

Avaliação de Desempenho de Nuvens Privadas: Um Comparativo entre OwnCloud, NextCloud e Pydio

Danillo L. Santos¹, Kádna Camboim^{1,2}, Fernanda Alencar²

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco
Unidade Acadêmica de Garanhuns
Avenida Bom Pastor – s/n – Boa Vista – 55.292-270 – Garanhuns – PE – Brasil

²Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências
Av. Prof. Moraes Rego – 1235 – Cidade Universitária – 50.670-901 – Recife – PE – Brasil

moraesdanillo10@gmail.com, kadna.camboim@ufrpe.br, fernandaalenc@gmail.com

Abstract. *Cloud computing is present in the daily lives of individuals and companies and due to its progress several tools for deployment in the private model are being offered. Therefore, the process of choosing servers for file sharing in a private cloud is an important decision and tends to be complex given the various characteristics. This article has as objective to evaluate the performance of three of these servers, being: OwnCloud, NextCloud and Pydio. A case study is presented by composing different test scenarios to evaluate CPU, memory and disk performance to illustrate the applicability of these softwares in a low-cost private cloud with ease of management and high performance capacity.*

Resumo. *A computação em nuvem está presente no dia a dia das pessoas e das empresas e devido ao seu progresso várias ferramentas para implantação no modelo privado estão sendo ofertadas. Portanto, o processo de escolha de servidores para compartilhamento de arquivos em uma nuvem privada é uma decisão importante e tende a ser complexa dadas as diversas características. Este artigo tem como objetivo avaliar o desempenho de três destes servidores, sendo eles: OwnCloud, NextCloud e Pydio. Um estudo de caso é apresentado através da composição de diferentes cenários de testes para avaliação do desempenho de CPU, memória e disco, de modo a ilustrar a aplicabilidade destes softwares em uma nuvem privada de baixo custo com facilidade de gerenciamento e alta capacidade de desempenho.*

Keywords: Computação em nuvem, avaliação de desempenho, ownCloud, Next-Cloud, Pydio.

1. Introdução

Nos últimos anos, a computação em nuvem experimentou um rápido crescimento da popularidade nas indústrias, se tratando de um paradigma que oferece a possibilidade de acesso a informações e o uso de serviços através da Internet em que não é necessário computar ou armazenar recursos em computadores locais. Atualmente, profissionais e pesquisadores se sentem atraídos por esta tecnologia devido a características como *pay-per-use* e modelo de negócios orientado por serviços.

Os recursos fornecidos como serviços podem ser agrupados em categorias como SaaS, PaaS, IaaS (Ver Seção 2). Da perspectiva do provedor, IaaS é o nível mais baixo da nuvem, que fornece aos usuários recursos computacionais de armazenamento e máquinas virtuais [Wen et al. 2012]. Além disso, a nuvem pode ser implementada de modo público, privado, híbrido e comunitário [Maron et al. 2014], de forma a definir o acesso e localização dos dados, bem como o nível de preocupação com a segurança. A escolha do modelo de serviço e do tipo de implementação deve se encaixar nas necessidades do usuário ou organização. Alguns destaques de empresas provedoras de serviços para nuvem são a Amazon, Google e Microsoft.

De acordo com [Maron et al. 2014], a implantação de nuvem privada é feita na própria empresa (ambiente interno), dessa forma, evita-se a dependência de provedores externos (nuvem pública) e também atrasos na rede provenientes de fora do domínio da organização (Internet). A nuvem privada oferece maior segurança e privacidade, além disso, também oferece elasticidade, flexibilidade e capacidade de customização.

O desempenho de um ambiente de nuvem privada é um fator questionável, pois existe uma camada de virtualização operando abaixo dos serviços que são oferecidos aos usuários. Atualmente, existem várias ferramentas que permitem implementar uma infraestrutura como serviço para armazenamento e compartilhamento de arquivos por exemplo, alguns servidores são OpenNebula, Pydio, ownCloud, NextCloud e IBMCloud. Cada um disponibiliza diferentes níveis de controle, flexibilidade e gerenciamento, possuindo seu modo de funcionamento com requisitos e características próprias. Neste sentido, avaliar o desempenho destes softwares se faz necessário para identificar gargalos, considerando que na presença dos parâmetros mensurados é possível compará-los em termos técnicos, verificando a entrega e qualidade dos serviços oferecidos.

Ao longo dos anos muitos trabalhos foram realizados para avaliar o desempenho de diferentes ferramentas de nuvem, cada qual com objetivos específicos distintos. Em [Maron et al. 2014] foi avaliado o desempenho do OpenStack e OpenNebula, usando ferramentas de *benchmarks* para analisar o desempenho da infraestrutura virtual e nativa e comparar as diferenças existentes. Os autores concluíram que em um ambiente controlado o OpenStack é recomendado somente para aplicações que utilizam exaustivamente o disco, enquanto o OpenNebula é melhor em aplicações que usam rede, processador e memória.

Sousa et al. [de Sousa et al. 2012] avaliaram o desempenho da plataforma Eucalyptus em quatro diferentes cenários, utilizando quatro arquivos que variam de tamanho entre 512MB, 1GB, 1,5 GB e 2GB para operações de escrita e leitura. Cada cenário continha máquinas virtuais com características técnicas em comum. Os autores concluíram que quanto maior o arquivo e menos potentes forem as máquinas pior será o desempenho. Embora no teste de utilização de disco todos os cenários registraram uso relativamente alto para todos os tamanhos de arquivos (acima de 50%).

Em [Gregus and Karovic 2015] foram realizados testes de carga do ownCloud a partir de sua implantação em um *Banana Pi* (mini computador) a fim de criar uma solução de baixo custo capaz de oferecer serviços de nuvem para uma pequena equipe distribuída. Após a realização de testes de carga foi concluído que é possível uma pequena equipe trabalhar com o sistema sem falhas ou degradação do desempenho.

Antoni et al. [Antoni et al. 2015] implantaram o OwnCloud em um *Raspberry Pi* com o objetivo de criar uma nuvem de pequeno porte com baixo custo financeiro e destinada a um pequeno número de usuários. Foram realizados testes de uso de CPU, com upload e download de arquivos através da ferramenta Cacti. A partir dos resultados dos testes os autores concluíram que não houve uso muito intenso de CPU, indicando a viabilidade dessa nuvem privada como uma solução de baixo custo.

Em [Coutinho et al. 2012] foi avaliado o desempenho de uma nuvem pública (HPCloud) sobre aspectos como CPU, memória, I/O, disponibilidade e rede. Algumas instâncias foram criadas, cada uma possuindo configurações de CPU, memória RAM e disco diferentes. Os resultados mostraram que o tempo de CPU varia de acordo com o processamento da instância, assim como o uso de memória. O uso de disco e rede se mantiveram estáveis. A zona de disponibilidade possivelmente é afetada por fatores como horário e tipo de conta de usuário, que pode ter diferenciação na prioridade por recursos.

Em [Azevedo et al. 2012] os autores comparam um ambiente de nuvem pública (Amazon EC2) com uma nuvem privada (OpenNebula e *hypervisor* Xen). Foram feitas ações de criação/destruição, suspensão/recuperação e reinício de máquinas virtuais para testes de elasticidade das ferramentas escolhidas (capacidade de alocação/liberação rápida de recursos). Foram criadas quatro instâncias com características diferentes para cada ferramenta. Os autores concluíram que as três ferramentas apresentam elasticidade em tempo razoável.

Diferentemente dos trabalhos apresentados, este artigo adota três servidores populares de nuvem privada para o compartilhamento de arquivos, sendo: OwnCloud, Next-Cloud e Pydio, os quais foram implantados e configurados para representar uma nuvem privada pessoal capaz de lidar com oscilações de cargas de trabalho em um ambiente real. A fim de avaliar o desempenho destes servidores considerou-se o uso de CPU, memória e disco, estes fatores podem interferir na qualidade do serviço implementado resultando em um serviço de boa qualidade se tais recursos forem suficientes ou resultando em gargalos caso contrário.

Neste estudo, foram criados vários cenários de testes com configurações distintas para as máquinas virtuais, realizando upload de arquivos e *streaming* de vídeo com variação no tamanho para estressar e verificar a sobrecarga de trabalho. O monitoramento, coleta e tratamento das estatísticas de desempenho foram feitos utilizando as ferramentas Nmon e NmonVisualizer. A descrição dos cenários e dos resultados alcançados são apresentados nas Seções 3 e 4.

A estrutura deste artigo é como segue: a Seção 2 apresenta os conceitos fundamentais para uma melhor compreensão do trabalho. A Seção 3 apresenta o estudo de caso, descrevendo as configurações e metodologia para o ambiente de testes, os cenários propostos e os resultados alcançados. A Seção 4 discute considerações importantes sobre os resultados deste estudo. Finalmente, a Seção 5 apresenta as conclusões e propõe ideias para futuras pesquisas.

2. Computação em Nuvem e Avaliação de Desempenho

De acordo com o NIST [Mell et al. 2011], computação em nuvem é um modelo que habilita o acesso e uso sob demanda de recursos computacionais através da rede, de modo

que não haja a necessidade de uma grande interação com o provedor do serviço ou de esforços com gerenciamento. O provimento de serviços de computação em nuvem pode ser comparado ao fornecimento de energia elétrica, onde quem o recebe só paga pelo que foi consumido. Como os recursos podem ser compartilhados sob demanda é possível disponibilizar serviços de maneira elástica e muito mais eficiente ao contrário do uso de recursos estáticos para cada usuário [Bauer and Adams 2012].

Na computação em nuvem os recursos são providos em diferentes níveis de serviços, entre os quais tem-se software como serviço (SaaS), que trata da provisão de aplicações; plataforma como serviço (PaaS) provê capacidade para criação de aplicações na nuvem; e infraestrutura como serviço (IaaS) que provê infraestrutura para processamento, armazenamento, rede e outros recursos. Em uma nuvem pública a infraestrutura é disponibilizada para uso público, externo ao provedor; a nuvem privada é usada por um grupo específico de usuários, podendo ser proprietária ou de prestador de serviço; uma nuvem híbrida é composta de dois ou mais tipos de nuvens, que estão ligadas por alguma tecnologia padronizada; e na nuvem comunitária a infraestrutura é usada por um conjunto de organizações [Mell et al. 2011].

A computação em infraestruturas de nuvem pode se tornar uma alternativa viável para as organizações somente se essas infraestruturas fornecerem níveis adequados de serviços, devendo-se considerar fatores como agrupamento de recursos, elasticidade, escalabilidade, virtualização, disponibilidade e desempenho. Fornecer funcionalidade e qualidade de serviço adequada são os desafios da computação orientada a serviços. Entretanto, avaliar o desempenho de softwares e infraestruturas pode revelar informações eficazes sob cargas de trabalho [John and Eeckhout 2006] de modo a compreender gargalos, necessidade de melhorias e ajustes dos componentes [Jain 1991], [Menasce et al. 2004].

Um processo que auxilia na avaliação de desempenho, fornecendo diversas ferramentas e facilitando a comparação de serviços é conhecido como *benchmarking*, cujos resultados de testes podem servir como uma recomendação geral para o desempenho de uma configuração específica quando o software é implantado [Stantchev 2009]. Uma pré-condição importante para um *benchmark* é que ele deve modelar cenários típicos, normalmente incluindo-se uma carga de trabalho e regras de implementação. Na computação em nuvem é preciso uma metodologia que considere as possibilidades específicas de configuração e as opções de medição. Também deve ser genérica e, portanto, aplicável a diferentes cenários [Stantchev 2009].

3. Estudo de Caso

Esta seção descreve a metodologia e o ambiente para a realização dos testes, as configurações das máquinas virtuais e os cenários para avaliação de desempenho das três soluções escolhidas. O nmon foi utilizado para monitoramento e coleta dos dados das máquinas virtuais em cada cenário, cujos resultados são organizados de acordo com o uso de CPU, disco e memória RAM.

3.1. Ferramentas

O ownCloud é uma aplicação de código aberto para compartilhamento e sincronização de arquivos, lançada em junho de 2010 ela possui duas versões: a versão *Server*, que é gratuita e direcionada a um número pequeno de usuários e a versão *Enterprise*, que é paga

e direcionada as empresas. OwnCloud é escrito em PHP, portanto, é necessário ter um interpretador PHP instalado no servidor, além de um servidor WEB e de banco de dados. Possui a parte do servidor, onde ficam os arquivos do usuário que possuem conta naquela instância e a parte do cliente, onde os usuários enviam e baixam os arquivos da nuvem (servidor). A parte cliente é acessível através de um navegador WEB, mas também é possível instalar um aplicativo que possui versão desktop (Linux, Mac e Windows) e *mobile* (Android e iOS) [OwnCloud 2016].

O NextCloud é uma aplicação código aberto derivado do ownCloud, que foi criada pelo inventor do ownCloud, Frank Karlitschek, junto com alguns membros do time de desenvolvimento do ownCloud. Assim como o ownCloud, o NextCloud possui as versões gratuita e paga, é escrito em PHP e possui as mesmas dependências. Além disso, tem funcionamento similar com parte servidor e usuário, incluindo o acesso via navegador e também possui aplicativo cliente desktop (Linux, Mac e Windows) e *mobile* (Android e iOS) [NextCloud 2017].

O Pydio é uma aplicação de código aberto que funciona de forma similar às outras duas ferramentas já citadas. O projeto que deu origem ao Pydio foi fundado pelo músico Charles du Jeu, que precisava de uma forma de compartilhar arquivos de áudio com seus colegas de banda [Ende 2016]. A interface do Pydio é baseada no design do Google, tornando ele razoavelmente similar ao Google Drive. O Pydio também é baseado em PHP e pode ser implementado com as mesmas dependências das outras ferramentas, embora seja possível implementá-lo através do repositório Pydio, restando apenas a escolha do banco de dados. O Pydio existe nas versões *community* e *enterprise* [Pydio 2017].

O nmon é uma ferramenta que permite o monitoramento de diversos parâmetros de sistemas AIX e Linux, com o qual é possível extrair informações sobre uso de CPU, leitura e escrita em disco, uso de disco, uso de memória RAM, uso de rede, uso de memória virtual, processos, etc [Nmon 2016]. Nmon oferece fácil instalação e leveza em sua execução, por essa última razão é que ela foi escolhida como ferramenta para coleta dos dados sobre o uso dos recursos do servidor durante a realização dos testes deste estudo. O NMONVisualizer é um aplicativo em Java onde o usuário abre o arquivo .nmon para geração dos gráficos.

3.2. Metodologia e Ambiente de Testes

A metodologia utilizada para avaliar o desempenho do ownCloud, NextCloud e Pydio corresponde a análise de métricas como o uso de CPU, disco e memória RAM a partir de operações como upload de arquivos e *streaming* de vídeo em seis cenários que possuem diferentes configurações. Os testes foram realizados usando a infraestrutura de um dos laboratórios de informática da UFRPE-UAG, que possui trinta máquinas, dois switches e rede estável.

3.3. Configurações das Máquinas Virtuais

Foram definidas e criadas quatro tipos de máquinas virtuais (VMs), usando a ferramenta Oracle VirtualBox Versão 5.1.22, com cada servidor de nuvem privada (ownCloud, NextCloud e Pydio) sendo implementado em cada VM. A Tabela 1 descreve as características de memória e disco das máquinas virtuais criadas.

Tabela 1. Características das Máquinas Virtuais

Máquina	1	2	3	4
Memória RAM	1GB	2GB	1GB	2GB
HD	20GB	20GB	40GB	40GB

Essas configurações são próximas do mínimo sugerido nas recomendações da Oracle VirtualBox para a criação de uma VM com o sistema operacional Ubuntu, cuja versão utilizada foi 16.04.3. O ownCloud e o NextCloud exigiram a instalação de algumas dependências a parte: um servidor WEB, banco de dados e o PHP; enquanto a instalação do Pydio exigiu a parte somente o banco de dados. As seguintes dependências foram instaladas em cada máquina virtual: Servidor WEB Apache 2.4.7, banco de dados MySQL 5.5.54¹, linguagem PHP 5.5.9.

Além das dependências acima listadas, foram também instaladas as soluções de nuvem privada nas seguintes versões: ownCloud 10.0.3, NextCloud 12.0.4 e Pydio 8. As três ferramentas possuem área do administrador, que deve ser criada pelo primeiro usuário. O administrador é responsável por algumas configurações como criar outros usuários, definir suas cotas de armazenamento e definir o limite máximo para envio de arquivos. Na área de administrador, foram realizadas as seguintes configurações: criação de três usuários (*user1*, *user2* e *user3*), definição de 1 GB como tamanho máximo para envio de arquivos e para armazenamento ², acesso à nuvem através do navegador WEB Google Chrome versão 59.

3.4. Cenários de Testes

Para a realização do estudo de caso foram definidos seis diferentes cenários. Para os cenários 1, 2 e 3 foi realizado o upload de dois arquivos com variação no tamanho de ambos e para os cenários 4, 5 e 6 foi realizada a transmissão (*streaming*) de um vídeo, aumentando-se em cada cenário a quantidade de computadores em uso para as operações citadas e cada cenário foi executado 1 (uma) vez, o número máximo de 3 (três) computadores foi escolhido para representar uma pequena rede que possui um servidor de nuvem para armazenamento e compartilhamento de arquivos. A descrição dos cenários é melhor detalhada na Tabela 2.

Tabela 2. Cenários de teste realizados

Cenário	1	2	3	4	5	6
Operação	Upload	Upload	Upload	Streaming	Streaming	Streaming
Número de computadores	1	2	3	1	2	3

Os arquivos usados para upload são os mesmos para os cenário de teste 1, 2 e 3, sendo dois arquivos com tamanho de 470 MB e 150 MB. No cenário de teste 1, apenas um computador realiza o envio dos arquivos, inicialmente, o arquivo maior é enviado cerca de 15 segundos após ter começado a coleta de dados e quando este tem seu upload concluído aguarda-se mais 15 segundos para enviar o segundo arquivo. No cenário de teste 2 foram repetidos os mesmo passos do cenário de teste 1, mas aumentando-se para

¹Nas máquinas com o Pydio somente essa dependência foi instalada

²No Pydio não foi possível definir uma cota de usuário

dois a quantidade de computadores que realiza o upload dos arquivos. Do mesmo modo, no cenário 3 a quantidade de computadores realizando o upload dos arquivos é aumentada para três. Nos cenários 4, 5 e 6 o arquivo de vídeo possui duração de três minutos e trinta segundos e estava armazenado na conta do usuário, sendo o *streaming* iniciado 15 segundos após o início da coleta de dados. A quantidade de computadores realizando a operação de *streaming* varia entre um, dois e três para os respectivos cenários 4, 5 e 6.

As coletas dos dados tiveram duração variada devido aos testes de uploads que usam mais de um computador, os cenários de testes representam ações que podem ser realizadas nas três soluções e que normalmente são realizadas pelo usuário em uma nuvem de armazenamento, o vídeo e os arquivos supracitados foram escolhidos para garantir variedade de situações em cada cenário de testes. No Nmon é necessário definir a duração total de cada coleta e um intervalo entre elas, então é iniciada as capturas sobre uso dos recursos computacionais de acordo com o intervalo estabelecido. Após a captura dos dados o nmonVisualizer foi usado para tratamento e sumarização das informações. O tempo de duração e a quantidade total de coletas a partir da realização dos testes são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Estatísticas das Coletas

Número de computadores	Operação	Tempo de duração da coleta de dados (min)	Quantidade de coletas
1	Upload	2:30	150
2	Upload	3:45	225
3	Upload	6:40	400
1, 2 e 3	Streaming	4:00	240

3.5. Uso de CPU

As médias percentuais de uso de CPU para cada uma das quatro máquinas virtuais são apresentadas nas Figuras 1, 2, 3 e 4 (as VMs possuem diferentes configurações). Na parte esquerda vertical de cada figura é mostrada a porcentagem de uso da CPU. As barras com listras pretas representam as operações de uploads dos arquivos e a barras com círculos cinzas representam as operações de *streaming* de vídeo. Cada dupla de barras (listras e círculos) representa um teste com upload e *streaming*, onde estes são organizados na horizontal de acordo com a ferramenta de nuvem testada (ownCloud, NextCloud e Pydio), sendo para cada uma apresentado o número de computadores utilizados, indicado como 1PC, 2PCs e 3PCs. (Essas mesmas definições são válidas para as figuras de 5 a 12).

Analisando os gráficos percebe-se que o ownCloud tem maior uso médio de CPU na realização de uploads em relação ao *streaming* para os testes nas 4 VMs. Na VM 1 encontra-se sua média mais alta, de aproximadamente 20% de uso de CPU no teste com 3PCs. Nas outras VMs (2, 3 e 4) o upload apresenta uma média de uso de CPU em torno dos 15% para os testes com 1PC, 2PCs e 3PCs. Para o *streaming* de vídeo em todas as VMs a média ficou abaixo de 10%, mesmo aumentando a quantidade de PCs.

O NextCloud apresentou as menores médias de uso de CPU para o upload em todas as VMs e em todos os testes se comparado as outras duas soluções, com médias abaixo de 10%, entretanto, nos testes de *streaming* foi alcançado percentual médio acima de 75% nas VMs 1, 2 e 4, para os testes com 1PC. Na VM 3, também para o *streaming*

com 1PC foi registrado uma média de 20%, considerado baixo em comparação às outras VMs, mas é alto se comparado aos testes com outras tecnologias (ownCloud e Pydio), inclusive usando mais PCs.

O Pydio apresentou baixo uso médio de CPU para *streaming*, abaixo de 10% em todas as VMs e para todos os testes, mas para upload apresentou médias bem elevadas nas máquinas 2, 3 e 4, seguindo um padrão semelhante ao do NextCloud com uso de CPU mais intenso no teste com 1PC e menor nos testes com 2PCs e 3PCs. Na VM 1 o uso médio de CPU permaneceu abaixo de 10% em todos os testes, tanto no upload quanto no *streaming*. A VM 2 apresentou o pior caso de desempenho de CPU com upload, com aproximadamente 90% para o teste com 1PC. Na VM 3 temos o segundo pior caso de desempenho de CPU com upload, com média aproximada de 60%, também no teste com 1PC. A VM 4, por sua vez, apresenta uma média mais baixa no teste com 1PC, aproximadamente 30%, entretanto mais alta que nos testes das outras tecnologias (ownCloud e NextCloud), inclusive usando mais PCs. Os testes de upload no Pydio com mais PCs apresentaram médias em torno de 10% de uso de CPU.

Os testes com o ownCloud registraram desempenho de CPU mais uniforme, apesar de elevado nos testes com upload, mantiveram-se constantes em todos os casos. Desta feita, não houve esforço exagerado da CPU em comparação aos demais testes nas outras ferramentas, que em alguns momentos apresentaram grande esforço da CPU, seja no upload (Pydio) ou no *streaming* (NextCloud). O NextCloud mostra equilíbrio no upload, com uso de CPU baixo e constante em todos os casos, porém no *streaming* houve médias ultrapassando 75%. Esse comportamento para os testes com *streaming* classifica o NextCloud como pior em desempenho de CPU nessa categoria. O Pydio apresenta resultados similares aos do NextCloud, com esforço exagerado da CPU, mas não com *streaming* e sim com upload. Os testes com upload no Pydio apresentaram pior desempenho de CPU nos testes das VMs 2 e 3 para 1PC, mas, esse desempenho estabilizou em testes com 2PCs e 3PCs, assim como ocorreu nos testes de *streaming* de vídeo do NextCloud.

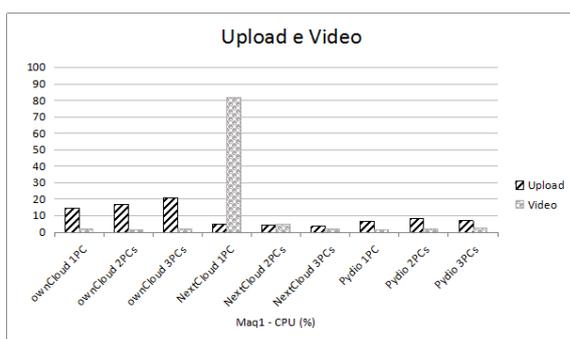


Figura 1. CPU(%): VM 1

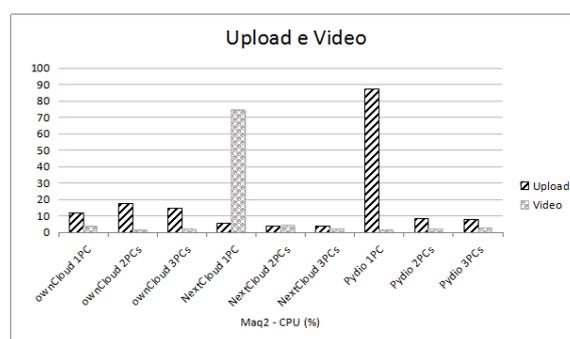


Figura 2. CPU(%): VM 2

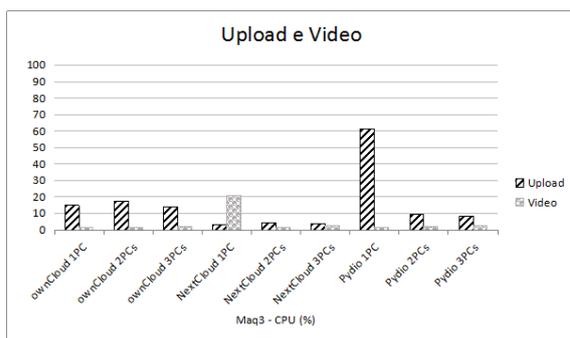


Figura 3. CPU(%): VM 3

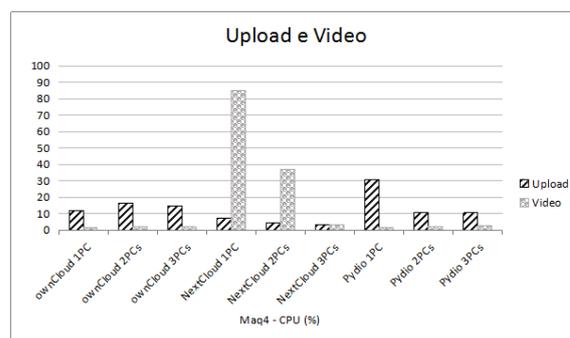


Figura 4. CPU(%): VM 4

3.6. Uso de Disco

O percentual médio de uso de disco (HD) apresenta oscilações entre as soluções testada. As Figuras 5, 6, 7 e 8 apresentam o uso médio de disco nas quatro VMs. O ownCloud apresenta média mais elevada em todas as VMs nos teste de upload com 2PCs, sendo seu maior percentual médio um pouco acima de 50% na VM 3. Na VM 1 o maior percentual foi de 50% de uso de disco no teste com 2PCs e o menor foi de 25% no teste com 1PC. Nas VMs 2 e 4 os testes com 1PC apresentam percentuais abaixo de 20% de uso de disco também para upload, sendo estes os melhores caso de desempenho, e como pior caso nestas VMs tem-se os testes com 2PCs que usam o disco na faixa de 35%. Em todos os testes de *streaming* o uso de CPU permaneceu abaixo de 10% para todas as VMs.

O NextCloud apresenta médias de uso do disco para uploads menores que nas outras soluções (ownCloud e Pydio), sendo a maior média de 35% na VM 3 e a menor na VM 4 com 12% de uso de disco, sendo esses dois testes com 1PC. Na VM 1 os três testes resultaram em médias de 25% para upload. Na VM 2 também para upload o teste com 1PC teve percentual de 15%, enquanto os testes para 2PCs e 3PCs alcançaram 20%. Na VM 3 o maior uso de disco foi de 35% no teste com 1PC, já nos testes com 2PCs e 3PCs o consumo foi de 25% e 20%, respectivamente. Os testes com *streaming* resultaram em elevado percentual de uso na VM 4 com 65% no teste com 2PCs, este sendo o pior caso, e na VM 3 com 30% no teste com 1PC. A VM 1 apresenta 15% de uso de disco no teste com 2PCs, sendo relativamente baixo em comparação aos piores casos, porém sendo o pior caso nesta VM. Nos demais testes de *streaming* o percentual ficou abaixo de 10%.

O Pydio apresentou médias de uso de disco maiores para upload que o NextCloud em todos os casos, e em alguns testes foram maiores que no ownCloud, especialmente nas VMs 2, 3 e 4. Em seu pior caso, no teste da VM 3 com 1PC o uso de disco foi de 75%. Nas VMs 1 e 2 os percentuais variaram entre 35% e 40%. Na VM 3 os testes com 1PC e 2PCs obtiveram percentuais acima de 50% e o teste com 3PCs resultou em um percentual de 37%. A VM 4 apresentou percentual de 50% no teste com 1PC e 35% nos testes com 2PCs e 3PCs. Os testes de *streaming* de vídeo apresentaram percentuais inferiores a 10% em todos os casos, de forma similar ao ownCloud.

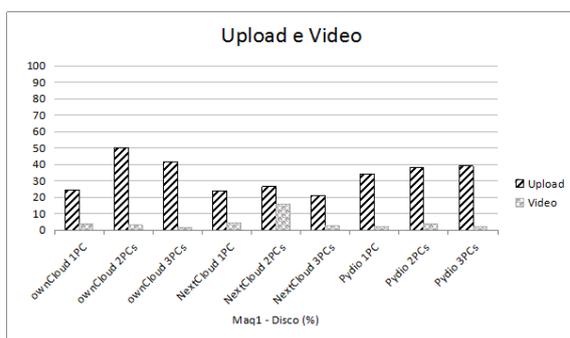


Figura 5. Disco(%): VM 1

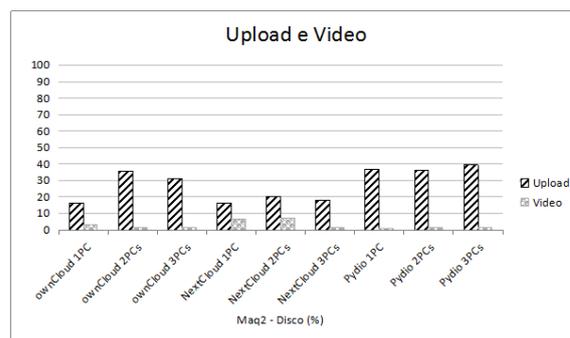


Figura 6. Disco(%): VM 2

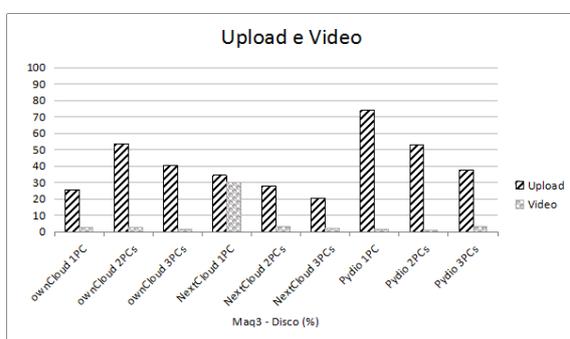


Figura 7. Disco (%): VM 3

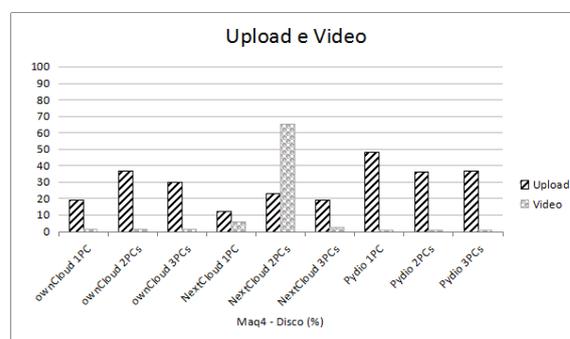


Figura 8. Disco(%): VM 4

Nos testes de upload, além de usar menos disco o NextCloud também fez uploads mais rápidos. O uso de disco durante o *streaming* foi o mais alto entre as três ferramentas, mas não houve problema durante a reprodução dos vídeos. Tanto o ownCloud quanto o Pydio apresentaram uploads mais lentos, fazendo maior uso de disco. Enquanto o ownCloud não apresentou qualquer problema na reprodução dos vídeos, em testes com 2PCs e 3PCs o Pydio apresentou queda na taxa de reprodução dos quadros durante toda a transmissão do vídeo.

3.7. Uso de memória RAM

As médias de uso de memória RAM em megabyte (MB) são apresentadas nas Figuras 9, 10, 11 e 12. É importante observar que a diferença de consumo de memória entre as VMs 1 e 3 e as VMs 2 e 4 ocorre devido a quantidade de memória RAM disponível para cada VM, sendo 1GB para as VMs 1 e 3 e 2GB para as VMs 2 e 4. Isso levou o sistema operacional do servidor a usar *swap* para auxiliar a memória RAM nas VMs 1 e 3. Outro aspecto importante é a memória inativa (dados que estão na memória RAM e que não estão sendo usados no momento), que é menor nas máquinas que usaram *swap*, resultando em uma diferença aproximada de 400 MB entre as VMs 1 e 3 e as VMs 2 e 4.

O ownCloud registrou maior uso de RAM para os testes com upload que para *streaming* na maioria dos casos. As VMs 1 e 3 apresentaram uso elevado de RAM nos testes com 1PC, na VM 1 com 1,35GB de uso e na VM 3 com 1,4GB, o que foi maior que para os testes com mais PCs em todas as VMs. Esse comportamento foi observado tanto no ownCloud quanto no NextCloud e Pydio, excluindo-se o NextCloud na VM 4.

Para *streaming* nos testes com 2PCs e 3PCs as VMs 3 e 4 registraram uso de memória de 1,25GB ou menor que isto (upload e *streaming*).

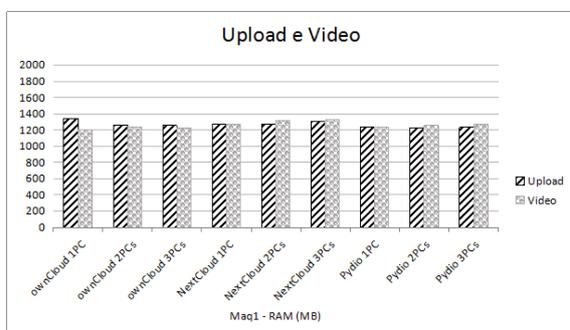


Figura 9. RAM (MB): VM 1

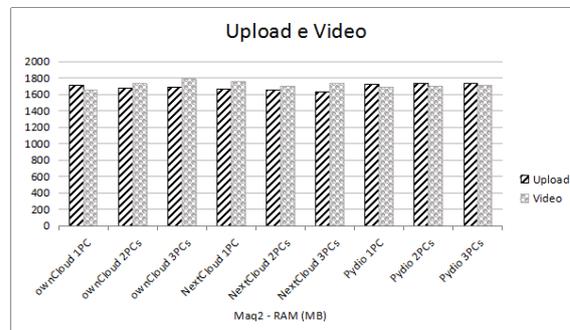


Figura 10. RAM (MB): VM 2

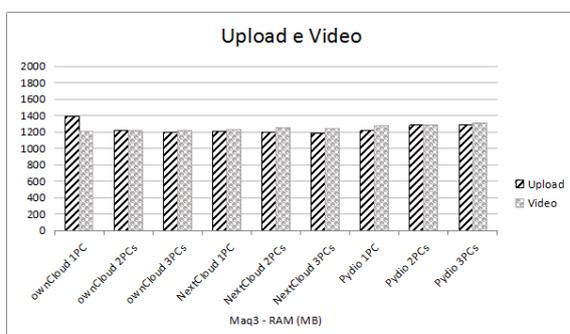


Figura 11. RAM (MB): VM 3

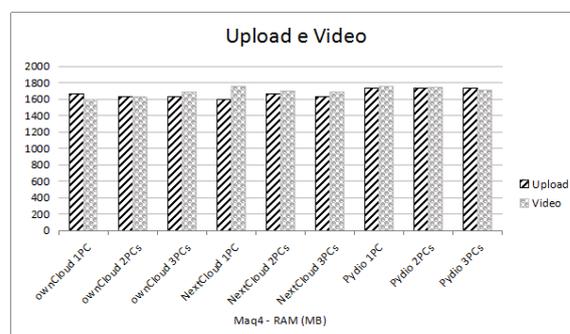


Figura 12. RAM (MB): VM 4

O maior consumo de RAM foi de 1,8GB na VM 2 para *streaming* de vídeo com 3PCs, um dos poucos casos em que o *streaming* consumiu mais memória RAM que o upload, nos demais testes na VM 2 o consumo médio de memória permaneceu entre 1,6GB e 1,75GB (para upload e *streaming*). A VM 4 apresentou consumo um pouco menor que a VM 2, com seu maior consumo de RAM no teste de *streaming* com 3PCs, cerca de 1,7GB.

O NextCloud registrou médias para upload menores que para *streaming* em todos os testes, além disso, o upload registrou alguns dos mais baixos consumos de memória se comparado as outras ferramentas, em especial o Pydio, em alguns casos as médias foram menores que as do ownCloud. Isso pode ser observado nas VMs 2 e 3. Na VM 1 o maior consumo de RAM para upload foi de 1,3GB. Na VM 3 registrou-se 1,2GB. Nas VMs 2 e 4 o consumo foi de 1,6GB. Com o *streaming* o uso de RAM foi maior. A VM 1 teve em sua maior média de 1,3GB. Nas VMs 2 e 4 foi de 1,75GB e na VM 3 foi de 1,2GB.

O Pydio apresentou consumo médio de memória RAM com relativo equilíbrio entre upload e *streaming*, sem grandes variações entre os testes, mas com consumo maior que nas outras ferramentas (owncloud e NextCloud). Nas VMs 1 e 3 o consumo esteve entre 1,2GB e 1,3GB para upload e para *streaming*. Nas VMs 2 e 4 o consumo esteve entre 1,7GB e 1,75GB. Apesar do equilíbrio, nas VMs 1 e 3 o *streaming* consumiu mais memória que o upload, na VM 2 se verificou o contrário.

Na maioria dos casos o *streaming* de vídeo consumiu mais memória RAM, entretanto o ownCloud apresentou uma tendência de ocupar mais memória RAM no upload, sendo que o Pydio apresentou maior equilíbrio e menores diferenças de consumo entre os tipos de teste (upload e *streaming*). No NextCloud o consumo de memória RAM é maior na reprodução dos vídeos em todos os cenários.

3.8. Resumo dos resultados

O ownCloud apresentou uso de CPU baixo para *streaming* e uso mais elevado para upload, porém, sem médias muito elevadas. O uso de disco para upload apresentou médias que chegaram a aproximadamente a 50%, mas na maioria dos testes as médias foram menores que no Pydio. Além disso, para *streaming* o uso de disco foi muito menor. O uso de memória RAM se manteve praticamente igual para os testes de upload e *streaming* quando comparado ao NextCloud e ao Pydio, exceto na VM 3, que apresentou um consumo mais alto no teste com 1PC.

O NextCloud tende a usar menos memória RAM no upload e em vários testes usou menos memória que as outras ferramentas. Seu uso de CPU no upload também foi o mais baixo, mas para *streaming* foi usado muito processamento em alguns testes. O uso de disco apresentou menores percentuais para testes com upload se comparado ao ownCloud e Pydio, mas obteve maiores percentuais para *streaming*.

O Pydio apresentou o consumo de memória RAM mais estável, sem grandes variações entre testes em uma mesma VM, mas o consumo foi maior na maioria dos testes em relação às outras ferramentas. Seu uso de disco foi o mais elevado, o uso de CPU apresentou percentual elevado nos testes com um computador e diminuiu em testes com mais computadores.

4. Considerações finais

A execução dos testes mostrou que o consumo dos recursos das VMs foi influenciado principalmente pela solução testada. Os resultados estão resumidos na Tabela 4, onde são mostrados os picos máximos de uso de CPU, de disco e de consumo de memória RAM tanto para as operações de upload quanto de *streaming* de vídeo em cada VM. O nome da ferramenta que apresenta determinado pico aparece abaixo do percentual de uso ou do valor em GB, neste último caso quando se trata do consumo de memória RAM.

Tabela 4. Picos registrados nos testes

	Upload			Streaming de vídeo		
	CPU	Disco	RAM	CPU	Disco	RAM
VM 1	20%	20%	1,35GB	80%	15%	1,3GB
	ownCloud	owncloud	ownCloud	NextCloud	NextCloud	NextCloud
VM 2	90%	40%	1,75GB	75%	5%	1,80GB
	Pydio	Pydio	Pydio	NextCloud	NextCloud	ownCloud
VM 3	60%	75%	1,4GB	20%	30%	1,3GB
	Pydio	Pydio	ownCloud	NextCloud	NextCloud	Pydio
VM 4	30%	50%	1,75GB	85,19%	65%	1,75GB
	Pydio	Pydio	Pydio	NextCloud	NextCloud	NextCloud

A maioria dos picos registrados na Tabela 4 foram do NextCloud, sendo principalmente de consumo de CPU e disco durante o *streaming*, embora não se percebeu qualquer

prejuízo durante a reprodução dos vídeos. O Pydio teve a maioria dos picos no upload de arquivos, o ownCloud teve a maioria de seus picos também no upload, e os dois precisaram de mais tempo para upload, já o NextCloud realizou os envios mais rápido. Apesar de consumir mais recursos para reprodução de vídeo o NextCloud teve desempenho melhor que o Pydio, que apresentou queda na taxa de quadros em alguns testes. O ownCloud teve desempenho similar ao NextCloud, porém, consumindo menos recursos.

As ferramentas apresentaram desempenho aceitáveis para uso de recurso em uma nuvem privada de baixo custo operacional, uma se destacando mais que outras em casos específicos, entretanto, das três ferramentas, o NextCloud apresentou melhor desempenho em uploads. Se houver buscas por soluções que suportem eficientemente uploads, sem exagero no uso de recursos, o NextCloud se apresenta como uma ótima solução. Caso haja maior interesse em *streaming* de vídeo armazenado o ownCloud desempenha melhor esta tarefa.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Este trabalho apresentou um comparativo de desempenho do OwnCloud, NextCloud e Pydio, a partir da realização testes em diferentes cenários para quatro máquinas virtuais. Foram realizadas as operações de uploads de arquivos de tamanhos diferentes e transmissão de vídeo usando números diferentes de computadores entre os cenários para monitoramento de informações de uso de CPU, de disco e de memória RAM. Os resultados mostram que é possível a implantação das três soluções em computadores de baixo custo operacional, sem afetar drasticamente os níveis de desempenho da máquina. Entretanto, para uploads destaca-se com melhor desempenho o NextCloud e para *streaming* de vídeo destaca-se o ownCloud. Como trabalhos futuros pretende-se realizar comparações monitorando o tráfego de rede, uso de outras métricas para avaliação como a precificação, além disso realizar comparações usando critérios qualitativos, como facilidade de uso.

Referências

- Antoni, M., Vivian, G. R., and Preuss, E. (2015). Implementação de uma nuvem de armazenamento privada usando ownCloud e Raspberry PI. *Encontro Anual de Tecnologia da Informação e Semana Acadêmica de Tecnologia da Informação*, pages 55–62.
- Azevedo, E., Dias, C., Simões, R., Dantas, R., Sadok, D., Fernandes, S., and Kamienski, C. (2012). Nuvem pública versus privada: Variações no desempenho de infraestrutura para elasticidade. In *Proc. of the X Workshop em Clouds e Aplicações. Belo Horizonte*, pages 110–123.
- Bauer, E. and Adams, R. (2012). *Reliability and availability of cloud computing*. John Wiley & Sons.
- Coutinho, E. F., Rego, P. A., Gomes, D. G., and de Souza, J. N. (2012). Análise de desempenho com benchmarks em um ambiente publico de computaç ao em nuvem. In *Proc. of the X Workshop em Clouds e Aplicações. Belo Horizonte*, pages 96–109.
- de Sousa, E., Maciel, P., Medeiros, E. M., de Souza, D., Lins, F., and Tavares, E. (2012). Evaluating eucalyptus virtual machine instance types: A study considering distinct workload demand. In *Third International Conference on Cloud Computing, GRIDs, and Virtualization*, pages 130–135. Citeseer.

- Ende, B. v. t. (2016). The future of sharing: integrating pydio and owncloud. <https://opensource.com/business/16/5/sharing-files-pydio-owncloud>. Novembro.
- Gregus, M. and Karovic, V. (2015). Practical implementation of private cloud based on open source ownCloud for small teams-case study. In *P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing (3PGCIC), 2015 10th International Conference on*, pages 183–187. IEEE.
- Jain, R. (1991). The art of computer systems performance analysis, techniques for experimental design, measurement, simulation and modeling.
- John, L. K. and Eeckhout, L. (2006). *Performance Evaluation and benchmarking*. CRC Press.
- Maron, C. A., Griebler, D., Vogel, A., and Schepke, C. (2014). Avaliação e comparação do desempenho das ferramentas OpenStack e OpenNebula. *12th Escola Regional de Redes de Computadores (ERRC)*, pages 1–5.
- Mell, P., Grance, T., et al. (2011). The NIST definition of cloud computing.
- Menasce, D. A., Almeida, V. A., Dowdy, L. W., and Dowdy, L. (2004). *Performance by design: computer capacity planning by example*. Prentice Hall Professional.
- NextCloud (2017). You should control your data. <https://nextcloud.com/about/>. Novembro.
- Nmon (2016). Nmon for linux. <http://nmon.sourceforge.net/pmwiki.php>. Março.
- OwnCloud (2016). A safe home for all your data. <https://owncloud.org>. Fevereiro.
- Pydio (2017). Put your data in orbit. <https://pydio.com/>. Novembro.
- Stantchev, V. (2009). Performance evaluation of cloud computing offerings. In *2009 Third International Conference on Advanced Engineering Computing and Applications in Sciences*, pages 187–192.
- Wen, X., Gu, G., Li, Q., Gao, Y., and Zhang, X. (2012). Comparison of open-source cloud management platforms: OpenStack and OpenNebula. In *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 2012 9th International Conference on*, pages 2457–2461. IEEE.