



**PROPOSTA DE MODELO DE MIGRAÇÃO
DE SISTEMAS *ON-PREMISES* PARA
NUVEM PÚBLICA NO BRASIL**

**FILIPE AFONSO NOGUEIRA BORGES
GABRIEL SANTOS TAVARES DA SILVA**

**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE REDES DE COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**PROPOSTA DE MODELO DE MIGRAÇÃO
DE SISTEMAS *ON-PREMISES* PARA
NUVEM PÚBLICA NO BRASIL**

**FILIPPE AFONSO NOGUEIRA BORGES
GABRIEL SANTOS TAVARES DA SILVA**

PROJETO DE GRADUAÇÃO ACADÊMICO SUBMETIDO AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHARELANDO EM ENGENHARIA DE REDES DE COMUNICAÇÃO.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Flávio Elias Gomes de Deus, ENE/UnB
Orientador

Prof. Paulo Roberto de Lira Gondim, ENE/UnB
Examinador interno

Prof. Georges Daniel Amvame Nze, ENE/UnB
Examinador interno

BRASÍLIA, 10 DE DEZEMBRO DE 2019.

Agradecimentos

Agradecemos a nossos familiares e amigos por nos apoiar em todas as etapas para conclusão deste projeto. Durante todo o percurso transpassado, foram encontrados diversos empecilhos, por vezes, nos desencorajando a prosseguir adiante. Sem a colaboração, ajuda e suporte psicológico a consagração do término deste projeto não teria sido cabível. Sendo assim, gostaríamos de manifestar profundo agradecimento aos professores João Paulo Leite, Flávio Elias Gomes de Deus, Paulo Roberto de Lira Gondim e Francisco Assis de Oliveira Nascimento, que de alguma forma marcaram a trajetória dentro da universidade. Além do mais, gostaríamos de ressaltar o companheirismo criado ao longo dos anos entre nós, autores deste projeto, motivado por muitas noites mal dormidas, projetos que pareciam impossíveis de ser completados e etapas da vida que foram superadas.

RESUMO

Nos últimos dez anos a computação em nuvem se desenvolveu a passos largos. As empresas que surgiram durante este período se mostram familiarizadas e adeptas aos serviços da nuvem. Em contrapartida, grandes e médias empresas já bem consolidadas ainda se encontram em situação de incerteza. Critérios como falta de conhecimento por parte dos profissionais, escassez de casos de uso (empresas que já efetuaram processo parecido) e heterogeneidade de serviços por parte das provedoras de nuvem são os principais motivos pelos quais existe tal cenário de incerteza. O mercado se mostra inseguro com o processo de migração no que concerne ao questionamento sobre adotar ou não a nuvem, pairando sobre as empresas a hesitação sobre qual decisão deve ser tomada. Sendo assim, por meio da identificação dos principais problemas do processo de transição como um todo, decidiu-se pela criação de um macro-modelo capaz de atender às demandas iminentes do segmento. Por meio de pesquisas foram, então, levantado diversos artigos importantes sobre o assunto, entretanto, nenhum deles satisfazendo diretamente à demanda pelo entendimento de como se migrar os dados para nuvem pública. Ainda assim, a metodologia utilizada para fundamentação do modelo proposto neste documento proveio de exaustivas pesquisas de diversos artigos relacionados, mescladas com *know-how* prático/profissional dos autores. Com base em todos os fatos supracitados, fica evidente a necessidade do desenvolvimento de um macro-modelo de migração de sistemas *on-premises* para nuvem pública no Brasil a fim de consolidar e simplificar passos de tal processo de migração.

Palavras-chave: computação em nuvem, migração de sistemas *on-premises*, modelo de migração para nuvem, migração, macro-modelo, processo, subprocesso

ABSTRACT

Over the past ten years, cloud computing has made great strides. Businesses that have sprung up during this period are both familiar with and adept to cloud services. In contrast, large and midsized companies that are already consolidated are facing uncertainty. Criteria such as lack of knowledge by professionals, scarcity of use cases (companies that have already performed similar process) and heterogeneity of services issued by cloud providers are the main factors for which there is a scenario of uncertainty. The market is unsure about the cloud migration process and is full of companies that are hesitant about which decision to take. Therefore, by identifying the main problems of the transition process as a whole, it was selected the creation of a macro-model capable of meeting the field's imminent demands. Through research and professional knowledge, several important articles on the subject were raised, however, none of them directly satisfying the demand for understanding how to migrate data to the public cloud. Even so, the methodology used to substantiate the model proposed in this document came from exhaustive research of several related articles, mixed with practical professional know-how of the authors. Based on all the above facts, it is evident the need to develop a macro-migration model of public cloud systems in Brazil in order to consolidate and simplify steps of such migration process.

Keywords: cloud computing, migration from on-premises systems, cloud migration model, migration, macro-model, process, subprocess

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 | DEFINIÇÃO DO PROBLEMA | 1 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 1 |
| 1.2.1 | OBJETIVO GERAL | 2 |
| 1.2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 2 |
| 1.3 | CONTEXTUALIZAÇÃO BRASIL | 2 |
| 1.4 | JUSTIFICATIVA | 3 |
| 1.5 | METODOLOGIA UTILIZADA | 4 |
| 1.6 | ESTRUTURA DO TRABALHO | 4 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 5 |
| 2.1 | DEFINIÇÃO DE NUVEM | 5 |
| 2.1.1 | CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS DA NUVEM | 5 |
| 2.1.2 | MODELOS DE SERVIÇO EM NUVEM | 7 |
| 2.1.3 | MODELOS DE IMPLEMENTAÇÃO | 9 |
| 2.2 | ESTRATÉGIAS DE MIGRAÇÃO | 11 |
| 2.2.1 | MIGRAÇÃO FULL STACK | 11 |
| 2.2.2 | MIGRAÇÃO POR COMPONENTIZAÇÃO | 12 |
| 2.2.3 | MIGRAÇÃO POR REENGENHARIA | 12 |
| 2.2.4 | MIGRAÇÃO POR SUBSTITUIÇÃO | 12 |
| 2.3 | LEIS E REGULAMENTAÇÕES | 13 |
| 2.3.1 | LEI GERAL DE PROTEÇÃO DE DADOS (LGPD) | 13 |
| 2.3.2 | ABNT NBR ISO/IEC 27017:2016 | 14 |
| 2.3.3 | NIST 800-53 | 14 |
| 2.3.4 | NORMA COMPLEMENTAR 14/IN01/DSIC/SCS/GSIPR | 15 |
| 3 | TRABALHOS RELACIONADOS | 16 |
| 3.1 | NATHANIEL UNB 2015 | 16 |
| 3.2 | JOYDIPTO IBM 2012 | 18 |
| 3.3 | JAMSHIDI, AHMAD E PAHL IEEE 2013 | 19 |
| 3.4 | RESUMO CONCLUSIVO | 20 |
| 4 | MODELO PROPOSTO | 21 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.1 | PROCESSO 1: PLANEJAMENTO | 21 |
| 4.1.1 | SUBPROCESSO 1.1: MAPEAR SISTEMAS LEGADOS..... | 21 |
| 4.1.2 | SUBPROCESSO 1.2: ESTUDAR A VIABILIDADE | 23 |
| 4.1.3 | SUBPROCESSO 1.3: SELECIONAR SISTEMAS A SEREM MIGRADOS..... | 24 |
| 4.1.4 | SUBPROCESSO 1.4: AVALIAR REQUISITOS | 25 |
| 4.1.5 | SUBPROCESSO 1.5: DEFINIR CARGAS A SEREM MIGRADAS | 25 |
| 4.1.6 | SUBPROCESSO 1.6: SELEÇÃO DE CSP..... | 26 |
| 4.1.7 | SUBPROCESSO 1.7: ELABORAR ARQUITETURA DE REFERÊNCIA | 26 |
| 4.2 | PROCESSO 2: HOMOLOGAÇÃO | 27 |
| 4.2.1 | SUBPROCESSO 2.1: PREPARAR O ALVO (NUVEM)..... | 27 |
| 4.2.2 | SUBPROCESSO 2.2: COLETA DAS CARGAS | 28 |
| 4.2.3 | SUBPROCESSO 2.3: TRANSFORMAR | 29 |
| 4.2.4 | SUBPROCESSO 2.4: TRANSFERIR PARA NUVEM | 29 |
| 4.2.5 | SUBPROCESSO 2.5: REALIZAR TESTES | 30 |
| 4.2.6 | SUBPROCESSO 2.6: AVALIAR SOLUÇÃO | 30 |
| 4.3 | PROCESSO 3: IMPLEMENTAÇÃO | 30 |
| 4.3.1 | SUBPROCESSO 3.1: AGENDAR ATIVIDADE | 31 |
| 4.3.2 | SUBPROCESSO 3.2: EXECUTAR MIGRAÇÃO | 31 |
| 4.3.3 | SUBPROCESSO 3.3: REAPONTAR SISTEMAS DEPENDENTES..... | 32 |
| 4.3.4 | SUBPROCESSO 3.4: ELABORAR TERMO DE ENCERRAMENTO..... | 32 |
| 5 | ANÁLISE DO PROCESSO DE MIGRAÇÃO | 33 |
| 5.1 | CLOUD SERVICE PROVIDERS..... | 33 |
| 5.2 | IDENTIFICAÇÃO CORRETA DA CARGA..... | 35 |
| 5.3 | SEGURANÇA E PRIVACIDADE | 35 |
| 5.4 | COMPLEXIDADE DE INTEGRAÇÃO | 35 |
| 5.5 | ROLLBACK E BACKUP..... | 36 |
| 5.6 | APRISIONAMENTO TECNOLÓGICO..... | 36 |
| 5.7 | CONTRIBUIÇÕES DO MACRO-MODELO PROPOSTO..... | 37 |
| 6 | CONCLUSÃO | 38 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 40 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1.1 | Razões para adoção da nuvem pública (à esquerda) e barreiras encontradas durante o processo (à direita) | 3 |
| 2.1 | Painel do <i>AWS Cost Management</i> [Carlson 2017] | 7 |
| 2.2 | Diferentes graus de abstração de camadas de infraestrutura a depender do tipo de <i>as a Service</i> quando comparado com uma <i>on-premise</i> [Forsec 2019] ... | 8 |
| 2.3 | Maquinas implementadas na EC2 | 8 |
| 2.4 | Exemplo de AMI Ubuntu Server 18.04 LTS | 9 |
| 2.5 | Trecho da <i>blueprint</i> <i>s3-get-object-python</i> do AWS Lambda | 10 |
| 3.1 | Fluxo de atividades para migração de um sistema para ambiente de nuvem desenvolvido na tese [Morais 2015] | 17 |
| 3.2 | Ilustração do processo de consolidação dos dados a serem migrados para nuvem [Banerjee 2012] | 18 |
| 3.3 | <i>Cloud-RMM migration framework</i> | 19 |
| 4.1 | Modelo de migração proposto (em laranja, subprocessos adicionados; em cinza, subprocessos aproveitados do modelo do [Morais 2015]) | 22 |
| 4.2 | Modelo do Processo 1: Planejamento | 23 |
| 4.3 | Tarefas do Estudo de Viabilidade definidas no trabalho [Morais 2015] | 23 |
| 4.4 | Algumas das CSPs mais influentes do mercado [Computing Cloud Storage] ... | 27 |
| 4.5 | Processo de homologação proposto | 28 |
| 4.6 | Processo de implementação proposto | 31 |
| 5.1 | Conglomerado comparativo entre quais serviços são providos pelas diversas CSPs (mais especificamente, AWS, Azure, Google Cloud, IBM Cloud, Oracle Cloud e Alibaba Cloud), bem como as respectivas tecnologias que cada uma emprega para tanto [ilyas 2019] | 34 |
| 5.2 | Tabela comparativa entre modelo proposto e trabalho [Morais 2015] [S1] | 37 |

LISTA DE TABELAS

LISTA DE TERMOS E SIGLAS

| | |
|-----------|---|
| aaS | as a Service |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| AMI | Amazon Machine Images |
| APF | Administração Pública Federal |
| AWS | Amazon Web Services |
| Cloud-RMM | Cloud - Reference Migration Model |
| CSC | Client Service Customer |
| CSP | Cloud Service Provider |
| dev | desenvolvimento |
| DICA | Disponibilidade, Integridade, Confidencialidade e Autenticidade |
| EC2 | AWS Elastic Compute Cloud |
| EFS | Elastic File System |
| FIPS | Federal Information Processing Standards |
| GDPR | General Data Protection Regulation |
| IaaS | Infrastructure as a Service |
| IBM | International Business Machines |
| LATAM | América Latina |
| LGPD | Lei Geral de Proteção de Dados |
| NC | Norma Complementar |
| NFS | Network File System |
| NIST | National Institute of Standards and Technology |

| | |
|------|--|
| OO | Oriented-Object |
| P2V | Physical to Virtual |
| PaaS | Platform as a Service |
| PoC | Proof of Concept |
| S3 | Amazon Simple Storage Service |
| SaaS | Software as a Service |
| SI | Segurança da Informação |
| SIC | Segurança da Informação e Comunicações |
| SLA | Service-Level Agreement |
| SO | Sistema Operacional |
| SOA | Service Oriented Architecture |
| TI | Tecnologia da Informação |
| UnB | Universidade de Brasília |
| V2V | Virtual to Virtual |
| VM | Virtual Machine |
| XaaS | Everything as a Service |

Capítulo 1

Introdução

1.1 Definição do problema

Com previsão de crescimento econômico de 17% no ano de 2020,¹ a nuvem pública chama atenção pelo seu potencial de difusão no mercado [Costello e Rimol 2019]. Com o Brasil sendo o maior contribuinte para a receita das *Cloud Service Providers* (CSP) na América Latina (LATAM) [Pereira et al. 2017] e grande parte das empresas brasileiras já aderentes a algum tipo de serviço na nuvem², cada vez mais se discute sobre o processo de migração completo para nuvem pública, abstraindo, assim, a preocupação com a camada física no segmento de Tecnologia da Informação.

Contudo, a migração completa demonstra-se extremamente complexa, deixando diversos profissionais do mercado confusos. Sem conhecimentos suficientes para esclarecer sobre os questionamentos acerca do assunto, equipes de Tecnologia da Informação (TI) se encontram limitadas a migrar somente escopos reduzidos. Migrações complexas que envolvam reengenharia de software, mudanças na arquitetura ou alterações no modelo de negócios se tornam inviáveis, levando as empresas a questionar: seria possível, de fato, migrar por completo para nuvem?

1.2 Objetivos

Com base na descrição do problema em tópico anterior, foram divididos os objetivos a serem atingidos com este projeto em **objetivo geral** e **objetivos específicos**. Os específicos são resultados de etapas intermediárias necessárias para se atingir o objetivo geral proposto, sendo enunciados a seguir.

¹Um total de \$ 227.8 Bilhões em 2019 para \$ 266.4 em 2020, de acordo com o Gartner, Inc.

²Por mais promissor que pareça, os adeptos da nuvem se utilizam, em sua maioria, de serviços de infraestrutura. Serviços mais complexos como serviços de software em nuvem e plataforma em nuvem ainda são pouco presentes no país [Pereira et al. 2017]

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste projeto é a criação de **macro-modelo** para auxiliar no processo de migração de sistemas *on-premises* para nuvem pública no Brasil. O projeto busca ajudar as equipes em casos de migração que envolvam um ou mais sistemas de forma a estabelecer métodos essenciais para a correta execução da migração.

1.2.2 Objetivos específicos

Com base no objetivo geral definido, foram definidos os seguintes objetivos específicos para obtenção dos resultados desejados:

- Analisar critérios necessários para migração de sistemas para nuvens públicas no Brasil;
- Empregar os critérios relevantes para compor o modelo de migração sugerido;
- Analisar o modelo criado frente a dificuldades que venham a surgir durante a execução dos processos de migração de infraestruturas *on-premises* para nuvens públicas por parte de empresas públicas ou privadas no Brasil.

1.3 Contextualização Brasil

Desde meados de 2013, discute-se sobre computação em nuvem no âmbito federal [Ferreira e Andrade 2016]. Porém, somente nos últimos anos é que certo grau de amadurecimento tem sido observado nas empresas e instituições, como exemplo, a adoção pela Universidade de Brasília (UnB) dos serviços do *Office 365*³, esta executada por meio de protocolo de intenções da universidade sem envolver quaisquer transações financeiras [Rabelo 2019].

No cenário brasileiro, as intenções têm corroborado pela migração para nuvens públicas, seja a partir de infraestruturas *on-premises* (em que as companhias nacionais pretendem diminuir, na média, até duas vezes e meia o uso desse tipo de infraestrutura), seja até mesmo de nuvens privadas (com uma pretensão de redução em torno de uma vez e meia). Isso é encorajado, dentre outros fatores, pelo fato de que mais de 55% das empresas entrevistadas tiveram todas as suas necessidades atendidas pela nuvem pública, bem como um relativo grau de satisfação no que tange à segurança de dados, ao custo associado e ao desempenho. Estes dados são explicitados em [Infra News Telecom 2019], bem como algumas comparações interessantes a respeito do cenário brasileiro perante o mundo e as Américas.

A situação do Brasil diante investimentos no que concerne à adoção da nuvem pública é prevista para fechar em mais de 2,3 bilhões de dólares até o fim de 2019, o que por si só é

³Serviço de email fornecido na nuvem pela Microsoft

um valor que ratifica a tendência da nuvem; e, quando constatada a projeção de crescimento de mais de 35% ao ano nos anos subsequentes, em que quase triplicaria o supracitado valor (para quase 6 bilhões de dólares) até 2022 [Prescott 2019], fica claro o interesse e o reconhecimento de que se utilizar dos recursos de nuvens públicas de fato tem muitas vantagens para as empresas.

Os avanços têm se mostrado extremamente propensos a reduzir custos para as instituições e empresas. Entretanto, estas começam a se questionar quanto à seguridade dos dados. A abstração gerada pelos serviços de nuvem, cujo objetivo é ajudar, acaba por vezes ofuscando o entendimento sobre o fluxo de dados e, com isso, profissionais se veem confusos e inseguros quanto a questões de segurança. A Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) no Brasil acaba por tornar essas questões ainda mais difíceis, envolvendo multas e ônus financeiro para aqueles que não conseguirem atender aos requisitos mínimos estipulados.

O país se encontra em estado de adaptação, ao passo que se deseja migrar, contudo, questões como a segurança dos dados ainda se fazem presentes. O importante é que o Brasil se encontra em fase de amadurecimento, sendo reconhecido como um dos mais importantes países LATAM para o crescimento da nuvem [Pereira et al. 2017].

1.4 Justificativa

Com a falta de casos de uso para servir de apoio, as equipes de TI têm encontrado diversas dificuldades durante o processo de captação de recursos para migração à nuvem pública. Há estudo que comprova a dificuldade real que existe no processo de montagem de caso para comprovação de Retorno de Investimento - do inglês *Return of Investment* (ROI) -, sendo possível visualizar essa e outras barreiras para a implantação da nuvem na Figura 1.1 [KPMG International 2017].

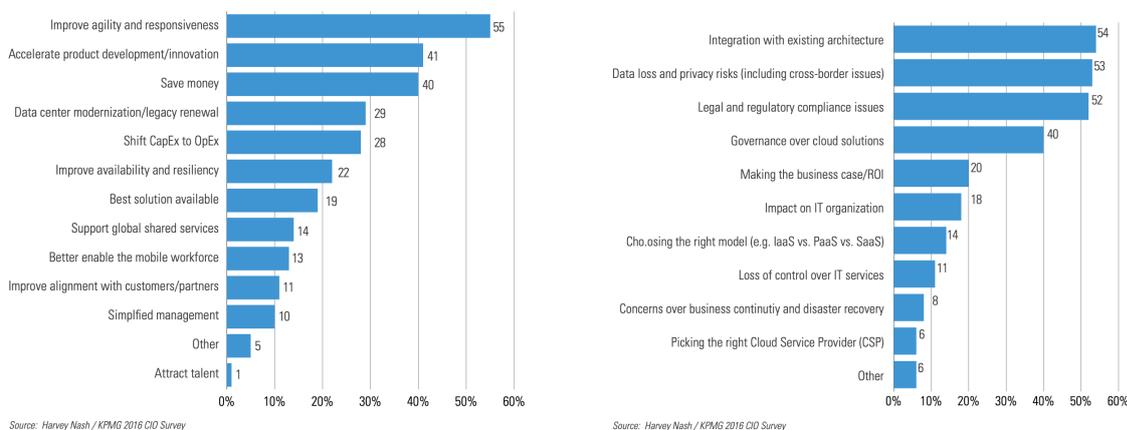


Figura 1.1: Razões para adoção da nuvem pública (à esquerda) e barreiras encontradas durante o processo (à direita)

Todavia, as razões para adoção da tecnologia de nuvem pública se colocam à frente

dessas dificuldades. Na Figura 1.1 é possível verificar que entre as razões mais significativas para adoção da nuvem encontra-se a economia financeira. Consequentemente, esse contexto acaba criando a demanda por uma solução facilitadora do processo como um todo. Uma vez que as dificuldades de se migrar são mitigadas por meio de modelo bem definido de passos a serem tomados, cabe a cada caso adequar à sua realidade tal modelo, assim armando as equipes de TI com instrumental capaz de otimizar o trabalho, reduzir custos e entregar resultados.

1.5 Metodologia utilizada

Para efeito deste projeto foi feita a escolha pela execução de pesquisa qualitativa acerca dos métodos de migração de ambientes *on-premises* para nuvem. Por meio de pesquisas de artigos relacionados e *know-how* dos autores, foi feita elaboração de um modelo capaz de atender a necessidade de simplificação e otimização do processo de migração de sistemas *on-premises* para nuvem.

1.6 Estrutura do trabalho

O trabalho aqui exposto é composto dos seguintes capítulos:

- **Capítulo 2:** Fundamentação Teórica, são abordados os principais fundamentos utilizados neste projeto, incluindo aqueles que dizem respeito à definição de nuvem, estratégias de migração e leis e regulamentações.
- **Capítulo 3:** Trabalhos relacionados, são apresentados os trabalhos [Morais 2015, Banerjee 2012, Jamshidi, Ahmad e Pahl 2013].
- **Capítulo 4:** Modelo proposto, é apresentado o modelo criado para facilitar o processo de migração, bem como são definidos os subprocessos necessários para execução de cada um dos processos.
- **Capítulo 5:** Análise do processo de migração, há um parecer sobre o modelo criado, análises voltadas para as preocupações e dificuldades que podem vir a ser encontradas e questões que possam vir a inviabilizar o processo.
- **Capítulo 6:** Conclusão, podem ser vistas indicações sobre trabalhos futuros, intenções e direcionamentos a serem tomados por novos colaboradores.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Para concretização do modelo, foram pesquisadas e utilizadas referências das mais diversas. Entretanto, entre as mais importantes estão aquelas acerca do funcionamento da nuvem e dos processos de migração já estudados até então. Assim, aqui foram elencadas as referências mais importantes para o trabalho, separadas por tema.

2.1 Definição de nuvem

O termo **Nuvem** é uma abstração de infraestrutura que provê soluções e serviços com as seguintes características essenciais: *on-demand service*, *broad network access*, *resource pooling*, *rapid elasticity* e *measured service*. Ainda convém definir o que é **computação em nuvem**, que, de acordo com o *National Institute of Standards and Technology* (NIST), trata-se dum modelo que permite acesso a um conglomerado de recursos computacionais configuráveis de maneira onipresente, conveniente e sob demanda, podendo ser rapidamente provisionado com o mínimo de esforço e interação por parte do CSP [NIST 2018].

Para pleno entendimento da concepção de nuvem, cabe evidenciar as arquiteturas de serviço passíveis de implementação, sendo elas: *Infrastructure as a Service* (IaaS); *Platform as a Service* (PaaS); e *Software as a Service* (SaaS). Na prática, hoje existem muitos outros *as a Service* (aaS) (até mesmo o termo *Everything as a Service* (XaaS)). Porém, de acordo com o NIST, esses termos geram confusão, não sendo, pois, utilizados neste artigo [NIST 2018].

2.1.1 Características essenciais da nuvem

A concepção de características essenciais num ambiente de nuvem abre margem a uma grande relativização. Deste modo, faz-se necessário delimitar um escopo para tanto, bem como definir assertivamente tais características; de fato, pode-se considerar que um provedor de serviço em nuvem (*Cloud Service Provider* - CSP) está oferecendo serviços essenciais para um cliente de serviço em nuvem (*Client Service Customer* - CSC) na condição em

que, para determinado serviço contratado, são atendidas todas as características essenciais [NIST 2018]. Naturalmente, haverá sentido em tal conceito somente se for definida cada uma das características essenciais de tal critério [NIST 2011], que é o que será abordado nos tópicos subsequentes.

2.1.1.1 On-demand self-service

Com a tradução direta de "autosserviço sob demanda", refere à capacidade de a CSP prover recursos computacionais automaticamente (sem precisar haver intermediação de pessoas) à medida que o CSC os consome [NIST 2011].

2.1.1.2 Broad network access

"Larga acessibilidade de rede" diz respeito à capacidade de se conseguir acessar os serviços oferecidos pelo CSP a partir de uma gama heterogênea de equipamentos computacionais [NIST 2011].

Pode ser entendido também como a característica onipresente da nuvem, ou seja, capacidade de ser acessada de qualquer lugar por qualquer dispositivo que se comunique com a Internet e possua requisitos mínimos para acessá-la.

2.1.1.3 Resource pooling

Traduzido diretamente como "agrupamento de recursos", é relativo ao fornecimento de recursos para múltiplos CSCs a partir de um manejo dinâmico de recursos virtuais e físicos da nuvem (o que implica no uso de algum tipo de *hypervisor* [Red Hat]), abstraindo destes até mesmo a concepção de onde se encontram exatamente seus dados (não se sabe muito além do que a região/estado/país do data center que compõe a nuvem) [NIST 2011].

Tal conceito é o que permite a nuvem ter alta disponibilidade e escalabilidade por meio de *clusters*¹ de computadores e tecnologias proprietárias de gerenciamento destes, ajudando a abstrair a camada física.

2.1.1.4 Rapid elasticity

Referindo-se a "rápida elasticidade", essa característica concerne principalmente à escalabilidade de provisionamento de recursos de uma maneira extremamente adaptativa relativamente às demandas do CSC (por vezes, até automaticamente) [NIST 2011].

¹Um *cluster* é definido como uma coleção de computadores distribuídos ou paralelos que se encontram interconectados por meio de conexões de alta velocidade [Sadashiv e Kumar 2011]

2.1.1.5 Measured service

Tido por "serviço mensurável", abrange a capacidade de monitoramento dos recursos providos a fim de se garantir, a partir de tais dados, transparência tanto para a CSP quanto para a CSC [NIST 2011].

As CSPs funcionam com serviços de faturamento - do inglês *billing* - capazes de mensurar o uso dos serviços pelos CSCs. Esse serviço é apresentado de maneira clara para os consumidores, associando-o às vantagens e à facilidade com que se consegue associar a implementação da tecnologia com as despesas associadas. Na Figura 2.1, é possível observar o painel de faturamento dos serviços da *Amazon Web Services* (AWS), sendo possível verificar as despesas de cada um dos serviços utilizados na nuvem da Amazon.

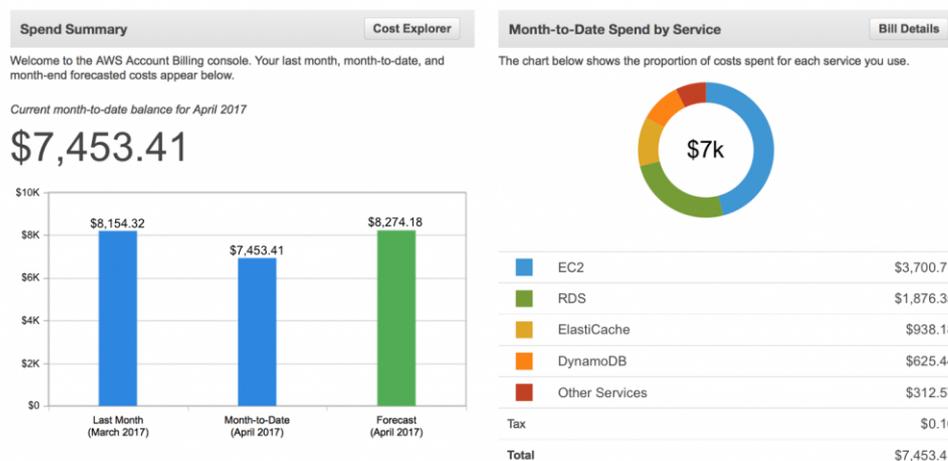


Figura 2.1: Painel do *AWS Cost Management* [Carlson 2017]

2.1.2 Modelos de serviço em nuvem

Devido à alta popularização que a nuvem vem conquistando, é natural nascer certas terminologias que, no meio técnico, fazem-se não só inapropriadas, mas confusas e prolixas, à medida que se tratam de nada mais que estratégias de marketing para descrever o que primordialmente os três modelos fundamentais designam (e que, naturalmente, é como será adotada a terminologia neste documento): IaaS, SaaS e PaaS [NIST 2018]. A figura 2.2 traz de maneira mais visual as abstrações proporcionadas pelos diferentes *as a Services* quando comparados com uma infraestrutura *on-premise*.

2.1.2.1 Infrastructure as a Service (IaaS)

O que estabelece o modelo de IaaS está intrinsecamente relacionado ao CSP provisionar recursos computacionais fundamentais a partir dos quais o CSC é capaz de implementar softwares arbitrários, mas sempre mantendo a abstração da infraestrutura da nuvem em si,

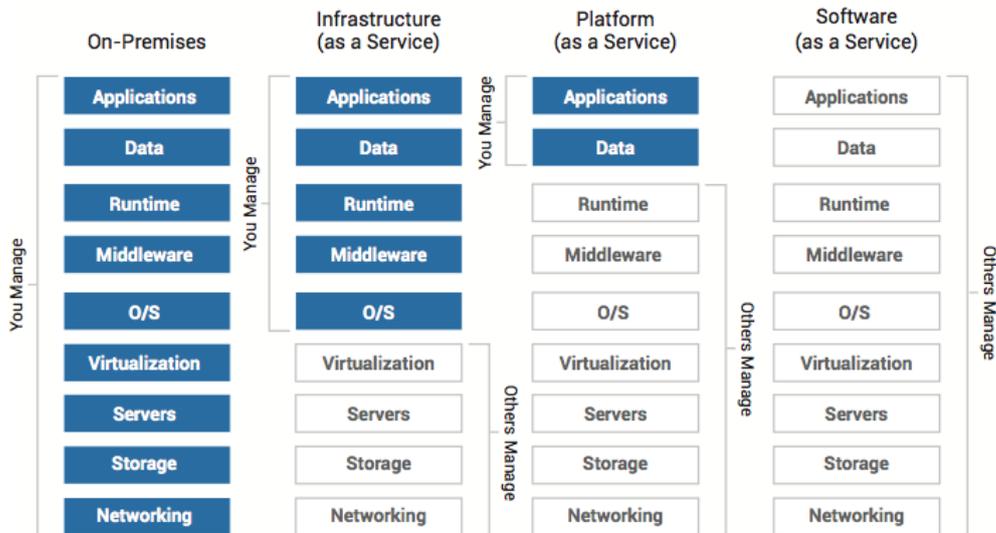


Figura 2.2: Diferentes graus de abstração de camadas de infraestrutura a depender do tipo de *as a Service* quando comparado com uma *on-premise* [Forsec 2019]

tendo ele o controle de recursos como Sistema Operacional (SO), *storage* e até, por vezes e restritivamente, de componentes de rede [NIST 2011].

Nesse modelo de uso da nuvem, o CSC possui total controle dos recursos (mesmo que não haja conhecimento sobre o hardware abaixo da camada de serviço). Características como criação de sub-redes, conexão de discos e instalação de SOs são comumente encontradas nessa modalidade. Um exemplo desta é a AWS Elastic Compute Cloud (EC2), em que é possível lançar máquinas por meio de Amazon Machine Images (AMI). Máquinas na EC2 e uma imagem AMI são apresentadas nas Figuras 2.3 e 2.4, respectivamente.

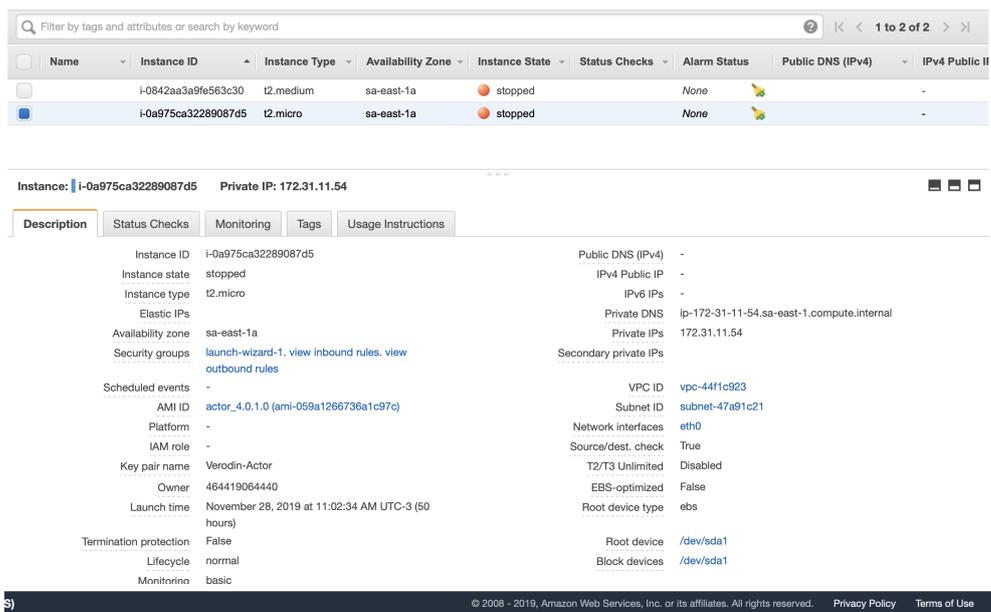


Figura 2.3: Maquinas implementadas na EC2

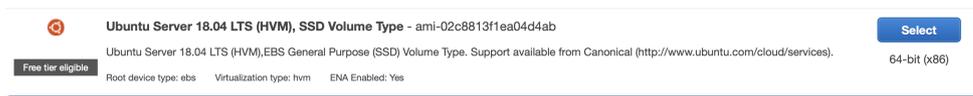


Figura 2.4: Exemplo de AMI Ubuntu Server 18.04 LTS

2.1.2.2 Software as a Service (SaaS)

Contrastando-se com o IaaS, o SaaS tende a abstrair muito mais o gerenciamento de recursos, em que a CSP entrega diretamente a aplicação sendo executada já pela infraestrutura da nuvem. Desse modo, o CSC deixa de ter quaisquer controles de recursos como SO, *storage* e componentes de rede (no máximo continua tendo controle de alguns parâmetros de configuração da própria aplicação provida) [NIST 2011].

Como exemplo podem ser citadas aplicações como o Office 365, Salesforce e Tenable.io, todas entregues por meio de software sobre custódia da fabricante e mantido na nuvem (muitas vezes as fabricantes se utilizam de CSPs de mercado para implementação de suas soluções de SaaS, a citar o Tenable.io, que se utiliza da AWS, e o Office 365, que está na Microsoft Azure).

2.1.2.3 Platform as a Service (PaaS)

O PaaS traz a concepção de que o CSC cria sua aplicação acima da camada abstraída provida pela nuvem, de modo que o CSC tem somente controle a nível de aplicação [NIST 2011].

Um ótimo exemplo a ser colocado aqui são as plataformas de execução de software orientados a serviço. A Amazon fornece a plataforma Lambda, na qual é possível subir código orientado a serviço e acioná-lo por meio de eventos. A partir desta solução, a equipe de dev é capaz de agilizar os processos de criação e se preocupar somente com o código, sem necessidade de atualização de versão de *patches*, módulos ou quaisquer outros critérios de infraestrutura que venham a dificultar o trabalho criativo. Na Figura 2.5 é possível verificar código na AWS Lambda² para extração de metadados de objeto atualizado no *bucket* da *Amazon Simple Storage Service (S3)*.

2.1.3 Modelos de implementação

Atualmente, existem quatro modelos de implementação em nuvem, a citar: Privado, Comunitário, Público e Híbrido [NIST 2011]. Os parâmetros que distinguem uma da outra são relativos principalmente a que tipo de cliente é atendido por cada modelo e à situação da infraestrutura (se é *on* ou *off-premise*).

²serviço da AWS destinado a execução de código orientado a serviço de maneira a não se preocupar com a alocação de recursos computacionais, assim, se mostrando ser uma ótima opção para aplicações com alta elasticidade

Lambda function code

Code is preconfigured by the chosen blueprint. You can configure it after you create the function. [Learn more](#) about deploying Lambda functions.

Runtime
Python 3.7

```
1 import json
2 import urllib.parse
3 import boto3
4
5 print('Loading function')
6
7 s3 = boto3.client('s3')
8
9
10 def lambda_handler(event, context):
11     #print("Received event: " + json.dumps(event, indent=2))
12
13     # Get the object from the event and show its content type
14     bucket = event['Records'][0]['s3']['bucket']['name']
15     key = urllib.parse.unquote_plus(event['Records'][0]['s3']['object']['key'], encoding='utf-8')
16     try:
17         response = s3.get_object(Bucket=bucket, Key=key)
18         print("CONTENT TYPE: " + response['ContentType'])
19         return response['ContentType']
20     except Exception as e:
21         print(e)
22         print('Error getting object {} from bucket {}. Make sure they exist and your bucket is in the same region as your function lambda.')
23         raise e
24
```

Figura 2.5: Trecho da *blueprint* s3-get-object-python do AWS Lambda

2.1.3.1 Private Cloud

A concepção de "Nuvem Privada" está inerentemente relacionada com o provisionamento da nuvem atender tão somente uma única organização com múltiplos clientes. Ela pode ser possuída, gerida e operada pela organização e/ou terceiros, podendo ser *on* ou *off-premise* [NIST 2011].

2.1.3.2 Community Cloud

"Nuvens Comunitárias" são relativas a um conglomerado de empresas que têm interesses e preocupações em comum, em que elas se juntam num acordo para gerar e prover a infraestrutura de nuvem entre elas. Elas podem ser possuídas, geridas e operadas pela organização e/ou terceiros, podendo ser *on* ou *off-premise* [NIST 2011].

2.1.3.3 Public Cloud

"Nuvens públicas" são aquelas passíveis de terem seu serviço de provimento contratado por qualquer pessoa ou organização. Elas necessariamente precisam ser *on-premise* relativamente ao provedor. Elas podem ser possuídas, geridas e/ou operadas pela organização e/ou terceiros.

2.1.3.4 Hybrid Cloud

A concepção de "nuvem híbrida" é sugestivamente relativa à junção entre pelo menos dois dos outros três modelos supracitados, cada qual (CSP) mantendo sua soberania, havendo, contudo, padronizações que garantam portabilidade de dados e aplicações.

2.2 Estratégias de migração

Com a finalidade de se estabelecer de maneira mais assertiva modelos de implementação de migração, utilizaram-se como base alguns artigos [Morais 2015, Banerjee 2012, Alkhalil, Sahandi e John 2014, Gholami et al. 2016] para se estabelecer uma certa convergência entre estes; de fato, fez-se uma releitura dos modelos estabelecidos pela referência [Morais 2015], a qual nomeia: migração fim-a-fim (que, neste documento, julgou-se mais apropriado chamar de migração *full stack*), migração por componentização, migração por reengenharia e migração por substituição.

2.2.1 Migração full stack

Essa estratégia de migração é a que tende ser mais cômoda, em que não agrega muita complexidade além da exportação da máquina para a nuvem (é interessante deixar claro que a migração pode ser a partir de uma máquina virtual (Virtual to Virtual - V2V) ou física (Physical to Virtual - P2V)).

Pode parecer que é sempre preferível optar por este tipo de migração, dado que ela tende a minimizar as chances de ocorrer incompatibilidade por haver ferramentas e/ou procedimentos complementares que auxiliam na migração e por ser *full stack*, ou seja, mantêm-se intactas características como SO, dados, etc. Contudo, justamente por esta última característica, o tempo de migração tende até a, dependendo do volume de dados, inviabilizar tal opção, bem como inibir possíveis otimizações que poderiam ser feitas (a exemplificar, um volume de dados relativo ao SO que poderia ser simplesmente subido a partir da criação de uma Máquina Virtual - do inglês *Virtual Machine* (VM) - no ambiente de destino em vez de ser migrado, dado que, afinal, ele tende a possuir poucas diferenças em termos de arquivos e estrutura de diretórios; subsequentemente, bastar-se-ia acoplar o disco de dados a tal VM na nuvem).

Outro fator que costuma tornar impeditiva a migração *full stack* é quando ocorre a inexistência de interoperabilidade entre o sistema *on-premise* e a nuvem alvo. De fato, em alguns casos, existem maneiras de se contornar tal empecilho, por exemplo, quando se deseja migrar uma VM de um VirtualBox para um ambiente de nuvem privada em VMware, existe a possibilidade de conversão de formato de disco de VDI para VMDK.

2.2.2 Migração por componentização

Essa estratégia de migração é motivada pelo reaproveitamento do que a nuvem tem a oferecer. Um exemplo clássico disso é a simples cópia das configurações de algum serviço web para uma instância que possua o Apache na nuvem. Outro exemplo seria um serviço que esteja encapsulado num *container* virtual via Docker, transferindo-se-o a partir da exportação dos arquivos Dockerfile e Docker-compose (meros arquivos YAML), os quais, quando executados e devidamente configurados, operacionalizam o serviço independentemente das especificações da máquina de destino (garantindo portabilidade e praticidade).

Dessa maneira, um dos maiores atrativos nesta estratégia é justamente o fato de ela ocasionar numa menor quantidade de dados a trafegarem pela rede durante a migração, além da praticidade a partir do reaproveitamento de componentes disponibilizados pela nuvem.

2.2.3 Migração por reengenharia

Segundo [Zhao e Zhou 2014], o processo de migração de uma determinada aplicação necessita passar por uma reengenharia quando não se encaixa nem no cenário de migração *full stack* nem por componentização e não se opta pelo processo de substituição. Sendo assim, a reengenharia se faz necessária para adequação do código legado para uma arquitetura de Service Oriented Architecture (SOA), nuvem ou mesmo uma total repaginada para criação de uma solução de SaaS.

O processo de remodelagem pode ser bem extenso a depender da arquitetura legada e do nível de conhecimento da equipe responsável. Aqui, o importante é entender o *modus operandi* da aplicação e tentar adequá-la a uma das possíveis opções existentes de implementação de códigos na nuvem. Como exemplo, é possível imaginar a migração de uma aplicação legada desenvolvida em C++, em que se poderia ser remodelada para uma arquitetura de SOA e, então, implementada dentro do serviço AWS Lambda.

2.2.4 Migração por substituição

A migração por substituição é colocada como uma das mais trabalhosas e onerosas a depender do caso e da plataforma a ser migrada. Este tipo de migração se trata da eleição de uma alternativa para solução legada, escolhendo-se um sistema substituto capaz de atender a todos os requisitos de maneira a cobrir todas as áreas necessárias para desativação da aplicação existente.

Neste tipo de migração é necessário entender todos os pontos imprescindíveis para a troca do sistema presente pelo escolhido. É importante atentar-se ao entendimento das dificuldades em se transferir os dados de uma para outra, em que se precisam enfrentar processos internos que não tenham sido pensados para nuvem para se conseguir migrar de fato os dados da

aplicação legada para a nova na nuvem.

2.3 Leis e regulamentações

Dentro do polo de regulamentações e leis, faz-se importante a discussão das seguintes: LGPD, ABNT NBR ISO/IEC 27017:2016, NIST 800-53 e Norma Complementar 14/IN01/DSIC/SCS/GSIPR.

2.3.1 Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD)

Segue, na íntegra, o que a LGPD estabelece (o artigo primeiro da lei número 13709, de agosto de 2018):

"Esta Lei dispõe sobre o tratamento de dados pessoais, inclusive nos meios digitais, por pessoa natural ou por pessoa jurídica de direito público ou privado, com o objetivo de proteger os direitos fundamentais de liberdade e de privacidade e o livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural."

No geral a LGPD surgiu em comunhão com sua predecessora General Data Protection Regulation (GDPR). O intuito das duas comuta com o cerne de proteger primordialmente os dados. A lei ainda enfrenta questões judiciais quanto a como e quando entrará de fato em vigor, porém, sua previsão de entrar em vigor está para o ano de 2020, sendo dessa maneira relevante para este estudo.

A LGPD impacta diretamente nas questões acerca da migração dos dados para nuvem. Uma vez que se abstrai a arquitetura de hardware, comunicações e até mesmo serviços, torna-se cada vez mais difícil o rastreamento e o controle dos dados. Atualmente, vive-se a era do *Big Data*, em que o fluxo de dados visto diariamente é enorme [Cisco 2019], ocasionando na complexidade das soluções para controle, visibilidade e gestão. Colocar os dados na nuvem pode se mostrar extremamente imprudente do ponto de vista de segurança, uma vez que um dos pilares desta se estabelece no conhecimento sobre o ambiente mantido, e, ao colocar os dados na nuvem, este conhecimento se torna impreciso.

Muitos pontos acerca da lei ainda não estão totalmente claros e por isso aqui foi somente citada de maneira breve. O mais importante é saber da sua existência e se atentar para os eventuais cuidados que se deve ter. Sendo assim, recomenda-se entender ao máximo possível o ambiente de nuvem antes da migração e atentar-se aos cuidados e às boas práticas de segurança, de forma a prevenir o vazamento de dados.

2.3.2 ABNT NBR ISO/IEC 27017:2016

Essa norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece técnicas de segurança na área de TI relativamente a controles de segurança da informação baseando-se na ABNT NBR ISO/IEC 27002 para serviços em nuvem.

Ela é pautada em três diretrizes gerais, a nomeá-las: aspectos organizacionais, aspectos físicos e aspectos técnicos. Dentre muitas das estipulações organizacionais mencionadas, destacam-se a necessidade de a CSP disponibilizar recursos de monitoramento aos CSCs, definição e documentação de procedimento de remoção e retorno dos dados do cliente no caso de encerramento de contrato, informar os países e localizações geográficas nas quais os dados do CSC irão ficar, definição de responsabilidades de propriedade de dados, acessibilidade e manutenção de dados e infraestrutura.

Relativamente a aspecto físico, há poucas considerações, contemplando não muito além de políticas e procedimentos de descarte e reuso de equipamentos e mídias de armazenamento de dados do CSP.

Finalmente, em termos de aspecto técnico, são feitas diversas recomendações, tais como: monitorar a capacidade de recursos dos serviços contratados, garantir segregação lógica dos dados, possibilitar gestão de acessibilidade privilegiada aos CSCs, adotar criptografia, deixando o cliente ciente de quando ela é utilizada, dentre outros [Freund, Fagundes e Macedo 2018].

2.3.3 NIST 800-53

Esse documento do NIST foi estruturado com base na publicação de número 200 da *Federal Information Processing Standards*, FIPS, a qual estipula requisitos mínimos de segurança para dados de natureza federal e sistemas de dados para os Estados Unidos da América. Mesmo baseando-se numa legislação diferente, convém citá-lo à medida que vários aspectos trazidos são de mesma relevância e aplicabilidade para o Brasil, apontando orientações para qualquer sistema da informação que processe, armazene ou transmita dados de cunho federal.

O documento do NIST trata diversos aspectos pertinentes; por exemplo, gestão de riscos em múltiplas camadas, estrutura de controle de segurança, requerimentos mínimos para ponto de partida de alavancagem de processo e maneiras de se utilizar processos na área de segurança que já existam para se evitar retrabalho. Além disso, são suscitadas tópicos a respeito dos provedores de serviço, garantias e revisões de requisitos mínimos de segurança.

Outros aspectos abordados que são facilmente extensíveis para a situação brasileira incluem como se utilizar o processo de segurança adotado em tecnologia legada e como realizar a documentação (tópicos a serem abordados, estrutura, etc) [NIST 2013].

2.3.4 Norma Complementar 14/IN01/DSIC/SCS/GSIPR

Essa Norma Complementar (NC) trata diretamente das diretrizes acerca da Segurança da Informação (SI) especificamente para ambientes em nuvem, relativamente a órgãos e entidades da Administração Pública Federal (APF).

Mesmo que suas diretrizes sejam somente para órgãos públicos, perdendo-se um pouco da generalidade proposta, é mandatório que se aponte as necessidades para cada caso isoladamente, no caso, a esfera pública. Dessa maneira, o que é estabelecido para as entidades e órgãos da APF inclui certas observâncias ao se lidar com dados sigilosos em ambiente em nuvem, em que, em se tratando de informação classificada (ou que possa gerá-la) ou contida em material de acesso restrito, ou ainda que não se tenha sido concedida permissão pela Alta Administração do respectivo órgão ou entidade do APF, é vetado o tratamento de tais informações na nuvem computacional.

Por outro lado, informações cuja acessibilidade está restringida na atual legislação, bem como documento preparatório e informações pessoais acerca da vida privada, intimidade, honra ou imagem, podem ser tratadas no ambiente em nuvem, desde que se considere a legislação vigente, os riscos de Segurança da Informação e Comunicações (SIC) e o cumprimento dos fundamentos de segurança da informação, a nomear: Disponibilidade, Integridade, Confidencialidade e Autenticidade (DICA). Contudo, estas precisam necessariamente residir em território nacional (ou seja, mesmo em se tratando da contratação de uma empresa estrangeira, esta precisa possuir *datacenter* em território brasileiro, e os dados precisam estar necessária e exclusivamente em tais *datacenters*).

Os demais tipos de informação, ou seja, que não possuam qualquer restrição de acesso, podem ser tratados em nuvem computacional a critério do que a entidade ou órgão da APF decidir, sempre levando em consideração a legislação vigente e os riscos de SIC, bem como garantia contratual de que: a DICA é respeitada; há possibilidade de se realizar auditoria caso solicitado; terceiros não terão acesso nem poderão usá-los; e, no caso de cancelamento, descontinuidade, migração, renovação de contrato ou substituição de ambiente, todas as informações deverão ser destruídas/eliminadas de forma definitiva. Deve-se ressaltar que, independentemente da classificação da informação, se a Alta Administração não autorizar o tratamento de alguma informação em específico em nuvem, é tal veto que prevalece [GSI, SCS e DSIC 2018].

Capítulo 3

Trabalhos Relacionados

Por meio de buscas no segmento de artigos científicos relevantes para a confecção do modelo, foram selecionados os seguintes para discussão e análise: [Morais 2015, Banerjee 2012, Jamshidi, Ahmad e Pahl 2013]. Sendo assim, nos tópicos seguintes, será abordado cada um deles e suas contribuições para o modelo aqui apresentado.

3.1 Nathaniel UNB 2015

Nathaniel Simch de Moraes, em sua dissertação de Mestrado "Proposta de Modelo de Migração de Sistemas de Ambiente Tradicional para Nuvem Privada para o Polo de Tecnologia da Informação do Exército Brasileiro", apresentou proposta de modelo para migração de um servidor de arquivos do Exército Brasileiro para nuvem privada [Morais 2015].

Em sua tese, Nathaniel buscou como meio para migração a revisão do estado da arte (como o próprio autor coloca em sua tese) em busca de métodos e metodologias para migração. Suas considerações chegaram à conclusão que é necessário se conhecer bem o ambiente legado a ser migrado, indo muito além dos critérios técnicos computacionais, entrando nas questões de negócios. Além disso, é colocado por ele a necessidade de um *framework*, modelo capaz de facilitar e ordenar o processo de migração, uma vez que ele se mostra na literatura extremamente complexo e oneroso.

Assim sendo, Nathaniel em sua tese elaborou o que aqui se chama de **micro-modelo**, modelo destinado à migração para o caso do Exército Brasileiro estudado por ele. Em seu modelo, Nathaniel colocou tarefas necessárias para tornar o processo bem definido, sendo capaz de executar sua prova de conceito de maneira assertiva e clara. A seguir, na Figura 3.1, é possível observar o modelo com o fluxo de atividades elaborado pelo autor.

O trabalho definido por Nathaniel foi o de maior relevância para o modelo criado neste documento. Ele foi capaz de compilar as informações e traduzi-las em um processo com capacidade de expansão enorme. Foi, então, a partir deste que se criou o que foi denominado de **macro-modelo** definido no Capítulo 4.

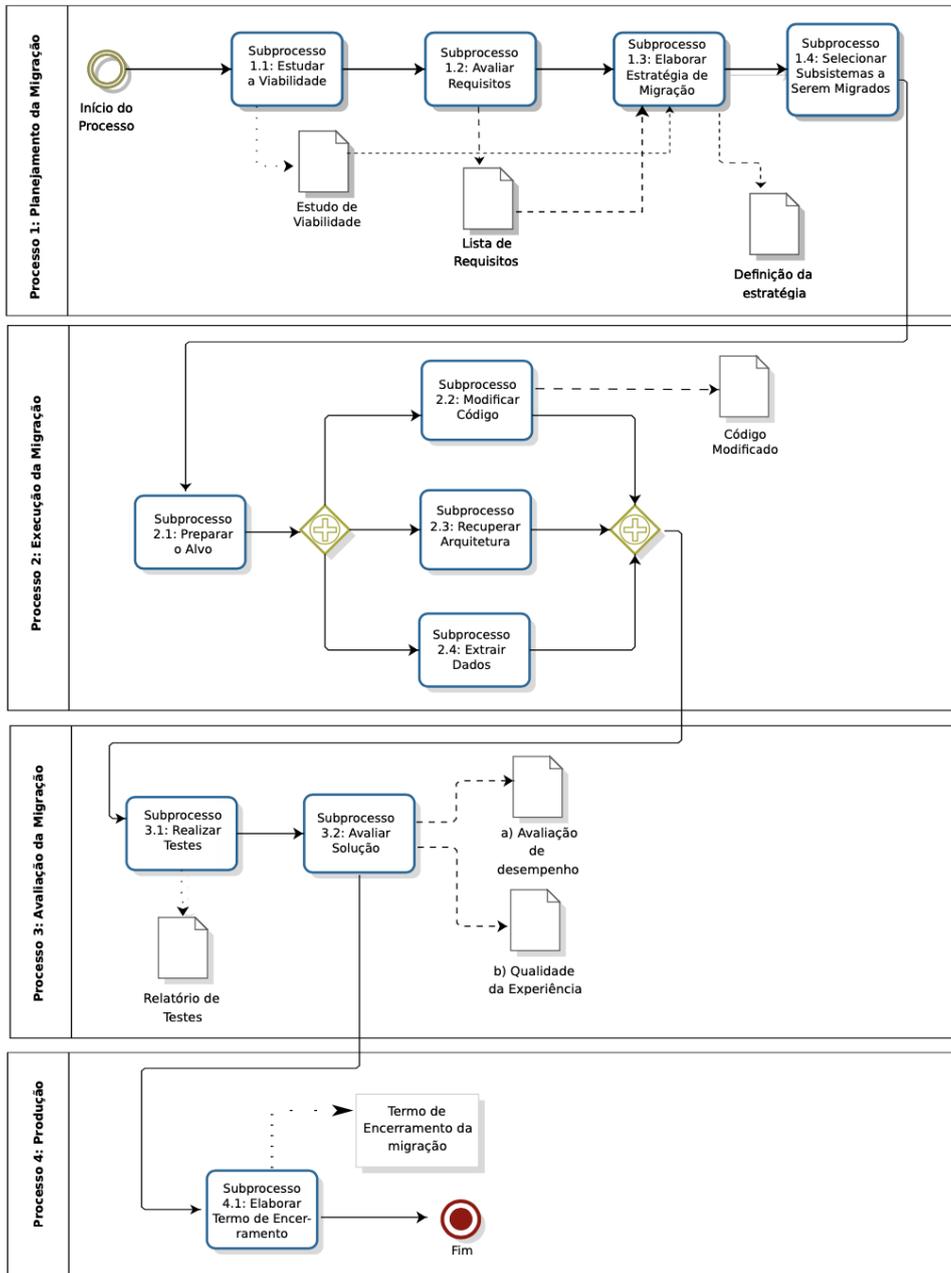


Figura 3.1: Fluxo de atividades para migração de um sistema para ambiente de nuvem desenvolvido na tese [Morais 2015]

3.2 Joydipto IBM 2012

Joydipto Banerjee, em seu artigo "*Moving to the Cloud: Workload Migration Techniques and Approaches*", estabeleceu grande contribuição para o meio científico com uma abordagem sobre as formas de migração possíveis para os ambientes de nuvem. Em sua escrita, definiu os principais conceitos sumarizados para o processo de migração, sendo eles:

- Compatibilidade de *software*;
- Arquitetura de referência;
- Característica da carga a ser migrada;
- Dependências da plataforma.

Em seu trabalho, esclareceu sobre as formas de obtenção e os detalhes sobre o processo de extração e coleta dos dados. Nele são citados os tipos de migração como sendo: *Like for like migration*, *Cross platform migration* e *Application-only migration*. Além disto, são colocados os principais pontos importantes a serem levados em conta durante o processo de migração, entre eles:

- Identificação da correta carga a ser migrada;
- Segurança e privacidade;
- Qualidade dos serviços;
- Performance de rede e responsividade;
- Complexidade da integração.

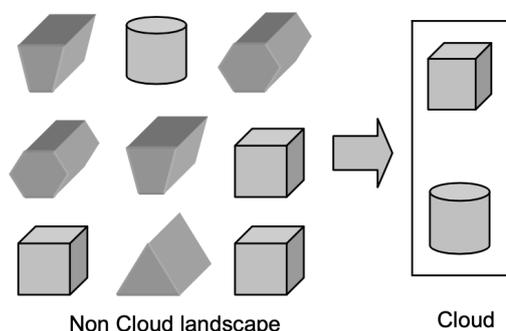


Figura 3.2: Ilustração do processo de consolidação dos dados a serem migrados para nuvem [Banerjee 2012]

Em seu trabalho, coloca uma interessante imagem, visualizada na Figura 3.2, que retrata a situação de escolha criteriosa do que deverá ser levado para nuvem. Como exemplo, pode-se pensar na migração de um servidor *web*, caso no qual convêm migrar somente os arquivos minimamente necessários para o funcionamento do site (como por exemplo os arquivos HTML), não sendo necessariamente obrigatória a coleta do serviço *web*, nem de quaisquer outros arquivos existentes na respectiva máquina.

3.3 Jamshidi, Ahmad e Pahl IEEE 2013

Um dos trabalhos mais importantes aqui citados, "*Cloud Migration Research: A Systematic Review*" já foi citado por mais de trezentos outros trabalhos científicos [Google]. Neste é apresentado um panorama geral no âmbito de quando foi realizado (2013) de forma a retratar o conhecimento já adquirido sobre nuvem até então.

Deste artigo, o mais relevante a ser explicado e comentado é o que foi chamado pelos autores de *Cloud-RMM: A Cloud Migration Reference Model (Cloud - Reference Migration Model)*. O modelo pode ser visto na Figura 3.3.

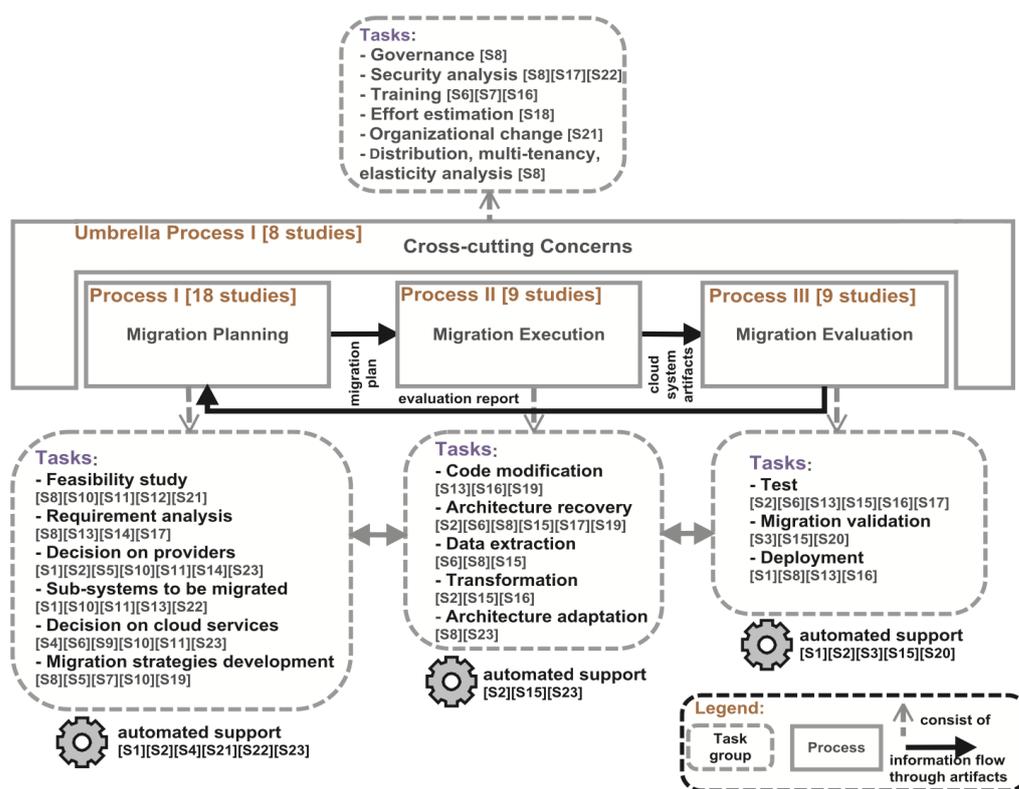


Figura 3.3: *Cloud-RMM migration framework*

Comentado por muitos, o modelo Cloud-RMM foi estabelecido por métodos de pesquisa a fim de se correlacionar os processos propostos pelo meio acadêmico para solução dos problemas de migração de sistemas legados para nuvem. Com isso, foi possível encontrar os

artefatos resultantes, que foram os quatro processos do modelo de migração: Planejamento da migração; Execução da migração; Avaliação da migração; e Preocupações transversais. Aqui é importante se colocar as definições dadas para cada um dos processos definidos no modelo.

- **Planejamento:** estudo de viabilidade, análise de requisitos, decisão sobre provedoras e serviços e estratégias de migração;
- **Execução:** modificação de código, arquitetura de extração, extração de dados e transformação;
- **Avaliação:** implementação, testes, validação;
- **Preocupações transversais:** governança, segurança, treinamento, estimativa de esforço, mudança organizacional e *multi-tenancy*.

3.4 Resumo conclusivo

De posse dos três trabalhos comentados, foi possível então uma avaliação detalhada sobre o panorama geral acerca das metodologias e processos estudados para servirem de base ao modelo a ser proposto. O trabalho [Morais 2015], o mais recente dos três aqui apresentados, foi o que chamou mais atenção. O autor em sua tese de Mestrado conseguiu usufruir dos conhecimentos prévios e executar de maneira direta a migração em si modelada por ele.

Contudo, seu modelo não abordou alguns tópicos importantes, e por mais que o tenha definido de maneira assertiva, deixou brechas quanto a alguns processos necessários ao bom funcionamento no panorama geral (macro-panorama). Por meio da análise dos trabalhos [Banerjee 2012, Jamshidi, Ahmad e Pahl 2013] foi possível, então, observar pontos a serem melhorados no modelo do Nathaniel, sendo assim, buscando elevá-lo ao macro-modelo que neste artigo foi desenvolvido.

As pesquisas e análises feitas dos trabalhos encontrados demonstraram certo grau de maturidade no assunto quanto à migração de sistemas legados para nuvem. O que foi descoberto, em contrapartida, é que pouquíssimos artigos trazem dados contextualizados para os dias atuais sobre o processo. O mercado parece ter se voltado para tal causa, sendo, portanto, de grande utilidade a revisão e adequação do que já foi discutido, indo em direção ao que o projeto desta proposta se destina.

Capítulo 4

Modelo proposto

Neste capítulo é apresentado o modelo de migração proposto. Do início ao fim, o intuito deste foi facilitar o entendimento sobre o processo de migração para nuvem pública no Brasil como um todo. Para isso, foi elaborado, com base no contexto brasileiro atual, na experiência dos autores dos artigos aqui citados e na experiência profissional dos autores deste documento, um modelo que tenta estabelecer uma correlação capaz de mitigar o ônus do processo original em si. Alguns dos subprocessos apresentados foram adaptados da tese de mestrado [Morais 2015] (apresentados em cinza na figura 4.1), sendo que os demais (em laranja) foram criados como sugestão de aprimoramento e maior abrangência do procedimento de migração de sistemas *on-premises* para a nuvem pública.

O modelo é referenciado como macro-modelo, uma vez que sua abordagem busca a generalização do processo de migração. Para uso em casos específicos, recomenda-se a adaptação deste aos processos e técnicas especializadas do caso em estudo. Vale ressaltar que para, determinados tipos de arquitetura de migração, alguns dos subprocessos poderão vir a ser suprimidos.

4.1 Processo 1: Planejamento

Como etapa inicial para execução da migração, o processo de planejamento se faz o mais importante de todos. Neste, são definidas todas as métricas para boa e correta execução do processo de homologação. Na Figura 4.2, é possível visualizar em detalhes todo o processo.

Nas subseções que seguem, foi descrito cada um dos subprocessos do processo pai em questão.

4.1.1 Subprocesso 1.1: Mapear sistemas legados

Primeiro subprocesso, engloba etapa de levantamento dos sistemas existentes no ambiente *on-premise*. Tal ação tem como intuito a apresentação e documentação de cada um

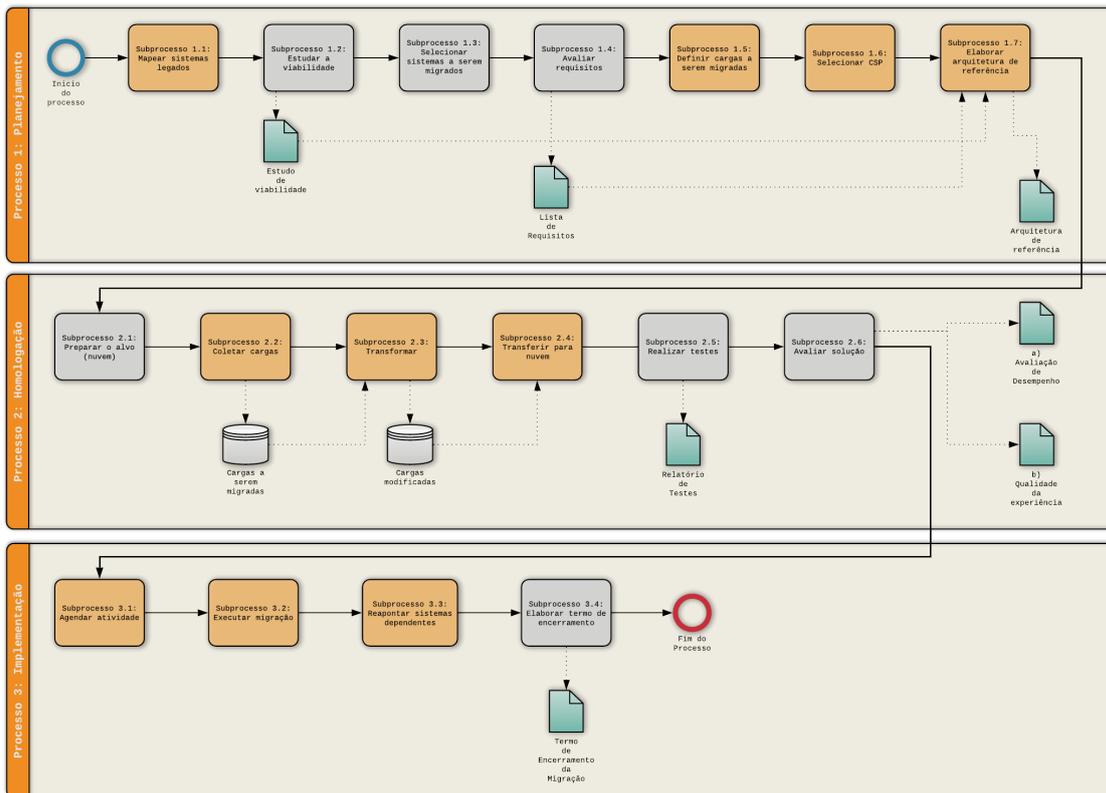


Figura 4.1: Modelo de migração proposto (em laranja, subprocessos adicionados; em cinza, subprocessos aproveitados do modelo do [Morais 2015])

dos sistemas presentes no ambiente, assim como, sua breve descrição, função, localização e equipe responsável por sua manutenção.

Por mais básico que pareça, o requisito acerca do conhecimento prévio do ambiente a ser migrado é muitas vezes esquecido por até mesmo analistas com anos de experiência no setor de TI. Em contrapartida, outras situações podem vir a apresentar equipes com grau de maturidade no assunto e já haver tal requisito atendido por documento previamente elaborado. Sendo assim, a etapa de mapear sistemas *on-premises* precisa ser definida aqui, uma vez que existe a incerteza em se pressupor o seu atendimento prévio ao processo de migração como um todo.

Como exemplo para tal atividade, é interessante citar as documentações de *as-built* - ou "como montado" em português - muitas vezes encontradas nas instituições brasileiras. Esses documentos são elaborados após a execução da implementação de sistemas em infraestrutura da instituição. Nele geralmente se encontram informações suficientes sobre os sistemas para elaboração de mapa geral sobre o ambiente. Em outros casos em que não haja documentação criada, faz-se necessário o levantamento das informações diretamente com equipe (ou técnico) responsável. O importante aqui é ter visibilidade sobre o ambiente.

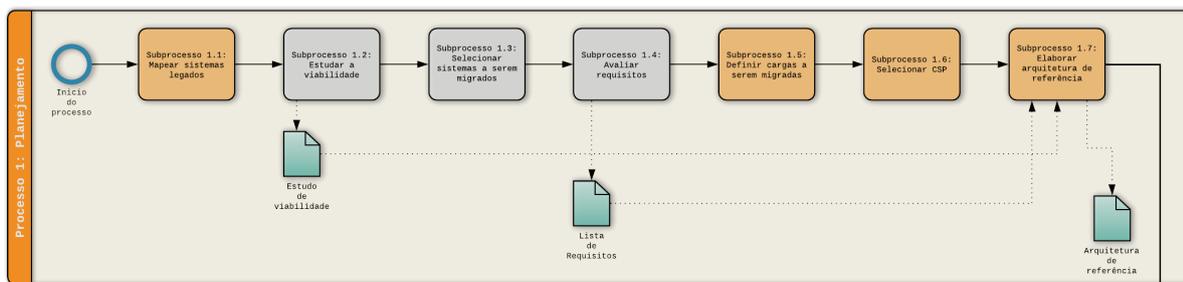


Figura 4.2: Modelo do Processo 1: Planejamento

4.1.2 Subprocesso 1.2: Estudar a viabilidade

Etapa citada por [Morais 2015], o estudo de viabilidade deve ser elaborado aqui com extremo zelo e cuidado. Tal estudo foi definido pelo autor com as seguintes partes a serem tratadas: Finalidade; Objetivos; Resultados esperados; Equipe de trabalho; Alinhamento estratégico; Alternativas possíveis; Estudo ambiental; Estudo técnico; Estudo econômico; Estudo gerencial; Discussão; e Parecer. É possível verificar na Figura 4.3 as tarefas definidas pelo autor de maneira clara.

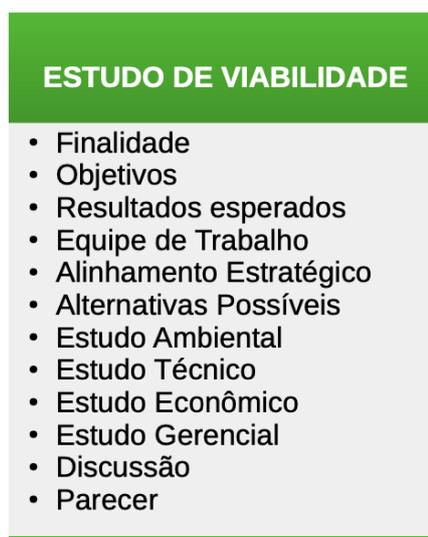


Figura 4.3: Tarefas do Estudo de Viabilidade definidas no trabalho [Morais 2015]

Iniciando o estudo pelas tarefas denominadas **Finalidade**, **Objetivos** e **Resultados esperados**, o autor as coloca como sendo o norte para o processo de migração, ideia defendida também para o macro-modelo. Os três processos devem englobar todos os pontos esperados para a migração, indo desde economia financeira até melhoria no processo de gestão tecnológica dos sistemas. Aqui, vale-se do bom senso, sendo definidas as expectativas a serem verificadas ao fim do processo.

Em seguida, as tarefas de **Equipe de Trabalho** e **Alinhamento estratégico** são colocadas como entradas para os gestores. Essas possuem carácter interpessoal e de negócios, sendo importantes para conhecimento da equipe e de seu nível de capacitação, assim como dos

interesses correlacionados ao negócio fim da instituição.

Diferentemente do que é colocado no trabalho [Morais 2015], a tarefa **Alternativas possíveis** deve contemplar soluções diferentes ao processo de migração para nuvem, e que possam vir a entregar os mesmos resultados esperados. Sendo assim, ficou decidido por alterar o nome desta para **Alternativas possíveis à migração**.

Os estudos apresentados por Nathaniel, sendo eles: **Estudo Ambiental**, **Estudo técnico**, **Estudo econômico** e **Estudo gerencial**, todos se mantêm. Sendo assim, segue descritivo para cada um deles:

- **Estudo ambiental:** Análise dos quesitos relacionados à alocação e à liberação de recursos. Aqui devem ser consideradas questões como energia, eficiência energética e impacto ambiental;
- **Estudo técnico:** Deve contemplar panorama técnico funcional sobre a migração, além de serem apresentados cronogramas, possíveis dificuldades técnicas que podem vir a ser encontradas, amplitude de abrangência da migração e possíveis transformações que deverão ser feitas para se conseguir inserir os dados na nuvem;
- **Estudo econômico:** Previsão da quantificação dos custos envolvidos no processo de migração e manutenção dos sistemas na nuvem. Deve ser levado em conta fatores como capacitação (necessidade de treinamento), adequação ao ambiente (transição dos processos com possível impacto no atendimento aos usuários finais gerando perdas) e alocação de recursos (gastos financeiros com o time e tempo alocado para migração, bem como parada das atividades normais cotidianas);
- **Estudo gerencial:** Neste deve ser feita análise a nível de gestão do projeto como um todo a ser executado. Nesta análise devem ser considerados critérios quanto à comunicação interna, resultados vistos em projetos anteriores e empenho das equipes.

Por fim vêm as tarefas de **Discussão** e **Parecer**. A primeira tem carácter crítico, ou seja, sua intenção é a de questionar os estudos executados do ponto de vista da segurança, capacidade de atendimento dos pontos colocados e desempenho, assim como, questões econômicas. A discussão se faz essencial ao processo uma vez que serve de filtro. Rodadas e debates devem ser feitos, e ajustes devem ser levados em consideração para se prosseguir para a tarefa final, que é a do parecer. Ela, enfim, coloca-se como decisiva, sendo esta responsável pela escolha entre seguir ou abortar o processo de migração.

4.1.3 Subprocesso 1.3: Selecionar sistemas a serem migrados

Diferente do que foi colocado por Nathaniel em sua tese [Morais 2015], esta etapa não deve se encontrar após a avaliação de requisitos e a elaboração da estratégia de migração.

Aqui devem ser selecionados de forma estratégica a nível de negócio quais sistemas devem ser migrados. Sendo assim, esta etapa deve vir anteriormente às citadas, uma vez que, para se levantar os requisitos para migração e saber qual estratégia será utilizada, é necessário, primeiro, saber o que se deseja de fato migrar.

4.1.4 Subprocesso 1.4: Avaliar requisitos

Após a seleção dos sistemas a serem migrados, é necessário entender melhor sobre os requisitos funcionais e não-funcionais dos sistemas a serem migrados, assim como é apresentado no trabalho [Banerjee 2012]. Aqui, deve-se levar em conta requisitos como, por exemplo:

- Armazenamento;
- Memória;
- Versão de *software*;
- Dependências de bibliotecas;
- Comunicações;
- Elasticidade;
- Disponibilidade;
- *Service-Level Agreement* (SLA).

A avaliação dos requisitos é de suma importância pois será decisiva para escolha da CSP. Somente com os requisitos em mãos é que se faz possível a definição das **cargas**, termo que será definido com detalhes no processo seguinte.

4.1.5 Subprocesso 1.5: Definir cargas a serem migradas

Para melhor definição sobre o que se trata este subprocesso, convém deixar claro o que se entende por **carga**, conceito o qual foi elaborado a partir das terminologias apresentadas em [Banerjee 2012]: é a menor unidade de dados de um sistema com a qual se consegue realizar a migração de uma maneira a se minimizar a quantidade de ajustes a serem realizados para se garantir apropriado funcionamento do sistema selecionado.

É importante, também, o estabelecimento de duas terminologias: **dados efêmeros** e **dados constantes**. Estes referem-se a dados que tendem a não sofrer alterações com frequência, a exemplo, dados relativos a OS, códigos de aplicações, backup, dentre outros, enquanto aqueles compõem os dados transientes sujeitos a alteração frequentemente por parte do uso

dos próprios usuários finais, por exemplo, bases de dados, arquivos de um *fileserver*, et cetera. Convém, ainda, explicitar que o termo **carga** abrange tanto a concepção de dados efêmeros quanto a de dados constantes. Por exemplo, pode ser examinado um cenário de migração *full stack*, em que uma VM pode conter tanto dados efêmeros (banco de dados com informações que mudam diariamente) quanto dados constantes (configurações do Apache e sites HTML).

Sendo assim, este subprocesso tem como foco a captura das menores unidades possíveis dos sistemas selecionados. Como exemplo, pode-se colocar a migração de uma aplicação em PHP. Para se migrar tal aplicação, faz-se necessário arquivos de código fonte, assim como todos os módulos, bibliotecas e serviços PHP necessários para o seu funcionamento. Entretanto, dependendo da CSP de destino da migração, é possível a implementação dos serviços PHP sem a necessidade da execução de uma migração *full stack*, ou seja, existe serviço capaz de oferecer todos os módulos, bibliotecas e serviços PHP necessários para execução da aplicação em questão, sendo necessário somente a migração dos códigos fonte da aplicação (e alguns ajustes, claro). Com isso, uma migração que levaria dias passaria a levar horas, em vez de se migrar o sistema completo, migrando-se somente os códigos, que são considerados para este exemplo a carga definida.

Este subprocesso é extremamente importante, porém pode levar um bom tempo até que se consiga de fato definir as menores unidades possíveis. Para tanto, se faz necessária análise crítica acerca da questão, tempo de se migrar a carga e tamanho da mesma. Assim, uma vez que se tenha conseguido definir carga capaz de atender aos critérios de tempo limite, é suficiente defini-la.

4.1.6 Subprocesso 1.6: Seleção de CSP

A seleção da CSP é o subprocesso responsável pela avaliação crítica de qual CSP oferece os melhores serviços para migração conforme requisitos e estudos definidos nos passos anteriores. Aqui pode ser definida uma ou mais CSPs, sendo importante a escolha estar embasada pelos sistemas e cargas selecionadas. Cada provedora de nuvem tem suas peculiaridades, serviços diferenciados, metodologia de gestão e faturamento próprio, sendo complexo o processo de definição de qual oferece o melhor cenário. Assim sendo, faz-se importante a escolha definida para cada caso em específico. Na Figura 4.4 é possível observar algumas das CSPs mais influentes do mercado.

4.1.7 Subprocesso 1.7: Elaborar arquitetura de referência

Último subprocesso do processo de planejamento, a elaboração da arquitetura de referência se faz essencial para início do processo de homologação. Nesta, faz-se uso dos conceitos definidos como estratégia de migração. Com base nas cargas definidas e nos sistemas, coloca-se em jogo a decisão pela modalidade de migração a ser adotada, consequentemente,



Figura 4.4: Algumas das CSPs mais influentes do mercado [Computing Cloud Storage]

critério que irá definir a arquitetura do sistema ao ser implementado na nuvem. Esta etapa está fortemente ligada às cargas definidas e à CSP. Um documento com a arquitetura desenhada deve ser montada para facilitar o entendimento da equipe envolvida.

Para exemplificar tal subprocesso, pode-se pensar na migração de um *software* em Java. Define-se por meio dos requisitos que o *software* em questão será migrado para a AWS por critérios de custo, disponibilidade, geolocalização da infraestrutura de serviço e se possui disponibilidade do serviço AWS Lambda. Assim sendo, faz-se a escolha pela migração por reengenharia, ou seja, será feita alteração a nível de código na aplicação para que seja possível utilizá-la em blocos de serviços rodando na AWS Lambda. Em outros cenários, por exemplo, onde não se tem acesso ao código de determinada aplicação e deseja-se migrá-la para nuvem, talvez fosse preciso optar por uma migração *full-stack*, em que toda a pilha da máquina precisaria ser transferida para a nuvem, garantindo, assim, o bom funcionamento da aplicação.

4.2 Processo 2: Homologação

O processo de homologação é composto por um conjunto de subprocessos que visam a instruir como se deve preparar o ambiente para testes, bem como avaliá-los com o discernimento apropriado para validar o prosseguimento para o processo subsequente, que é o de implementação. Conforme ilustra a figura 4.5, foram mapeados seis subprocessos no processo de homologação, a nomeá-los, em ordem: **Preparar o alvo (nuvem)**, **Coletar cargas**, **Transformar**, **Transferir para a nuvem**, **Realizar testes** e **Avaliar solução**.

4.2.1 Subprocesso 2.1: Preparar o alvo (nuvem)

Sendo o primeiro subprocesso do processo de homologação, preparar a nuvem para comportar o ambiente de teste é essencial. Existem diversas tarefas que se encaixam neste subprocesso, as quais têm uma relação direta de dependência com a própria CSP escolhida e os

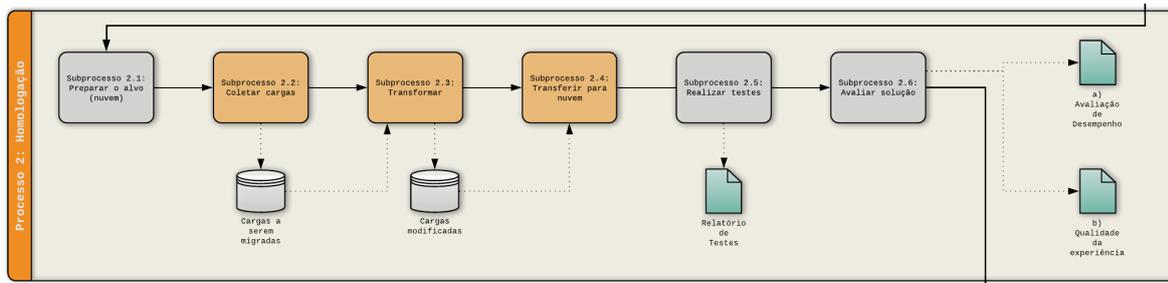


Figura 4.5: Processo de homologação proposto

serviços a serem migrados para a nuvem, sendo o melhor jeito de descrevê-las a partir de exemplos: criar uma conta na CSP elegida [Morais 2015]; visando a se migrar um *fileserver* para a AWS, cria-se um *S3 bucket* numa determinada região (os subprocessos subsequentes tratarão de populá-lo devidamente, mas reitera-se que este subprocesso de preparação da nuvem consiste simplesmente em ajustar o ambiente para a carga que virá a ser recebida, esclarecimento o qual deve ser estendido aos exemplos seguintes); em se tratando de se migrar uma aplicação *web* pode-se simplesmente se aproveitar dos serviços que já são ofertados em nuvem (SaaS) a título de abstrair esta camada de gestão (a nível de SO e administração da VM, no caso); na situação de ser uma aplicação extremamente específica a ponto de não ter o serviço ofertado como SaaS na própria nuvem, pode-se subir uma VM com o SO desejado e efetuar a instalação de quaisquer dependências necessárias para tal serviço. Ratifica-se que essas são apenas algumas das inúmeras situações e maneiras de se cumprir este passo de preparação da nuvem.

Convém explicitar que, diferentemente de como apresentado no modelo do [Morais 2015], as tarefas por ele apontadas a respeito de levantamento de instâncias com recursos que comportem os serviços a serem migrados e compatibilidade de versão foram, neste documento, levadas para o processo de planejamento por julgar-se mais pertinente.

4.2.2 Subprocesso 2.2: Coleta das cargas

O subprocesso em questão essencialmente consiste na extração dos dados do ambiente *on-premise* que foram pautados no processo de planejamento. A partir da extração, existe a possibilidade de tais cargas ou precisarem de algum meio intermediário no qual elas ficarão alocadas até a transferência para a nuvem em si ou serem transferidas diretamente para a nuvem (caso no qual se fundiriam os subprocessos 2.2 com o 2.4, além de pular o 2.3, o que será melhor abordado no subprocesso 2.3).

Pode-se entender que esta etapa se trata de uma cópia dos dados do ambiente *on-premise*, que está em produção. Ela consagra o momento no qual se começa a aparecer uma defasagem do conteúdo de cada ambiente (nuvem e *on-premise*). Por se tratar de uma etapa de homologação, isso tende a não gerar problema, afinal, trata-se de uma PoC (*Proof of Concept*, ou, em português, prova de conceito). Contudo, deve-se manter em mente que tal

subprocesso repetir-se-á no processo de implementação, caso no qual essa defasagem tende a ter potencial de causar problemas (seja no momento da migração em si, seja na situação em que porventura um *rollback*¹ se faça necessário).

4.2.3 Subprocesso 2.3: Transformar

Este subprocesso baseia-se em alterar o formato da carga extraída no subprocesso 2.2 a fim de garantir que este tenha compatibilidade com o que a nuvem está disposta a aceitar como *input*. Por exemplo, no caso de se fazer uma migração *full stack* de um volume em ambiente VMware cujo formato de disco esteja em VMDK para a nuvem da Azure, a qual aceita os formatos VHD ou VHDX, é necessária uma conversão para se haver compatibilidade (inclusive, nessa situação é possível a fusão deste subprocesso com o 2.2, ou seja, coletar o dado já o transformando). Outra situação em que uma transformação far-se-ia pertinente seria num caso de uma migração por reengenharia, em que, por exemplo, tem-se um código de uma aplicação desenvolvido em modelo orientado a objeto (*Object-Oriented*, OO), contudo, a fim de se otimizar custos em termos de alocação de recursos na nuvem, decide-se por se utilizar a plataforma Lambda da AWS (PaaS), estruturada em SOA; assim, é necessário realizar uma reengenharia/transformação do código fonte da aplicação para que se cumpram os pré-requisito da nuvem.

Ressalta-se que este subprocesso pode ser desnecessário a depender de como foi planejada a migração. Conforme suscitado na descrição do subprocesso 2.2, pode ocorrer de o dado do sistema *on-premise* já estar no formato aceito pela nuvem. Há, também, situações em que esse subprocesso de transformação pode se fundir com a etapa de coleta de cargas, conforme citado em exemplo anterior a respeito do formato de disco.

4.2.4 Subprocesso 2.4: Transferir para nuvem

Seguindo a cronologia do modelo, este subprocesso é a transferência das cargas selecionadas e já transformadas/adaptadas para a nuvem. Como já foram pensadas em etapas anteriores as questões de otimização dos dados a serem migrados, não se tem muitas questões a serem tratadas aqui. Contudo, é primordial que nesta etapa sejam monitorados certos aspectos da transferência, tais como tempo que leva para se fazer o *upload* das cargas, bem como se haverá qualquer disruptividade na transmissão, afinal, tais informações influenciarão diretamente no agendar da atividade (subprocesso 3.1) do processo de implementação.

¹Processo de retorno a estado preliminar à fim de normalização dos sistemas e serviços em um ambiente

4.2.5 Subprocesso 2.5: Realizar testes

Existente no modelo de migração arquitetado por [Morais 2015], neste documento, este subprocesso consiste na elaboração de um documento que foque mais na validação do funcionamento do serviço transferido para a nuvem (pode-se dizer que tais testes correspondem à implementação da etapa de homologação) e dos procedimentos pelos quais se chegou aos resultados de tais testes, podendo, também, descrever alguns aspectos de potenciais transformações que o serviço precisou sofrer para ter sido subido na nuvem. É fundamental que todos os testes para validação completa do serviço estejam devidamente bem mapeados para evitar imprevistos em subprocessos subsequentes (principalmente nos do processo de implementação).

4.2.6 Subprocesso 2.6: Avaliar solução

A essência deste subprocesso está na elaboração de dois levantamentos para se determinar a aceitabilidade performática do serviço na nuvem. Para tanto, propõe-se tal como em [Morais 2015], a elaboração de dois documentos: um que avalia o desempenho do serviço e outro que avalia a qualidade de experiência do usuário final.

Relativamente à qualidade de experiência do usuário final, considera-se relevante manter os critérios das referências utilizadas em [Morais 2015], conforme pode ser verificado em [Qian, Medhi e Trivedi 2011] e [Underdal e Sunde 2014], os quais proveem parâmetros para tornar mais objetiva a análise relativística que é a constatação da experiência do usuário relativamente ao serviço que este se propõe a utilizar.

No quesito de avaliação de desempenho, uma das maneiras mais básicas de fazê-lo é compará-lo com o da infraestrutura *on-premise*. Deve-se estabelecer até que margem de discrepância performática é aceitável entre tais ambientes. Novamente, algumas fontes citadas em [Morais 2015], como [ITU-T 2005], [Schwartz et al. 2014] e [ITU-T 2002], podem nortear como analisar outros parâmetros de desempenho.

4.3 Processo 3: Implementação

O último processo do modelo de migração previsto é o de implementação. Mesmo que por sua quantidade de subprocessos pareça que se trate do processo mais simples dentro do modelo de migração proposto neste documento (vide figura 4.6), deve-se ter em mente que ele é o mais crítico e contempla a maioria dos subprocessos do processo de homologação de maneira inerente (não os se explicitou por se julgar prolixo, mas a ideia é que estejam embutidos no subprocesso 3.2).

Assim, foram mapeados quatro subprocessos no processo de implementação, a nomeá-los, em ordem: **Agendar atividade, Executar migração, Reapontar sistemas dependentes**

e **Elaborar termo de encerramento.**

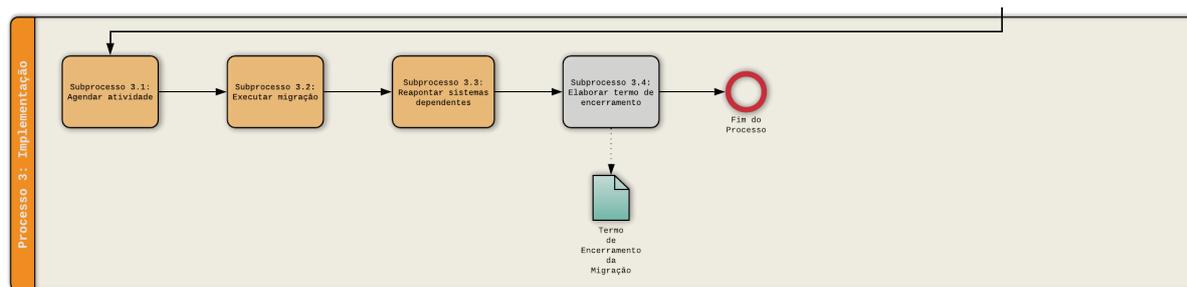


Figura 4.6: Processo de implementação proposto

4.3.1 Subprocesso 3.1: Agendar atividade

Este subprocesso é diretamente dependente das informações levantadas durante o subprocesso 2.4 de homologação, em que tende a influenciar diretamente em decisões de negócio, dado que gerará interrupção do serviço, mesmo que mínima. Faz-se, pois, fundamental que o tempo de disruptividade do serviço mensurado durante o processo de homologação seja utilizado na projeção da janela de tempo da migração, bem como uma projeção de margem de erro prevendo oscilações de rede e imprevistos. Naturalmente, convém um estudo a respeito da data que deverá minimizar as onerações ocasionadas pela interrupção do serviço.

4.3.2 Subprocesso 3.2: Executar migração

Este subprocesso é o que tende a trazer à tona quaisquer negligências de subprocessos anteriores, principalmente as do processo de homologação. De fato, a execução da migração é um subprocesso que consiste do conglomerado de grande parte dos subprocessos do processo de homologação.

Assim, tendo-se em mente os conceitos abordados no subprocesso 1.5 (a respeito de **carga, dados efêmeros e dados constantes**), cabe haver discernimento a respeito da reformulação das cargas a serem coletadas neste subprocesso de execução da migração; de fato, principalmente porque os dados constantes tendem a ser passíveis de serem reaproveitados do processo de homologação, os dados efêmeros deverão ser a própria carga a ser coletada no processo de implementação.

Via de regra, transformações neste subprocesso de execução de migração não costumam acontecer, dado que elas tendem a ser reaproveitadas do processo de homologação. Contudo, pode, sim, serem necessárias, por exemplo: no caso em que há uma reestruturação de uma base de dados, no momento em que se for fazer a coleta dos dados efêmeros, estes precisarão passar por uma transformação na própria etapa de implementação, mesmo que o tenha sido feito na de homologação, dado que a transformação está intrinsecamente relacionada aos dados efêmeros.

Uma outra observação que se faz pertinente é a necessidade de se isolar os sistemas elegidos para migração, a fim de se evitar corrupção de dados e garantir que não haja qualquer defasagem da coleta de cargas, no caso de alguém estar modificando alguma carga do sistema no momento de coleta destas.

Por fim, cabe executar a migração em si: transferir as cargas coletadas e transformadas a caráter da CSP escolhida, respeitando-se o agendamento da atividade estipulado em subprocesso anterior.

Outro ponto a ser abordado é no caso de haver alguma intercorrência durante a execução da migração, por exemplo, disruptividade de rede, energia, etc., caso no qual se fará necessário processo de *rollback* a fim de garantir a retomada da normalidade dos serviços isolados dos sistemas *on-premises*. Para tentativas subsequentes, dever-se-á retornar a partir do subprocesso 3.1.

4.3.3 Subprocesso 3.3: Reapontar sistemas dependentes

A partir deste momento, não de haver dois ambientes: o *on-premise*, que agora estará em desuso, e o na nuvem recém-migrado. Assim, é necessário o ajuste de todos os outros sistemas dependentes, por exemplo: reapontamento de DNS do ambiente antigo para o novo, reavaliar regras e critérios de acessibilidade dos controles de segurança, etc.

4.3.4 Subprocesso 3.4: Elaborar termo de encerramento

A fim de formalizar que o sistema está apto a ser utilizado como ambiente de produção, convém registrar em documento todas as evidências suportando a alegação. Assim, cria-se um termo de encerramento, conforme sugerido em [Morais 2015].

Capítulo 5

Análise do processo de migração

O processo de migração como um todo se faz suficiente como molde para execução especializada de migração caso a caso. Entretanto, por mais que este busque facilitar o processo, ainda permanecem alguns problemas e desafios que precisam ser discutidos para correto entendimento dos riscos e dificuldades que podem vir a ser enfrentados durante o processo.

Termina-se a análise com uma comparação do modelo cujo escopo é mais reduzido (no caso, a nível de nuvem privada de somente um sistema, que seria o do [Morais 2015]) com a do macro-modelo aqui desenvolvido, cujo escopo se propõe a garantir mais grau de generalidade do processo de migração

5.1 Cloud Service Providers

O mercado dispõe de diversas opções de CSPs, e saber qual se encaixa melhor às necessidades e políticas da empresa é essencial. A figura 5.1 traz um compilado de várias funcionalidades que uma nuvem tende a dispor a seus CSCs, associando-as a CSPs bastante difundidas no mercado (a nomear as principais: AWS, Azure, Google Cloud, IBM Cloud, Oracle Cloud e Alibaba Cloud). De fato, uma versão ainda mais completa de tal imagem pode ser contemplada em [ilyas 2019], a qual foi construída como uma contribuição *open source* no GitHub a partir do trabalho-base [it83 2019].

Casos de como as características da CSP podem influenciar diretamente em questões políticas da CSC atingem principalmente empresas públicas, em que, conforme exposto no tópico 2.3.4, a NC estabelece uma série de restrições a depender do nível de classificação dos dados, o qual pode invalidar de se processar tais dados na nuvem, bem como restringir seu armazenamento a somente território nacional e afins. Ainda assim, empresas privadas também precisam conciliar seus processos internos com as políticas da CSP escolhida, principalmente no que concerne a políticas de sigilo e garantia de que, no caso de se querer terminar o contrato com a CSP, ter certeza de que todos os dados serão terminantemente

apagados.



Public Cloud Services Comparison

Last Updated on : 11-Nov-2017

| Category | Service | amazon web services | Azure | Google Cloud Platform | IBM Cloud | ORACLE | Alibaba Cloud |
|----------|--|------------------------------------|---|------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Compute | Virtual Server | Amazon EC2 | Azure Virtual Machine Virtual Machine Scale Sets | Compute Engine | Virtual Server | Compute | Alibaba ECS |
| Compute | Bare Metal Server | None | None | None | Bare Metal Servers | Compute-Bare Metal Cloud Service | Bare Metal Servers |
| Compute | Container Registration Service | Amazon EC2 Container Registry | Azure Container Registry | Container Registry | IBM Cloud Container Registry | Oracle Container Registry | Alibaba Container Registry Archives |
| Compute | Container Management Service | Amazon EC2 Container Service | Azure Container Service Azure Container Instances | Container Engine | IBM Cloud Container Service | Container | Alibaba Bluemix Container Service |
| Compute | Micro Services App Development Platform | AWS Lambda | Azure Service Fabric | Google Cloud Functions | IBM Cloud Functions | Oracle Functions | Coming Soon |
| Compute | Virtual Private Servers | Amazon Lightsail | Azure App Service Environment | | Virtual servers | | Coming soon |
| Compute | Batch Jobs | AWS Batch | Azure Batch | Preemptible VMs | | | |
| Compute | App Development/ Deployment (Java/.NET /PHP /Python) | AWS Elastic Beanstalk | Azure Web Apps Azure Cloud Services | Google App engine | Bluemix Cloud Foundry app runtimes | Application Container Cloud | |
| Compute | Event Driven Computing | AWS Lambda | Azure Functions Azure Cloud Services Logic Apps | Cloud Functions | IBM Cloud Functions | | |
| Storage | Object Storage | Amazon Simple Storage Service (S3) | Azure Blob Storage | Cloud Storage | Object Storage | Object Storage | Object Storage Service |

Figura 5.1: Conglomerado comparativo entre quais serviços são providos pelas diversas CSPs (mais espeficiamente, AWS, Azure, Google Cloud, IBM Cloud, Oracle Cloud e Alibaba Cloud), bem como as respectivas tecnologias que cada uma emprega para tanto [ilyas 2019]

Também é importante se ter em mente que existe uma vasta diferença de serviços que cada uma das CSPs se dispõe a prover, reiterando-se que na etapa de planejamento isso precisa ser estudado minuciosamente. Por exemplo, dentre as nuvens da AWS, Azure e Google Cloud, a primeira dispõe da tecnologia que ela mesma nomeia de Elastic File System, ou EFS, responsável por garantir provimento de Network File System, ou NFS, entre seus *data centers* (o que é uma alternativa excelente para se garantir redundância altamente automatizada e sem sujeição a *downtime* do serviço entre *data centers* de aplicações que tenham o potencial de escrever concomitantemente num mesmo banco de dados, o que, sem o NFS, tenderia a ficar impossibilitado devido às chances de corrupção de dados por causa de escrita simultânea no mesmo alvo), enquanto as outras duas só dispõem disso internamente a cada *data center*. Mesmo sendo o caso, é necessário se atentar ao fato de que o EFS é uma

tecnologia disponível somente em *data centers* da AWS norte-americanos, de modo que, no Brasil, uma empresa que não possa ter seus dados armazenados e/ou processados fora de território nacional não poderia usufruir de tal tecnologia.

5.2 Identificação correta da carga

Por mais que pareça ser uma tarefa bem direta e assertiva, o processo de definição da carga muitas vezes é de difícil execução. Como cita [Banerjee 2012], a elaboração de *workshop* e definição de parâmetros pode vir a ajudar a mitigar possíveis escolhas precipitadas, sendo os seguintes parâmetros importantes para a tomada de decisão:

- **Técnico:** segurança e privacidade, nível de customização, integração, virtualização, infraestrutura, acesso aos recursos técnicos, etc [Banerjee 2012];
- **Operacional:** envolve fatores como flexibilidade de implementação, velocidade para se implementar, agilidade, facilidade na migração e gerenciamento da equipe de TI [Banerjee 2012];
- **Financeiro:** retorno de investimento e custo de manutenção [Banerjee 2012].

5.3 Segurança e Privacidade

Como discutido na fundamentação teórica, no Brasil e no mundo, há a preocupação constante e crescente quanto a seguridade dos dados. No processo de migração deve ser levado em conta quesitos que retratem essa fotografia da atualidade. Com a LGPD, a Norma Complementar 14/IN01/DSIC/SCS/GSIPR e a ABNT NBR ISO/IEC 27017:2016 essas questões se tornam ainda mais relevantes uma vez que encarecem em multas e processos legais.

Todo o processo de migração deve ser pautado em cima dos pilares de segurança da informação, DICA. Para tanto, deve-se entender os riscos de se abstrair a infraestrutura e se utilizar de uma camada abstrata, em que rastrear os dados se torna cada vez mais complexo e oneroso. A nuvem ainda é fonte de dúvidas e receios, e os riscos devem ser bem mapeados antes de tomar a decisão de se migrar.

5.4 Complexidade de Integração

Um dos pontos muitas vezes esquecido e que é colocado pelo relatório [KPMG International 2017] como maior barreira para migração, permeia as dependências existentes entre os sistemas possuindo grande peso durante a avaliação do processo de migração. O subprocesso de avaliação de requisitos entra aqui como meio para mitigação deste

problema, sendo de sumária importância que nele sejam mapeadas todas as dependências dos sistemas existentes no ambiente e fora dele.

5.5 Rollback e Backup

Pensar na migração como solução para todos os problemas existentes pode vir a criar expectativas não realistas e fazer com que não se crie processo de *rollback*. Isso pode vir a, caso a migração seja mal-sucedida, causar impacto no ambiente em produção. Para tanto, faz-se importante o entendimento do processo do ponto de vista da disponibilidade e continuidade dos negócios, assim, soluções de backup, sincronização e processos de *rollback* se fazem imprescindíveis tanto durante, quanto depois da migração.

As questões acerca da continuidade dos negócios a nível de se garantir que a nuvem seja a melhor opção a ser adotada pode vir a ser tão crítica quanto o próprio processo de migração. Desde uma migração *full stack* com reapontamento dos sistemas dependentes para o recém migrado até uma reengenharia de software com atualização dos dados para o novo sistema, todos os pontos se mostram disruptivos a partir do momento em que se migram os sistemas.

5.6 Aprisionamento tecnológico

Ponto importantíssimo no que concerne ao processo de migração, o aprisionamento tecnológico - ou do inglês, *vendor lock-in* - é fator de muita dúvida durante o estudo de viabilidade e decisão da CSP. Não muito claro por parte das CSPs, o processo de troca de ambiente de nuvem está cada vez mais em voga. A cada dia, o mercado de nuvem cresce consideravelmente, e com isso, as opções, preços e alternativas para se alternar entre provedora se tornam cada vez mais interessantes. É preciso tomar muito cuidado para não acabar refém da CSP escolhida.

5.7 Contribuições do macro-modelo proposto

Considerou-se pertinente a criação de uma tabela que evidenciasse contribuições trazidas pelo macro-modelo aqui proposto relativamente ao estabelecido em [Morais 2015] no que tange à extrapolação de tal modelo para se garantir maior grau de generalização do escopo; fê-lo a partir da figura 5.2.

| Processo | Subprocesso | [S1] | Macro modelo proposto | Contribuições |
|---------------|--------------------------------------|------|-----------------------|---|
| Planejamento | Mapear sistemas legados | - | X | Adicionado com foco em garantir-se a formalização do <i>as built</i> do ambiente on-premise |
| | Estudar a viabilidade | X | X | |
| | Selecionar sistemas a serem migrados | X | X | Foi antecipado ao subprocesso de "avaliar requisitos" com a intenção de se avaliar somente os sistemas a serem migrados |
| | Avaliar requisitos | X | X | |
| | Definir cargas a serem migradas | - | X | Conceituado "carga", "dados efêmeros" e "dados constantes" a fim de se estipular a estratégia de migração mais adequada |
| | Selecionar CSP | - | X | Processo de escolha de CSP (necessário ao se escolher nuvens públicas) |
| | Elaborar arquitetura de referência | - | X | Processo de modelagem da arquitetura <i>to be</i> a ser implementada na nuvem |
| Homologação | Preparar o alvo (nuvem) | X | X | |
| | Coletar cargas | - | X | Reformulado para abranger nuvens públicas, sendo que seu intuito está exclusivamente atrelado à captura das cargas selecionadas |
| | Transformar | - | X | Reformulado para explicitar a transformação dos dados necessária para inclusão das cargas na nuvem |
| | Transferir para nuvem | - | X | Reformulado para explicitar da ideia de migração dos dados on-premises para nuvem |
| | Realizar testes | X | X | |
| | Avaliar solução | X | X | |
| Implementação | Agendar atividade | - | X | Acrescentado como forma de atender às necessidades reais de um ambiente em produção |
| | Executar migração | - | X | Subprocesso colocado de forma a contemplar a execução do processo de migração dos sistemas |
| | Reapontar sistemas dependentes | - | X | Subprocesso crítico para atender à necessidade de utilização dos sistemas migrados agora em produção na nuvem |
| | Elaborar termo de encerramento | X | X | |

Figura 5.2: Tabela comparativa entre modelo proposto e trabalho [Morais 2015] [S1]

Capítulo 6

Conclusão

Quebrar a inércia nunca foi fácil. O processo de migração vai muito além de uma simples translocação dos dados; trata-se de uma mudança de paradigma, complexa e demorada. Há mais de dez anos já se fala em uma utilização assídua dos serviços de nuvem, entretanto, somente recentemente é que tal utilização de fato começa a se mostrar real. Mais alguns anos passar-se-ão até que, de fato, a nuvem venha a se tornar plena no cotidiano de todos os cidadãos e empresas no Brasil.

É por tais questões que o macro-modelo presente neste trabalho possui valor agregado. Por meio dele e de muitas outras ferramentas, cursos e fontes de conhecimento é que o processo, inicialmente complexo, torna-se palpável; a partir dele que empresas que antes não possuíam o menor entendimento sobre como poderiam migrar para nuvem passarão a entender de forma clara e direta sobre o processo. Além disso, equipes e técnicos de TI poderão se embasar e criar os seus próprios modelos especializados, capazes, assim, de tornar possível uma execução bem elaborada e, antes de mais nada, sob controle do processo de migração.

Convém apontar que os objetivos propostos no tópico 1.2 (**Objetivos**) foram, então, atendidos, em que: a execução da análise dos critérios necessários para migração pode ser encontrada no Capítulo 3; a criação do modelo foi concebida no Capítulo 4; e a análise dos pontos de entrave a que estão sujeitas empresas públicas ou privadas no processo de migração de suas infraestruturas *on-premise* para nuvem pública no Brasil é contemplada no Capítulo 5. A partir do cumprimento de cada objetivo específico conseguiu-se alcançar o cumprimento do objetivo geral, ou seja, a criação de uma macro-modelo com um conjunto de processos bem definidos para orientar empresas brasileiras (sejam públicas, sejam privadas) que estejam com a proposta de migrar sua infraestrutura *on-premise* para nuvens públicas.

Podem-se mapear diversas áreas de estudo a serem estudadas deste ponto em diante, entre elas ficando como trabalhos futuros: avaliação de risco do processo de migração para nuvem pública, processo de *rollback* para ambiente *on-premise* após migração para nuvem, LGPD e a proteção dos dados sensíveis na nuvem, *compliance* e controle dos ativos na nuvem,

análise detalhada sobre o processo de definição de carga de sistema para migração para nuvem, análise de tempo necessário para diferentes estratégias de migração, entre muitos outros.

Referências Bibliográficas

- [Alkhalil, Sahandi e John 2014]ALKHALIL, A.; SAHANDI, R.; JOHN, D. *Migration to Cloud Computing: A Decision Process Model*. [S.l.]: CECIIS-2014, Setembro 2014.
- [Banerjee 2012]BANERJEE, J. *Moving to the Cloud: Workload Migration Techniques and Approaches*. Dezembro 2012.
- [Carlson 2017]CARLSON, E. *Getting Started with AWS Cost Management*. Julho 2017. Disponível em: <<https://aws.amazon.com/blogs/aws-cost-management/getting-started-with-aws-budgets/>>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- [Cisco 2019]CISCO. *Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017–2022*. 2019.
- [Computing Cloud Storage]Computing Cloud Storage. Disponível em: <<http://www.computingcloudstorage.com/cloud-service-provider/>>. Acesso em: 1 dez. 2019.
- [Costello e Rimol 2019]COSTELLO, K.; RIMOL, M. *Gartner Forecasts Worldwide Public Cloud Revenue to Grow 17% in 2020*. Novembro 2019. Disponível em: <<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-11-13-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-revenue-to-grow-17-percent-in-2020>>. Acesso em: 20 nov. 2019.
- [Ferreira e Andrade 2016]FERREIRA, M. A.; ANDRADE, C. A. B. Cloud computing - normas, leis e orientações do governo brasileiro. *REVISTA INTRACIÊNCIA*, n. 12, Dezembro 2016. ISSN 2177-3645. Disponível em: <http://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20170531133522.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.
- [Forsec 2019]FORSEC. *Qual é a diferença entre IaaS, SaaS e PaaS?* 2019. Disponível em: <<http://forsec.com.br/site/qual-e-a-diferenca-entre-iaas-saas-e-paas/>>. Acesso em: 4 dez. 2019.
- [Freund, Fagundes e Macedo 2018]FREUND, G. P.; FAGUNDES, P. B.; MACEDO, D. D. J. de. *Requisitos para análise de segurança da informação em provedores de serviços em nuvem*. Junho 2018. Disponível em:

- <<https://pdfs.semanticscholar.org/5707/f76ac1547e88dbc173c65a1c148c5964d89c.pdf>>.
Acesso em: 30 nov. 2019.
- [Gholami et al. 2016]GHOLAMI, M. F. et al. *Cloud migration process — A survey, evaluation framework, and open challenges*. [S.l.]: Journal of Systems and Software, Junho 2016.
- [Google]GOOGLE. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BRas_sdt=0%2C5q=Cloud+Migration+Research%3A+A+Systematic+ReviewbtnG=>>.
Acesso em: 30 nov. 2019.
- [GSI, SCS e DSIC 2018]GSI; SCS; DSIC. *NC14/IN01/DSIC/SCS/GSIPR*. Março 2018. Disponível em: <http://dsic.planalto.gov.br/arquivos/documentos-pdf/NC_14_R01.pdf>.
Acesso em: 30 nov. 2019.
- [ilyas 2019]ILYAS. *Public Cloud Services Comparison (March 18th,2019)*. 2019. Disponível em: <<http://comparecloud.in/>>. Acesso em: 4 dez. 2019.
- [Infra News Telecom 2019]Infra News Telecom. *Estudo revela o comportamento das empresas brasileiras para a adoção da nuvem*. 2019. Disponível em: <<https://infranewstelecom.com.br/estudo-revela-o-comportamento-das-empresas-brasileiras-para-a-adocao-da-nuvem/>>. Acesso em: 17 dez. 2019.
- [it83 2019]IT83 ilyas. *Cloud Comparer*. 2019. Disponível em: <<https://github.com/ilyas-it83/CloudComparer/>>. Acesso em: 4 dez. 2019.
- [ITU-T 2002]ITU-T. *Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters*. 2002.
- [ITU-T 2005]ITU-T. *Estimating end-to-end performance in IP networks for data applications*. [S.l.]: International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, 2005.
- [Jamshidi, Ahmad e Pahl 2013]JAMSHIDI, P.; AHMAD, A.; PAHL, C. *Cloud Migration Research: A Systematic Review*. [S.l.]: IEEE Transactions on Cloud Computing, Dezembro 2013.
- [KPMG International 2017]KPMG International. *Journey to the cloud: The creative CIO Agenda*. 2017. 5–6 p. Disponível em: <<https://advisory.kpmg.us/content/dam/advisory/en/advisory-institute/pdfs/2017/the-creative-cios-agenda-journey-to-cloud.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- [Morais 2015]MORAIS, N. S. de. *Proposta de Modelo de Migração de Sistemas de Ambiente Tradicional para Nuvem Privada para o Polo de Tecnologia da Informação do Exército Brasileiro*. Universidade de Brasília, Agosto 2015. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/18758>>.

[NIST 2011]NIST. *The NIST Definition of Cloud Computing*. Setembro 2011. Disponível em: <<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2019.

[NIST 2013]NIST. *Security and Privacy Controls for Federal Information Systems and Organizations*. Abril 2013. Disponível em: <<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-53r4.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2019.

[NIST 2018]NIST. *Evaluation of Cloud Computing Services Based on NIST SP 800-145*. Fevereiro 2018. Disponível em: <<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.500-322.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2019.

[Pereira et al. 2017]PEREIRA, J. et al. *Cloud Adoption in Brazil*. Abril 2017. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7914570>>. Acesso em: 2 dez. 2019.

[Prescott 2019]PRESCOTT, R. *Nuvem pública deslança no Brasil e receita estimada é de R\$ 2,3 bilhões*. Fevereiro 2019. Disponível em: <<https://www.convergenciadigital.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=siteinfoid=5000>>. Acesso em: 17 dez. 2019.

[Qian, Medhi e Trivedi 2011]QIAN, H.; MEDHI, D.; TRIVEDI, K. *A hierarchical model to evaluate quality of experience of online services hosted by cloud computing*. IEEE, 2011. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/5990680>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

[Rabelo 2019]RABELO, N. *Comunidade terá acesso a nova plataforma on-line*. Fevereiro 2019. Disponível em: <<https://noticias.unb.br/76-institucional/2768-comunidade-tera-acesso-a-nova-plataforma-on-line>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

[Red Hat]Red Hat. *What's the difference between cloud and virtualization?* Disponível em: <<https://www.redhat.com/en/topics/cloud-computing/cloud-vs-virtualization>>. Acesso em: 21 nov. 2019.

[Sadashiv e Kumar 2011]SADASHIV, N.; KUMAR, S. M. D. *Cluster, grid and cloud computing: A detailed comparison*. Agosto 2011. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6028683>>. Acesso em: 3 dez. 2019.

[Schwartz et al. 2014]SCHWARTZ, C. et al. *Performance model for waiting times in cloud le synchronization services*. [S.l.]: ITC, Setembro 2014.

[Underdal e Sunde 2014]UNDERDAL, A. G.; SUNDE, M. T. *Investigating QoE in a Cloud-Based Classroom Response System: A Real-Life Longitudinal and Cross-Sectional Study of Kahoot!* 2014. Disponível em: <<https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/262998>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

[Zhao e Zhou 2014]ZHAO, J.-F.; ZHOU, J.-T. *Strategies and Methods for Cloud Migration*.
[S.l.]: International Journal of Automation and Computing, Abril 2014.