



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE INFORMÁTICA
GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

Uma Revisão do Estado da Arte Sobre os Desafios e Efeitos do Uso de Software Defined Data Center (SDDC)

Jônatas da Silva Bezerra

**Recife
2016**

Jônatas da Silva Bezerra

Uma Revisão do Estado da Arte Sobre os Desafios e Efeitos do Uso de Software Defined Data Center (SDDC)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Programa de Graduação em Sistemas de Informação
do Centro de Informática da Universidade Federal de
Pernambuco como requisito parcial para obtenção do
grau de Bacharelado em Sistemas de Informação.

Orientador: Vinícius Cardoso Garcia.

Recife
2016

Jônatas da Silva Bezerra

Uma Revisão do Estado da Arte Sobre os Desafios e Efeitos do Uso de Software Defined Data Center (SDDC)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Programa de Graduação em Sistemas de
Informação do Centro de Informática da
Universidade Federal de Pernambuco como
requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharelado em Sistemas de Informação.

Aprovado em Recife, ____ de julho de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Vinícius Cardoso Garcia
Orientador - CIn - UFPE

Prof. Dr. Leandro Marques do Nascimento
Avaliador - DEI - UFRPE

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, ao meu pai
Marcos Bezerra, minha mãe Jacira Bezerra e aos meus irmãos.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida, saúde, pela oportunidade que Ele me deu e dá de realizar sonhos e objetivos e por ter me sustentado durante todos os momentos difíceis que enfrentei no decorrer dessa graduação.

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais, Jacira Bezerra e Marcos Bezerra, por minha criação, exemplo, apoio, educação, amor, cuidado, confiança, e suporte sem medida para minha continua formação profissional. Sem eles, seus cuidados, investimentos e orações nada disso seria possível. Aos meus irmãos, Melina Bezerra e Joás Bezerra, e demais familiares, por estarem sempre ao meu lado, sempre dispostos a me ajudar.

A minha namorada amada, Nathalia Amorim, serei eternamente grato pelo apoio, força, amor, atenção, cuidado e também pela ajuda na revisão e padronização do TCC.

Agradeço também ao meu professor e orientador Vinícius Garcia, por ter aceitado me orientar e por me ajudar na produção desse trabalho e no meu crescimento acadêmico durante a graduação.

Sou grato ao CIn e a UFPE que através dos professores contribuíram de forma significativa com o meu crescimento profissional, e funcionários que colaboram facilitando processos e atividades administrativas; e por tantas oportunidades oferecidas e pelo conhecimento construído aqui através desses anos nesta universidade.

Também estão inclusos nesta trajetória, os meus amigos, de dentro e fora do CIn, que sempre me ajudaram e me apoiaram. Com certeza sem eles eu não teria ido tão longe durante o curso. Agradeço aos colegas de curso e companheiros dos diversos projetos ao longo das disciplinas. Em especial, agradeço aos Espartanos que são amigos para toda a vida, e aos meus amigos que me ajudaram na revisão do TCC.

Agradeço a ABUB por ter tornado minha vivência acadêmica mais prazerosa, e colaborando com minha formação como ser humano e profissional.

Enfim, agradeço a todos que participaram dessa etapa da minha vida acadêmica com palavras de motivação, apoio e força para não desistir da caminhada. Sou muito grato por tudo!

“Não há maior obstáculo ao conhecimento do que o orgulho, e nenhuma condição mais essencial do que a humildade. ” **John Stott**

RESUMO

Data Centers empresariais têm evoluído ao longo dos anos e mudando de modelo de infraestrutura à medida que novas soluções surgem. Com o advento da virtualização novas oportunidades de mudança foram trazidas a cada nova transformação. *Software Defined Data Center (SDDC)* é uma visão para a infraestrutura de TI que estende os conceitos de virtualização tais como abstração, pooling, e automação para os recursos do Data Center e reúne características da *Cloud Computing* como elasticidade e flexibilidade, além de usar as tecnologias de *Software Defined Network* e *Software Defined Storage* que são tecnologias que virtualizam a rede e o storage respectivamente. SDDC permite a criação de *Data Center* híbrido, dinâmico, elástico, gerenciável de forma centralizada, e altamente adaptável aos modelos de negócio das empresas. Este trabalho tem como objetivo sintetizar evidências sobre os desafios e efeitos do uso de *Software Defined Data Center* em empresas por meio de uma revisão do estado da arte com a finalidade de comparar estudos sobre o grau de maturidade e o avanço desta solução como uma ferramenta computacional moderna, permitindo assim que novos trabalhos sejam realizados a partir deste.

Palavras-chave: Software Defined Data Center, SDDC, Cloud Computing, Virtualização.

ABSTRACT

The Data Center of companies has evolved over the years and changing infrastructure model as new solutions emerge. With the advent of virtualization, new opportunities for change were brought to each new transformation. Software Defined Data Center (SDDC) a vision for IT infrastructure that extends virtualization concepts such as abstraction, pooling, and automation to all of the data center's resources and brings some Cloud Computing features and uses the technologies of Software Defined Network and Software Defined Storage that are technologies that virtualizes Networking and Storage. SDDC allows the creation of a Data Center that is hybrid, dynamic, elastic, centrally manageable, and highly adaptable to the business models of the companies. This paper aims to summarize evidence on the challenges and effects of using Software Defined Data Center in companies through a review of the state-of-art in order to compare studies on the degree of maturity and advancement of this solution as a tool modern computing. Thus it allows that new studies can be done based on this.

Key words: Software Defined Data Center, SDDC, Cloud Computing, Virtualization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Uma comparação entre o modelo de storage tradicional e o modelo de SDS.....	17
Figura 2 - Uma comparação entre o modelo de storage tradicional e o modelo de SDS.....	25
Figura 3 - Evolução da TI para SDDC.....	27
Figura 4 - Uma arquitetura para um ambiente definido por software.....	28
Figura 5 - Resultado inicial da quantidade de artigos por base de busca.....	33
Figura 6 - Resultado final da quantidade de artigos por base de busca	34
Figura 7 - Componentes principais de um SDDC.....	36
Figura 8 - Número de artigos por resposta das questões de pesquisa	42
Figura 9 - Tabela matriz de achados por artigo.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	Application Programming Interface
CPU	Central Processing Unit (Unidade de Processamento Central)
DMFT	Distributed Management Task Force
IaaS	Infrastructure as a Service (Infraestrutura como Serviço)
NIST	National Institute of Standards and Technology, USA
PaaS	Platform as a Service (Plataforma como Serviço)
QoS	Quality of Service
SaaS	Software as a service (Software como Serviço)
SDDC	Software Defined Data Center
SDN	Software Defined Network
SLA	Service Level Agreement (Acordo de Nível de Serviço)
SNIA	Storage Networking Industry Association
SDS	Software Defined Storage
VM	Virtual Machine (Máquina Virtual)
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Contexto e Motivação	12
1.2	Objetivo.....	13
1.3	Método Aplicado	13
1.4	Organização do Trabalho	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1	Data Center.....	15
2.2	Virtualização	16
2.3	Cloud Computing	19
2.4	Software Defined Network	22
2.5	Software Defined Storage	23
2.6	Software Defined Data Center	26
2.7	Resumo	29
3	MÉTODO DA PESQUISA.....	30
3.1	Delineamento do estudo.....	30
3.2	Bases de Dados.....	30
3.3	Questões de busca.....	31
3.4	Busca dos Estudos	31
3.5	Análise dos Estudos.....	32
3.6	Resumo	32
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	33
4.1	Resultado da Busca.....	33
4.2	Efeitos do Uso de SDDC	34
4.2.1	Efeito 1: Soluções das empresas podem rodar em um ambiente customizável e elástico	34
4.2.2	Efeito 2: Economia e Redução de custos.....	35
4.2.3	Efeito 3: Gerenciamento inteligente e efetivo do Data Center	35
4.2.4	Efeito 4: Service Level Agreement (SLA) e QoS de alto padrão	37

4.3	Desafios do uso de SDDC.....	37
4.3.1	Desafio 1: Mudança nos processos de negócio.....	37
4.3.2	Desafio 2: Falta de padrão de arquitetura de SDDC	39
4.3.3	Desafio 3: Imaturidade de SDN, SDS e SDDC	40
4.3.4	Desafio 4: Sistemas legados e migração em etapas	41
4.4	Discursão dos Resultados.....	42
5	CONCLUSÃO.....	45
6	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto e Motivação

O modelo tradicional de uso, configuração e instalação de Data Center tem evoluído ao longo do tempo; originalmente era um conjunto de software e hardware isolados, atualmente consiste numa solução de negócios para empresas [1]. Data Center de diversos tamanhos são utilizados frequentemente nos campus universitários e nas empresas de pequeno, médio e grande porte para a execução de uma ampla quantidade de programas e aplicações [2].

Rana, Alaskar e Ahmad [3] definem Data Center como um repositório de dados protegidos e centralizado que contém redes (network), sistemas de armazenamento (storage), sistemas de refrigeração, aplicações e infraestrutura de energia. Também podem conter servidores web, de aplicação, de banco de dados e até de streaming. Esse repositório deve provê um ambiente que pode ser escalável, flexível, disponível, confiável e seguro, e que mantém os dados da empresa.

De acordo com a VMware[4], Data Center tem evoluído em relação aos aspectos de complexidade e tamanho de capacidade de software. Muitas abordagens convencionais, metodologias de design e ferramentas que são aplicadas em Data Centers tradicionais não são mais aplicáveis para os ambientes dinâmicos, o que aumenta muito os problemas relacionados com a escalabilidade, disponibilidade, bem como a segurança. Assim, a melhoria das técnicas existentes que são aplicadas em Data Center tornou-se um tema de pesquisa ativo no campo da Tecnologia da Informação.

Várias tecnologias surgiram para aumentar os recursos e mudar o ambiente dos Data Centers, entre elas a virtualização. No trabalho da VMware [4] é evidenciado que a virtualização transformou os Data Centers corporativos em uma plataforma mais adaptável e eficiente para aplicações de negócios. Esta transformação é utilizada em mais de 50% das aplicações que rodam hoje em servidores. Virtualização se popularizou através das soluções da VMware. Ela possibilitou enormes benefícios tais como: gastos de capital reduzido, maior utilização de ativos, e produtividade de Tecnologia da Informação (TI) melhorada. Além disso, a virtualização hoje é um componente de software indispensável da infraestrutura de TI de uma empresa.

O aprimoramento e a extensão do conceito de virtualização possibilitaram o surgimento de outras tecnologias como Software Defined Network (SDN), Software Defined Storage (SDS), e por último Software Defined Data Center (SDDC) que mudou o paradigma do Data Center por completo. SDN e SDS são tecnologias que virtualizam a rede e o storage respectivamente, além de oferecer recurso de gerenciamento, orquestração e programação.

Em [4], SDDC é definido como uma plataforma unificada que fornece automação, flexibilidade e eficiência para transformar a maneira de entrega dos serviços de TI. Servidores, storage e rede são reunidos, agregados e entregues como software e são gerenciados por um software inteligente. O resultado disso é um Data Center otimizado que proporciona agilidade aos negócios, Acordo de Nível de Serviço (SLA) mais altos para as aplicações, operações drasticamente mais simples, e custos menores.

Apesar do corpo de conhecimento estabelecido sobre o Software Defined Data Center (SDDC), ainda não existem publicações compiladas sobre os desafios e efeitos do uso dessa solução, neste sentido o trabalho tem por interesse sumarizar as evidências sobre os desafios e efeitos do uso de SDDC. O trabalho relata o método de pesquisa, a definição de SDDC, e das tecnologias que envolvem essa solução, o processo da busca de artigos, e discute os resultados dessa pesquisa.

1.2 Objetivo

O objetivo do estudo foi sintetizar evidências sobre os desafios e efeitos do uso de Software Defined Data Center (SDDC) em empresas por meio de uma revisão do estado da arte com a finalidade de comparar estudos e analisar o grau de maturidade e o avanço desta solução.

1.3 Método Aplicado

A método de revisão adotado constitui-se das etapas de pesquisa, desenvolvimento, e de documentação. Cada etapa compõe um propósito específico da revisão e elas foram realizadas em sequência. As atividades realizadas durante a pesquisa foram basicamente de buscar e coletar artigos, publicações, em diversas bases de busca, e registro da bibliografia coletada. A etapa de desenvolvimento compreendeu na definição do contexto, análise e busca de respostas e resultados para as questões levantadas. E a etapa de documentação tratou do que dizia respeito às atividades

de redação da monografia. Durante esta etapa também foram realizadas atividades de revisão e correção.

1.4 Organização do Trabalho

Para facilitar a visualização e leitura dessa monografia, foram utilizados cinco capítulos, que serão definidos e descritos a seguir:

- **Capítulo 1** – Nesse capítulo é apresentando o contexto no qual a pesquisa foi desenvolvida, assim como os objetivos de realiza-la.
- **Capítulo 2** – É descrito como funciona a revisão do estado da arte e como ela foi aplicada nesse trabalho.
- **Capítulo 3** – Para facilitar a compreensão do trabalho, neste capítulo há uma revisão da literatura, contendo um referencial teórico sobre Software Defined Data Center e todas as tecnologias que estão envolvidas nesta solução.
- **Capítulo 4** – Nessa etapa é apresentado o resultado da pesquisa.
- **Capítulo 5** – Este capítulo contém a conclusão do trabalho, onde é apresentada uma discussão sobre o tema, com algumas considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem como principal objetivo apresentar o conceito de Software Defined Data Center. Nele também serão apresentados conceitos referentes a Data Center, Virtualização, SDN, SDS, e por último, Software Defined Data Center. Para cada um dos temas, serão apresentadas as principais definições extraídas das referências bibliográficas.

2.1 Data Center

No seu trabalho, Raghuraman [1] explica que os componentes principais da infraestrutura do Data Center de uma empresa são servidores, storage e network e eles são a base sobre a qual aplicações de negócios são construídos. Tradicionalmente, os Data Centers empresariais são projetados para durar por muito tempo e para atender os objetivos visíveis do negócio, o que significa que seus componentes são dimensionados e construídos para uma carga de trabalho específica. Eles também são dimensionados e construídos utilizando a modelagem volumétrica das aplicações e requisitos não funcionais, como desempenho, disponibilidade, escalabilidade e segurança. Rana, Alaskar e Ahmad [3], definem Data Center como sendo um conjunto de dados protegidos e centralizado que contém network, e storage, sistemas de refrigeração e infraestrutura de distribuição de energia.

Ainda de acordo com [1], acrescenta-se que a maioria das organizações tem uma mistura de computação física, infraestrutura legada e de alguns nós de computação virtualizada que suportam várias as aplicações do negócio. Organizações têm sistemas legados, que comportam a lógica de negócio, em muitos casos, e esses servidores legados trazem consigo seus próprios desafios em matéria de monitorização e gestão. Isto levou organizações a criarem uma infinidade de sistemas autônomos individuais, ou ferramentas, para executar funções de monitorização e gestão de vários servidores agregados. Além disso, muitos usam um conjunto separado de ferramentas para gerenciamento de desempenho de rede e armazenamento. Isso resulta em Data Centers corporativos que não têm uma visão unificada da disponibilidade de recursos em toda a infraestrutura. Tradicionalmente, toda a infraestrutura é projetada e provisionada considerando o volume específico para apoiar as aplicações de negócios, a operação de carga, o pico em trabalhos por segundo, a disponibilidade e requisitos de escalabilidade. Isso pode levar a um dimensionamento errado para mais ou menos, e muitas vezes, leva à subutilização dos recursos.

Isso acarreta em um efeito em cascata sobre investimento, despesas gerais de gestão, licenças de software, manutenção de hardware e outros custos de um Data Center.

Sistemas legados, de acordo com Bisbal, Lawless, e Wu [5], normalmente fazem parte da solução de uma organização e podem ser o principal meio para a consolidação dos dados do negócio. Esses sistemas geralmente resistem a modificações e evolução, devido a isso eles podem trazer vários problemas para as organizações. Os problemas mais graves são: esses sistemas geralmente são executados em hardware obsoleto que é lento e caro para manter; a manutenção do software geralmente é cara; a detecção e correção de falhas pode ser demorada e trabalhosa, muitas vezes devido à falta de documentação ou uma falta de compreensão do funcionamento interno do sistema; a integração com outras aplicações é difícil devido à ausência de interfaces limpas; sistemas legados são muito difícil de se expandir. Em resposta a estes problemas, muitas organizações planejam mover seus sistemas legados para novos ambientes que permitem que os sistemas de informação possam ser facilmente mantidos e adaptados às novas exigências do negócio, mas mantendo as funcionalidades dos sistemas existentes, sem ter que reconstruí-los completamente.

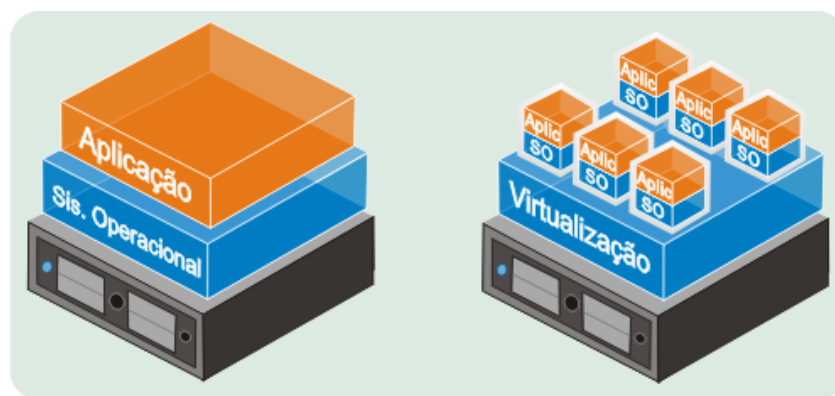
Os pontos negativos deste modelo tradicional de Data Center levaram muitas empresas para a próxima onda de design de infraestrutura, utilizando serviços de infraestrutura compartilhada e de computação virtualizada para aumentar a eficiência na utilização de recursos e assegurar que a infraestrutura seja projetada de forma adequada para o propósito da empresa.

2.2 Virtualização

A ideia de virtualização deve início no final dos anos 1960, como mostra Goldberg [6]. O hypervisor, ou Virtual Machine Monitor (VMM), foi criado com o intuito de ser um software de abstração que particiona uma camada de hardware em uma ou mais máquinas virtuais. Naquela época, o propósito do VMM era o dominar a infraestrutura de hardware dos grandes mainframes, os usuários descobriram que VMMs fornecia uma maneira atraente para multiplicar o recurso tão escasso e caro entre as várias aplicações. As soluções de hypervisor mais comuns hoje são VMware ESXi), VMware ESX, Xen, Citrix XenServer e Microsoft Hyper-V Server.

A virtualização de servidores se popularizou a cerca de 10 anos e hoje tornou-se uma das principais tecnologias no Data Center. A virtualização de servidores é baseada no conceito de dissociar o software da plataforma do hardware. Em [7], afirma-se que virtualização nasceu com

os servidores mainframe, e com a evolução, os serviços críticos de TI não estavam mais vinculados a servidores físicos individuais, e as aplicações ganharam melhorias significativas na densidade, escalabilidade e portabilidade. Hoje, com o crescimento de Big Data e Analytics, e o surgimento da Internet das Coisas (Internet of Things) foram criados mais espaço de armazenamento, rede e a complexidade da segurança aumentou.



Arquitetura Tradicional x Virtualização

Figura 1 - Comparação arquitetura de servidor tradicional x virtualizada (obtida em: <http://sysbrasil.com.br/?page=virtualizacao>)

A Figura 1 mostra uma comparação de um servidor tradicional, onde o Hardware recebe um Sistema Operacional e roda uma ou mais aplicações. Isso pode ocasionar na subutilização do hardware e também requer que a empresa compre vários servidores para diferentes Sistemas Operacionais. Já na solução virtualizada, o hardware recebe uma solução de virtualização, o hypervisor, que abstrai o hardware e permite a criação de várias máquinas virtuais, independentes ou não, com Sistemas Operacionais diferentes. Isso resulta em um maior aproveitamento dos recursos de hardware, economia de energia e aquisição de equipamentos, entre outras vantagens.

Em seu trabalho, Raj e Subharthi [8] descrevem as principais razões que levaram a maioria das empresas a utilizarem virtualização:

- Compartilhamento: Quando um recurso é muito grande para um único usuário, é melhor dividi-lo em vários pedaços virtuais, para que assim diversas máquinas virtuais compartilhem o mesmo hardware;

- Isolamento: Os usuários ou aplicações que utilizam um componente virtual não devem ser capazes de monitorar ou interferir nas atividades de outros componentes sem autorização. Isto pode acontecer mesmo que diferentes usuários pertençam à mesma organização;
- Agregação: Se o recurso for muito pequeno, é possível construir um recurso virtual que se comporta como um recurso maior. Por exemplo, é o caso de um storage, onde um grande número de discos de baixo custo pode ser usado para fazer a grande capacidade de armazenamento confiável;
- Dinâmica: Muitas vezes, os requisitos de recursos mudam rapidamente devido à dinâmica dos usuários, e é preciso ter uma forma de realocar os recursos de forma rápida. Isto é mais fácil com uma plataforma Virtual do que com os recursos não virtualizados;
- Facilidade de gestão: os dispositivos virtuais são mais fáceis de gerir, porque eles são baseados em software e normalmente tem uma interface uniforme que abstrai a interface física.

Os executivos de TI de pequenas e grandes organizações já virtualizaram com sucesso grande parte da sua infraestrutura de servidores nos últimos nove anos, afirmam Gillen e Daly [8]. Hoje, mais de 50% de todas as aplicações são executadas em máquinas virtuais em um servidor de virtualização. Estes esforços têm reduzido os custos do Data Center, elevando o aproveitamento de utilização dos servidores da rede, e elevando a produtividade das equipes em todas as organizações. No entanto, embora a virtualização proporcione impressionantes aumentos iniciais de produtividade, resultados contínuos, muitas vezes não atendem as expectativas da administração para melhorar ainda mais o uso de ativos da rede e storage, e consequentemente, a eficiência operacional. Este problema de network e storage muitas vezes ocorre devido a rápida expansão das implantações de servidores virtuais, sem o devido planejamento destes recursos, gerando uma ameaça de sobrecarregar nas mesmas [8]. Isso é problemático para os negócios de hoje, conforme é exposto por [7], porque torna mais difícil de gerir mudanças, incidentes ou inovar. Ironicamente, a arquitetura de Data Center que proveu melhoria de negócios e inovação tornou-se agora um impedimento para o crescimento continuado. Felizmente, a virtualização pode voltar a abordar as crescentes demandas sobre a infraestrutura de TI. Estendendo o conceito de virtualização para todo Data Center, é possível abstrair, criar pools, e automatizar várias as áreas do mesmo (incluindo network e storage), e assim alcançar a TI como serviço.

Os autores de [7] acrescentam que ao aplicar os princípios por trás da virtualização de computação para outras áreas, tais como storage, network e segurança, é possível colher seus benefícios em todo o Data Center. E não apenas servidores virtuais, como também, configurações da rede e storage podem ser virtualizadas.

2.3 Cloud Computing

A Computação em nuvem começou na década de 60 pesquisadores como Douglas Parkhill e John McCarthy que trabalharam no desenvolvimento de um modelo computacional chamado Computação Utilitária [9]. Em 1961, John McCarthy sugeriu publicamente que recursos computacionais fossem providos sob demanda e bilhetados por meio de um modelo de negócio utilitário como energia, água e telefonia [10]. Esse modelo foi adotado por várias soluções de computação como os terminais burros que utilizavam Time Sharing e processamento remoto em lote. Ele também ofereceu influência, alterações e evoluções ao longo do tempo. Como por exemplo, com o advento da descentralização de computadores promovido pela onda dos computadores pessoais na década de 1980. Entretanto, por volta do ano 2000, graças ao crescimento acelerado de tecnologias de comunicação como a internet, a ideia ressurgiu. [11] A Cloud Computing ou Computação em nuvem é uma evolução concretizada do modelo de computação utilitária proposto por McCarthy e cada vez mais tem estado em evidência. [12]

A penetração global da Internet, juntamente com a popularização de dispositivos com acesso à internet (laptops, tablets, smartphones, console de jogos, etc), formou a necessidade da mobilidade da TI e levou ao ressurgimento de Cloud Computing, afirmam Jeffery e Kousiouris[13]. Neste contexto, a uma velocidade incrível, ambientes de nuvem transformam e revolucionam a forma como os indivíduos, empresas e governo estão gerindo os seus serviços e os seus dados. Para empresas, isso acelerando a inovação, melhorando o tempo de colocação no mercado e oferecendo maior flexibilidade. Um grande número de aplicações de vários domínios, incluindo Redes Sociais, aplicativos de escritório, aplicativos de negócios, jogos e muitos outros foram migrados de servidores locais para infraestruturas de nuvem. Isso proporcionou benefícios para as empresas, que são liberadas do fardo de instalar, configurar e manter os servidores de aplicações localmente. O ressurgimento do conceito de cloud estendeu o ambiente das empresas para além das suas fronteiras físicas, trazendo toda uma nova gama de cenários de uso e integração do Data Center e aplicações da empresa. No contexto de cloud, aplicativos e dados podem ser hospedados ou

trocados através de uma ampla gama de entidades diferentes, enquanto os próprios serviços podem ser interligados usando interfaces e plataformas heterogêneas [13].

O National Institute of Standards and Technology (NIST) [14] define Cloud Computing como um modelo que permite o acesso através de rede ubíqua, de acordo com a demanda, a um pool compartilhado de recursos computacionais que podem ser rapidamente provisionados e liberados com um esforço mínimo de gerenciamento ou interação com o provedor de serviços.

Mell e Grance [14] classificam os modelos de serviço que os provedores oferecem para a Cloud da seguinte forma:

- **Software como Serviço (SaaS):** a solução fornecida para o cliente é uma aplicação de propósito específico em execução na infraestrutura de nuvem. As aplicações são acessíveis a partir de vários dispositivos clientes como um navegador da Web. O cliente não gere ou controla a infraestrutura de nuvem (rede, servidores, sistemas operacionais, armazenamento). O cliente só pode administrar e controlar configurações específicas e limitadas do próprio aplicativo.
- **Plataforma como Serviço (PaaS):** a solução fornecida ao cliente é a capacidade de implantar aplicações (próprias ou adquiridas) na infraestrutura da nuvem. O fornecedor entrega sistemas operacionais, linguagens de programação e ambientes de desenvolvimento de software. O cliente não gere ou controla a infraestrutura da nuvem (rede, servidores, sistemas operacionais, ou armazenamento), mas tem o controle sobre os aplicativos implantados e configurações do ambiente de hospedagem de aplicativos.
- **Infraestrutura como Serviço (IaaS):** a solução fornecida ao cliente é a capacidade de adquirir o fornecimento de processamento (CPU), armazenamento, redes e outros recursos computacionais onde o cliente é capaz de implantar e executar aplicações ou serviços. O consumidor não gere ou controla a infraestrutura física, mas tem o controle sobre sistemas operacionais, armazenamento e aplicativos implantados.

Sobre as formas de distribuição, os autores de [14] classificam os ambientes de computação na nuvem em quatro diferentes formas nos quesitos acesso e disponibilidade:

- Nuvem privada: essa infraestrutura de nuvem é disponibilizada para uso exclusivo de uma organização. Pode ser gerenciada e operada pela organização ou um terceiro, ou alguma combinação deles, e podem estar disponibilizados local ou remotamente.
- Nuvem pública: essa infraestrutura de nuvem é disponibilizada para uso aberto pelo público em geral. Pode ser gerenciada e operada por uma empresa, universidade ou organização governamental, ou alguma combinação deles.
- Nuvem comunitária: essa infraestrutura de nuvem é disponibilizada para uso exclusivo de uma comunidade de organizações com interesse comum. Pode ser gerenciada e operada por uma ou mais organizações da comunidade, um terceiro, ou alguma combinação deles.
- Nuvem híbrida: essa infraestrutura é uma composição de duas ou mais infraestruturas de nuvem (privada, comunidade ou pública). Elas são unidas por tecnologia proprietária ou padronizada que permite que dados e aplicações sejam trocados.

Buyya e Calheiros [15] afirmam que Cloud Computing evoluiu para um bem-sucedido paradigma de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) que entrega recursos como um serviço através da Internet. A adoção da computação em nuvem se estende por toda a indústria, governos e academia. Com a crescente adoção da nuvem, o número de prestadores e serviços em nuvem também aumentou. Centenas de provedores estão oferecendo serviços em qualquer dos três modelos de serviço: Software como Serviço (SaaS), Plataforma como Serviço (PaaS) e Infraestrutura como Serviço (IaaS). Além disso, há uma grande variedade de produtos oferecidos por cada fornecedor para cada tipo de modelo e forma de distribuição do serviço.

Jararweh e Al-Ayyoub [16] levantam o questionamento que os sistemas da próxima geração da Cloud Computing vão exigir uma mudança de paradigma na forma como eles são construídos e geridos. Plataformas de controle e de gestão convencionais estão enfrentando desafios consideráveis em matéria de flexibilidade, confiabilidade e segurança que os sistemas de próxima geração devem lidar. A tecnologia de computação em nuvem já contribuiu para aliviar uma série de problemas associados com a alocação de recursos, utilização e gestão. Soluções Software Defined é um conceito que ajuda a abstrair o hardware em diferentes camadas com componentes de software: um exemplo clássico dessa abstração é o hypervisors. Tal abstração oferece uma

oportunidade para os administradores de sistema construírem e gerirem os seus sistemas, mais facilmente, através de camadas de software flexíveis. Uma Solução definida por software é um guarda-chuva para diferentes subsistemas definidos por software, incluindo Software Defined Networking, Software Defined Storage, Software Defined Data Center (SDDC), e até Software Defined Security (SDSec).

Soluções Software Defined surgiram recentemente para enfrentar esses desafios de gestão e controle que existem em plataformas tradicionais. Os custos das operações do Data Center são muito, assim, a adoção do paradigma definido por software para cortar os custos de gestão e administração tornou-se muito atraente. A tecnologia de computação em nuvem já contribuiu para aliviar uma série de problemas associados com a alocação de recursos computacionais [16].

2.4 Software Defined Network

Khosravi e Khayyambashi [17], relatam que os princípios fundamentais da SDN são gerenciamento centralizado da rede e programação de rede. Um controlador central fornece uma visão global da rede do Data Center e permite que o gerenciamento de rede seja mais inteligente. Além disso, uma rede de SDN os administradores podem escrever aplicação de gestão que utiliza uma APIs fornecidas pelo controlador para controlar o tráfego. SDN centraliza a inteligência de rede em um controlador, e assim dispositivos físicos de rede se tornam nada mais do que encaminhadores de pacotes de rede. Em resumo, SDN traz principalmente as seguintes inovações:

1. A separação do plano de controle e do plano de dados;
2. A centralização do plano de controle;
3. Programação do plano de controle;
4. Padronização de interfaces de programação de aplicativos (APIs).

Infraestrutura de rede sempre foi fator crucial no sucesso de tecnologias de Data Center e Cloud Computing, mas, devido ao desenvolvimento lento de soluções escaláveis de infraestrutura de rede, isso acabou trazendo problemas de competitividade [2]. Além disso, Gholami e Akabari [2] acrescentam que o desempenho das redes de Data Center é muito importante devido à hospedagem de diferentes aplicações e serviços. O desempenho de tais redes é afetado por muitos fatores, como o design de rede, roteamento, o mecanismo de controle de congestionamento, largura de banda, intensidade de uso, entre outros fatores. Hoje as redes de Data Centers têm alto volume

e dinâmica do tráfego, devido a implantação de vários serviços em nuvem, que tornam mais difícil para se controlar o congestionamento de forma eficiente. Com o surgimento do Software Defined Network (SDN), um novo horizonte se abriu para a nova geração de redes de Data Center.

Segundo Hovarth e Nedbala [18], Software Defined Network (SDN) pode ajudar a resolver os problemas de rede, dando novas funções para toda a topologia dela. Com SDN, os administradores têm a possibilidade de abstrair a infraestrutura de rede física para aplicações e serviços de rede. Duan [13] diz que SDN é uma das revoluções mais recentes na área de redes. Essa tecnologia separa a função de encaminhamento de dados, da função de controle de rede, permitindo assim que o controle da rede possa ser programável e fazendo com que as aplicações abstraíam a parte física da rede. Em [18], também vemos que SDN oferece alta interoperabilidade e maneiras eficiente para o controle de usuário e programação da rede. Na tecnologia SDN, a rede é gerenciada centralmente por um controlador dedicado que interage com switches de rede usando o protocolo OpenFlow, que é um protocolo open source que fornece o modelo para infraestrutura SDN.

A área de infraestrutura de redes mostrou enorme interesse em SDN, conforme mostram Jain e Subharthi [7]. SDN é indicado para se criar redes programáveis e facilmente particionadas e virtualizadas. Esses recursos são necessários para a computação em nuvem, em que a infraestrutura de rede é compartilhada por uma série de entidades concorrentes. Assim, SDN tem potencial para reduzir despesas operacionais de provedores de serviços, dos fornecedores de serviços em nuvem, e de Data Centers corporativos que usam vários switches e roteadores. A possibilidade de programação irá tornar-se uma característica comum de muitas ferramentas de trabalho da rede, de modo que um grande número de dispositivos podem ser programados simultaneamente, podendo assim, orquestrar uma ou mais redes, quer sejam locais ou remotas [7].

2.5 Software Defined Storage

Virtualização de armazenamento, ou Software Defined Storage (SDS), aplica os mesmos conceitos de abstração de hardware que conduzem a virtualização de servidores. De acordo com [14], o objetivo do SDS é permitir o controle e gestão unificada de diferentes hardwares de armazenamento, através de software, permitindo a realização de funções importantes para um storage, como snapshot, clonagem, recuperação de dados, backup e duplicação. SDS apresenta uma infraestrutura de armazenamento em pool que as aplicações dos administradores podem acessar

através de uma API. Uma característica importante dessas APIs é que elas permitem que os aplicativos especifiquem os requisitos de provisionamento para o desempenho, proteção de dados e outras características, de modo que a infraestrutura de SDS possa fornecer a combinação adequada de hardware de armazenamento para cada tarefa. De acordo com a definição da Storage Networking Industry Association (SNIA) [15], SDS é um sistema de armazenamento virtualizado com uma interface de gerenciamento de serviços. SDS inclui pools de armazenamento, com características de serviços de dados, que podem ser aplicadas para atender os requisitos especificados, através de uma interface de gerenciamento de serviços.

Os autores de [16] explicam as características que diferem um SDS de um outro sistema de storage tradicional, entre elas estão:

1. Arquitetura Dimensionada: os recursos no sistema SDS podem ser inseridos ou removidos de forma dinâmica para aumentar a capacidade do storage;
2. Hardware Comum: o SDS utiliza hardwares comuns (ou commodities hardwares) para construir a infraestrutura, sem a necessidade de um hardware específico.
3. Pool de recursos: o trabalho do SDS é baseado em virtualização, uma vez que todos os recursos do sistema estão resumidos em um único lugar lógico e agrupados em múltiplos grupos, chamados pool, que são controlados pela unidade de controle centralizada. Isso reduz a sobrecarga dos administradores para alocar os recursos, uma vez que a atribuição ou de repartição de recursos são feitos de forma dinâmica e on-demand;
4. Abstração: em contraste com o armazenamento tradicional, onde há um controle descentralizado, o SDS controla todo o hardware em uma única unidade centralizada;
5. Automação: As operações no sistema SDS são feitas automaticamente em resposta às solicitações dos usuários. Esse recurso também controla e monitora o sistema para verificar se alguma reconfiguração é necessária;
6. Programação: várias APIs estão disponíveis e fornecem controle dos recursos, integram os vários componentes do sistema e permitem a automatização dos mesmos;
7. Dirigido a Políticas: Uma das características mais importantes SDS é a capacidade de controlar e lidar com todas as políticas do sistema. O controle é separado em duas camadas: de usuário e armazenamento. Na camada de usuário são controladas a disponibilidade, confiabilidade, latência e outras questões especificadas pela camada. Já na camada de

armazenamento, são controladas as questões ligadas a manutenção do nível de QoS, como a recuperação de falhas, a migração de recursos, entre outros.

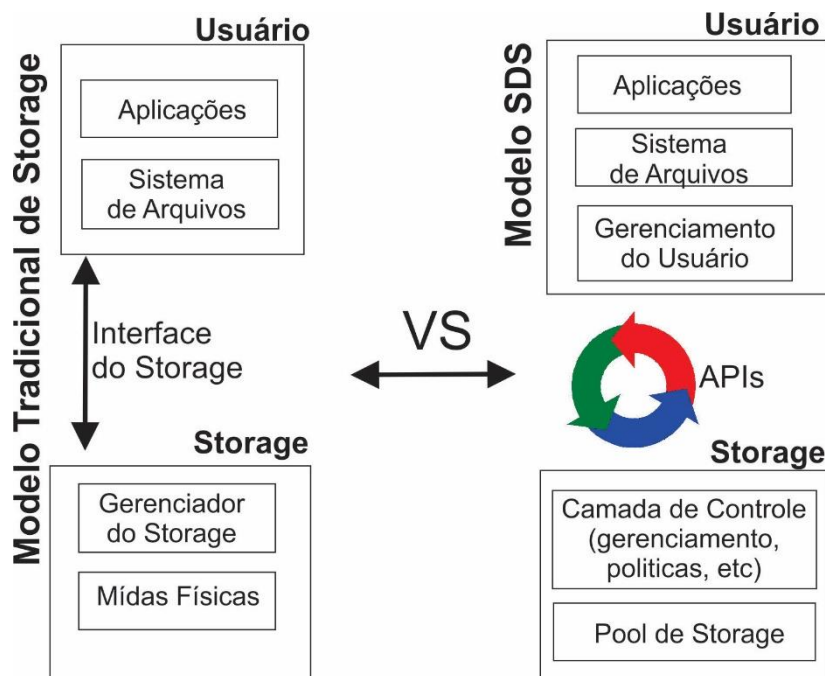


Figura 2 - Uma comparação entre o modelo de storage tradicional e o modelo de SDS (adaptado de Jararweha, 2015, p. 62).

A Figura 1 apresenta as características principais que diferem um storage tradicional de um SDS. Nela é retratado o storage comum com a camada do usuário que contém os serviços de aplicação e sistema de arquivos. A camada do storage que contém o gerenciador e as mídias físicas. Essas duas camadas são interligadas por uma interface. Já o modelo de SDS também tem a camada do usuário que contém os serviços de aplicação, sistema de arquivos, e de gerenciamento. A camada de storage contém os serviços controle que contém o gerenciamento, e as políticas, e o pool de storage virtualizado. Essas duas camadas são interligadas por API, que permitem a programação, automatização e customização do storage.

Em [16], observamos que o conceito SDS visa fazer com que o storage seja conhecedor da aplicação e permitir que os administradores de servidores, gestores de aplicativos e até mesmo os desenvolvedores possam solicitar e provisionar o armazenamento que precisam na forma de autosserviço baseado em políticas. Uma vez configurado, o armazenamento é monitorado e gerenciado dentro do contexto da aplicação e com base em SLAs e requisitos de desempenho.

A meta principal para qualquer SDS, segundo [16], é para esconder todas as complexidades da funcionalidade de gerenciamento e controle dos recursos do sistema para os usuários finais. O SDS assume a responsabilidade de gerir os dados do sistema de armazenamento, isolando a camada de controle de dados da camada de armazenamento de dados. Esse isolamento irá reduzir a complexidade do gerenciamento. Além disso, reduzirá o custo da infraestrutura através da criação de um centro de controle que gere os diferentes elementos do sistema, independentemente dos seus fornecedores, em vez de instalar o software de controle em cada elemento.

2.6 Software Defined Data Center

A virtualização de servidores tem melhorado muito as operações de Data Center, proporcionando ganhos significativos de desempenho, eficiência e custo, permitindo que os departamentos de TI possam consolidar e transformar em pool os recursos de computação, afirma o autor de [14]. Ele também comenta que, muitas organizações estão olhando para essa estratégia, ao estender os conceitos de virtualização para a rede e storage, e empregando uma camada de abstração para trazer gestão inteligente e centralizada sobre a infraestrutura do Data Center. As organizações esperam transformar seus Data Centers de operações delicadas e profundamente dependentes de componentes de hardware, para um ambiente altamente virtualizado e automatizado, composto por recursos orquestrados por software, menos dependente da inteligência do hardware.

O termo Software Defined Data Center, ou SDDC, foi cunhado em 2012 pelo ex-Chief Technology Officer (CTO) da VMware, Dr. Steve Herrod, porem essa tecnologia já existia anteriormente. Segundo Raghuraman [1], a princípio, pareceu bizarro definir Data Center em termos de software, ao invés de infraestrutura de hardware, que transforma ligar e desligar dispositivos ou encolher e expandir o consumo de recursos de computação para requisitos de negócios. Essa evolução da infraestrutura e arquitetura de TI representa uma mudança de paradigma nos procedimentos operacionais que são padrão de hoje.

Uma representação da evolução do SDDC pode ser vista na Figura 2, em que o hardware, que incluem servidores, rede e storage, passaram a ser virtualizados separadamente. Na etapa seguinte, esses recursos são integrados, centralizados, e orquestrados pelo SDDC, trazendo um ambiente flexível, escalável e automatizado, com base em requisitos de carga de trabalho.

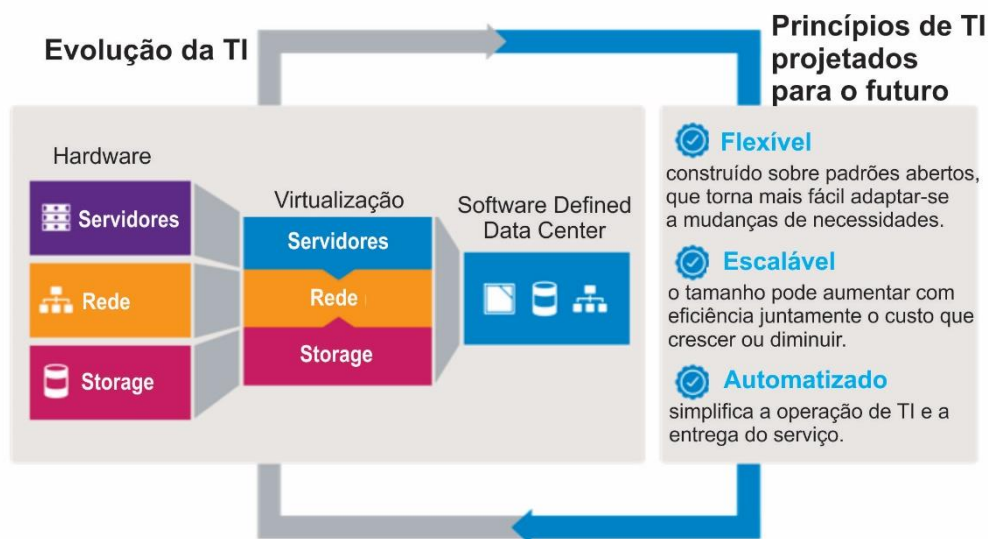


Figura 3 - Evolução da TI para SDDC (adaptado de The Future of the Data Center Is Software Defined, Dell, 2016, p. 4).

Os autores de [4] definem Software Defined Data Center como uma plataforma unificada que fornece automação, flexibilidade e eficiência sem precedentes, que transforma a maneira de entregar TI nas empresas. Os serviços de servidores, armazenamento, rede, e segurança são reunidos, agregados e entregues como software e gerido por um software inteligente e dirigido por políticas. Autosserviço, provisionamento baseado em infraestrutura automatizada e gerenciamento de aplicativos e negócios completam as funcionalidades.

Conforme observamos na Figura 3, SDDC é uma abstração da Camada de infraestrutura física dos recursos de computação, rede, e storage, que são virtualizados e apresentados como software numa Camada de Controle. Estes recursos são integrados, dinamicamente transformados em serviços, provisionados, configurados e orquestrados na camada de Serviço, onde se encontra o SDDC. O acesso unidade central de controle do SDDC e as aplicações hospedadas nesse Data Center estão na Camada de Aplicação.

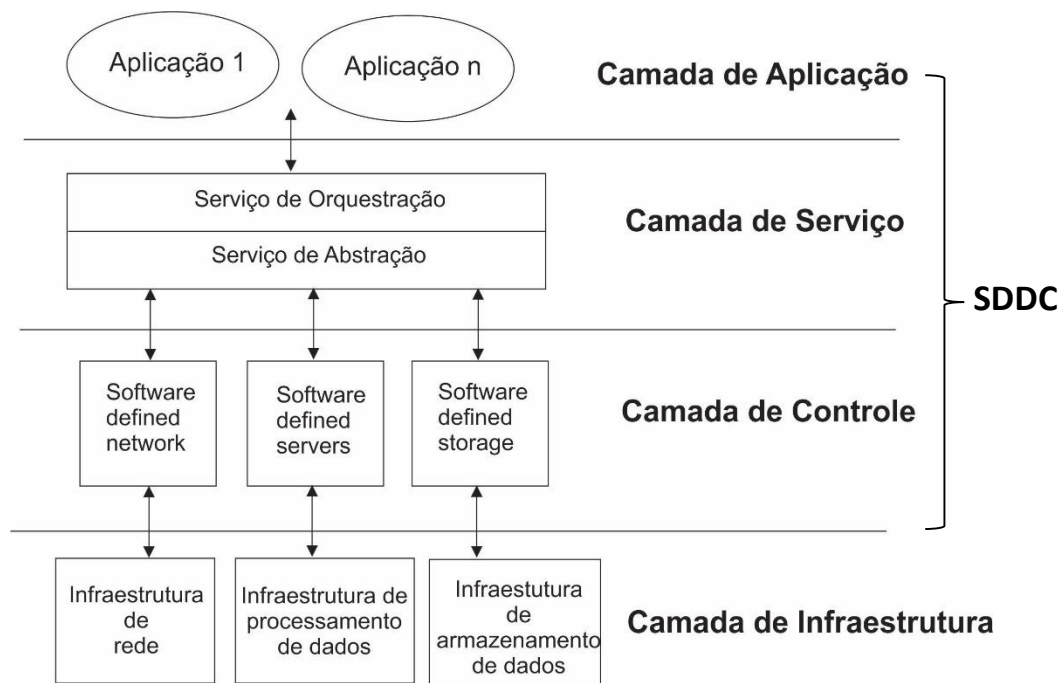


Figura 4 - Uma arquitetura para um ambiente definido por software (adaptado de DUAN. 2015, p. 183).

Os benefícios de um SDDC são muitos, agrupados por software, os servidores, storage e hardware de rede reduzem a necessidade de componentes especializados de hardware, tornando a infraestrutura mais e mais fácil de manter. Mais importante, o SDDC permite, provisionamento automatizado baseado em políticas e gestão dos recursos do Data Center [14].

Volk [16] afirma que o SDDC requer uma mudança de cultura, processos, estrutura organizacional e tecnologia. Essa tecnologia é sobre como os aplicativos podem ser implantados e constantemente atualizado da maneira mais eficiente e eficaz. Uma vez que a decisão de implantação é feita, as capacidades de orquestração e automação são necessárias para prover computação, rede, storage e a aplicação necessária de uma maneira segura. Em suma, no SDDC, decisões de colocação de aplicações e otimização são baseados na lógica de negócios, em vez de hardware. Os executivos de TI percebem que apenas quando os ambientes de aplicação são definidos e geridos através de um conjunto cada vez mais centralizado de ferramentas de software, então a organização de TI pode ser perfeitamente alinhada com o negócio.

As soluções pagas mais comuns de SDDC são providas pela VMWare, IBM, Cisco, Oracle, IBM e Microsoft. Entre as soluções open source temos como grande destaque o projeto Openstack.

2.7 Resumo

Este capítulo descreveu toda a fundamentação teórica utilizada durante o desenvolvimento desta pesquisa. Foram explanados os principais conceitos e definições de Data Center e, em mais detalhes, e aspectos relacionados essa solução, como Virtualização que é uma tecnologia base para as demais estudadas neste capítulo. Também discurremos sobre a Cloud Computing e suas principais características, benefícios, formas e modelos de serviço. Também foi explanado o conceito de Software Defined Storage e Software Defined Network, que são soluções bases para SDDC. E, por fim, abordamos as principais características de Software Defined Data Center. No próximo capítulo será apresentado, método utilizado para o desenvolvimento da pesquisa e detalhes relacionados à sua classificação, desenvolvimento e detalhes do planejamento da revisão.

3 MÉTODO DA PESQUISA

Este capítulo detalha a abordagem metodológica utilizada na presente pesquisa, apresentando o delineamento do estudo, as bases de busca, questões e palavras-chaves de busca, bem como dos critérios de inclusão e exclusão dos artigos na revisão.

3.1 Delineamento do estudo

O presente estudo trata-se de uma revisão do estado da arte, que tem por finalidade examinar a literatura sobre um tema específico “Software Defined Data Center (SDDC)” a partir da análise de artigos encontrados nas bases de busca.

De acordo com Webster e Watson [18], uma revisão do estado da arte essencialmente examina a literatura relevante para um campo específico de estudo. Ela cria uma base estável, examinando e comparando o que já se sabe sobre um tópico escolhido. Como resultado, uma revisão da literatura abre novas abordagens para estudos mais aprofundados e avanços neste campo de pesquisa.

3.2 Bases de Dados

A fim de criar um embasamento sólido para a fundamentação teórica e resultados deste estudo, utilizou-se do método de pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica é elaborada a partir de material já publicado, constituindo-se basicamente de livros, artigos de periódicos ou publicados em cadernos de anais de eventos.

Nesta revisão do estado da arte, foram usadas bases científicas reconhecidas na área de computação. As bases utilizadas neste estudo foram: ACM Digital Library (dl.acm.org), Emerald (emeraldinsight.com), IEEE Explorer (ieeexplore.ieee.org), Scopus (elsevier.com/solutions/scopus), Science Direct (www.sciencedirect.com), e Springer Link (link.springer.com). O período da revisão foi janeiro de 2010 a março de 2016 pois, a pesquisa se interessou por cases e artigos que tratassem do contexto atual da solução estudada na pesquisa. Porém, por se tratar de uma tecnologia que está em processo de crescimento, a literatura disponível sobre Software Defined Data Center ainda é pouca explorada, deixando algumas lacunas, e dificulta na análise mais detalhada do assunto.

3.3 Questões de busca

Para facilitar e direcionar o processo da busca, seleção, extração dos dados e análise dos estudos foram formuladas questões de pesquisa, para realizar a revisão e verificar o que os estudos apontam sobre o objetivo deste trabalho. Neste sentido, foram criados os seguintes questionamentos:

- Quais os efeitos do uso de Software Defined Data Center?
- Quais os desafios do uso de Software Defined Data Center?

3.4 Busca dos Estudos

Para executar a busca foram usadas palavras-chave, de acordo com [19] as palavras-chave definidas em um trabalho de busca devem refletir o principal objetivo da revisão. As palavras-chave utilizadas foram: **(i) software defined data center; (ii) SDDC; (iii) software defined cloud; (iv) converged data center; (v) software defined environment e (vi) warehouse-scale machines.** A seleção dos artigos nas bases de dados ocorreu individualmente, ou seja, foram realizadas 6 buscas em cada base.

Na etapa da busca dos artigos foram selecionados por meio da leitura dos títulos e resumos dos artigos e aplicação do filtro. Posteriormente, foi realizada a leitura na íntegra dos artigos remanescentes e foi aplicado o filtro novamente. Por fim, foi feita uma leitura dos artigos selecionados para coleta de dado usando o seguinte modelo:

- a) Leitura Exploratória de todo o material selecionado;
- b) Leitura Seletiva (leitura mais aprofundada das partes que realmente interessam) e registro das informações extraídas das fontes em planilha (autores, evidências, área e tema).

Quanto aos filtros para critérios de inclusão e exclusão, os mesmos foram definidos com objetivo de identificar as publicações que fossem relacionadas a SDDC, todos os estudos que não se enquadraram nestes critérios devem ser automaticamente excluídos. Os critérios de exclusão definidos foram:

- a) O artigo não está escrito em inglês;
- b) O artigo é duplicado;
- c) O artigo indexado fora de fontes de dados originais;
- d) O artigo que não corresponde ao estudo (SDDC);
- e) O artigo é um slideshow ou resumo expandido;
- f) O artigo está fora do intervalo de avaliação;
- g) O artigo não está disponível.

3.5 Análise dos Estudos

Os dados foram analisados por meio de leitura analítica com a finalidade de ordenar e sumarizar as informações contidas nas fontes, de forma que estas possibilitassem a obtenção de respostas ao problema da pesquisa.

3.6 Resumo

Neste capítulo foi descrita o método de pesquisa utilizado nesse trabalho, sua estruturação, planejamento, condução. Também foi apresentada a estratégia planejada para a busca dos artigos e identificar os resultados obtidos na pesquisa. No próximo capítulo, são apresentados todos os detalhes de execução da revisão e uma análise dos resultados obtidos.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos com a revisão do estado da arte, juntamente com as informações sobre os artigos e a discussão sobre os dados, com as respostas, seguindo os objetivos e as questões propostas para o estudo. Categorias que emergiram da etapa anterior foram analisadas e discutidas a partir do referencial teórico relativo à temática do estudo.

4.1 Resultado da Busca

No primeiro momento, foram executadas buscas manuais nas bases de dados. Foram realizadas seis buscas em cada base, no total e foram encontrados 768 estudos candidatos para análise. Os artigos encontrados estão distribuídos nas bases de dados conforme apresenta a Figura 4.

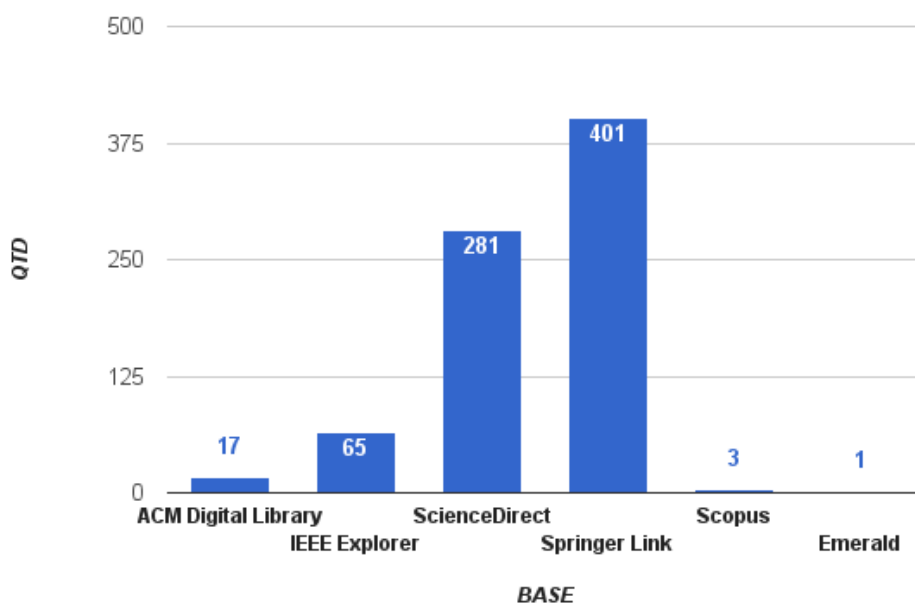


Figura 5 - Resultado inicial da quantidade de Artigos por Base de Busca.

Após aplicação dos critérios de exclusão e leitura dos artigos remanescentes foram encontrados 21 artigos relevantes para a pesquisa nas seguintes bases: ACM Digital Library (4), IEEE Explorer (12), ScienceDirect (6), conforme ilustra a Figura 5. As principais categorias e conceitos encontrados serão descritos em detalhe nos próximos tópicos.

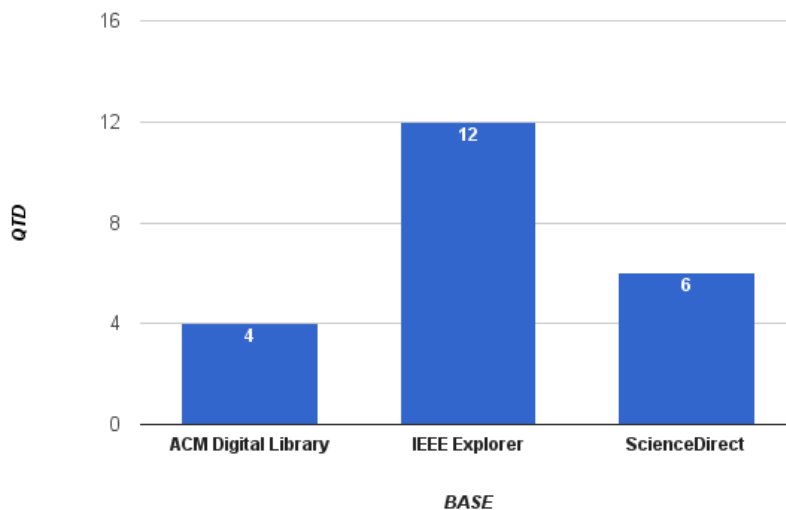


Figura 5 - Resultado final da quantidade de Artigos por Base de Busca

4.2 Efeitos do Uso de SDDC

Após análise dos trabalhos usados nessa pesquisa, foi possível identificar os efeitos que respondem à pergunta: "Quais os efeitos do uso de Software Defined Data Center?". Nos tópicos a seguir constam as respostas identificadas.

4.2.1 Efeito 1: Soluções das empresas podem rodar em um ambiente customizável e elástico

A tecnologia da virtualização transformou as aplicações, servidores, storage, e redes em abstrações de software que permitem aos administradores de TI construir Data Centers customizáveis e ágeis. A ascensão do SDDC promete ampliar o processo de virtualização e abstrair vários componentes essenciais do Data Center, para que ele possa realmente oferecer recursos e serviços customizáveis e sob demanda para as empresas [20].

A característica de criar um ambiente customizável e elástico veio originalmente da Cloud Computing e está presente no SDDC, conforme constatam em [7][9][17][21]. Segundo Khosravi, Khayyambashi e Reza [13], essas características estão permitindo que empresas e indivíduos possam executar seus aplicativos com alto poder de adaptação e flexibilidade. Darabseh [22] afirma que SDDC é dividido em três principais componentes customizáveis: o servidor, rede, e o storage. Esses três elementos juntos são peça chave na customização e na provisão elástica presente no

SDDC. A definição do National Institute of Standards and Technology (NIST) dos Estados Unidos nomeia elasticidade rápida como uma característica chave para um ambiente de nuvem [19].

4.2.2 Efeito 2: Economia e Redução de custos

A Cloud Computing tem proporcionado economias em escala, através do paradigma dos serviços de TI elásticos e econômicos. Os provedores de serviços também aproveitam dos seus benefícios, se beneficiando do modelo de preços “pague pelo que usar”, da elasticidade e da escalabilidade que melhoram a qualidade de serviço e reduz o seu custo, afirma [23]. O autor de [14] afirma que a virtualização de servidores tem melhorado muito as operações dos Data Centers, proporcionando ganhos significativos de desempenho e custo, já que um SDDC reduz a necessidade de equipamentos especializado e utiliza hardware de commodity, ou seja, utiliza componentes mais acessíveis que podem ser encontrados facilmente e com menor preço, além de ter um baixo custo de manutenção em comparação com soluções proprietárias[4].

Fung [17] afirma que quando os recursos de um SDDC são reunidos e distribuídos de forma inteligente, isso pode melhorar a utilização destes recursos em mais de 70%, aumentando assim o retorno do investimento empresarial. Antes da era do SDDC, a utilização da infraestrutura era pobre, ou seja, menos de 30% de utilização em muitos casos, pois os recursos de infraestrutura não eram compartilhados. Além disso, com a implantação de SDDC, a produtividade da equipe de TI pode melhorar e eles terão mais tempo para dedicarem-se a inovação, à medida que eles não irão precisar gastar muito tempo em tarefas rotineiras, pois muitas atividades serão automatizadas. Isso tudo tem um efeito cascata sobre o investimento realizado na infraestrutura e no esforço despendido, impactando no consumo de energia, despesas gerais de gestão, licenças de software e demais custos do Data Center, afirma [1].

4.2.3 Efeito 3: Gerenciamento inteligente e efetivo do Data Center

Ao estender os conceitos de virtualização para a rede e recursos de storage, e empregando uma camada de abstração para trazer gestão inteligente e centralizada sobre a infraestrutura do Data Center, as organizações esperam transformar seus Data Centers de operações delicadas e profundamente dependente de hardware para um ambiente altamente automatizado e eficaz, com

recursos orquestrados em torno de software, garantindo que os requisitos de desempenho, segurança e conformidade sejam cumpridos, afirma [14].

Khosravi, Khayyambashi e Reza [13] afirmam que o conhecimento global sobre a rede física que é fornecido em um ambiente de SDDC, através do controlador central, traz uma vantagem chave que permite uma gestão mais inteligente e mais eficaz da rede. Além de que, em uma rede de SDDC, os usuários podem escrever aplicações que podem utilizar APIs fornecidas pelo controlador para controlar o tráfego associado a ele. O autor de [14] acrescenta que o SDDC permite o monitoramento e gestão centralizada dos recursos do Data Center.

Jararweh e Al-Ayyoub [16] demonstram que a meta principal para qualquer SDDC é esconder todas as complexidades da funcionalidade de gerenciamento e controle dos recursos do sistema para os usuários finais. Gollen e Daly [7] acrescentam que organizações que adotam essa abordagem com sucesso podem, então, gerenciar e automatizar os componentes de TI de maneira unificada, aproveitando a virtualização do servidor, armazenamento e rede (Figura 8). À medida que os recursos se deslocam para pools centralizados, sistemas de orquestração permitem uma maior automatização através de alocação dinâmica e automática.

Esse gerenciamento global é possível tanto para os servidores, storage e da rede, pois todos esses recursos são virtualizados e provisionados de maneira centralizada e inteligente, assim é possível ter um controle efetivo dos componentes principais do Data Center.



Figura 8 - Componentes principais de um SDDC (adaptado de VMWARE, 2012, p. 1).

4.2.4 Efeito 4: Service Level Agreement (SLA) e QoS de alto padrão

Volk e Frey [16] relatam que é essencial compreender que o SDDC é uma solução que busca encontrar um ambiente ideal para aplicações empresariais, com base no custo, desempenho, segurança e requisitos do Acordo de Nível de Serviço, ou Service Level Agreement (SLA). Esse ambiente pode ser na nuvem pública ou privada. Fung [17] destaca que o resultado final é um Data Center otimizado para a era da nuvem, proporcionando a agilidade dos negócios com Acordos de Nível de Serviço (SLAs) para todas as aplicações, operações simplificadas, e como menores custos.

Aplicações com Qualidade de Serviço (QoS) tornam-se um ingrediente indispensável para alto desempenho e provisionamento de serviços em nuvem. A fim de receber garantia de boa execução de um serviço, o usuário final deve esperar um certo QoS dos serviços de rede e computação. Em geral, a expectativa do QoS é definida no Acordos de Nível de Serviço (SLAs), afirma Duan [13].

Muitas aplicações de tempo crítico têm alto valor para o negócios, ou elevado impacto social, devido a isso, essas aplicações exigem um alto padrão de Qualidade de Serviço (QoS) [8]. Um SDDC permite fácil reconfiguração e adaptação de recursos virtuais de uma infraestrutura de nuvem, para melhor acomodar a demanda de QoS através de software, utilizando monitorização constante, e adaptação da infraestrutura, de tal forma que a quantidade mínima de recursos exigidos para satisfazer o SLA seja obtida [9].

4.3 Desafios do uso de SDDC

Os dados encontrados na análise dos artigos e que correspondem a desafios relacionados a SDDC respondem à pergunta “Quais os desafios do uso de Software Defined Data Center?”. As respostas encontradas serão descritas nos tópicos seguintes.

4.3.1 Desafio 1: Mudança nos processos de negócio

A lacuna entre o que os negócios precisam e o que o setor de TI das empresas pode entregar continua grande. Se a TI não encontrar formas de acelerar a criação e prestação de serviços dos seus Data Centers, a sua capacidade de servir ao negócio se tornara ainda mais desafiadora. Os modelos de computação emergentes estão mudando a forma como diferentes infraestruturas, software e serviços de negócios são gerados e consumidos. A fim de manter o ritmo com as

demandas de negócios, as organizações sabem que têm de modernizar a entrega de serviços de TI. A modernização do Data Center requer um planejamento e execução cuidadoso, a fim de atender as complexidades da transformação do negócio. SDDC é uma emergente tecnologia que pode ajudar as empresas com essa migração [24].

Empresas que pretendem mudar para um SDDC enfrentam um processo que pode levar alguns anos para concluir, à medida que adquirem habilidades, redirecionam aquisições de hardware, e adaptam os processos de negócios e de TI da organização. A transição para um SDDC requer uma mudança que vai além de adaptar tecnologia e processos, ela se estende até a cultura e a estrutura da organização. É preciso avaliar cuidadosamente e ajustar a aquisição de software e hardware para se alinhar com as metas organizacionais, afirma [14]. O autor de [24] afirma que o caminho para um SDDC requer atividades inter-relacionadas que suportam o nível crescente de convergência e o resultado do nível de alinhamento entre a TI e o negócio, assim é possível ter um alinhamento total do ecossistema do SDDC para apoiar as necessidades do negócio.

Volk e Frey [16] relatam que as organizações notaram que o SDDC não é simplesmente um desafio tecnológico, mas um paradigma que muda a abordagem centrada puramente na tecnologia, para se concentrar no fornecimento de soluções de negócios. Fazendo com que a TI seja entregue como um serviço alinhado com os objetivos do negócio, complementa Kerravala [25].

O grau de integração entre a infraestrutura de TI, instalações, modelo de entrega, e a organização vai mudar. Não é suficiente para se concentrar em tecnologia por si só, o impacto organizacional em termos de pessoas, processos, e governança são fatores críticos que podem significar a diferença entre o sucesso e o fracasso. Esse alinhamento requer uma sólida compreensão de como as pessoas, competências, estrutura, funções, métricas, processos e governança precisam mudar durante toda a implantação dos novos modelos de TI. É importante que essas mudanças sejam antecipadas e corretamente implementada através de uma Programa de Gestão de mudança. Assim, o alinhamento entre negócio e TI vai aumentar durante todo o processo [24].

4.3.2 Desafio 2: Falta de padrão de arquitetura de SDDC

Muitos Data Centers atualmente não estão prontos para apoiar as organizações e atender as demandas de negócios em constante mudança. Portanto, a próxima geração de Data Center, como o Software Defined Data Center (SDDC), deve ajudar as organizações nestas mudanças, afirma Fung [17]. No entanto, os modelos de implementação de SDDC vigentes são relativamente novos. Desde a período de crescimento e amadurecimento como solução em 2012, existem diferentes interpretações sobre a sua definição, critérios, arquitetura e valores que ele traz. Há também limitada literatura e publicações sobre como um SDDC realmente funciona. [17]

Os modelos de computação emergentes estão mudando a forma como diferentes infraestruturas, software e serviços de negócios são gerados e consumidos. Profissionais de TI estão trazendo inovação para seus Data Centers, mas seus esforços estão sendo restrito devido a diferentes arquiteturas, abordagens de gestão, modelos de segurança, ferramentas inconsistentes, e orçamentos apertados [24]. Fung [17] acrescenta que ainda não há um entendimento comum sobre o que deve ser a arquitetura de referência de um SDDC. Algumas organizações e fornecedores de TI começaram a desenvolver a sua própria arquitetura com base no seu entendimento sobre SDDC e também em o que essas organizações são capazes de contribuir ou entregar. Ele [17] complementa que existem algumas questões relacionadas a SDDC que precisam ser respondidas: (a) não há nenhuma definição operacional comum para SDDC; (b) não há comum acordo sobre critérios e arquitetura de referência para SDDC; (c) a falta de uma representação de ponta a ponta sobre como SDDC funciona; (d) a falta de acordo sobre quais são os valores chave após a implementação de um SDDC.

Darabseh [23] afirma que a ideia principal da arquitetura de um SDDC é abstrair a camada de dados da camada de controle dos principais elementos do Data Center: rede, storage, e servidores que são abstraídos dos dispositivos físicos e definidos dentro do controlador centralizado do SDDC. Uma arquitetura de SDDC também pode permitir a criação de um Data Center híbrido, abrangendo hardware existente dentro da empresa e infraestrutura baseada em nuvem[7][26]. O objetivo final é ter sua infraestrutura interna de SDDC espelhada na nuvem, com seu ambiente de trabalho modernizado e arquitetado para tirar o máximo partido desta abordagem.

4.3.3 Desafio 3: Imaturidade de SDN, SDS e SDDC

A virtualização de servidores começou há mais de 10 anos, e ela tornou-se uma das principais tecnologias no Data Center [17]. A virtualização de servidor é uma tecnologia madura e amplamente adotada por vários produtos e empresas. Ela surgiu e se firmou como modelo de computação dominante entre as empresas [14]. Porém, o autor de [14] acrescenta que isso não acontece com Software Defined Storage e Software Defined Network, que ainda estão em seus estágios iniciais de consolidação.

Segundo pesquisa realizada por [27], a virtualização de servidores tem tido adoção constante, com aproximadamente 65% do mercado virtualizado e se movendo para além de consolidação de simples servidores. A pesquisa indica que esse valor chegou a 80% até o ano de 2014. Mas, enquanto a curva de adoção é relativamente madura para a virtualização de servidores, o SDDC ainda está nos estágios iniciais, principalmente quando se trata de virtualização de storage e network. De acordo com a pesquisa, 13% das organizações entrevistadas já estão ativamente usando SDN. Um grupo maior (21%) está em fase de investigação e teste. Já sobre SDS, um grupo maior (15%) já instalou ou estão ativamente usando SDS. E 12% dos entrevistados dizem que estão testando a tecnologia, e quase 50% estão pesquisando ou estão interessados em storage virtualizado.

A tecnologias SDN é nova, e ela ainda está em estágios iniciais de adoção pelo mercado, e na maioria das organizações ainda têm de avançar para além da fase de teste/avaliação [25]. Horvath, Nedbala, e Stieninger [18] acrescentam que SDN ainda não amadureceu, e por conta disso os administradores atuais estão encontrando alta complexidade em vez de fácil gerenciamento e fácil construção de arquitetura de rede.

Grande parte da hesitação em torno de SDDC existe alguma apreensão que a mudança de tecnologia exige todo um novo conjunto de conhecimentos de domínio de TI e de conhecimentos técnicos que atualmente não existe na maioria das empresas. Como resultado, as empresas terão de investir tempo e recursos no treinamento de habilidades técnicas e facilitar o gerenciamento de mudanças da reformulação da mentalidade de TI para funcionar como um parceiro estratégico para o negócio [27].

4.3.4 Desafio 4: Sistemas legados e migração em etapas

Raghuraman [1] relata que a maioria das organizações têm uma mistura de infraestrutura física, computação legada e de servidores virtualizados que dão suporte as aplicações do negócio. As organizações têm sistemas legados nos Data Centers que dão suporte ao núcleo da lógica do negócio, em muitos casos, esses servidores legados trazem consigo seus próprios desafios em matéria de monitoramento e gestão. Além disso, muitos Data Centers usam um conjunto separado de ferramentas para o gerenciamento de rede e armazenamento. Isso resulta em Data Centers corporativos que não tem uma visão unificada da disponibilidade de recursos de sua infraestrutura.

Em pesquisa realizada pela VMWare [27] 48% dos entrevistados relataram que a integração com a tecnologia legada é o principal desafio associado à instalação de SDDC, seguido por restrições de orçamento (40%), mudança cultural (32%) e longo período para retorno sobre o investimento (25%).

A atividade de migração para um SDDC envolve a integração ou transferência de aplicações (e potencialmente aplicações legadas) para fora de sistemas operacionais e plataformas legadas para as plataformas modernas. Esta migração requer a remoção de hardware e software obsoletos, que tendem a ser complexos e caros de manter. Muitas vezes, é difícil de atualizar, consolidar e convergir plataformas legadas que ainda não estão prontas para a nuvem ou virtualização[24]. Tudo isso pode deixar o processo de migração mais lento e complexo.

Kerpan [28] recomenda que as empresas não migrem seus Data Centers, mas implementem aplicações específicas na nuvem, construindo assim seu novo SDDC na nuvem. Já a Dell [7] define três abordagens para a adoção de SDDC:

- a) Bimodal: esta abordagem adota o conceito Bimodal de TI de Gartner e mantém a TI tradicional ao lado de uma infraestrutura SDDC. À medida que a empresa adquire novo hardware para apoiar uma carga de trabalho específica, ela também adota uma abordagem SDDC;
- b) Ambiente totalmente Software Defined: é uma abordagem um pouco mais ousada que implementa de uma vez um ambiente totalmente definido por software. Isso normalmente só acontece durante uma grande reestruturação da TI ou de toda a empresa. Essa abordagem oferece uma maior amplitude para a implementação de um ambiente totalmente definido

por software, uma vez que não são limitados por infraestrutura legada. No entanto, essa abordagem exige um significativo planejamento para garantir que todos os aspectos de um Data Center moderno sejam levados em conta;

- c) Evolutiva: essa abordagem é mais demorada, porém, bastante eficiente. A medida que os sistemas do Data Center (inclusive os legados) chegam ao fim do ciclo de vida, a empresa pode substituí-los por sistemas modernos, capazes de suportar uma arquitetura SDDC, e atualizar a funcionalidade de rede ou de armazenamento de acordo com a visão de SDDC para o Data Center;

O autor de [7] acrescenta que durante os primeiros anos da virtualização de computação, as implantações desta solução mostraram o valor dessa tecnologia e deu as organizações a experiência e as habilidades necessárias para apoiar a infraestrutura virtual, à medida que ela cresceu. Esse processo também deve acontecer com a implantação e consolidação de SDDC.

4.4 Discursão dos Resultados

Ao se analisar os artigos, foi possível identificar os desafios e efeitos do uso de SDDC. A Figura 6 sumariza o número de artigos que respondem as questões de pesquisa.

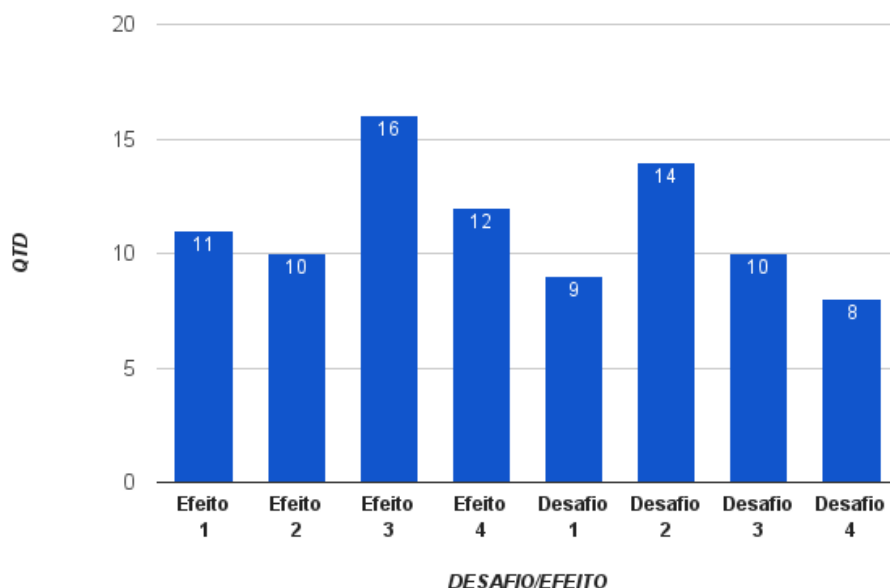


Figura 6 - Número de artigos por resposta das questões de pesquisa.

uma solução híbrida. Pois o investimento inicial para aquisição de uma solução SDDC é alto, porém o retorno é muito positivo e pode trazer bastante redução de custos a médio e longo prazo.

O gerenciamento inteligente e efetivo dos recursos do Data Center é possível mediante a virtualização, integração e orquestração dos seus componentes de maneira centralizada, isso permite que o controle seja bastante simplificado e efetivo.

Outra característica bastante eficiente do SDDC é permitir que as aplicações e serviços oferecidos tenham um Qualidade de Serviço bastante grande e um SLA de alto padrão, pois os componentes do Data Center podem ser flexibilizados facilmente para se adaptar as necessidades das soluções.

O primeiro desafio encontrado foi a necessidade da mudança nos processos da TI e consequentemente dos negócios para que o SDDC seja implementado com sucesso. Isso cria uma barreira pois uma grande mudança de cultura, processos, e estrutura organizacional é algo que não é tão simples de acontecer em diversas organizações.

Outro desafio encontrado foi a falta de um padrão de arquitetura de SDDC, pois o consumidor pode não encontrar uma solução que atenda às suas necessidades ou ter dificuldade de pesquisar e comparar as soluções dos fornecedores. Isso também dificulta a maior consolidação da solução em larga escala. Porém, é possível que essa definição de padrão não ocorra, pois, muitas tecnologias de TI evoluem e são consolidadas sem que haja um padrão comum a todos os fornecedores, como por exemplo a arquitetura de Sistemas Operacionais.

Embora SDDC seja uma solução que já tem casos de implementação de sucesso, ela e suas tecnologias associadas (SDN e SDS) ainda estão num período de maturação e avaliação por parte de diversas empresa, assim o crescimento e consolidação deve acontecer ao longo dos próximos anos.

O último desafio encontrado foi a dificuldade de migrar ou integrar os sistemas legados. É necessário um planejamento e a execução de testes para verificar a viabilidade da migração ou integração, para assim ser executada, caso seja viável. Caso não seja, é necessário estudar algum processo de migração em etapas.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho, por intermédio da pesquisa bibliográfica realizada, buscou entender um pouco do contexto de Software Defined Data Center, uma tecnologia atual e de importância crescente no campo de TI. Com o estudo realizado foi possível verificar os efeitos e desafios do uso de SDDC nas empresas. Foi feita uma revisão do estado da arte utilizando várias bases de busca, para que assim fosse possível reunir a maior quantidade possível de trabalhos com o tema abordado.

Foi possível concluir que o tema abordado, ainda não possui uma grande disseminação. Hoje, a maioria das organizações precisam planejar a adoção do SDDC com cuidado, avaliando aspectos técnicos e financeiros. Uma abordagem mais viável é iniciar implantando SDS e/ou SDN. No entanto, SDDC irá se tornar uma solução consolidada e difundida em um futuro não muito distante, devido ao grande número de vantagens que essa tecnologia detém e a necessidade urgente de soluções mais escaláveis e adaptáveis para as empresas.

A pesquisa revelou também que, de fato, SDDC não é uma novidade tão simples de ser adotada. Muito pelo contrário, para adotá-la pode ser necessário enfrentar barreiras, as quais acabam atuando como fatores desestimulantes aos mais otimistas executivos de TI, mas é possível reconhecer e avaliar antecipadamente esses desafios. Por outro lado, fica evidenciado com esta pesquisa que SDDC pode trazer benefícios concretos para as instituições e organizações que vierem a aderir essa tecnologia. Os desafios e efeitos relevantes foi sumarizado e ordenado neste estudo e pode servir de guia para empresas e interessados que ainda tenham dúvidas ou necessitem justificar sua entrada nesse novo ambiente.

Ao analisar os artigos selecionados, foi possível identificar alguns desafios enfrentados pelo SDDC, como por exemplo, a necessidade de mudança dos processos organizacionais, e conseqüentemente da necessidade do alinhamento da TI com toda a empresa, para implantação com sucesso da tecnologia. Outros desafios encontrados foram a falta de uma arquitetura padrão de SDDC, o que dificulta a escolha e implantação por parte das empresas, pois cada fornecedor apresenta soluções com padrões diferentes.

Um desafio que é consequência do anterior é a imaturidade da solução SDDC. Essa imaturidade também é causada devido a imaturidade de Software Defined Network e Software Defined Storage. Essas tecnologias ainda estão sendo aprimoradas e ganhando maior escala nas

empresas. Por último, a integração com os sistemas legados e a migração em etapas é um desafio do SDDC, pois a maioria das empresas possuem sistemas legados e não podem abrir mão deles, o que faz com que o processo de implantação do SDDC seja mais demorado, e que force a integração ou transição dos sistemas legados.

Apesar das adversidades, existem muitos benefícios do uso de SDDC encontrados nos estudos analisados. Em geral, é possível afirmar que SDDC traz resultados positivos para aqueles que usam essa tecnologia. Entre os efeitos do uso dessa solução temos que a mesma permite que as empresas possam rodar suas soluções em ambientes customizados e elásticos, permitindo assim que os aplicativos tenham um melhor desempenho e que as empresas tenham resposta rápida as necessidades de mudança, e também tenha provisionamento on-demand.

Um segundo efeito do uso de SDDC é a economia e a redução de custos da empresa, pois com essa tecnologia é possível adquirir um hardware mais barato, e otimizar a utilização dos recursos destes equipamentos. Além disso, a economia também é obtida com o aumento da produtividade da equipe de TI, pois muitas atividades serão automatizadas. Porém é preciso avaliar com cuidado a adoção desta tecnologia, pois ela tem um valor alto de aquisição inicial.

Outro efeito encontrado foi a possibilidade de realizar um gerenciamento inteligente e efetivo dos recursos do Data Center. Um dos objetivos principais para qualquer SDDC é esconder todas as complexidades da funcionalidade de gerenciamento e controle dos recursos do sistema para os usuários finais, permitindo assim um gerenciamento inteligente e centralizado de da infraestrutura.

Por último, SDDC permitem que a empresa tenha um Acordo de Nível de Serviço de alto padrão, e uma Qualidade de Serviço atestada. SDDC permite fácil reconfiguração e adaptação de recursos físicos de uma infraestrutura, para melhor acomodar a demanda de QoS de tal forma que a quantidade mínima de recursos exigidos para satisfazer o SLA seja garantida.

Por fim, pode-se afirmar que os objetivos gerais e específicos propostos para este trabalho foram alcançados, sendo assim os achados podem dar suporte para outros estudos e revisões futuras. Como trabalho futuro propõe-se a elaboração de um artigo sobre o tema desta monografia, a investigação os aspectos financeiros envolvidos na adoção de SDDC, e um comparativo da arquitetura de SDDC dos principais fornecedores atuais.

6 REFERÊNCIAS

- [1] RAGHURAMAN, Sandeep. **The Journey Toward the Software-Defined Data Center**. Cognizant Technology Solutions Corp. Setembro 2013. Disponível em:
<<http://www.cognizant.ch/InsightsWhitepapers/The-Journey-Toward-the-Software-Defined-Data-Center.pdf>>
- [2] GHOLAMI, Masoumeh; AKBARI, Behzad. **Congestion Control in Software Defined Data Centers**, IN: Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE). p. 10-14, Maio, 2015, Tehran. P.654 - 657.
- [3] W, Rana; Alaskar; AHMAD, Imtiaz. **Data Center Architectures: Challenges and Opportunities**. International Journal of New Computer Architectures and their Applications, The Society of Digital Information and Wireless Communications, Kuwait, vol 4(3), p. 117-129. 2014.
- [4] VMWARE ACCELERATE ADVISORY SERVICES. **Delivering on the Promise of the Software-Defined Data Center**. 2012. Disponível em:
<https://www.vmware.com/files/pdf/accelerate/VMW_13Q1_BB_SDDC_020813_FINAL_LTR.pdf>
- [5] BISBAL, Jesus . et al. **An Overview of Legacy Information System Migration**. Software Engineering Conference, 1997. p. 529-530. Asia Pacific. Dezembro 1997
- [6] GOLDBERG, Robert P. **Survey of Virtual Machine Research**. Computer, Volume:7 Junho 1974, pp. 34-45.
- [7] DELL INC. **The Future of the Data Center is Software Defined**. Março 2016. Disponível em:
<http://i.dell.com/sites/doccontent/business/solutions/whitepapers/en/Documents/GSD_The_Future_of_the_Data-Center_is_Software_Defined_FINAL.pdf>

- [8] JEFERRY, Keith; KOUSIOURIS, George. **Network Virtualization and Software Defined Networking for Cloud Computing: A Survey**. IEEE Communications Magazine, v.51, n.11, p. 24-31, Novembro 2013.
- [9] PARKHILL, D. **The Challenge of the Computer Utility**. [S.l.]: Addison-Wesley Publishing Company, 1966. n.p. 246. (The Challenge of the Computer Utility).
- [10] FEATHER, J. **Architects of the Information Society**. Thirty-five Years of the Laboratory for Computer Science at MIT. Publishing Research Quarterly, [S.l.], v.16, n.2, p.95, 2000.
- [11] CAMPBELL-KELLY, M. **Historical reflections The rise, fall, and resurrection of software as a service**. Communications of the ACM, [S.l.], v.52, n.5, p.28–30, 2009.
- [12] BARREIROS, Helaine. **Análise Da Completude Dos Relatos De Experimentos Em Elasticidade Na Computação Em Nuvem: Um Mapeamento Sistemático**. 2015. 147f. Dissertação (Mestrado em Computação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.
- [13] GILLEN, Al; DALY, John. **The Software - Defined Data center: What It Means to the CIO**. IDC Analyze the Future. International Data Corporation (IDC). Julho 2012. Disponível em: <http://resources.idgenterprise.com/original/AST-0085553_IDG-CIO_SDDC_WhatitMeanstotheCIO.PDF>
- [14] JEFERRY, Keith; KOUSIOURIS, George. **Challenges emerging from future cloud application scenarios**. Elsevier Journals, 2015. Procedia Computer Science, n.68, p. 227 – 237.
- [15] MELL, Peter; GRANCE, Timothy. **The NIST definition of cloud computing**. National Institute of Standards and Technology, [S.l.], v.53, n.6, p.50, 2009. Disponível em: <<http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>>
- [16] BUYYA, Rajkumar; CALHEIROS, Rodrigo. **Software-Defined Cloud Computing: Architectural Elements and Open Challenges**. Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI, 2014 International Conference on. New Delhi, 24-27 Setembro 2014. p.1

- [17] JARARWEH, Yaser; AL-AYYOUB, Mahmoud. **Software defined cloud: Survey, system and evaluation.** Elsevier Journals, 18 Novembro 2015. Future Generation Computer Systems, p. 56–74.
- [18] HORVATHA, Raphael; NEDBALA, Dietmar e STIENINGERA, Mark. **A Literature Review on Challenges and Effects of Software Defined Networking.** Elsevier Journals, Austria, 2015. Procedia Computer Science, n 64, p.552 – 561.
- [19] KHOSRAVI, Habib Allah; KHAYYAMBASHI Mohammad Reza. **Load-Aware Virtual Network Service over a Software Defined Data Center Network.** IN: International Symposium on Telecommunications, 2014. Irã. p.623-628.
- [20] DUAN, Qiang. **Modeling and performance analysis for composite network–compute service provisioning software-defined cloud environments.** Elsevier Journals, United States, 1 Junho 2015. Digital Communications and Networks, n 1, p.181–190.
- [21] CWD SOLUTIONS, **Defining Moment: The Software-Defined Data Center.** 2014. Disponível em: <<http://webobjects.cdw.com/webobjects/media/pdf/Solutions/Data-Center/145543-Defining-Moment-the-Software-Defined-Data-Center.pdf>>
- [22] CARLSON, Mark. et al. **Software Defined Storage.** Storage Networking Industry Association (SNIA) Janeiro 2015. Disponível em <http://www.snia.org/sites/default/files/SNIA_Software_Defined_Storage_%20White_Paper_v1.pdf>
- [23] VOLK, Torsten; FREY, Jim. **Obstacles and Priorities on the Journey to the Software-Defined Data Center.** Enterprise Management Associates, INC (EMA). 2014. Disponível em: <http://www2.atlantiscomputing.com/rs/atlantiscomputing/images/EMA-SDDC_2014-RR_Summary.pdf>
- [24] FUNG, Han Ping. **A Glimpse into Software Defined Data Center.** Revista de Administração de Roraima-RARR, Boa Vista, vol. 4, n. 2, p.34-49, jul. - dez. 2014.
- [25] WEBSTER, Jane; WATSON, Richard. **Analyzing The Past to Prepare for The Future: Writing A Literature Review.** MIS Quarterly, Vol. 26 No 2, p. 13-23, Junho. 2002.

- [26] EMC. **Transform Your Storage for The Software Defined Data Center:** With EMC ViPR Controller. Maio 2015. Disponível em: < <https://www.emc.com/collateral/white-papers/h11749-transform-data-center-with-vipr-software-defined-storage-wp.pdf>>
- [27] CAI, Yueping.et al. **Design and Evaluation of HWRE Software Defined Data Center Network Architecture.** IN: Opto-Electronics and Communications Conference (OECC), Chongqing, China, Julho 2015. p 1-3.
- [28] DARABSEH, Ala'. et al. **SDDC: A Software Defined Datacenter Experimental Framework.** IN: Future Internet of Things and Cloud (FiCloud), 2015 3rd International Conference on Rome, 24-26 Aug. 2015. p.189 - 194.
- [29] SON, Jungmin. et al. **CloudSimSDN: Modeling and Simulation of Software-Defined Cloud Data Centers.** IN: International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing, 2015, [S.L], p.475-484,[S.l]
- [30] HEWLETT-PACKARD ENTERPRISE. **Journey to the SDDC: HPE building blocks for the Software-Defined Data Center.** Dezembro 2015, Rev. 2. Disponível em: <<http://www8.hp.com/h20195/v2/GetPDF.aspx/4AA5-0121ENW.pdf>>
- [31] KERRAVALA, Zeus. **The Software-Defined Data Center is Key to IT-as-a-Service.** ZK Research: A Division of Kerravala Consulting. Agosto 2013. Disponível em: <https://www.avaya.com/usa/documents/the_software-defined_data_center_is_key_to_it-as-a-service.pdf>
- [32] HSU, Edward; TOWNSEND, Josh. **VMware Software-Defined Data Center: Capabilities and Outcomes.** VMware Accelerate Advisory Services. 2015. Disponível em: < <http://www.vmware.com/files/pdf/techpaper/Technical-whitepaper-SDDC-Capabilities-IToutcomes.pdf>>

[33] VMWARE ACCELERATE ADVISORY SERVICES. **IT's Next Step - A Journey to the Software-Defined Data Center**. [201_] Disponível em:

<http://resources.idgenterprise.com/original/AST-0093826_VMWareMP_CIOwp_0712_1_.pdf>

[34] KERPAN, Patrick. **Software Defined Data Centers will Change the Way Enterprises Migrate and Deploy to Cloud-Based Applications**. Cohesive Networks. Janeiro 2013.

Disponível em: <<http://docplayer.net/4838611-Point-of-software-defined-data-centers-will-change-the-way-enterprises-migrate-and-deploy-to-cloud-based-applications-highlights.html>>

[35] ROZIER, ERIC W. D.; ZHOU, PIN; DIVINE, DWIGHT. **Building Intelligence for Software Defined Data Centers: Modeling Usage Patterns**. IN: SYSTOR '13 Proceedings of the 6th International Systems and Storage Conference. n20.30 Jun-02 Jul,2013, Nova York.

[36] DAVIDE, Adami. et al., **Cloud and Network Service Orchestration in Software Defined Data Centers**. Society for Modeling & Simulation International (SCS), Chicago, 26-29, Jul. 2015. SummerSim-SPECTS.

[37] SUGIKI, Akiyoshi; KATO, Kazuhiko. **Elements and Composition of Software-defined Data Centers**. In: Posters and Demos. 2012, December 3–7, Montreal, Quebec, Canada.

[38] ZHAO, Yongli. et al. **Experimental demonstration of software defined data center optical networks with Tbps end-to-end tunability**. Elsevier Journals, China, 29 Agosto 2015. Optical Fiber Technology, n 25, p. 72–79.

[39] YANG, Hui. et al. **Global Resources Integrated Resilience for Software Defined Data Center Interconnection Based on IP Over Elastic Optical Network**. IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, vol. 18, n. 10, p. 1735-1738, Outubro 2014.

[40] GRANDL, Robert. et al. **Harmony: Coordinating Network, Compute, and Storage in Software-Defined Clouds**. THE ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY, INC. Santa Clara, California, USA., September 15, 2013.

- [41] WETTE, Philip Wette; KARL, Holger. **HybridTE**: Traffic Engineering for Very Low-Cost Software-Defined Data-Center Networks. IN: 2015 Fourth European Workshop on Software Defined Networks, Bilbao, Set. 30 2015-Out. 2 2015. p.31 - 36.
- [42] KE, Bo-Yu; TIEN, Po-Lung; HSIAO, Yu-Lin. **Parallel Prioritized Flow Scheduling for Software Defined Data Center Network**. IN: High Performance Switching and Routing (HPSR), 2013 IEEE 14th International Conference on, Taipei, 8-11 July 2013. p.217-218.
- [43] HARRISON, Reuven. **Reducing complexity in securing heterogeneous networks**. Network Security, Tufin. p.11-13. October 2015.
- [44] BARROSO, Luiz; CLIDARAS e Jimmy; HÖLZLE, Urs. **The Datacenter as a Computer- An Introduction to the Design of Warehouse-Scale Machines**. A Publication in the Morgan & Claypool Publishers series. v. 2, n.24, p.1-156. 2013.