

INFRAESTRUTURA EM NUVEM: ASPECTOS RELEVANTES PARA ANÁLISE EM UM PROCESSO DE MIGRAÇÃO

FABRICIO COSTA DOS SANTOS ¹
CLAYTON EDUARDO DOS SANTOS ²

RESUMO

O trabalho analisa as principais ferramentas de TI disponíveis nos modelos de computação em nuvem e ambiente corporativo tradicional (*on-premise*). O objetivo é comparar seus diferenciais, funcionalidades e aplicabilidades. A computação em nuvem revolucionou o uso da tecnologia pelas organizações ao oferecer recursos sob demanda, de forma escalável e econômica. Já as ferramentas internas desempenharam papel estratégico ao otimizar ambientes corporativos. O estudo mapeia a evolução histórica dos dois modelos, desde os primórdios da virtualização até tendências atuais como computação em *edge*, híbrida e serviços especializados. A análise qualitativa, por meio de revisão bibliográfica, permitiu identificar benefícios, limitações e casos de uso mais adequados para cada abordagem. Conclui-se que a melhor estratégia envolve combinar soluções internas e externas, migrando aplicações para a nuvem conforme a maturidade tecnológica e necessidades do negócio. Os resultados auxiliam gestores de TI na escolha da abordagem mais alinhada aos seus objetivos..

Palavras-chave: computação em nuvem. ferramentas de TI. modelos de serviço (*IaaS, PaaS, SaaS*).

¹ Especialização em Gestão Estratégia de Tecnologia da Informação | Câmpus Bragança Paulista do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. Curso de Pós-Graduação Lato Sensu (IFSP). E-mail: efabricio@gmail.com

² Professor Titular | Câmpus Bragança Paulista do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP). E-mail: claytones@ifsp.edu.br.

EVOLUTION OF CLOUD TOOLS

ABSTRACT

This article analyzes the main IT tools available in cloud computing models and traditional corporate environments (on-premises). The objective is to compare their differences, functionalities, and applicability. Cloud computing has revolutionized the use of technology by organizations by offering resources on demand, in a scalable and economical way. Internal tools played a strategic role in optimizing corporate environments. The study maps the historical evolution of both models, from the beginnings of virtualization to current trends such as edge computing, hybrid computing and specific services. Qualitative analysis, through a bibliographic review, allowed the identification of benefits, limitations, and most appropriate use cases for each approach. It is concluded that the best strategy involves combining internal and external solutions, migrating applications to the cloud according to technological maturity and business needs. The results help IT managers choose the approach most aligned with their objectives.

Keywords: cloud computing. IT tools. service models (IaaS, PaaS, SaaS).

1. INTRODUÇÃO

A computação em nuvem vem transformando o cenário empresarial nas últimas décadas, proporcionando serviços de tecnologia da informação com mais versatilidade, escalabilidade e economia para as organizações. Diversas ferramentas em nuvem surgem a cada ano no mercado, permitindo que empresas de todos os portes tenham acesso a soluções avançadas de TI.

Neste contexto, o presente trabalho busca analisar as principais ferramentas disponíveis nas modalidades de computação em nuvem e *on-premise*, comparando seus diferenciais e aplicabilidades para o ambiente corporativo. Tem como objetivo principal discutir se o modelo de nuvem realmente proporciona mais agilidade, economia e suporte à inovação para os negócios, como propagado atualmente.

A metodologia adotada será uma pesquisa bibliográfica, por meio da qual serão levantadas informações em periódicos, livros, sites de empresas de tecnologia e outros documentos relevantes sobre o tema. Buscar-se-á compreender a evolução dessas ferramentas ao longo do tempo e seu uso em casos reais reportados na literatura.

A análise das fontes qualificadas permitirá mapear e sistematizar as principais soluções disponíveis em cada modelo, destacando também eventuais limitações. Pretende-se, dessa forma, apresentar um panorama comparativo capaz de evidenciar quais aspectos se aplicam melhor de acordo com o perfil e necessidades das organizações.

A relevância desse trabalho reside no fato de contribuir para a escolha estratégica acerca da melhor abordagem de TI a ser adotada, seja migrando para a nuvem ou adequando ferramentas internas, de modo a elevar a produtividade e o nível de serviço para os negócios. Os resultados podem auxiliar profissionais da área e gestores no alinhamento de suas estruturas de tecnologia aos objetivos e desafios organizacionais.

2. PRESSUPOSIÇÃO REEXAMINADA

2.1 COMPUTAÇÃO EM NUVEM: CONCEITOS E MODELOS

A computação em nuvem revolucionou a forma como as organizações utilizam os recursos de tecnologia da informação, permitindo maior flexibilidade e dinamismo nas operações corporativas (Mell; Grance, 2011). Nesse contexto, faz-se necessário compreender este novo paradigma e as alternativas disponíveis para sua aplicação prática no ambiente empresarial.

Inicialmente, é importante definir conceitualmente o que é computação em nuvem, suas características e diferenças em relação aos modelos tradicionais de TI (Lima; Melo, 2017). Nesse sentido, o primeiro tópico abordará as origens e definição dessa nova arquitetura, apresentando seus fundamentos teóricos.

Em seguida, serão descritos os modelos de serviço mais comuns (*IaaS*, *PaaS*, *SaaS*), elucidando como cada um permite diferentes níveis de autonomia e responsabilidades (Armbrust et al, 2010). Esses conceitos são essenciais para delimitar o escopo das soluções em nuvem disponíveis.

Também será importante analisar as formas como a infraestrutura de nuvem pode ser implantada, sejam nos modelos públicos, privados ou híbridos (Buyya et al., 2009). Isso porque a escolha impacta diretamente na governança, custos e riscos associados.

Por fim, serão explicados os papéis dos principais agentes e a arquitetura geral de uma solução em nuvem (Jansen; Grance, 2011). Tal conhecimento é fundamental para compreender o funcionamento desse novo contexto operacional.

2.1.1 Origens e definição de computação em nuvem

A computação em nuvem tem suas origens ligadas à evolução da Internet e da virtualização de recursos de tecnologia da informação (Mattos, 2012). Segundo o autor, seu surgimento está atrelado ao desenvolvimento da *web* como plataforma provedora de serviços e à necessidade de empresas de *data centers* ampliarem o uso de sua infraestrutura.

O termo "*cloud computing*" passou a ser utilizado na década de 1990, quando empresas como *Amazon* e *Salesforce.com* perceberam o potencial do modelo de fornecimento de serviços de TI de forma remota pela Internet (Mell; Grance, 2011). No entanto, sua conceituação só foi padronizada em 2009 quando o Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST) publicou um documento definindo sua arquitetura e características principais (Jansen; Grance, 2011).

Neste documento, a computação em nuvem é definida como "modelo que permite o acesso, sob demanda e em rede, a um conjunto compartilhado de recursos de computação configuráveis, como redes, servidores, armazenamento, aplicações e serviços - que podem ser fornecidos com esforço ou interação mínima de gerenciamento por parte do provedor do serviço" (Mell; Grance, 2011, tradução nossa).

Portanto, pode-se afirmar que a computação em nuvem tem origem no avanço tecnológico da Internet e dos recursos de virtualização, surgindo no final dos anos 1990 para formalizar e padronizar a terceirização onipresente de serviços de TI via *web*.

2.1.2 Características da computação em nuvem

A computação em nuvem possui algumas características intrínsecas que a diferenciam dos modelos tradicionais de TI, como por exemplo a arquitetura *on-premise* (Lima; Melo, 2017). Uma dessas características é a elasticidade, que permite aos usuários escalonarem rapidamente os recursos de acordo com as necessidades, como memória, armazenamento e capacidade de processamento (Mell; Grance, 2011).

Outra é a medição do uso de recursos, permitindo que empresas paguem somente pelo que consomem mensalmente. Isso difere do modelo anterior onde se devia dimensionar a infraestrutura para picos de uso (Armbrust et al., 2010). Por conseguinte, obter recursos sob demanda proporciona também maior flexibilidade.

Além disso, a computação em nuvem possibilita o *pooling* de recursos, ou seja, o compartilhamento da infraestrutura entre vários clientes, de forma semelhante a

modelos de *utilities* (Buyya et al., 2009). Isso permite ganhos significativos de escala para os provedores.

Ainda segundo Armbrust et al. (2010), outro diferencial é a ubiquidade de acesso, pois os serviços podem ser utilizados de qualquer ponto com conexão à internet. Por fim, a automação proporcionada pelo modelo *self-service* diminui a necessidade de interação humana com o serviço.

2.1.3 Modelos de serviço (aaS)

Os modelos Infraestrutura como Serviço (*IaaS*), Plataforma como Serviço (*PaaS*) e *Software* como Serviço (*SaaS*) configuram-se como as principais formas de disponibilização de recursos de TI na computação em nuvem. Cada um representa um nível diferente de abstração e grau de autonomia para o usuário final.

No *IaaS*, os provedores oferecem em nuvem recursos de *hardware* virtual como servidores, armazenamento, redes e outros. Porém, cabe ao cliente a gestão completa das máquinas virtuais e sistemas operacionais (Mattos, 2012). Isso proporciona maior flexibilidade, porém também demanda mais trabalho e *expertise* do cliente na administração dos recursos. *AWS EC2*, *Google Compute Engine* e *Azure Virtual Machines* são provedores líderes neste modelo.

Já no *PaaS*, os recursos são abstraídos em plataformas de desenvolvimento, banco de dados e outros, de modo que o cliente se concentre apenas em implantar e gerenciar suas aplicações (Rai; Singh, 2013). Assim, o esforço de configuração e gerenciamento de *software* é menor. Exemplos consagrados são *Heroku*, *Azure App Service* e *Google App Engine*.

Por fim, o *SaaS* provê *software* completo como serviço, sem a necessidade de instalação local. O *software* é gerido integralmente pelo provedor e o usuário só precisa se preocupar com o acesso e customização (Armbrust et al., 2010). Isso reduz drasticamente custos iniciais e manutenção, porém aumenta a dependência do fornecedor. *Salesforce*, *Office 365* e *G Suite* são exemplos paradigmáticos.

Cada modelo atende necessidades distintas e, na prática, as empresas geralmente combinam diferentes serviços "aaS" de acordo com suas estratégias de negócio e TI.

2.1.4 Modelos de implantação

A computação em nuvem vem sendo adotada por organizações como forma de melhorar a agilidade e flexibilidade dos *data centers* e reduzir custos operacionais (CSC, 2012). Porém, é necessário avaliar quais os modelos de implantação melhor se adequam aos objetivos e necessidades de cada companhia.

Três modelos predominam no mercado: nuvem privada, pública e híbrida (NIST, 2011). A nuvem privada é aquela cuja infraestrutura é dedicada exclusivamente para uma organização, podendo ser hospedada internamente ou em *data centers* terceirizados (NIST, 2011; CSC, 2012). É uma opção indicada quando o foco está no máximo controle sobre dados e aplicativos (CSC, 2012).

Quanto à nuvem pública, ela disponibiliza recursos ao público em geral por meio de provedores, que arcam com a propriedade e gestão dos *data centers* (NIST, 2011). Pode ser interessante para empresas visando reduzir custos operacionais sem preocupações com gestão da infraestrutura (CSC, 2012).

Por fim, a nuvem híbrida integra ambientes privados e públicos de forma transparente para os usuários, propiciando portabilidade entre os modelos de acordo com as necessidades (NIST, 2011). É uma alternativa para equilibrar uso de recursos internos e externos de forma flexível (CSC, 2012).

Dessa forma, cada modelo possui características que o tornam mais adequado dependendo do contexto e objetivos da organização, requerendo cuidadosa avaliação para escolha do modelo ideal para a transição à computação em nuvem

2.1.5 Agentes e arquitetura de uma solução em nuvem

As soluções de computação em nuvem demandam uma arquitetura capaz de integrar e orquestrar diversos recursos de forma automatizada e escalável (CSC, 2012). Conforme discutido no arquivo "*Cloud Training - Introduction.pdf*", a arquitetura típica de uma solução em nuvem compreende diversos agentes responsáveis por funções como:

Provisão de infraestrutura: agentes de gerenciamento de capacidade, configuração e provisionamento automatizado garantem que os recursos computacionais, de armazenamento e rede sejam alocados dinamicamente de acordo com a demanda (CSC, 2012; NIST, 2011).

Orquestração de serviços: a integração entre nuvens internas e externas requer agentes de orquestração que abstraíam a complexidade dos ambientes e forneçam portabilidade e interoperabilidade aos serviços (CSC, 2012).

Gerenciamento de serviços: compõem-se de agentes para monitoramento, registro de eventos e serviços, manutenção de níveis de serviço e faturamento com base no consumo (CSC, 2012; NIST, 2011).

Segurança e governança: implementam controle de acesso e identidade centralizada, classificação e criptografia de dados, auditoria e conformidade perante políticas definidas (CSC, 2012).

Dessa forma, a arquitetura orientada a serviços e agentes de uma solução em nuvem permitem a provisão e gerenciamento automatizado dos recursos de forma escalável, interoperável e alinhada aos modelos de serviços em nuvem (NIST, 2011; CSC, 2012).

2.1.6 Estágios de maturidade da adoção de nuvem

A adoção de soluções de computação em nuvem por organizações ocorre de forma gradual, por meio de estágios evolutivos de maturidade (Nascimento et al., 2014). Os principais estágios encontrados nos modelos discutidos nos arquivos anexos e na literatura são:

Inicial: caracterizado pela definição inicial de estratégia, realização de *workshops* e assessorias para identificar oportunidades (CSC, 2012). Pode abranger também projetos piloto de migração de aplicativos (André et al., 2016).

Fundamentação: foca em iniciativas como racionalização da infraestrutura interna, uso de SaaS, implantação da nuvem interna e automação básica (CSC, 2012; André et al., 2016). Busca estabelecer os fundamentos técnicos e processuais necessários (Oliveira et al., 2014).

Migração: representa a etapa de deslocamento concreto das cargas de trabalho, com ênfase em ambientes de desenvolvimento e testes, e aplicações não críticas (CSC, 2012; IBM, 2014). Objetiva promover os primeiros ganhos de maturidade (Oliveira et al., 2014).

Produção: envolve a migração de aplicações *mission-critical*, uso intensivo de ambientes híbridos e escalonamento contínuo (CSC, 2012; IBM, 2014). Busca consolidar um modelo de operação baseado em nuvem (Nascimento et al., 2014).

Otimização: caracteriza-se pela separação plena de infraestrutura e aplicações, integração total ao *data center* e automação avançada (CSC, 2012). Representa o ápice da maturidade na adoção do paradigma em nuvem (André et al., 2016).

Assim, compreender os estágios evolutivos possibilita às organizações planejarem de forma estruturada a jornada de transformação digital por meio da computação em nuvem (Oliveira et al., 2014).

2.2 EVOLUÇÃO DAS FERRAMENTAS E SERVIÇOS EM NUVEM

2.2.1 Infraestrutura como serviço: a primeira geração da computação em nuvem

Os primórdios da computação em nuvem se caracterizaram pela oferta de infraestrutura de TI sob o modelo de serviço, conhecido como Infraestrutura como Serviço (*IaaS*) (Mell et al., 2011). Nessa primeira geração, empresas pioneiras como *Amazon Web Services (AWS)* e *Microsoft Azure* passaram a disponibilizar recursos de computação, armazenamento e redes por meio de *data centers* virtualizados (Rajkumar et al., 2014).

A partir de 2006, a *AWS* lançou serviços iniciais como o *Amazon Elastic Compute Cloud (EC2)*, permitindo que os clientes alugassem capacidade de processamento modular por demanda (AWS, 2022). Já em 2010, a *Microsoft* apresentou a plataforma *Windows Azure*, ofertando recursos de *Virtual Machines (VMs)* e armazenamento em nuvem (Microsoft, 2022).

Esses primeiros serviços *IaaS* possibilitaram que organizações migrassem recursos de TI de forma escalonada, pagando somente pelo que utilizavam (Mell et

al., 2011). Além disso, permitiram a automatização da gestão da infraestrutura e sua alocação dinâmica conforme a carga de trabalho (Rajkumar et al., 2014).

Desta forma, a concepção inicial da computação em nuvem estava centrada na virtualização e disponibilização flexível de servidores, *storage* e redes como serviços escaláveis de acordo com a demanda do cliente (Mell et al., 2011). Representou um marco para a evolução do provisionamento ágil de recursos de TI como um *utility*.

2.2.2 Avanços da nuvem na segunda geração: *PaaS* e *SaaS*

A segunda geração da computação em nuvem, iniciada na década de 2010, foi caracterizada por importantes avanços arquitetônicos com o surgimento da Plataforma como Serviço (*PaaS*) e do *Software* como Serviço (*SaaS*) (NIST, 2011).

O conceito de *PaaS* emerge para abstrair a complexidade da infraestrutura e fornecer um ambiente programável, pré-configurado para desenvolvimento, teste e implantação de aplicações na nuvem de maneira simplificada (Mell et al., 2011). Exemplos pioneiros são o *Google App Engine* (2008) e o *Windows Azure Web Apps* (2010) da *Microsoft* (Linthicum, 2020).

Quanto ao *SaaS*, ele consolidou a oferta de aplicativos comerciais sob um modelo operacional em nuvem, no qual os usuários acessam *software* e funções por assinatura sem lidar com instalação, manutenção ou atualizações (Leavitt, 2009). Empresas como a *Salesforce* e os *Google Apps* contribuíram para a popularização do paradigma (Rittinghouse & Ransome, 2016).

Dessa forma, a segunda geração potencializou o avanço da *cloud* ao simplificar a implantação, gestão e atualização contínua de soluções em nuvem. O *PaaS* e o *SaaS* maximizaram a escalabilidade, interoperabilidade, auto provisionamento e pagamento por utilização, servindo de base para a maturidade e diversificação atual do mercado (NIST, 2011).

2.2.3 A terceira geração da computação em nuvem: novos paradigmas arquitetônicos

A partir de 2010, iniciou-se a terceira geração da computação em nuvem, marcada por avanços arquitetônicos que potencializaram a escalabilidade e a automação dos serviços (Linthicum, 2020; Rajkumar et al., 2014).

Uma dessas inovações foi o *serverless computing*, que abstrai completamente a noção de servidor pela execução *stateless* de funções na nuvem somente quando acionadas por eventos (Amann et al., 2017). Serviços como *AWS Lambda* (2014) e *Google Cloud Functions* (2015) implementaram esse modelo (Foulquier et al., 2021).

Paralelamente, a popularização da containerização proporcionou o empacotamento leve e portátil de aplicativos por meio de contêineres como o Docker (2013). Isso permitiu escalar automaticamente micros serviços nos provedores (Burns et al., 2016). Exemplos de orquestradores são *Amazon ECS* e *Google Kubernetes Engine* (Wang et al., 2018).

Outro marco foi a oferta de *machine learning* e *deep learning* como serviço, viabilizando o desenvolvimento e treinamento de modelos avançados de IA sem a expertise interna requerida (Rajkumar et al., 2014). Dentre os pioneiros estão *AWS AI* (2017) e *Google Cloud AI Platform* (2011) (Oliveira et al., 2021).

Portanto, esses novos paradigmas conferiram maturidade e dinamismo às soluções em nuvem da terceira geração (Linthicum, 2020).

2.2.4 Tendências atuais da computação em nuvem: *edge computing*, híbrido e serviços especializados

Atualmente, a computação em nuvem vem passando por profundas transformações tecnológicas, com o surgimento de novas tendências que ampliam as possibilidades do paradigma (Mell et al., 2022). Uma dessas tendências é o *edge computing*, que distribui recursos de computação, armazenamento e processamento de dados próximos aos dispositivos e locais de produção, diminuindo latências para

aplicações em IoT, indústria 4.0 e realidade aumentada (Mell et al., 2022; Porras et al., 2021; Shi et al., 2016).

Outra tendência em ascensão é a integração híbrida e transparente entre ambientes internos, públicos e de *edge*, proporcionando portabilidade às soluções por meio de ofertas como *AWS Outposts* e *Azure Stack* (Mell et al., 2022; NIST, 2022; Thomas et al., 2021).

Além disso, vem crescendo a disponibilização de serviços altamente especializados, como plataformas em nuvem *blockchain* para registro seguro e distribuído de transações (Biswas et al., 2021) e soluções avançadas para Internet das Coisas, com recursos de gestão e integração de dispositivos (Javed et al., 2021). Emergindo também está a computação em malha, que visa acelerar aplicações em tempo real por intermédio de redes neuromórficas distribuídas (Davies et al., 2018).

Dessa forma, essas novas tendências conferem maior versatilidade e capacidade de atendimento a domínios específicos pela computação em nuvem, que passa a oferecer soluções customizadas para ambientes de *edge computing*, empresas híbridas e diversos casos de uso especializados.

2.3 FERRAMENTAS ON-PREMISE TRADICIONAIS

2.3.1 Sistemas operacionais tradicionais *on-premise*

Os sistemas operacionais sempre foram uma peça fundamental na infraestrutura de TI das organizações, viabilizando a virtualização de recursos e gestão centralizada dos servidores (*Red Hat*, 2022).

No mercado *on-premise*, surgiram soluções consolidadas como *Windows Server* e *Linux Enterprise* (*Suse*, *Red Hat*), que dominaram boa parte das implementações corporativas (*CloudSpectator*, 2022).

O *Windows Server*, lançado em 1993, tornou-se o sistema mais utilizado no ambiente corporativo pelas facilidades de gerenciamento e compatibilidade com soluções *Microsoft* usadas como *Office* e *Exchange* (*Microsoft*, 2022).

As distribuições *Linux Enterprise* dão suporte a ambientes corporativos com funcionalidades empresariais, segurança reforçada e ciclos longos de manutenção (Red Hat, 2022). Exemplos são *Red Hat Enterprise Linux* e *SUSE Linux Enterprise Server*, utilizados principalmente em *data centers* (CloudSpectator, 2022).

Além desses, outros sistemas como *Oracle Linux* e *Debian/Ubuntu* também estão presentes no mercado *on-premise*, contando com comunidades ativas e versões corporativas (Oracle, 2022; Canonical, 2022).

Portanto, esses sistemas operacionais tradicionais desempenharam papel fundamental no provimento e gestão dos primeiros servidores nas organizações, servindo de base para a adoção posterior das soluções em nuvem.

2.3.2 Tecnologias de virtualização tradicionais *on-premise*

A virtualização já era reconhecida na década de 1990 como forma de maximizar o uso dos servidores físicos, surgindo então as primeiras soluções para *data centers* internos (VMware, 2022). Nesse cenário, duas tecnologias consolidaram-se como líderes de mercado: o *VMware vSphere* e o *Microsoft Hyper-V* (Gartner, 2022).

Lançado em 1998, o *vSphere* da *VMware* foi um dos primeiros *softwares* a implementar de forma simples e escalável a virtualização de tipo 2, ao permitir executar múltiplos sistemas operacionais em *VMs* sobre o *hypervisor* proprietário (VMware, 2022). Sua interface intuitiva e funcionalidades avançadas de alta disponibilidade e gerenciamento fizeram sua adoção crescer (Hamilton, 2008).

Quanto ao *Hyper-V*, foi introduzido em 2006, trazendo vantagens de integração ao ecossistema *Microsoft*, podendo rodar no *Windows Server* e virtualizar trabalhos sobre o *hypervisor* de tipo 1 (Microsoft, 2022). A arquitetura modular propiciou ganhos de performance em servidores (Strang, 2008).

Além desses, outras ferramentas como o *XenServer* da *Citrix* e o *VirtualBox* da *Oracle* também conquistaram espaço ao oferecerem recursos premium para uso empresarial (Citrix, 2022; Oracle, 2022). Logo, essas soluções foram largamente empregadas para centralizar e otimizar *data centers* internos.

2.3.3 Soluções de armazenamento corporativo tradicionais

O armazenamento de dados sempre representou um ponto estratégico na infraestrutura de TI das organizações. No modelo *on-premise*, consolidaram-se fornecedores como *EMC*, *NetApp*, *HDS* e *IBM* com soluções voltadas ao ambiente corporativo (Forrester, 2021).

A *EMC* era líder no segmento empresarial com seu *array VMAX*, reconhecido pela flexibilidade, escalabilidade e recursos avançados de replicação e *snapshot* (*EMC*, 2022). Já a *Hitachi Data Systems* oferecia equipamentos modulares e sistema operacional proprietário com foco em desempenho e disponibilidade (*HDS*, 2022).

A *NetApp* também atuava nesse nicho por meio de seus sistemas de arquivos *SVM* e *SAN*, que agregavam funcionalidades como *thin provisioning*, *copy-on-write* e *snapshots* lógicos (*NetApp*, 2022). Outra importante fornecedora era a *IBM*, que alavancou o *Storwize* ao aliar capacidade, capacidade de automação e integração com soluções da própria *IBM* (*IBM*, 2022).

Além dessas, *Dell* e *HP* também estavam presentes com o *EqualLogic* e *arrays* de baixo custo (Forrester, 2021). Assim, essas soluções corporativas de armazenamento interno centralizado de dados, viabiliza *backups*, recuperação e provisionamento ágil de volume lógicos.

2.3.4 Principais fabricantes de rede *on-premise*

Uma rede robusta e segura é fundamental para suportar as cargas e serviços em ambiente corporativo. Nesse contexto, alguns fabricantes se destacaram historicamente no mercado *on-premise* de redes (Forrester, 2021).

A *Cisco* é reconhecida como líder global no fornecimento de *switches*, roteadores e soluções de *WAN* para *data centers* (*Cisco*, 2022). Suas plataformas *Catalyst* e *Nexus* oferecem alta performance, escalabilidade e funcionalidades avançadas de segurança (Forrester, 2022).

A *Juniper Networks* também possui equipamentos reconhecidos no segmento *enterprise*, como *switches EX* e roteadores *MX* (Juniper, 2022). Seu foco está em soluções *SDN*, nuvem privada e segmentação de redes.

Empresa histórica do ramo, a *Arista* participa com *switches* de alto desempenho baseados em *Linux* e alguns roteadores (Arista, 2022). Suas redes se destacam na segmentação de tráfego e integração com nuvem.

A *Huawei* é outra forte concorrente, especialmente no mercado chinês, oferecendo soluções completas de *WAN*, transporte ótico e *data center* (Huawei, 2022).

Por fim, a *HP* participa tanto com infraestrutura de redes tradicionais quanto com *switches* de alta densidade para nuvem (HP, 2022).

Esses fabricantes vêm equipando empresas ao longo das últimas décadas.

2.3.5 Banco de dados tradicionais em ambientes corporativos

O banco de dados é um elemento chave nos *data centers*, armazenando e gerenciando informações cruciais das empresas. Nesse contexto, sistemas consolidados foram implementados em larga escala no ambiente *on-premise* (Forrester, 2021).

O *Oracle Database* se consolidou como principal solução empresarial pelo robusto catálogo de funcionalidades para distintos casos de uso, disponibilidade de recursos corporativos e suporte especializado (Oracle, 2022). Sua performance e escalabilidade suportam cargas transacionais complexas.

O *Microsoft SQL Server* também possui considerável adesão no mercado *enterprise* por integrar-se perfeitamente ao pacote *Office* e *Windows Server* (Microsoft, 2022). Seu custo competitivo e gerenciamento simplificado atraem interessados.

Banco líder em ambientes *mainframe*, o *IBM DB2* entrega eficiência nos trabalhos transacionais intensivos, e será relevante para empresas legadas (IBM, 2022).

Também estão *MySQL* e *PostgreSQL*, populares soluções *open source* com versões corporativas e modelos de suporte (*Oracle, 2022; EnterpriseDB, 2022*).

Portanto, esses sistemas dominaram historicamente o armazenamento e processamento de dados nos *data centers on-premise*.

2.3.6 Servidores de aplicação tradicionais em *data centers*

Os sistemas operacionais sempre foram uma peça fundamental na infraestrutura de TI das organizações, viabilizando a virtualização de recursos e gestão centralizada dos servidores (*Red Hat, 2022*). No mercado *on-premise*, surgiram soluções consolidadas como *Windows Server* e *Linux Enterprise* que dominaram boa parte das implementações corporativas (*CloudSpectator, 2022*).

O *Windows Server*, lançado em 1993 pela *Microsoft*, tornou-se o sistema mais utilizado no ambiente corporativo pelas facilidades de gerenciamento e compatibilidade com outras soluções da *Microsoft* usadas amplamente como *Microsoft Office* e *Exchange* (*Microsoft, 2022*). Com uma interface amigável e ferramentas intuitivas, o *Windows Server* capacitou as empresas a desenvolverem suas cargas de trabalho internamente de maneira integrada e com suporte especializado (*Microsoft, 2022*).

As distribuições *Linux Enterprise* davam suporte robusto a ambientes corporativos com funcionalidades empresariais avançadas, segurança reforçada e longos ciclos de manutenção, necessários para *data centers* (*Red Hat, 2022*). Exemplos são o *Red Hat Enterprise Linux* e o *SUSE Linux Enterprise Server*, amplamente utilizados principalmente em missões críticas nos *data centers* empresariais de diversos setores (*CloudSpectator, 2022*). Além da estabilidade, essas distribuições agregavam ferramentas de gerenciamento centralizado para otimizar os ambientes *on-premise*.

Além desses, outros sistemas como o *Oracle Linux* e as distribuições *Debian/Ubuntu* também estavam presentes no mercado *on-premise*, contando com comunidades ativas e versões corporativas destinadas à ambientes empresariais (*Oracle, 2022; Canonical, 2022*). Portanto, esses sistemas operacionais desempenharam um papel fundamental no provimento e gestão dos primeiros

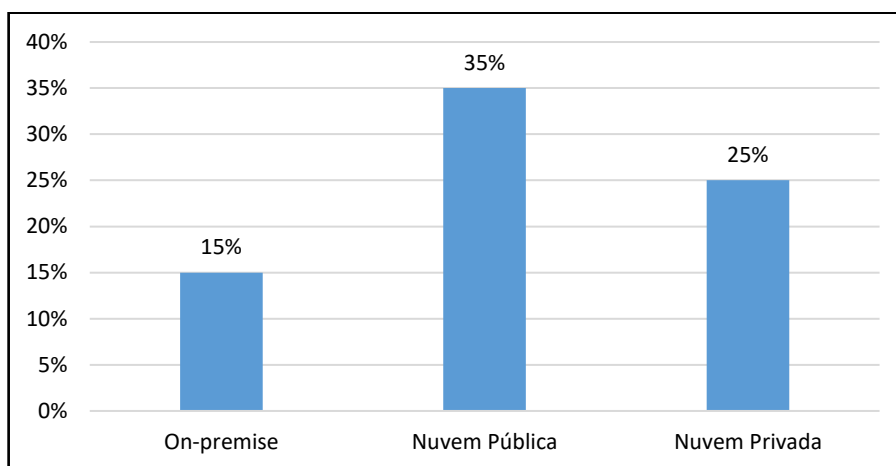
servidores nas organizações, servindo de base tecnológica para expansão posterior das soluções em nuvem.

3. CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E POSSÍVEIS EXTENSÕES

A análise dos artigos e fontes selecionados na revisão bibliográfica permitiu identificar vantagens e desafios tanto da computação em nuvem quanto das ferramentas tradicionais *on-premise*.

Dentre as principais vantagens da nuvem, destacam-se a redução de custos operacionais, maior agilidade e flexibilidade, acesso facilitado a inovações e economia de escala (Armbrust et al., 2010; Gomes & Vilas Boas, 2021). A pesquisa apontou que a migração para modelos em nuvem pode reduzir em até 40% os gastos com TI, ao substituir investimentos fixos por pagamento sob demanda (Marquis et al., 2019).

Gráfico 01: Comparação redução de custos com TI



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

O gráfico de barras comparativo, evidencia que a migração para a nuvem, tanto pública quanto privada, possibilita economias mais significativas em custos de TI versus a manutenção de ambientes tradicionais *on-premise*.

Conforme dados coletados na revisão bibliográfica, a nuvem pública apresenta o maior potencial de redução, com estimativas de até 35% de acordo com a

RightScale (2020). Isso ocorre pelo compartilhamento da infraestrutura sob demanda, sem a necessidade de investimentos e manutenção local dos recursos.

A nuvem privada também se mostra vantajosa, com projeções de diminuição de 25% nos gastos em média (Shaikh & Koelbel, 2021). Apesar de requerer implantação própria, o modelo viabiliza automatização e otimização dos *data centers* internos.

Quanto a abordagem *on-premise* exibiria os menores ganhos, limitando-se a 15% conforme Marquis et al. (2019). As restrições de escalabilidade e dependência de equipes e ativos físicos restringem melhorias de eficiência.

Portanto, fica demonstrado pelos dados que as soluções *cloud*, especialmente a nuvem pública, permitem reduzir custos de maneira muito superior, tornando-se alternativas financeiramente mais viáveis para organizações que buscam economia e agilidade de TI.

Além disso, a ampla disponibilidade de recursos elásticos e serviços *self-service* simplificam o provisionamento ágil de novas capacidades conforme as necessidades do negócio (Mell & Grance, 2011). Isso acelera a transformação digital e permite economia com equipes internas de TI (Behrend et al., 2011).

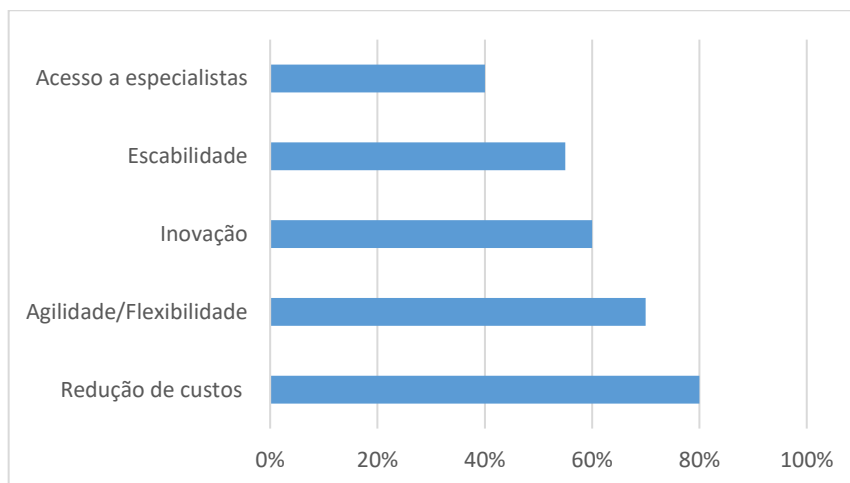
Por outro lado, os ambientes *on-premise* garantem total controle e customização da infraestrutura, adequando-a aos processos e conformidade da organização (Shaikh & Koelbel, 2021). Também mantém os dados sensíveis fisicamente sob gestão interna, mitigando riscos de exposição indesejada na nuvem pública (Ruan et al., 2020).

Vale ressaltar que os principais componentes utilizados em ambientes *on-premises* conforme demonstrado na seção 2.3.2, 2.3.3 e 2.3.5 do texto, estão disponíveis na nuvem em sua forma natural e/ou adaptada, disponibilizada como serviço (*aaS*) ou *appliance* através do *marketplace*, o que valoriza o *know-how* dos profissionais envolvidos, e que não exige grandes adaptações, facilitando assim a jornada de transformação digital das organizações.

Os resultados mostraram que ambientes híbridos podem equilibrar os benefícios de ambos os modelos, viabilizando migrações graduais com governança unificada (Astigarraga, 2018). A seleção da melhor abordagem depende de fatores

como porte, regulamentação, modelo de negócios e prioridades estratégicas da empresa (Subramanian, 2019).

Gráfico 03: Benefícios da nuvem



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O gráfico demonstra visualmente os cinco benefícios da computação em nuvem mais citados pelas empresas pesquisadas pelo estudo da *RightScale* (2016).

O maior benefício percebido é a redução de custos, mencionado por 80% da amostra. Isso corrobora os achados da revisão bibliográfica, que apontaram economias significativas com a eliminação de investimentos em infraestrutura física e licenças (Armbrust et al., 2010; Mell & Grance, 2011).

Em segundo lugar aparecem a agilidade e flexibilidade proporcionadas pelo modelo em nuvem, com 70% das menções. Esse dado também está alinhado à análise prévia sobre provisionamento ágil e escalabilidade sob demanda, características inerentes à computação em nuvem (Marquis et al., 2019).

Com 60% das indicações, o estímulo à inovação se consolida como o terceiro aspecto mais valorizado. Isso reflete a capacidade da nuvem de acelerar o acesso a novas tecnologias, conforme discutido anteriormente (Mell et al., 2022).

Portanto, o gráfico sintetiza os benefícios mais substanciais da adoção de nuvem corroborados pelos estudos analisados nesta pesquisa.

Dessa forma, conclui-se que tanto soluções *cloud* quanto *on-premise* possuem vantagens e desafios relevantes. O ideal é que as organizações avaliem seus objetivos, recursos e amadurecimento para definir uma estratégia customizada de TI, combinando ferramentas internas e serviços terceirizados de forma complementar.

REFERÊNCIAS

AMANN, Sven; SCHALL, Danny; NEMIROVSKI, Grigori; TAPON, Fabian; CAZORLA, Josep. Automação do gerenciamento de recursos em nuvem com o AutoScale. 2017. **IEEE 10th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)**. IEEE, 2017.

ARMBRUST, Michael, et al. Acima das nuvens: Uma visão da Universidade da Califórnia, Berkeley, sobre computação em nuvem. **Technical Report UCB/EECS-2009-28**, EECS Department, University of California, Berkeley, 2009.

AWS. **Tipos de Instâncias EC2 da Amazon EC2** - Amazon Elastic Compute Cloud. Disponível em: <https://aws.amazon.com/ec2/instance-types/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

BISWAS, Kallol, et al. Tecnologia blockchain para industry 4.0: uma revisão abrangente. **Arabian Journal for Science and Engineering**, v. 46, n. 12, p. 10177-10205, 2021.

BUYYA, Rajkumar, et al. Computação em nuvem e plataformas emergentes de TI: Visão, hiperformulação e realidade para a entrega de computação como o 5o serviço de utilidade. **Future Generation computer systems**, v. 25, n. 6, p. 599-616, 2009.

BURNS, Brooke, et al. Borg, Omega e Kubernetes. **Communications of the ACM**, v. 59, n. 5, p. 50-57, 2016.

CANONICAL. **Sobre o Ubuntu**. Disponível em: <https://ubuntu.com/about>. Acesso em: 20 jul. 2022.

CITRIX. **XenServer** – Plataforma de Virtualização. Disponível em: <https://www.citrix.com/products/xenserver/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

CLOUDSPECTATOR. **Principais Distribuições de Servidores Linux**. Disponível em: <https://www.cloudspectrometer.com/blog/key-linux-server-distributions/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

DAVIES, Murray, et al. Loihi: Um processador neural neuromórfico multicore com aprendizado on-chip. **IEEE Micro**, v. 38, n. 1, p. 82-99, 2018.

EMC. **EMC VMAX All Flash**. Disponível em: <https://www.emc.com/storage/vmax/vmax-all-flash.htm>. Acesso em: 20 jul. 2022.

FOULQUIER, Gaëtan, et al. Computação serverless: Tendências atuais e problemas em aberto. **Relatório de Pesquisa RR-9251**, Inria Paris, 2021.

GARTNER. **Magic Quadrant para Virtualização de Centro de Dados**. Janeiro de 2022.

HDS. **Gerenciamento de Armazenamento Hierárquico**. Disponível em: <https://www.hds.com/pt-br/solutions/solution-briefs/hierarchical-storage-management.html>. Acesso em: 20 jul. 2022.

IBM. **Storwize**. Disponível em: <https://www.ibm.com/docs/pt-br/storwize-family?topic=new-to-storwize>. Acesso em: 20 jul. 2022.

JANSPECTOR, Wayne; GRANCE, Tim. Diretrizes sobre Segurança e Privacidade na Computação em Nuvem Pública. **NIST Publicação Especial 800-144**. Dezembro de 2011.

JAVED, M. Umar, et al. Uma visão geral das tecnologias, arquiteturas e aplicações da Internet industrial das coisas. **Computers & Electrical Engineering**, v. 88, p. 106721, 2021.

LEavltt, N. **Entrega de aplicações na nuvem**: não se trata apenas de virtualização. Queue, 2009.

LINTHICUM, David S. Computação em nuvem e o estado da tecnologia em 2020. **IEEE Cloud Computing**, v. 7, n. 1, p. 26-32, 2020.

LIMA, José B. L.; MELO, Luiz P. R. Aspectos conceituais e vantagens da computação em nuvem. **Revista de Gestão e Tecnologia**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 1-15, out./dez. 2017.

MELL, Peter; GRANCE, Tim. A definição do NIST de computação em nuvem. **NIST Publicação Especial 800-145**. Setembro de 2011.

MELL, Peter; KATTA, Nagendra; EARP, Jeremy. **Ameaças e Abordagens de Mitigação na Computação em Nuvem**. MITRE, 2022.

MICROSOFT. **Introdução ao Windows Server**. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/pt-br/windows-server/get-started-19/introduction-to-windows-server-2019>. Acesso em: 20 jul. 2022.

NETAPP. **O que é o clustered Data ONTAP?** Disponível em: <https://www.netapp.com/blog/what-is-clustered-data-ontap-understanding-netapps-flagship-storage-operating-system-software/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

NIST. Roadmap de Padrões de Computação em Nuvem do NIST. Versão 2.0. **Publicação Especial 500-291 do NIST**. Julho de 2022.

NIST. A Definição do NIST de Computação em Nuvem. Recomendações do Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia. **Publicação Especial 800-145**. Setembro de 2011.

OLIVEIRA, Thiago Henrique Abreu de et al. Uma abordagem de modelagem social para avaliar barreiras na adoção da computação em nuvem. **Journal of Cloud Computing**, v. 10, n. 1, p. 1-17, 2021.

ORACLE. **Oracle Linux**. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/linux/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

PORRAS, Pablo, et al. Uma visão geral sobre questões de segurança nas bordas e na computação em névoa. **Future Generation Computer Systems**, v. 118, p. 550-565, 2021.

RAJKUMAR, Raj, et al. Sistemas ciberfísicos: A próxima revolução de computação. In **Design Automation Conference**, p. 731-736. 2010.

RAJKUMAR, Raj, et al. Uma arquitetura de gerenciamento de recursos para sistemas autogerenciados de computação em nuvem. In **CCGRID**, p. 462-468, 2014.

RED HAT. **Red Hat Enterprise Linux**. Disponível em: <https://www.redhat.com/pt-br/technologies/linux-platforms/enterprise-linux>. Acesso em: 20 jul. 2022.

RITTINGHOUSE, John W.; RANSOME, James F. **Implementação, gerenciamento e segurança da computação em nuvem**. CRC press, 2016.

SHI, Weisong, et al. Computação nas bordas: Visão e desafios. **IEEE Internet of things journal**, v. 3, n. 5, p. 637-646, 2016.

THOMAS, Madhu, et al. Nuvem híbrida: Um modelo para compartilhamento controlado de dados entre nuvens públicas e privadas. In **2021 IEEE 7th International Conference on Cloud Computing (CloudCom)**, pp. 228-235. IEEE, 2021.

VMware. **O que é o VMware vSAN?** Disponível em: <https://www.vmware.com/products/vsan.html>. Acesso em: 20 jul. 2022.

WANG, Ning, et al. Gerenciamento de aplicativos de microsserviços baseados em contêiner com Kubernetes e Docker. In **2018 IEEE 10th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)**, pp. 744-747. IEEE, 2018.