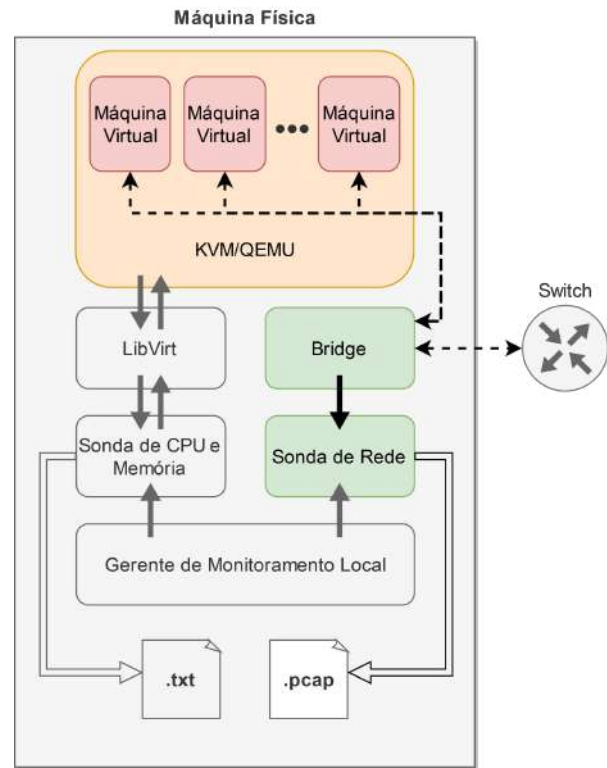
```
Tue 2022-05-10 16:37:27.360726067; ***** Start Monitoring *****
Tue 2022-05-10 16:37:27.360789133; MV1 330772 34.11 0.00
Tue 2022-05-10 16:37:27.863849198; MV1 330772 34.11 30.00
Tue 2022-05-10 16:37:28.363651755; MV1 330772 34.11 40.00
Tue 2022-05-10 16:37:28.863587821; MV1 775777 80.00 100.00
Tue 2022-05-10 16:37:29.363641068; MV1 775777 80.00 100.00
Tue 2022-05-10 16:37:29.863602301; MV1 775777 80.00 100.00
Tue 2022-05-10 16:37:30.363559597; MV1 775777 80.00 100.00
Tue 2022-05-10 16:37:30.863818796; MV1 330756 34.10 0.00
Tue 2022-05-10 16:37:31.363569779; MV1 330756 34.10 0.00
Tue 2022-05-10 16:37:31.863843037; MV1 330724 34.10 0.00
Tue 2022-05-10 16:37:31.884126141; ***** Stopping Monitoring *****
```

$$uso\_CPU = \frac{(cpuTime\_atual - cpuTime\_prev)}{(t\_coleta\_atual - t\_coleta\_prev)}$$

# Sonda de Rede

# Sonda de Rede

- TCPdump



# Sonda de Rede

- TCPdump
- Formato
  - *pcap-savefile*

Magic number	
Major version	Minor version
Time zone offset	
Time stamp accuracy	
Snapshot length	
Link-layer header type	

Fonte: Tcpdump Group (2022)

# Sonda de Rede

- TCPdump
- Formato
  - *pcap-savefile*

Time stamp, seconds value
Time stamp, microseconds or nanoseconds value
Length of captured packet data
Un-truncated length of the packet data

Fonte: Tcpcdump Group (2022)

# Sonda de Rede

- TCPdump
- Formato
- Argumento Utilizado
  - -s 96

# Conversão de Traços

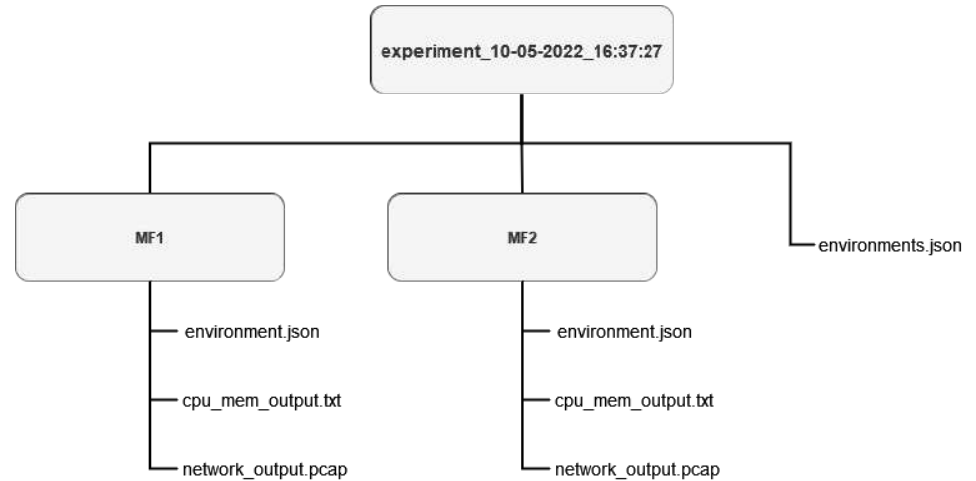
# Conversão de Traços

- Objetivo
  - Traços de reprodução
  - Traços de visualização



# Conversão de Traços

- Objetivo
- Traços de reprodução
  - Recuperar ambiente monitorado



# Conversão de Traços

- Objetivo
- Traços de reprodução
  - Recuperar ambiente monitorado
  - Simplificação formato Pajé

# Conversão de Traços

- Objetivo
- Traços de reprodução
  - Recuperar ambiente monitorado
  - Simplificação formato Pajé
  - Traço de CPU e memória

```
[Código PajeSetVariable] [Timestamp] [Nome MV] CPU [Porcentagem]
```

```
[Código PajeSetVariable] [Timestamp] [Nome MV] MEM [kB]
```

# Conversão de Traços

- Objetivo
- Traços de reprodução
  - Recuperar ambiente monitorado
  - Simplificação formato Pajé
  - Traço de CPU e memória
  - Traço de rede

[Código PajeStartLink] [Timestamp] LINK root [Nome MV] [Tamanho] [Key]

# Conversão de Traços

- Objetivo
- Argumentos
- Traços de reprodução

```
8 6.3e-05 MV1 CPU 0.00
8 6.3e-05 MV1 MEM 330772
8 0.503123 MV1 CPU 30.00
8 0.503123 MV1 MEM 330772
8 1.002925 MV1 CPU 40.00
8 1.002925 MV1 MEM 330772
8 1.502861 MV1 CPU 100.00
8 1.502861 MV1 MEM 775777
8 2.002915 MV1 CPU 100.00
8 2.002915 MV1 MEM 775777
8 2.502876 MV1 CPU 100.00
8 2.502876 MV1 MEM 775777
8 3.002833 MV1 CPU 100.00
8 3.002833 MV1 MEM 775777
8 3.503092 MV1 CPU 0.00
8 3.503092 MV1 MEM 330756
8 4.002843 MV1 CPU 0.00
14 3.736526 LINK root MV1 90 MV1:MV2|0
8 4.002843 MV1 MEM 330756
8 4.503117 MV1 CPU 0.00
8 4.503117 MV1 MEM 330724
```

# Conversão de Traços

- Objetivo
- Argumentos
- Traços de reprodução

```
8 6.3e-05 MV1 CPU 0.00
8 6.3e-05 MV1 MEM 330772
8 0.503123 MV1 CPU 30.00
8 0.503123 MV1 MEM 330772
8 1.002925 MV1 CPU 40.00
8 1.002925 MV1 MEM 330772
8 1.502861 MV1 CPU 100.00
8 1.502861 MV1 MEM 775777
8 2.002915 MV1 CPU 100.00
8 2.002915 MV1 MEM 775777
8 2.502876 MV1 CPU 100.00
8 2.502876 MV1 MEM 775777
8 3.002833 MV1 CPU 100.00
8 3.002833 MV1 MEM 775777
8 3.503092 MV1 CPU 0.00
8 3.503092 MV1 MEM 330756
8 4.002843 MV1 CPU 0.00
14 3.736526 LINK root MV1 90 MV1:MV2|0
8 4.002843 MV1 MEM 330756
8 4.503117 MV1 CPU 0.00
8 4.503117 MV1 MEM 330724
```

# Conversão de Traços

- Objetivo
- Argumentos
- Traços de reprodução
- Traço visualização
  - *root.trace*
  - Formato Pajé
  - Agrupamento de traços de reprodução

# Conversão de Traços

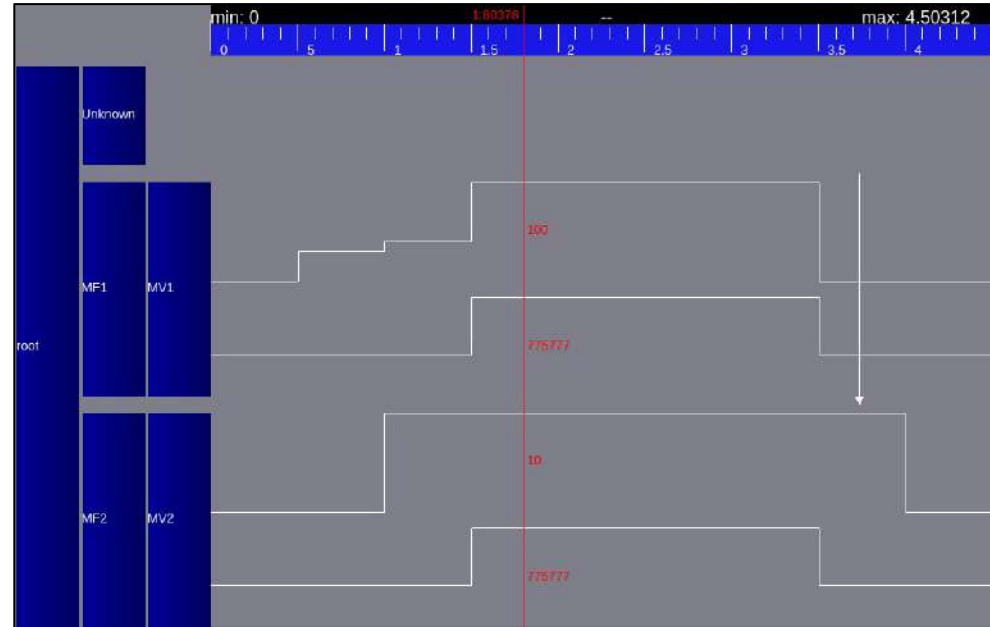
- Objetivo
- Argumentos
- Traços de reprodução
- Traço visualização
  - *root.trace*
  - Formato Pajé
  - Agrupamento de traços de reprodução
  - Complemento de LINK

[Código PajeEndtLink] [Timestamp] LINK root [Nome MV] [Tamanho] [Key]



# Conversão de Traços

- Objetivo
- Argumentos
- Traços de reprodução
- Traço visualização
- Visualização
  - ViTE



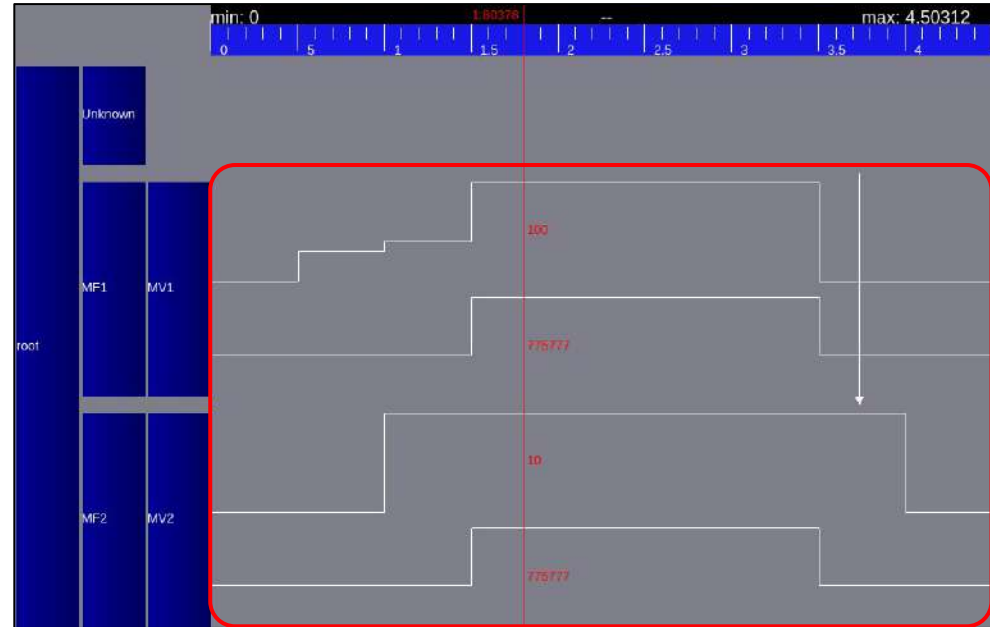
# Conversão de Traços

- Objetivo
- Argumentos
- Traços de reprodução
- Traço visualização
- Visualização
  - ViTE



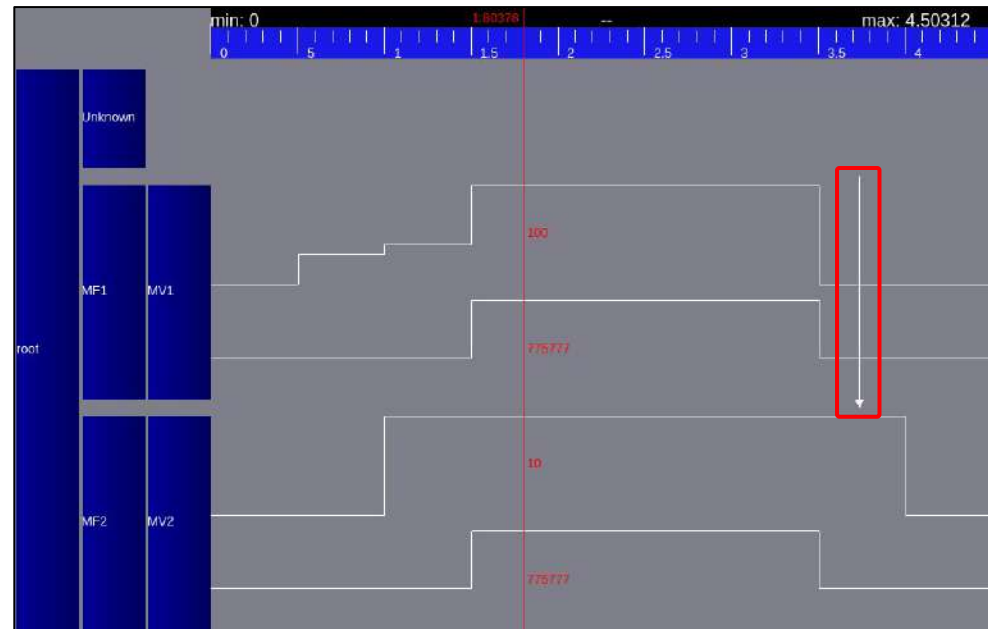
# Conversão de Traços

- Objetivo
- Argumentos
- Traços de reprodução
- Traço visualização
- Visualização
  - ViTE



# Conversão de Traços

- Objetivo
- Argumentos
- Traços de reprodução
- Traço visualização
- Visualização
  - ViTE



# Conversão de Traços

- Objetivo
- Argumentos
- Traços de reprodução
- Traço visualização
- Visualização
  - ViTE



# Validação

# Validação

- Experimentos
  - Distorção de Medidas
  - Sobrecusto de Monitoramento
  - Conversão de Arquivos
  - Comportamento de Aplicações

# Validação

- Experimentos
- Configurações de Ambiente



# Validação

- Experimentos
- Configurações de Ambiente
  - 8 Máquinas Físicas
    - Intel(R) Core(TM) 2 Duo E8400 3.00GHz
    - 4 GiB DDR3 a 1066 MHz

# Validação

- Experimentos
- Configurações de Ambiente
  - 8 Máquinas Físicas
    - Intel(R) Core(TM) 2 Duo E8400 3.00GHz
    - 4 GiB DDR3 a 1066 MHz
  - Máquinas Virtuais
    - 1 núcleo de processamento
    - 2 GiB

# Validação

- Experimentos
- Configurações de Ambiente
  - 8 Máquinas Físicas
    - Intel(R) Core(TM) 2 Duo E8400 3.00GHz
    - 4 GiB DDR3 a 1066 MHz
  - Máquinas Virtuais
    - 1 núcleo de processamento
    - 2 GiB
  - Máquina *Frontend*
    - Intel(R) Core(TM) i5-2400 3.10GHz
    - 4 GiB DDR3 a 1333MHz

# Validação

- Experimentos
- Configurações de Ambiente
  - Máquinas Físicas
  - Máquinas Virtuais
  - Máquina *Frontend*
  - Sistema Operacional
    - Ubuntu 16.04 LTS Server

# Validação

- Experimentos
- Configurações de Ambiente
- Aplicações
  - *NAS Parallel Benchmarks (NPB)*
    - *Embarrassingly Parallel (EP)*
    - *Conjugate Gradient (CG)*
    - *Data Traffic (DT)*

# Validação

- Experimentos
- Configurações de Ambiente
- Aplicações
  - *NAS Parallel Benchmarks (NPB)*
  - *cpupower*

# Distorção de Medidas

# Distorção de Medidas

- Objetivo
  - Avaliar precisão de intervalo de amostragem



# Distorção de Medidas

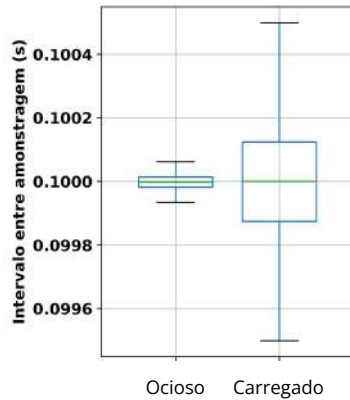
- Objetivo
- Cenários
  - Ocioso:
    - 1 Máquina Virtual por Máquina Física
  - Carregado:
    - 2 Máquinas Virtuais por Máquina Física
    - Stress-ng

# Distorção de Medidas

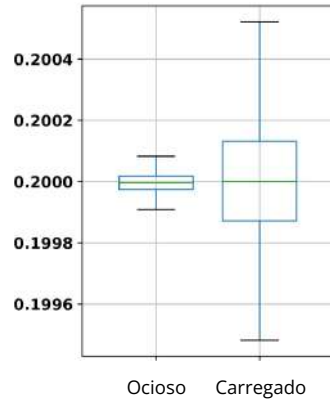
- Objetivo
- Cenários
- Definições de monitoramento
  - *Delay*
    - Variado
  - Duração
    - 1 minuto

# Distorção de Medidas

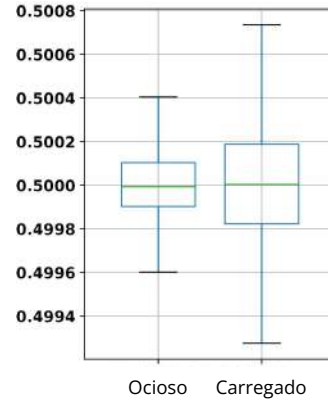
0,1



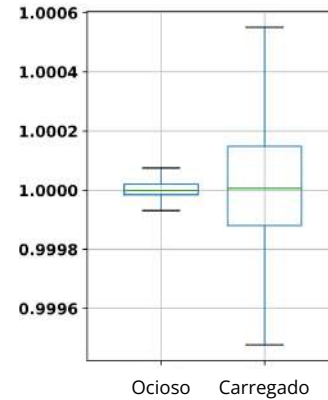
0,2



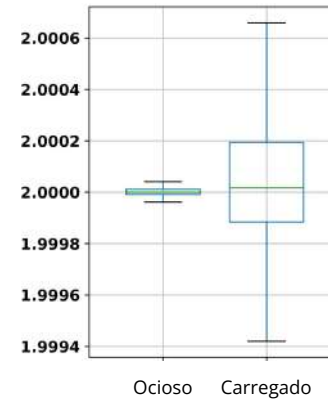
0,5



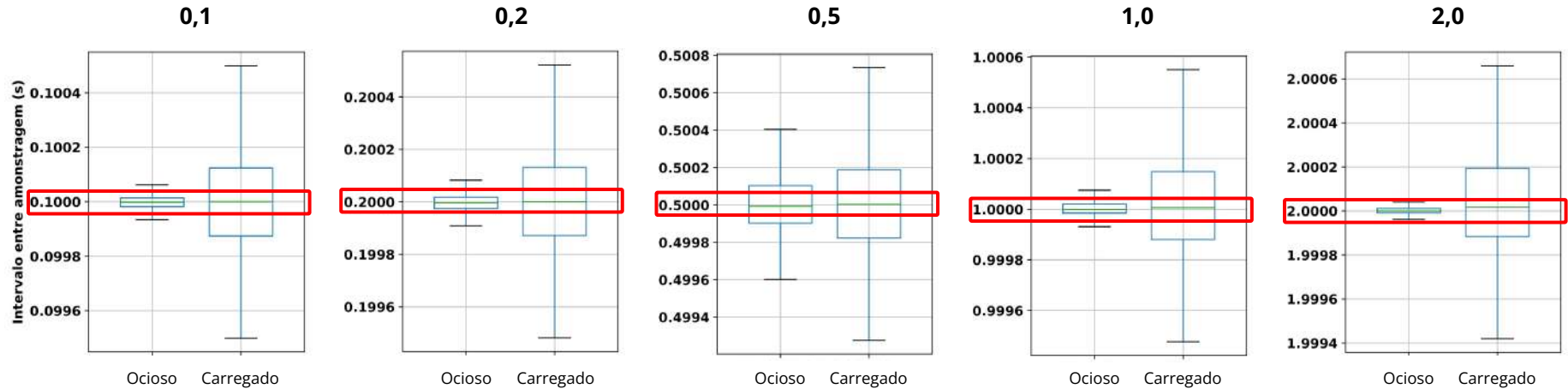
1,0



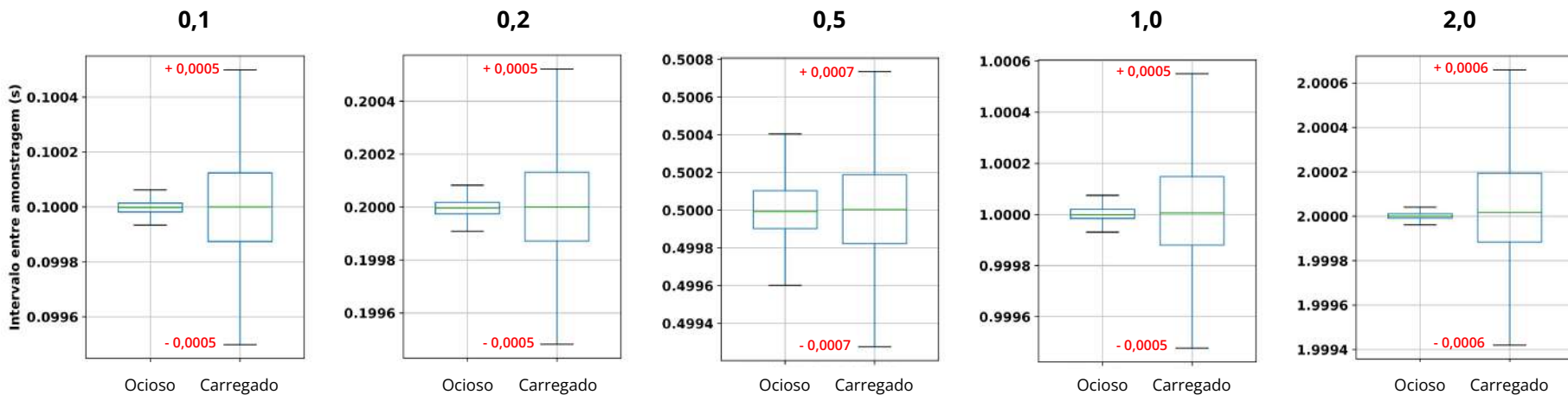
2,0



# Distorção de Medidas



# Distorção de Medidas



# Sobrecusto de Monitoramento

# Sobrecusto de Monitoramento

- Objetivo
  - Analisar impacto de aplicações de monitoramento

# Sobrecusto de Monitoramento

- Objetivo
- Cenários
  - Folga de recursos:
    - 1 Máquina Virtual por Máquina Física
  - Competição por recursos:
    - 2 Máquinas Virtuais por Máquina Física



# Sobrecusto de Monitoramento

- Objetivo
- Cenários
- Aplicações
  - NPB
    - EP
    - CG
    - DT

# Sobrecusto de Monitoramento

- Objetivo
- Cenários
- Aplicações
  - NPB
  - *Perf*

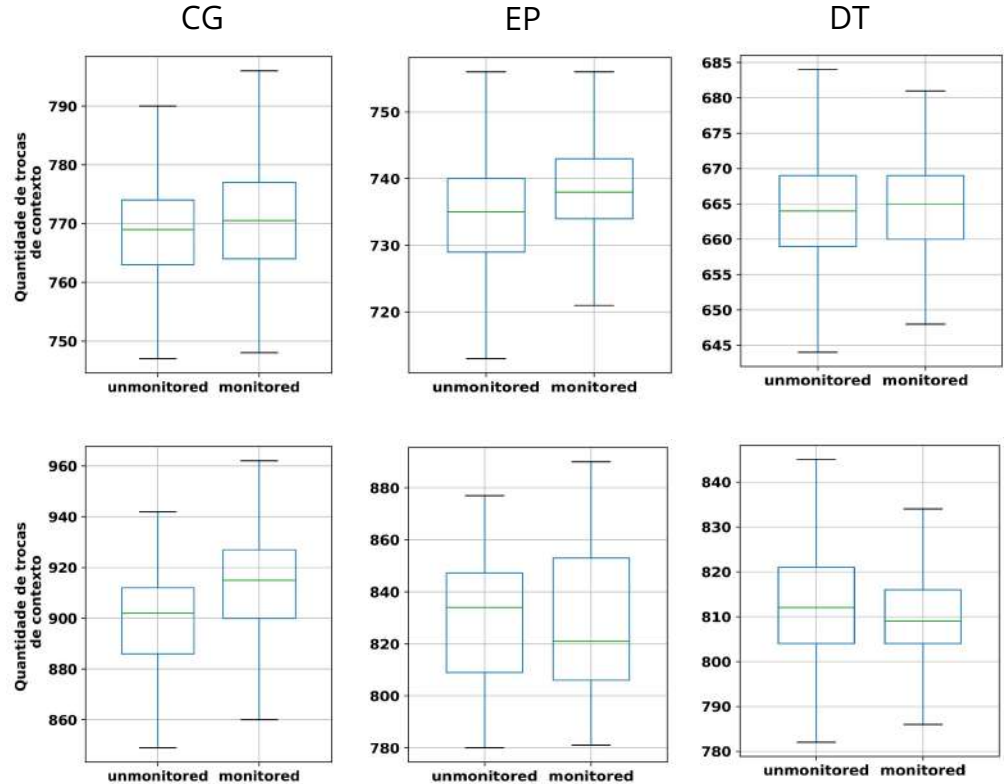
# Sobrecusto de Monitoramento

- Objetivo
- Cenários
- Aplicações
- Monitoramento
  - *Delay* de 0,5 segundos

# Sobrecusto de Monitoramento

8 VMs

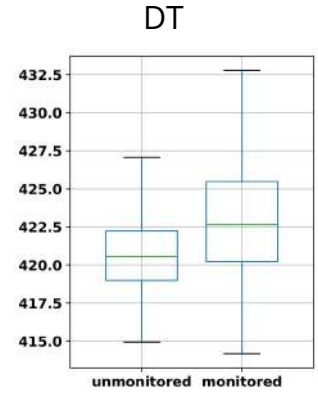
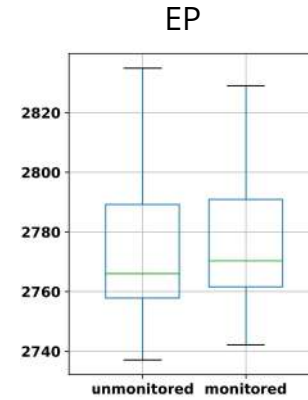
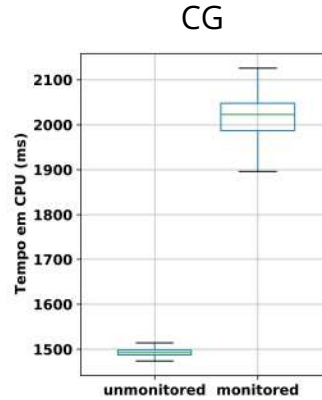
Trocas de Contexto



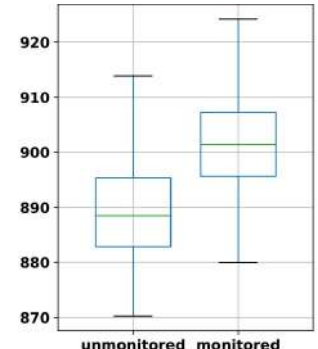
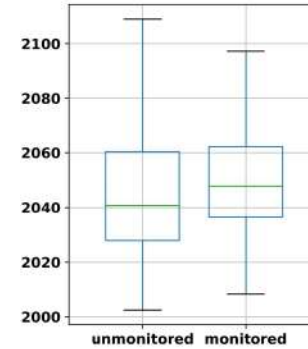
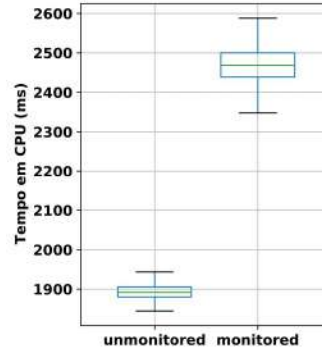
# Sobrecusto de Monitoramento

Tempo em CPU

8 VMs



16 VMs

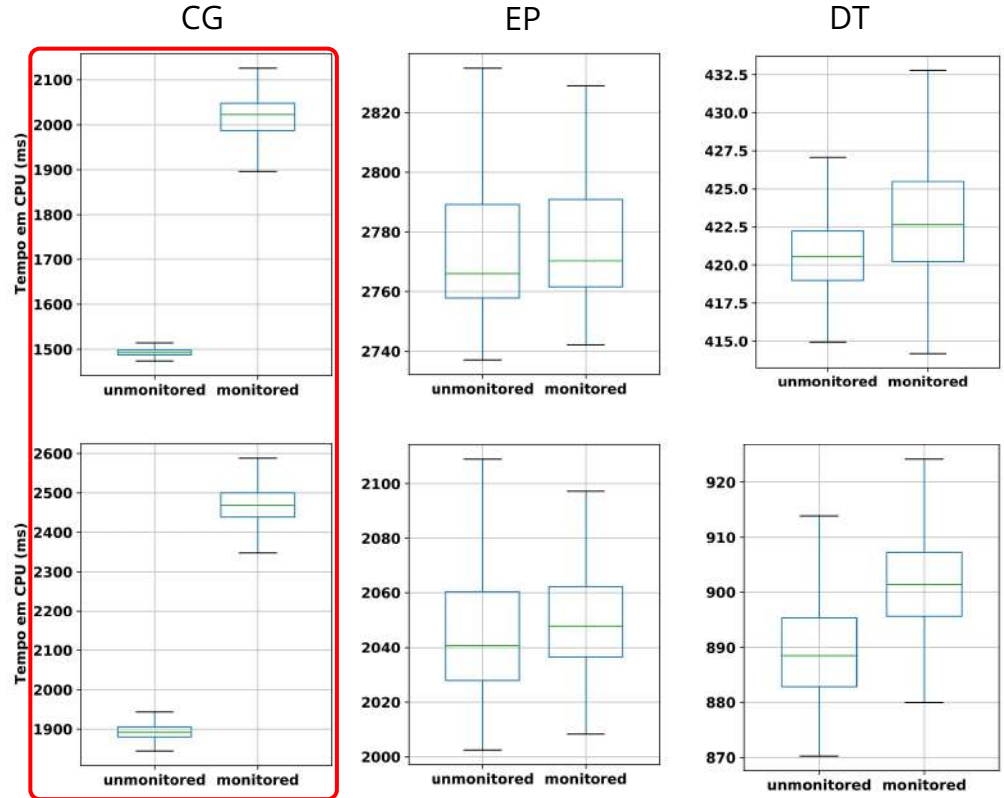


# Sobrecusto de Monitoramento

Tempo em CPU

8 VMs

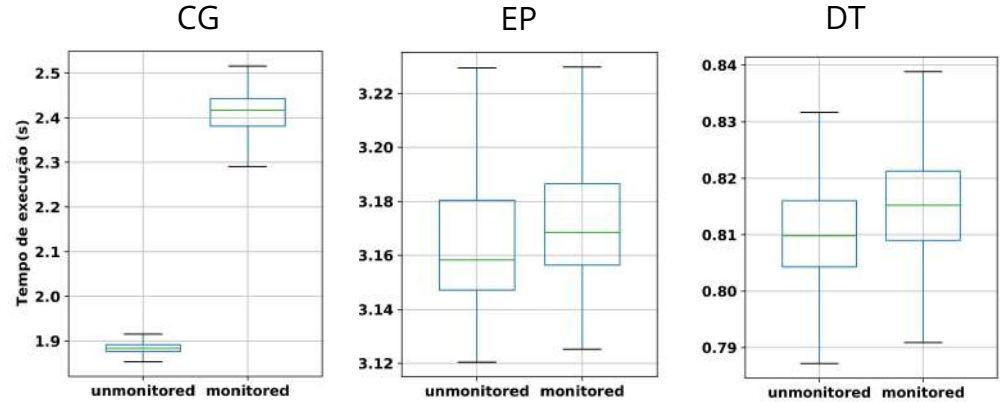
16 VMs



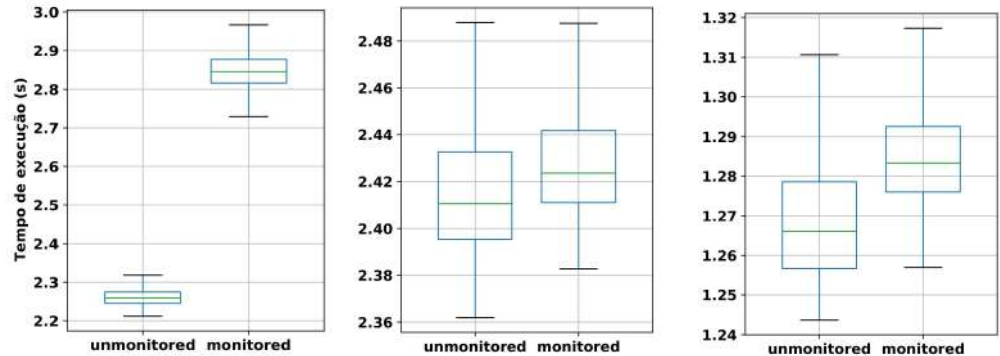
# Sobrecusto de Monitoramento

Tempo Total

8 VMs



16 VMs

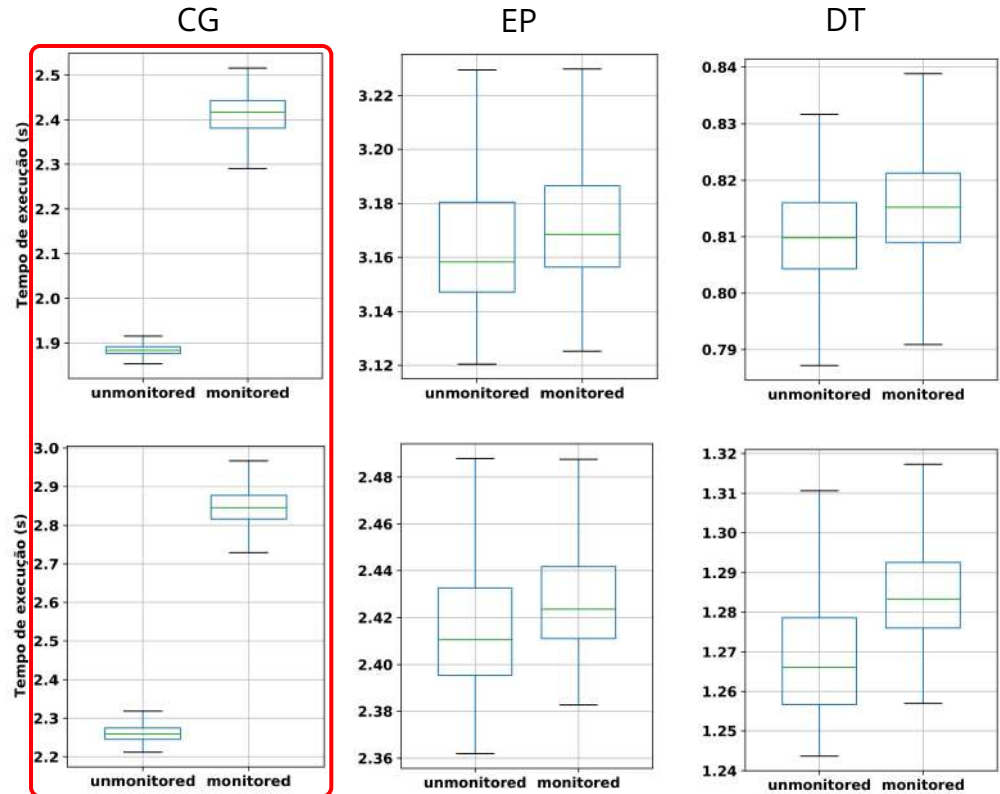


# Sobrecusto de Monitoramento

Tempo Total

8 VMs

16 VMs





# Sobrecusto de Monitoramento

- Cenário
  - 2 Máquinas Virtuais por Máquina Física

# Sobrecusto de Monitoramento

- Cenário
- Definições de monitoramento
  - *Delay*
    - Variado

# Sobrecusto de Monitoramento

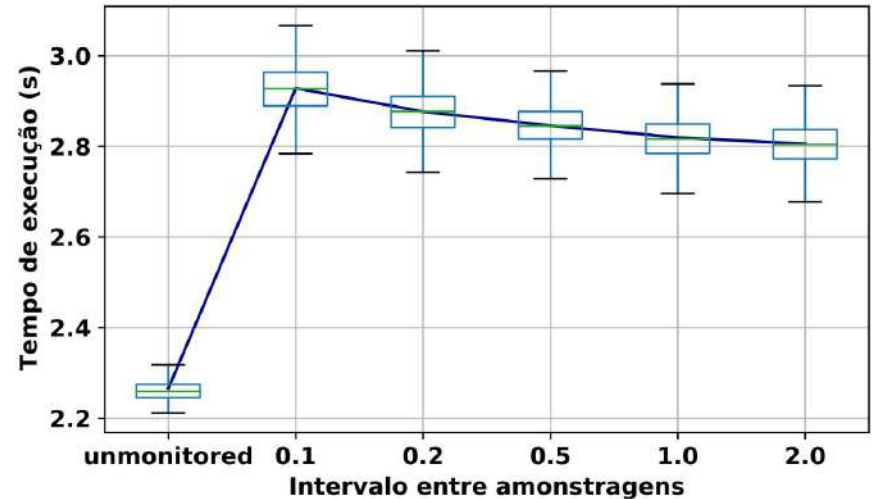
- Cenário
- Definições de monitoramento
- Aplicação
  - NPB
    - CG

# Sobrecusto de Monitoramento

- Cenário
- Definições de monitoramento
- Aplicação
  - NPB
  - *perf*

# Sobrecusto de Monitoramento

- Cenário
- Definições de monitoramento
- Aplicação



# Conversão de Arquivos

# Conversão de Arquivos

- Objetivo
  - Analisar métricas de performance

# Conversão de Arquivos

- Objetivo
- Ambiente
  - 2 Máquinas Virtuais por Máquina Física



# Conversão de Arquivos

- Objetivo
- Ambiente
- Monitoramento
  - Delay
    - 0,5 segundos

# Conversão de Arquivos

- Objetivo
- Ambiente
- Monitoramento
- Execução
  - Pypy 3.7

# Conversão de Arquivos

- Objetivo
- Ambiente
- Monitoramento
- Execução
- Aplicações
  - NPB
    - CG
    - EP
    - DT

# Conversão de Arquivos

- Objetivo
- Ambiente
- Monitoramento
- Execução
- Aplicações
  - NPB
  - *Perf*

# Conversão de Arquivos

- Objetivo
- Ambiente
- Monitoramento
- Execução
- Aplicações
- Máquina utilizada
  - *Frontend*

# Conversão de Arquivos

<b>Experimento</b>	<b>CG</b>	<b>EP</b>	<b>DT</b>
<b>Relação tamanho entrada (MB) / saída (MB)</b>	3,09	1,53	1,48
<b>Número de mensagens capturadas (pcap)</b>	8269010	7227	9528
<b>Quantidade de amostras CPU MEM</b>	640	168	72
<b>Taxa conversão (MB/s)</b>	0,93	0,11	0,16

# Conversão de Arquivos

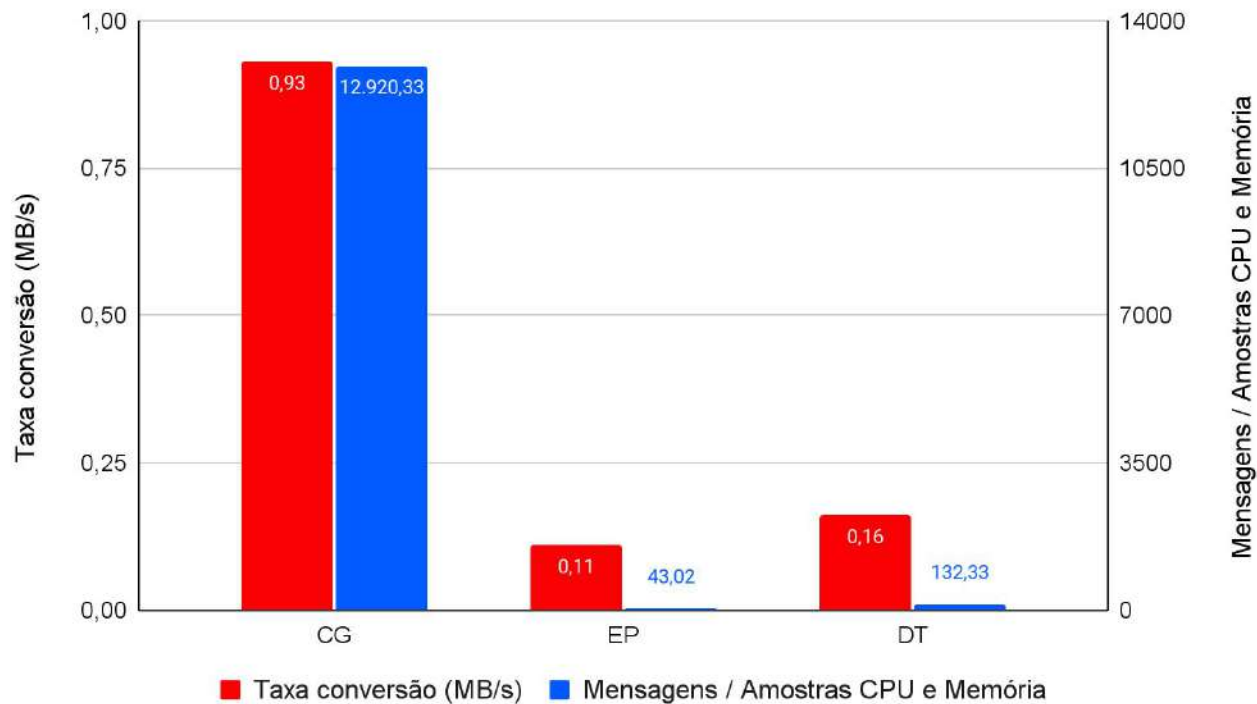
<b>Experimento</b>	<b>CG</b>	<b>EP</b>	<b>DT</b>
<b>Relação tamanho entrada (MB) / saída (MB)</b>	<b>3,09</b>	<b>1,53</b>	<b>1,48</b>
<b>Número de mensagens capturadas (pcap)</b>	8269010	7227	9528
<b>Quantidade de amostras CPU MEM</b>	640	168	72
<b>Taxa conversão (MB/s)</b>	0,93	0,11	0,16

# Conversão de Arquivos

<b>Experimento</b>	<b>CG</b>	<b>EP</b>	<b>DT</b>
<b>Relação tamanho entrada (MB) / saída (MB)</b>	3,09	1,53	1,48
<b>Número de mensagens capturadas (pcap)</b>	8269010	7227	9528
<b>Quantidade de amostras CPU MEM</b>	640	168	72
<b>Taxa conversão (MB/s)</b>	0,93	0,11	0,16



# Conversão de Arquivos



# Comportamento de Aplicações

# Comportamento de Aplicações

- Objetivo
  - Análise de atividades em nuvem

# Comportamento de Aplicações

- Objetivo
- Cenário
  - 2 Máquinas Virtuais por Máquina Física
  - Conjunto de Máquinas Virtuais A e B

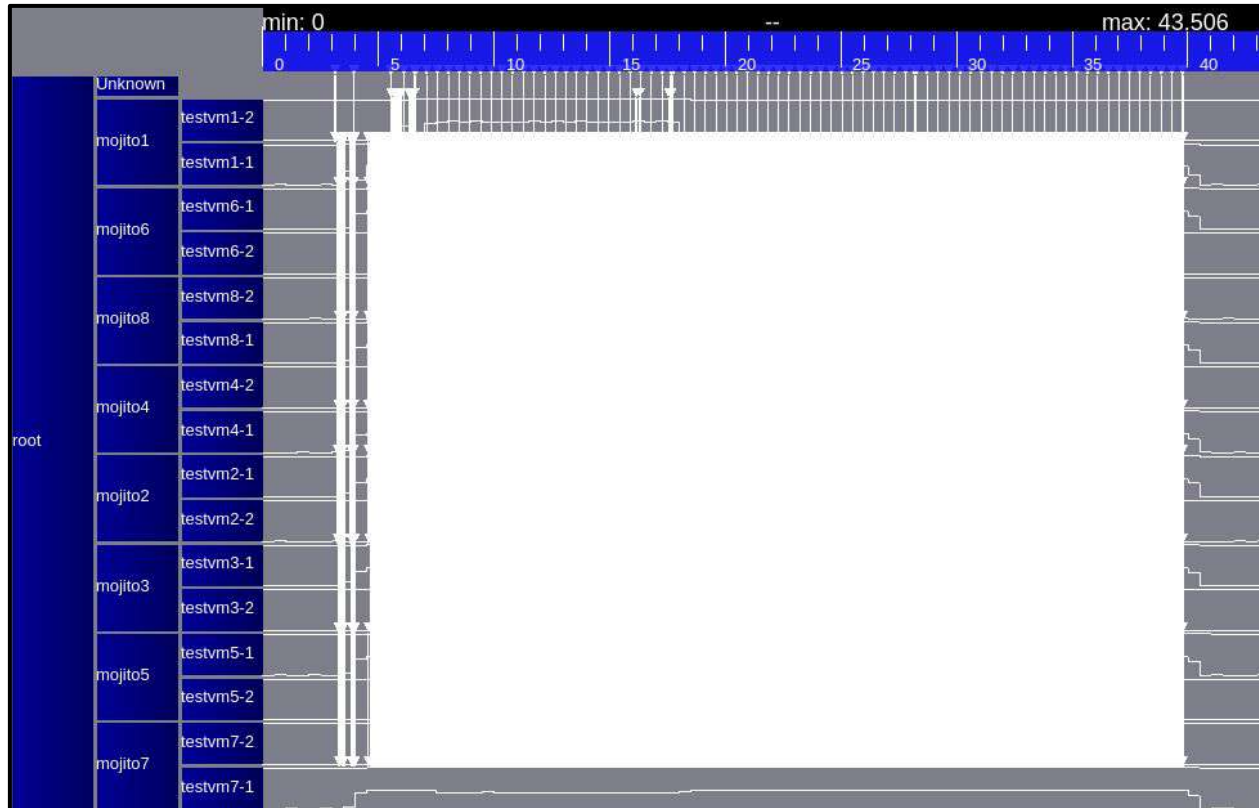
# Comportamento de Aplicações

- Objetivo
- Cenário
- Aplicações
  - CG, executado por conjunto A
  - EP, executado por conjunto B

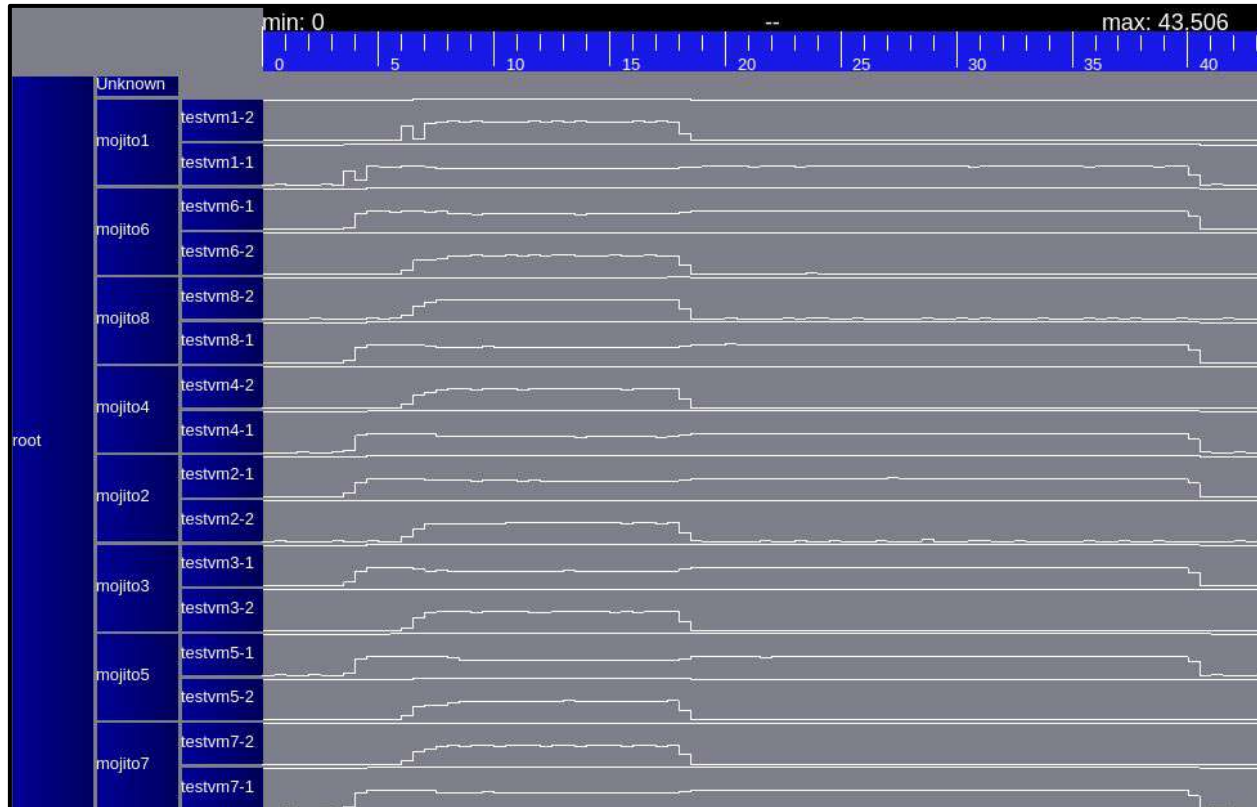
# Comportamento de Aplicações

- Objetivo
- Cenário
- Aplicações
- Visualização
  - *root.trace*
  - ViTE

# Comportamento de Aplicações

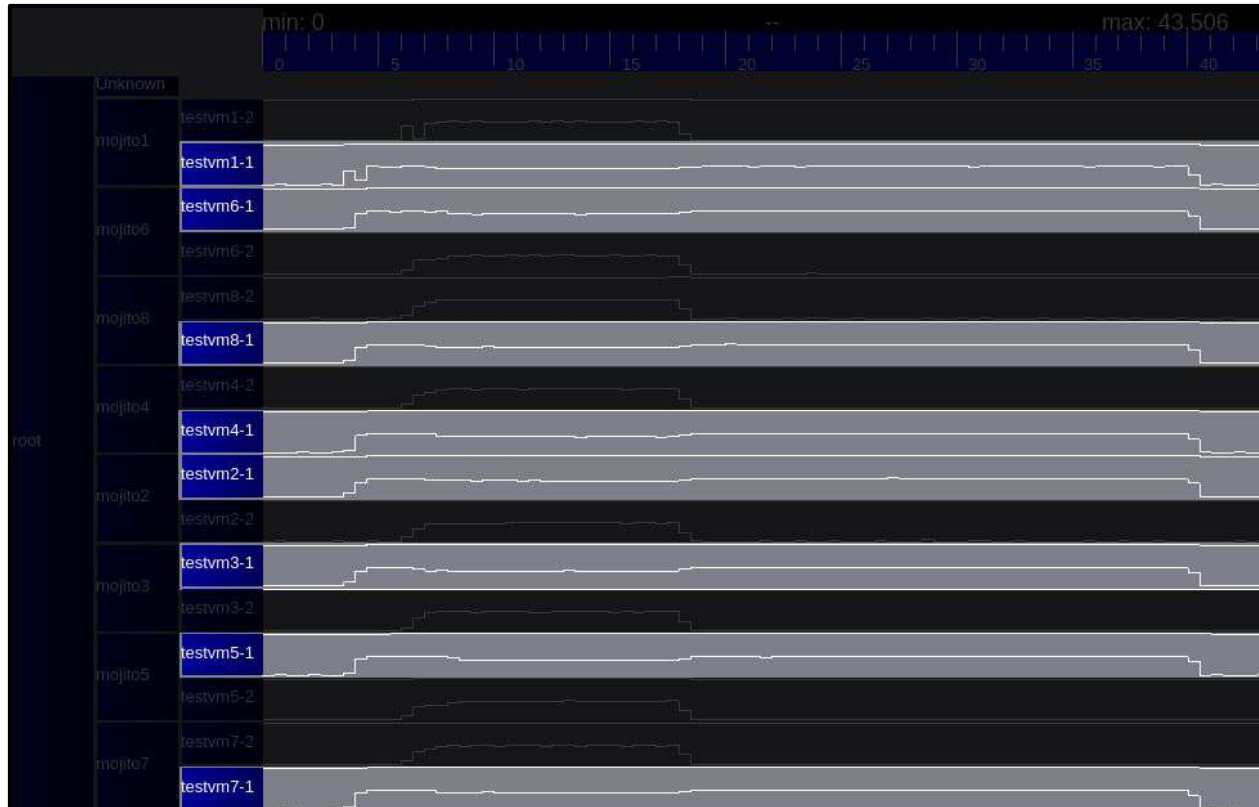


# Comportamento de Aplicações

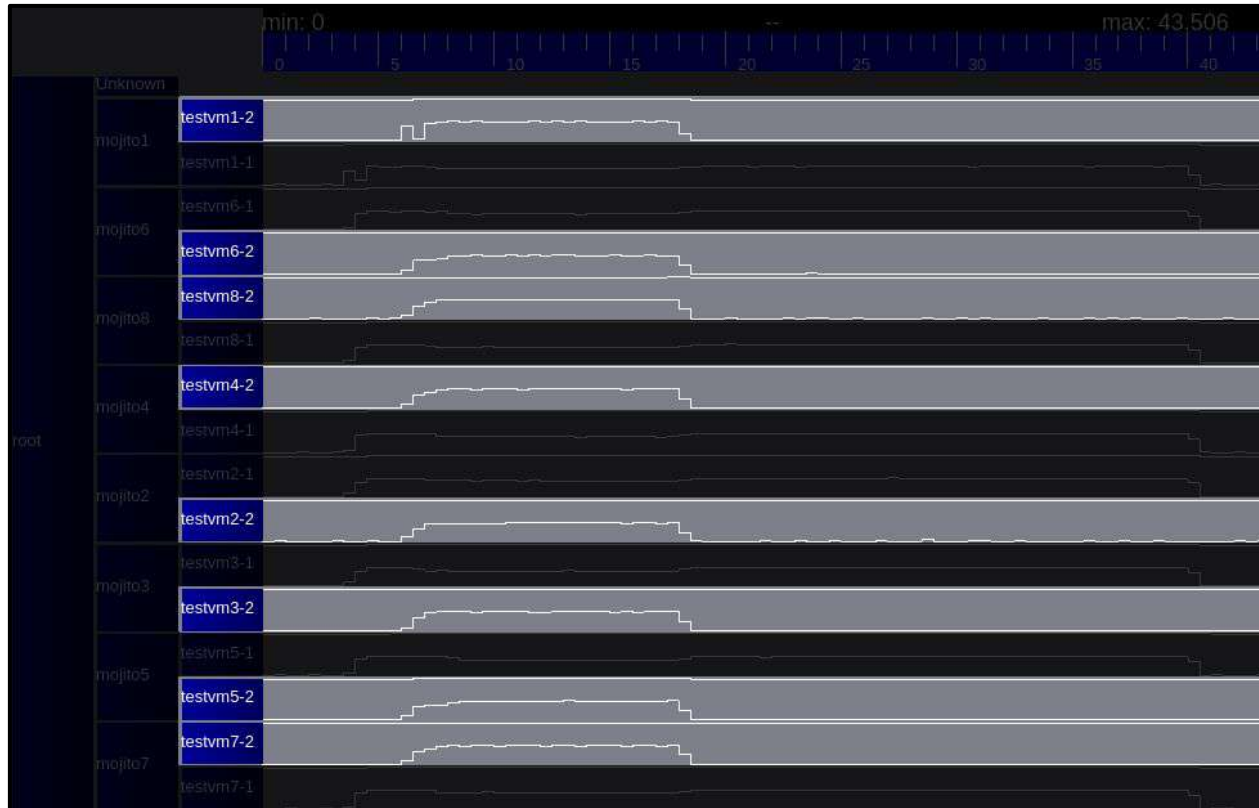




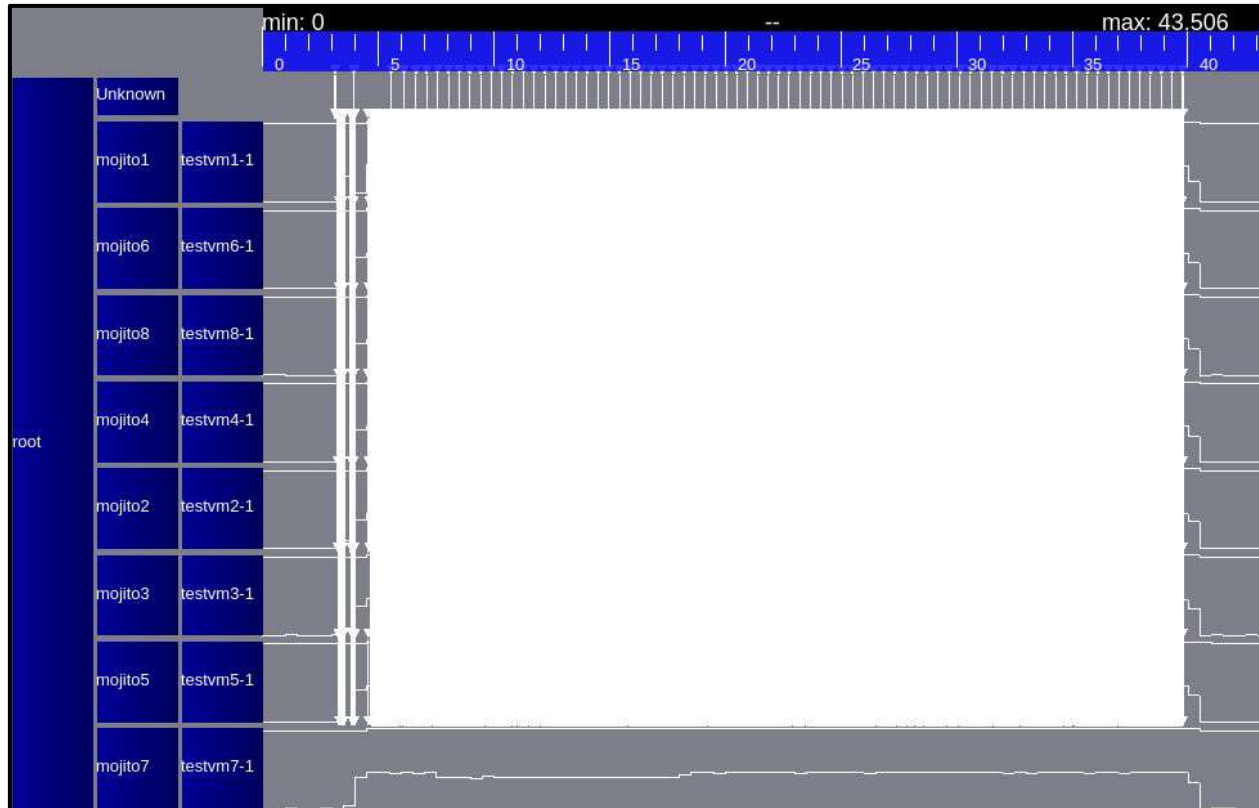
# Comportamento de Aplicações



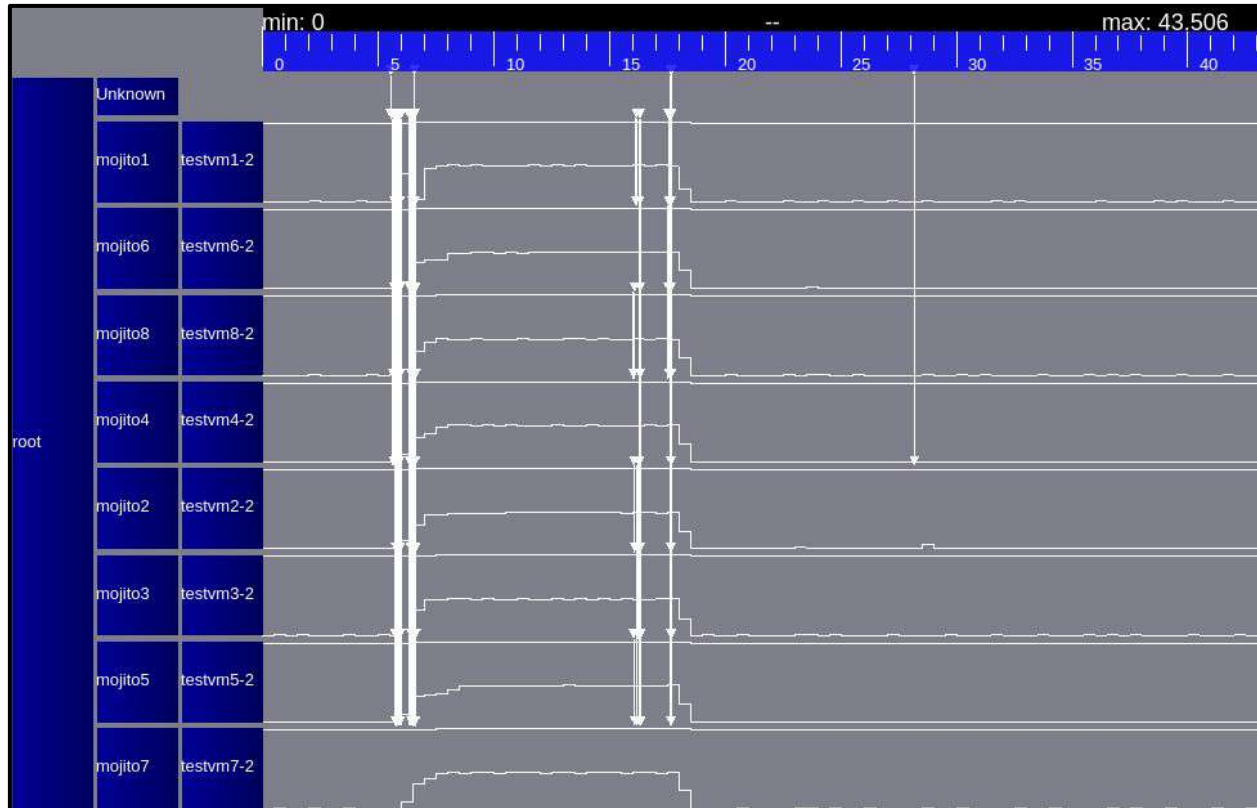
# Comportamento de Aplicações



# Comportamento de Aplicações



# Comportamento de Aplicações



# Conclusões

# Conclusões

## Objetivos Alcançados

- Monitorar ambiente de nuvem IaaS
  - Monitoramento de Múltiplas máquinas Físicas
  - Definição de Traços de Monitoramento para CPU, Memória e Rede
  
- Definição de traços de Reprodução e Visualização
  - Permitir manipulação de análise sobre ambiente monitorado

# Conclusões

## Trabalhos Futuros

- Monitoramento de ambiente dinâmico
- Definição de Sonda de Rede especializada
- Aprimoramento de conversor de traços
- Geração de carga de trabalho guiadas por Traços de Reprodução

# Referências

Mell, P. e Grance, T. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards and Technology Special Publication 800-145.

Tcpdump Group (2022). Man page of pcap-savefile. <https://www.tcpdump.org/manpages/pcap-savefile.5.html>. Acesso em 30/04/2022.



Obrigado !

Projeto:

<https://github.com/Daffc/RECloud>