

COMPARATIVO ENTRE CONTÊINERES LXC E MÁQUINAS VIRTUAIS EM AMBIENTES PROXMOX VE

SAMUEL ANTONIO VIEIRA

Fatec Tatuí – Prof. Wilson R. R. de Camargo - Gestão da Tecnologia da Informação
samuel.vieira@fatec.sp.gov.br

Comparative Study Between LXC Containers and Virtual Machines in Proxmox Virtual Environment

Eixo Tecnológico: *Informação e comunicação*

Resumo

A virtualização é uma tecnologia que possibilita a criação de múltiplos ambientes computacionais independentes em um único hardware físico, promovendo uma utilização mais eficiente dos recursos disponíveis e facilitando o gerenciamento da infraestrutura. Essa abordagem permite maior flexibilidade na alocação de cargas de trabalho e maior isolamento entre sistemas. Paralelamente, os contêineres vêm ganhando destaque por sua leveza, rapidez na inicialização e portabilidade. Ao encapsular aplicações juntamente com suas bibliotecas e dependências, e ao compartilhar o *kernel* do sistema operacional hospedeiro, os contêineres apresentam menor sobrecarga em comparação com máquinas virtuais, tornando-se ideais para ambientes escaláveis, como a computação em nuvem. A pesquisa aborda o uso de virtualização e contêineres como tecnologias para a modernização da infraestrutura de TI, destacando sua relevância na computação em nuvem. A metodologia adotada é experimental e aplicada, envolvendo a instalação e configuração de um *cluster* Linux composto por nós conectados em rede, gerenciado via Proxmox. Nesse ambiente, foram implantados serviços equivalentes tanto em máquinas virtuais quanto em contêineres LXC, permitindo uma análise direta de desempenho, consumo de recursos, tempo de resposta, isolamento e segurança.

Palavras-chave: *Virtualização, Contêineres LXC, Máquinas Virtuais, Proxmox VE, Cluster Linux.*

Abstract

Virtualization is a technology that enables the creation of multiple independent computing environments on a single physical hardware, promoting more efficient use of available resources and simplifying infrastructure management. This approach provides greater flexibility in workload allocation and better system isolation. At the same time, containers have been gaining prominence due to their lightweight nature, fast startup, and portability. By encapsulating applications along with their libraries and dependencies, and by sharing the host operating system's kernel, containers impose less overhead compared to virtual machines, making them ideal for scalable environments such as cloud computing. This research explores the use of virtualization and containers as technologies for modernizing IT infrastructure, emphasizing their relevance in cloud computing scenarios. The adopted methodology is experimental and applied, involving the installation and configuration of a Linux cluster composed of network-connected nodes, managed through the Proxmox platform. Within this environment, equivalent services were deployed using both virtual machines and LXC containers, allowing a direct comparison in terms of performance, resource consumption, response time, isolation, and security.

Keywords: *Virtualization, LXC Containers, Virtual Machines, Proxmox VE, Linux Cluster.*

1. Introdução

A virtualização e os contêineres representam avanços na área de infraestrutura computacional, proporcionando maior eficiência, escalabilidade e isolamento na execução de sistemas e aplicações. A virtualização consiste na criação de ambientes computacionais

Anais da VIII Mostra de Docentes em RJ

independentes por meio da abstração do *hardware* físico, permitindo a execução simultânea de múltiplas máquinas virtuais em um mesmo *host*. Por outro lado, os contêineres oferecem uma alternativa mais leve ao encapsular aplicações juntamente com suas bibliotecas e dependências, utilizando o mesmo *kernel* do sistema operacional hospedeiro. Essa abordagem reduz a sobrecarga de recursos e favorece a portabilidade entre diferentes ambientes. Ambas as tecnologias são pilares em arquiteturas modernas de computação em nuvem e em práticas de integração e entrega contínua, contribuindo para a otimização de processos de desenvolvimento e operação de software.

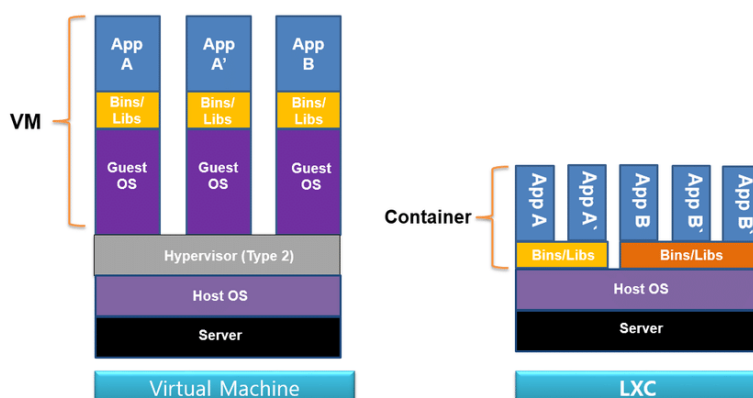
1.1. Virtualização, Containerização e Clusters

A virtualização é definida com base nos critérios estabelecidos por Popek e Goldberg, segundo os quais “uma máquina virtual deve virtualizar todos os recursos de *hardware* — processador, memória, armazenamento e rede — por meio de um monitor de máquina virtual (VM), também conhecido como *hypervisor*, que oferece um ambiente isolado, fiel ao *hardware* original e com desempenho próximo ao nativo”[1].

Ela é uma tecnologia que possibilita a criação de ambientes virtuais simulados a partir de uma única máquina física, permitindo a otimização do uso de recursos, a redução de custos com manutenção e o aumento da segurança. Usada há décadas, é essencial para ampliar a eficiência, a flexibilidade e a escalabilidade da infraestrutura de TI, sendo aplicável tanto em ambientes locais quanto em plataformas de nuvem híbrida. Essa tecnologia possibilita a execução de cargas de trabalho críticas e aplicações em ambientes otimizados, promovendo benefícios, como a consolidação de servidores, que permite hospedar múltiplas máquinas virtuais (VMs) em um único servidor físico, otimizando espaço, consumo energético e esforços de manutenção. Além disso, a economia de custos é um resultado direto da utilização mais eficiente dos componentes físicos, como discos rígidos e sistemas de resfriamento, reduzindo a necessidade de infraestrutura adicional [2]. Outro aspecto relevante é a criação de ambientes isolados, onde as VMs operam de forma independente, sem interferir entre si, favorecendo a segurança e a experimentação controlada.

Contêineres são ambientes isolados e portáteis que encapsulam aplicações e suas dependências, permitindo que sejam executados de forma consistente em diferentes ambientes. Dentre as tecnologias de contêineres, o Docker é o Kubernetes que tem se destacado, revolucionando a maneira como as aplicações são desenvolvidas, implementadas e escaladas [3]. O LXC, ou Linux Containers (**Fig. 1**), é uma tecnologia de contêiner baseada no *kernel* do Linux que permite a criação e o gerenciamento de ambientes de sistema operacional isolados uns dos outros. Esses contêineres são uma forma leve de virtualização que compartilha o mesmo *kernel* do sistema operacional hospedeiro, mas oferece isolamento de processos, sistemas de arquivos e recursos de rede [5]. O LXC é uma camada do ecossistema de contêineres Linux e é usado como base para muitas outras ferramentas de contêineres, como o Docker.

Fig. 1 - Máquinas virtuais e LXC



Fonte: (LI, 2016)

Em 2022 foi implementado uma clusterização de serviços em ambiente de laboratório, com ênfase na criação de um *cluster* de balanceamento de carga com alta disponibilidade do banco de dados MariaDB utilizando o Galera Cluster. O ambiente foi implementado em um computador *desktop* com sistema Debian Linux, empregando máquinas virtuais gerenciadas pelo Oracle VirtualBox. A pesquisa optou por utilizar a abordagem *master-master* do Galera Cluster, ampliando de dois para oito nós interligados, onde qualquer um pode receber requisições e replicá-las automaticamente aos demais. O estudo também destacou a eficiência do balanceador de carga na distribuição das conexões entre os nós. Entretanto, aponta como limitação a impossibilidade de testar recursos de clusterização nativa do VirtualBox, uma vez que essa funcionalidade não é oferecida pela plataforma. Ainda assim, os resultados obtidos reforçam o potencial de escalabilidade horizontal do sistema, sugerindo a viabilidade de futuras ampliações com a adição de novos dispositivos [7].

A virtualização e os contêineres se consolidaram como pilares importantes na modernização da infraestrutura de TI. Ambas as tecnologias oferecem soluções robustas para a execução de aplicações com maior eficiência, isolamento e flexibilidade, respondendo às crescentes demandas por agilidade, escalabilidade e economia de recursos. A virtualização, ao abstrair o *hardware* físico, permite consolidar servidores e facilitar o gerenciamento de ambientes diversos, enquanto os contêineres ampliam essa eficiência ao oferecerem uma alternativa leve, portátil e interessante para práticas como computação em nuvem.

Nesse cenário, a clusterização desempenha papel estratégico ao possibilitar a distribuição de carga, a alta disponibilidade e a escalabilidade horizontal dos sistemas. Com o avanço das tecnologias *open source* e a ampliação do acesso a recursos computacionais, tornou-se viável implementar *clusters* mesmo em ambientes limitados, garantindo desempenho e resiliência superiores. A adoção combinada dessas soluções — virtualização, contêineres e *clusters* — representa um caminho promissor para a construção de arquiteturas mais ágeis, escaláveis e seguras, capazes de atender aos desafios atuais e futuros da área de infraestrutura computacional.

O objetivo desta pesquisa é analisar a tecnologia de contêineres, com ênfase em sua interação com sistemas operacionais baseados em Linux. Para isso, pretende-se investigar os conceitos fundamentais relacionados aos contêineres, incluindo sua definição, arquitetura de funcionamento e compatibilidade com distribuições Linux. A pesquisa também se propõe a explorar os principais casos de uso e aplicações práticas, identificando cenários em que essa tecnologia apresenta maior eficiência. Será realizada uma comparação entre o uso de

Anais da VIII Mostra de Docentes em RJ

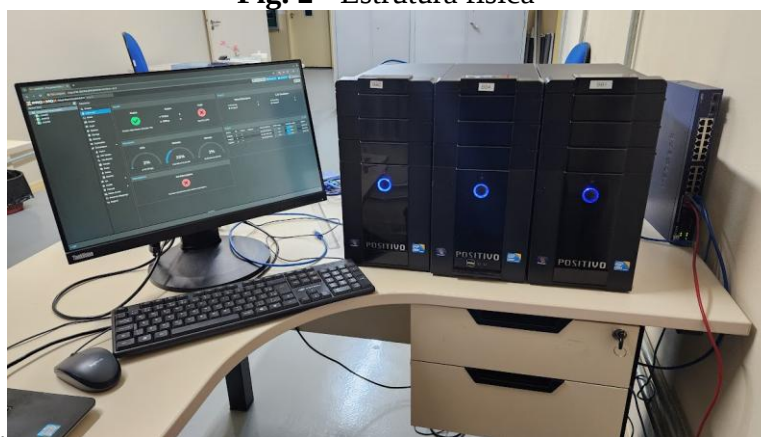
contêineres e máquinas virtuais, considerando aspectos como desempenho, consumo de recursos, isolamento e segurança, com o intuito de evidenciar suas vantagens e limitações. Por fim, será elaborado um modelo experimental para a implantação de um serviço em ambiente de *cluster* Linux, utilizando contêineres como base da infraestrutura.

2. Materiais e métodos

2.1 Materiais

Para o experimento foram utilizados três computadores, conforme a **Fig. 2**: Intel(R) Core(TM) i3 550 @ 3.20GHz, 8GB Ram, com dois armazenamentos: um SSD com 240 GB e um HDD de 500 GB de capacidade (Os HDDs ficaram no Ceph).

Fig. 2 - Estrutura física



Fonte: (Vieira, 2024)

O *cluster* escolhido o sistema operacional Proxmox VE 8.0.3. Para a VM e contêiner foram feitas as seguintes configurações: Duas CPUs, 4GB de memória RAM e 32GB de armazenamento no Ceph. A VM ficou no nó um do *cluster* e o contêiner ficou no nó três.

2.2 Métodos

Foi realizada a montagem do *cluster* composto por três computadores interligados em duas redes locais (uma exclusiva para replicação de dados e outra para acesso comum), com um quarto computador configurado como cliente de testes. Ele foi a base para a hospedagem dos contêineres LXC e reprodução dos testes em ambientes controlados. Foram instalados e configurados os sistemas hospedeiros, a VM e o contêiner.

Na primeira fase foram realizados testes de desempenho visando mensurar o comportamento dos dois ambientes. Inicialmente, executaram-se operações computacionais, como o cálculo de números primos, para avaliar o desempenho da CPU. Em seguida, testes de entrada e saída (I/O) em disco foram aplicados, registrando taxas de leitura e escrita, número de operações por segundo e latência. Esses testes forneceram dados objetivos sobre a capacidade de resposta de cada ambiente.

Nas segunda e terceira fases da pesquisa, foi escolhido o banco de dados MariaDB para ser executado dentro do *cluster* com contêineres e VMs. Para avaliar o comportamento do sistema em um cenário de uso intensivo, foram utilizadas ferramentas específicas de teste de estresse e desempenho aplicadas diretamente ao banco de dados, permitindo a simulação de

Anais da VIII Mostra de Docentes em RJI

múltiplas conexões simultâneas, inserções, consultas e operações transacionais. Essa abordagem possibilitou mensurar a capacidade de resposta do ambiente frente a diferentes cargas de trabalho, bem como verificar sua estabilidade e tolerância a falhas.

4. Resultados e discussões

Na primeira fase, a VM e o contêiner foram aplicados testes de velocidade de CPU e leitura e gravação em discos localmente, em todos os testes foram utilizados sistema operacional Debian 12.10. Os testes de CPU foram baseados na quantidade de eventos por segundo. Na **Tab.1** apresenta os resultados.

Tab. 1 - Resultados dos testes de CPU.

Parâmetro	1 Thread - LXC	1 Thread - VM	2 Threads - LXC	2 Threads - VM
Limite de números primos: 10.000				
- Velocidade da CPU (eventos/s)	911,41	902,78	1817,7	1805,35
- Número Total de Eventos	9116	9030	18182	18059
- Latência Média (ms)	1,10	1,11	1,10	1,11
Limite de números primos: 20.000				
- Velocidade da CPU (eventos/s)	362,03	358,15	720,06	717,75
- Número Total de Eventos	3621	3583	7203	7181
- Latência Média (ms)	2,76	2,79	2,77	2,78
Limite de números primos: 200.000				
- Velocidade da CPU (eventos/s)	15,1	15,12	30,16	29,98
- Número Total de Eventos	152	152	302	300
- Latência Média (ms)	66,21	66,13	66,29	66,68

Fonte: (VIEIRA, 2024)

Com uma *thread* e limite de 10.000 primos, o LXC teve 911,41 eventos/segundo, enquanto a VM teve 902,78 eventos/segundo, uma diferença pequena. Com duas *threads* e limite de 10.000 primos, o LXC atingiu 1.817,70 eventos/segundo, levemente superior aos 1.805,35 da VM[7].

Tab. 2 - Resultados dos testes de discos.

Parâmetro	Discos Máquina Virtual	Discos LXC
Leituras/s	725,41	94,35
Gravações/s	483,63	62,90
Leitura (MiB/s)	11,33	1,47
Escrita (MiB/s)	7,56	0,98
Latência Média (ms)	3,62	27,10
Fsyncs/s	1568,46	219,85

Fonte: (VIEIRA, 2024)

Nos testes de discos os resultados apresentados na **Tab. 2** indicaram que os discos VM processaram mais operações de leitura e gravação por segundo, com 725,41 leituras/s e 483,63 gravações/s, em contraste com 94,35 leituras/s e 62,90 gravações/s no LXC. Isso indica uma capacidade maior de gerenciamento de I/O nos discos VM. Os discos da VM demonstraram uma taxa de leitura superior (11,33 MiB/s) em comparação com os discos LXC (1,47 MiB/s). O mesmo se aplica à taxa de escrita, onde os discos VM também se destacaram (7,56 MiB/s versus 0,98 MiB/s).

Ambos os ambientes mostraram consistência no número total de eventos e na distribuição dos eventos entre os *threads*. A VM apresenta desvios ligeiramente maiores na execução de eventos, especialmente com 2 *threads*, indicando um pequeno impacto na distribuição equitativa da carga. A VM mostrou-se superior em termos de desempenho em comparação ao LXC nos aspectos medidos: taxa de transferência, operações por segundo, latência e número de fsyncs. Isso pode indicar que, para cargas de trabalho que exigem alto desempenho de I/O, os discos LXC parecem ser a melhor opção.

Tab. 3 - Resultados dos testes do banco de dados com Sysbench.

Banco de Dados MariaDB - Sysbench	VM	LXC	Unidade
Número total de transações	1.306	1.575	transações
Transações por segundo (TPS)	21,74	26,07	transações/segundo
Total de <i>queries</i> executadas	26.120,00	31.500	consultas SQL
<i>Queries</i> por segundo	434,78	521,4	queries/segundo
Leituras realizadas	18.284	22.050	consultas <i>select</i>
Escritas realizadas	5.224	6.300	<i>insert, update, etc.</i>
Outras <i>queries</i> (<i>commit, etc.</i>)	2.612	3.150	transações auxiliares
Latência média	367,89	306,54	milissegundos

Fonte: (Autoria Própria)

Na fase 2, foram feitos os primeiros testes com o banco de dados MariaDB (10.11.11-0) e com a ferramenta Sysbench (1.0.20), também localmente. O experimento consistiu na execução de testes de carga utilizando a ferramenta Sysbench no banco de dados MariaDB, em dois cenários distintos: um executado sobre máquina virtual (VM) e outro em contêiner LXC. Em ambos os testes, foram utilizados 10 tabelas com 100.000 registros cada, 8 usuários concorrentes e tempo de execução de 60 segundos. Os resultados apresentados na **Tab. 3**.

Com base nos dados obtidos através da ferramenta Sysbench, observou-se um melhor desempenho no ambiente containerizado (LXC) em relação à VM no contexto de operações realizadas sobre o banco de dados MariaDB. Especificamente, o número de leituras foi 20,6% maior no LXC, com um total de 22.050 consultas realizadas, frente a 18.284 no ambiente virtualizado. As operações de escrita também foram mais numerosas no LXC (6.300) em comparação à VM (5.224), indicando que o contêiner tem melhor capacidade de manipulação de dados sob carga. Da mesma forma, as operações auxiliares como *commit*, que refletem o controle transacional, apresentaram desempenho mais elevado no LXC, com 3.150 ocorrências contra 2.612 na VM. Também é possível observar que o ambiente em contêiner apresentou desempenho médio superior, a máquina virtual processou com uma taxa média de 21,74 transações por segundo,

Anais da VIII Mostra de Docentes em RJ

enquanto o contêiner LXC alcançou 26,07 transações por segundo, representando um ganho de aproximadamente 20% no *throughput* transacional. Esses resultados sugerem que a arquitetura baseada em contêineres proporciona uma camada de execução mais leve e eficiente para bancos de dados.

Na última fase foram feitos os primeiros testes com o banco de dados MariaDB (10.11.11-0) e com a ferramenta jMeter (5.5), desta vez o teste foi feito de forma remota, demonstrados na Tab. 4

Tab. 4 - Resultados dos testes do banco de dados com jMeter.

Parâmetro	Média (ms)	Máx.	Desvio Padrão	Vazão (req/s)	KB/s
SELECT - LXC	16	794	49,26	18,80	2,24
INSERT - LXC	84	440	43,24	19,14	0,17
UPDATE - LXC	104	475	48,14	19,12	0,17
SELECT - VM	18	705	68,5	19,14	2,28
INSERT - VM	85	415	39,67	19,41	0,17
UPDATE - VM	107	400	41,78	19,42	0,17

Fonte: (Autoria Própria)

Com base nos dados obtidos por meio do Apache JMeter demonstra que os contêineres LXC apresentaram desempenho levemente superior na operação *select*, com tempo médio de resposta de 16 ms frente aos 18 ms registrados na VM, além de menor desvio padrão (49,26 contra 68,5 ms), evidenciando maior estabilidade nas leituras. Nas operações *insert* e *update*, os tempos médios entre LXC e VM foram similares (84 ms vs. 85 ms para *insert*; 104 ms vs. 107 ms para *update*), com a máquina virtual exibindo menor variação e discretamente melhor vazão em requisições por segundo.

De maneira geral, os testes indicam que o LXC proporciona respostas mais rápidas e consistentes em operações de leitura, enquanto a VM se destaca pela maior previsibilidade e estabilidade em cenários de escrita. Essa diferença sugere que o uso de contêineres pode ser mais vantajoso para aplicações com alta demanda de leitura, enquanto ambientes que exigem maior controle e uniformidade no processamento de escrita podem se beneficiar da infraestrutura tradicional de máquinas virtuais.

5. Considerações finais

A análise comparativa entre ambientes virtualizados e containerizados evidenciou as vantagens e limitações de cada abordagem, reforçando seu papel estratégico na infraestrutura computacional moderna. As três fases de testes revelaram que os contêineres LXC, por sua leveza e menor sobrecarga, tendem a oferecer melhor desempenho em operações de leitura e maior *throughput* em bancos de dados, com destaque para a taxa de transações e a manipulação eficiente de dados sob carga. Por outro lado, as máquinas virtuais demonstraram maior estabilidade em operações de escrita e uma distribuição de carga mais previsível, especialmente em cenários com múltiplos *threads*.

Esses resultados indicam que a escolha entre VMs e contêineres deve considerar o perfil da aplicação: sistemas com alta demanda de leitura e exigência de agilidade podem se beneficiar mais da arquitetura baseada em contêineres, enquanto aplicações que requerem maior controle transacional e consistência em operações de escrita ainda encontram nas máquinas virtuais uma

Anais da VIII Mostra de Docentes em RJI

alternativa robusta. Assim, ambas as tecnologias não se excluem, mas se complementam, oferecendo possibilidades distintas para atender diferentes necessidades em ambientes de desenvolvimento e produção.

Agradecimentos

Ao Centro Paula Souza pelo apoio financeiro concedido para a realização desta pesquisa.

À Comissão Permanente do Regime de Jornada Integral (CPRJI).

À Fatec Tatuí e à sua direção, representados pelo diretor Prof. Dr. Anderson Luiz de Souza e pela vice-diretora Profa. Me. Patrícia Glaucia Moreno.

REFERÊNCIAS

[1] PORTNOY, Matthew. **Virtualization Essentials**. 2. ed. Indianapolis: Wiley, 2016.

[2] O que é virtualização?. **RedHat**, 2018. Disponível em: <<https://www.redhat.com/pt-br/topics/virtualization/what-is-virtualization>> Acesso em: 01 mar. 2025.

[3] JAIN, Shashank Mohan. **Linux Containers and Virtualization: a kernel perspective**. Berkeley, Ca: Apress, 2020.

[4] LI, Xin *et al.* Transplant LXC Framework for Mobile Virtualization. **International Journal Of U- And E-Service, Science And Technology**, [S.L.], v. 9, n. 9, p. 419-430, 30 set. 2016. NADIA.
<http://dx.doi.org/10.14257/ijunesst.2016.9.9.38>. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/309342381_Transplant_LXC_Framework_for_Mobile_Virtualization.
Acesso em: 24 out. 2024.

[5] KUMARAN, Senthil. **Practical LXC and LXD: linux containers for virtualization and orchestration**. Berkeley, Ca: Apress, 2017.

[6] VIEIRA, Samuel Antonio. Escalabilidade horizontal com cluster de alta disponibilidade com balanceamento de carga em máquinas virtuais. In: 19th contecsi - international conference on information systems and technology management virtual, 19., 2022, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Fea Usp, 2022. p. 0-0. Disponível em: <https://www.tecsi.org/contecsi/index.php/contecsi/19CONTECSI/index>. Acesso em: 23 out. 2024.

[7] VIEIRA, Samuel Antonio. **Estudo do uso do LXC no ambiente do Proxmox VE**. Semana CEPE de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, 2024, Tatuí-SP.