



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CAMPUS QUIXADÁ**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES**

**MARIA ERILANE LIMA DA SILVA**

**MODELAGEM DE ECOSISTEMAS DE SOFTWARE DAS PLATAFORMAS DE  
COMPUTAÇÃO EM NUVEM: AMAZON WEB SERVICES E GOOGLE CLOUD  
PLATFORM**

**QUIXADÁ**

**2022**

MARIA ERILANE LIMA DA SILVA

MODELAGEM DE ECOSISTEMAS DE SOFTWARE DAS PLATAFORMAS DE  
COMPUTAÇÃO EM NUVEM: AMAZON WEB SERVICES E GOOGLE CLOUD  
PLATFORM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Redes de Computadores do Campus Quixadá da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de tecnólogo em Redes de Computadores.

Orientador: Prof. Dr. Emanuel Ferreira Coutinho.

QUIXADÁ

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S581m Silva, Maria Erilane Lima da.

Modelagem de ecossistemas de software das plataformas de computação em nuvem: amazon web services e google cloud platform / Maria Erilane Lima da Silva. – 2022.  
92 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Curso de Redes de Computadores, Quixadá, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Emanuel Ferreira Coutinho.

1. Ecossistemas de software. 2. Modelagem de software. 3. Rede de fornecimento de software. 4. Computação em nuvem. I. Título.

CDD 004.6

---

MARIA ERILANE LIMA DA SILVA

MODELAGEM DE ECOSISTEMAS DE SOFTWARE DAS PLATAFORMAS DE  
COMPUTAÇÃO EM NUVEM: AMAZON WEB SERVICES E GOOGLE CLOUD  
PLATFORM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Redes de Computadores do Campus Quixadá da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de tecnólogo em Redes de Computadores.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Emanuel Ferreira Coutinho (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dra. Carla Ilane Moreira Bezerra  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Leonardo Oliveira Moreira  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho a todos os que me ajudaram ao longo desta caminhada, em especial à minha família por sempre está a meu lado e acreditar em mim.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida e por tantas graças, bênçãos e prodígios que Ele tem realizado em minha vida. A Nossa Mãe Maria Santíssima pela constante intercessão.

A minha família, por sempre estarem comigo e por todos os incentivos para que eu tivesse acesso à educação e ao caminho do bem.

A meu namorado e futuro companheiro de vida, Francisco Victor, por sempre estar comigo me apoiando e me incentivando a nunca desistir, obrigada meu amor.

Agradeço ao Padre Thomas James por sua constante presença em minha vida, me ajudando sempre e me incentivando a ser uma pessoa melhor, a ele minha eterna gratidão.

Ao orientador deste trabalho, Prof. Dr. Emanuel Ferreira Coutinho por sua excelente orientação, lhe agradeço imensamente.

Ao grupo que compõe o Programa de Educação Tutorial - Tecnologia da Informação, PET-TI, por este período enriquecedor como bolsista, aprendi, cresci e evolui muito em termos pessoais e profissionais. Agradeço de modo particular à Professora Tutora, Prof. Dra. Carla Ilane Moreira Bezerra.

Por último agradeço a todos que fazem a Universidade Federal do Ceará - Campus Quixadá, pelo zelo, dedicação e incentivo à educação de qualidade.

"O caminho para atingir o conhecimento verdadeiro e a experiência de Deus é este: nunca abandonar o auto-conhecimento."

(Santa Catarina de Sena)

## RESUMO

Ecossistemas podem ser denominados de conjuntos, ou seja, trata-se de grupos que embora sejam distintos entre si, interagem de maneira mútua e disciplinada. A partir do momento em que uma empresa conduz seus produtos de software além de seus limites organizacionais, passando a disponibilizar sua plataforma e a interagir com atores externos a sua organização, é formado um ECOS. Ou seja, ECOS é uma metáfora de Engenharia de Software que foi aplicada para a compreensão da dinâmica da rede de fornecimento de software centrada em plataformas de software na última década. Computação em nuvem é uma tecnologia que possibilita o uso de recursos de computação por meio da *internet*, o que inclui os mais variados programas e informações. A concepção de Computação em Nuvem continua sofrendo incontáveis mudanças na sua definição por efeito de forte atividade de inovações em torno dessa tecnologia. Nuvem é uma metáfora para a *Internet* ou infraestrutura de comunicação entre os componentes arquiteturais baseada em uma abstração que oculta a complexidade da infraestrutura. A infraestrutura do ambiente de computação em nuvem normalmente é composta por um grande número (centenas ou milhares) de máquinas físicas ou nós físicos de baixo custo, conectadas por meio de uma rede. Na literatura é escasso modelos SSN de ECOS disponíveis e em relação a plataformas de computação em nuvem é ainda mais escasso trabalhos com esse viés na literatura. Nesse sentido este trabalho se propõe a realizar uma modelagem SSN do ECOS das plataformas de computação em nuvem AWS e GCP, com foco na comparação e análise dos modelos gerados sobre os principais serviços disponibilizados pelas plataformas, possibilitando uma visão geral sobre o ECOS de cada plataforma e como o mesmo está inserido no mercado, como fornece e precifica seus principais serviços de nuvem para seus clientes e proporcionando uma visão de serviço do software para os desenvolvedores das plataformas. Como objetivo secundário a esta pesquisa será apresentar alguns desafios e oportunidades de pesquisa. Como resultados, foram gerados 2 modelos SSN para os ECOS das plataformas AWS e GCP, foram realizadas comparações sobre os modelos gerados, os preços dos serviços das plataformas e sobre a forma de disponibilidade dos serviços pelas plataformas aos seus clientes.

**Palavras-chave:** ecossistemas de software; modelagem de software; rede de fornecimento de software; computação em nuvem.

## ABSTRACT

Ecosystems can be called sets, that is, they are groups that, although different from each other, interact in a mutual and disciplined way. From the moment that a company takes its software products beyond its organizational limits, starting to make its platform available and interacting with actors external to its organization, an ECOS is formed. That is, ECOS is a Software Engineering metaphor that has been applied to understand the dynamics of the software supply network centered on software platforms in the last decade. Cloud computing is a technology that enables the use of computing resources through the *internet*, which includes the most varied programs and information. The concept of Cloud Computing continues to undergo countless changes in its definition due to the strong activity of innovations around this technology. Cloud is a metaphor for the *Internet* or communication infrastructure between architectural components based on an abstraction that hides the complexity of the infrastructure. The infrastructure of the cloud computing environment is usually composed of a large number (hundreds or thousands) of physical machines or low-cost physical nodes, connected through a network. In the literature, SSN models of ECOS are scarce available and in relation to cloud computing platforms, studies with this bias are even scarcer in the literature. In this sense, this work proposes to carry out an SSN modeling of the ECOS of the AWS and GCP cloud computing platforms, focusing on the comparison and analysis of the models generated on the main services provided by the platforms, allowing an overview of the ECOS of each platform and how it is inserted in the market, how it provides and prices its main cloud services for its customers and providing a service vision of the software for platform developers. As a secondary objective of this research will be to present some research challenges and opportunities. As a result, 2 SSN models were generated for the ECOS of the AWS and GCP platforms, comparisons were made on the generated models, the prices of the platforms' services and on the form of availability of services by the platforms to their customers.

**Keywords:** software ecosystems; software modeling; software supply network; cloud computing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Analogia de ECOS com ecossistemas naturais. . . . .	19
Figura 2 – As três dimensões dos ECOS. . . . .	21
Figura 3 – Ciclo de vida social do ECOS. . . . .	22
Figura 4 – Componentes do Diagrama SSN. . . . .	23
Figura 5 – Modelagem SSN para o ECOS do Simulador <i>SkinnerBox</i> . . . . .	25
Figura 6 – Exemplo de Modelagem SSN (DutchSV). . . . .	26
Figura 7 – Tela da ferramenta ECOS Modeling. . . . .	28
Figura 8 – Ambiente de Computação em Nuvem. . . . .	31
Figura 9 – Modelo de Serviços. . . . .	33
Figura 10 – Principais usos dos modelos de serviços. . . . .	35
Figura 11 – Quadrante Mágico para infraestrutura em nuvem e serviços de plataforma. . . . .	37
Figura 12 – Zonas e Regiões da AWS. . . . .	38
Figura 13 – Zonas e Regiões do GCP. . . . .	39
Figura 14 – Modelagem do SSN do SOLAR SECO. . . . .	42
Figura 15 – Fluxo Prisma de Moher <i>et al.</i> (2009) . . . . .	44
Figura 16 – Gráficos dos resultados da (Q1) e (Q7) . . . . .	45
Figura 17 – Visualização da estrutura colaborativa do ECOS em computação em nuvem. . . . .	47
Figura 18 – Gráficos com os resultados dos experimentos. . . . .	49
Figura 19 – Procedimentos para a execução do trabalho. . . . .	51
Figura 20 – Rede sociotécnica da AWS. . . . .	58
Figura 21 – Visão geral do ECOS AWS. . . . .	60
Figura 22 – Modelo SSN do ECOS AWS. . . . .	62
Figura 23 – Rede sociotécnica da GCP. . . . .	65
Figura 24 – Visão geral do ECOS GCP. . . . .	67
Figura 25 – Modelo SSN do ECOS GCP. . . . .	69
Figura 26 – Rede sociotécnica AWS e GCP. . . . .	71
Figura 27 – Modelo SSN do ECOS AWS E GCP com todos os relacionamentos. . . . .	74
Figura 28 – Simulação do ECOS Azure. . . . .	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação dos trabalhos relacionados com o proposto. . . . .	50
--	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação de ecossistemas de <i>software</i> . . . . .	20
Quadro 2 – Comparação dos preços sob demanda de instâncias AWS, GCP e Azure. . .	48
Quadro 3 – Serviços de computação em nuvem fornecidos pela AWS. . . . .	56
Quadro 4 – Preços para instâncias dos serviços fornecidos pela AWS. . . . .	57
Quadro 5 – Descrição dos produtos e serviços do ECOS AWS. . . . .	59
Quadro 6 – Estatísticas do modelo SSN do ECOS AWS. . . . .	61
Quadro 7 – Serviços de computação em nuvem fornecidos pela GCP. . . . .	63
Quadro 8 – Preços para instâncias dos serviços fornecidos pela GCP. . . . .	64
Quadro 9 – Descrição dos produtos e serviços do ECOS GCP. . . . .	66
Quadro 10 – Estatísticas do modelo SSN do ECOS GCP. . . . .	68
Quadro 11 – Diferenças estatísticas do modelos AWS e GCP. . . . .	75
Quadro 12 – Diferenças de preços mensais entre as plataformas AWS e GCP. . . . .	76
Quadro 13 – Diferenças de preços anuais entre as plataformas AWS e GCP. . . . .	76
Quadro 14 – Configurações mínimas para cada instância de serviço da AWS. . . . .	77
Quadro 15 – Configurações mínimas para cada instância de serviço da GCP. . . . .	77

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AWS	<i>Amazon Web Services</i>
ECOS	<i>Ecosistemas de Software</i>
GCP	<i>Google Cloud Platform</i>
SSN	<i>Software Supply Network</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>17</b>
<b>1.1.1</b>	<i>Objetivo geral</i>	<b>17</b>
<b>1.1.2</b>	<i>Objetivos específicos</i>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Ecosistemas de software</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<i>Software supply network - SSN</i>	<b>23</b>
<b>2.3</b>	<b>Modelagem de ecossistemas de software</b>	<b>26</b>
<b>2.4</b>	<b>Ferramenta de modelagem de ecossistemas de software</b>	<b>28</b>
<b>2.5</b>	<b>Computação em nuvem</b>	<b>30</b>
<b>2.5.1</b>	<i>Características essenciais</i>	<b>32</b>
<b>2.5.2</b>	<i>Modelos de serviços</i>	<b>32</b>
<b>2.5.2.1</b>	<i>Software como serviço (SaaS)</i>	<b>33</b>
<b>2.5.2.2</b>	<i>Plataforma como serviço (PaaS)</i>	<b>33</b>
<b>2.5.2.3</b>	<i>Infraestrutura como serviço (IaaS)</i>	<b>34</b>
<b>2.5.3</b>	<i>Modelos de implantação</i>	<b>34</b>
<b>2.5.3.1</b>	<i>Nuvem privada</i>	<b>35</b>
<b>2.5.3.2</b>	<i>Nuvem comunitária</i>	<b>35</b>
<b>2.5.3.3</b>	<i>Nuvem pública</i>	<b>36</b>
<b>2.5.3.4</b>	<i>Nuvem híbrida</i>	<b>36</b>
<b>2.6</b>	<b>Plataformas de computação em nuvem</b>	<b>36</b>
<b>2.6.1</b>	<i>Amazon web services (AWS)</i>	<b>36</b>
<b>2.6.2</b>	<i>Google cloud platform (GCP)</i>	<b>38</b>
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>40</b>
<b>3.1</b>	<b>Um roteiro para ECOS Cloud: EcoData e os novos atores na era da IoT</b>	<b>40</b>
<b>3.2</b>	<b>Um estudo exploratório sobre a necessidade de modelagem de ecossistemas de software: o caso do ECOS SOLAR</b>	<b>41</b>
<b>3.3</b>	<b>Mapeando os estudos sistemáticos da literatura sobre ecossistemas de software</b>	<b>43</b>

3.4	<b>Colaboração entre empresas e valor da empresa em Ecosistemas de Software: evidências da computação em nuvem</b> . . . . .	46
3.5	<b>Computação em nuvem e comparação baseada em serviço e desempenho entre Amazon AWS, Microsoft Azure e Google Cloud</b> . . . . .	48
3.6	<b>Comparação dos trabalhos relacionados com o proposto</b> . . . . .	50
4	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> . . . . .	51
4.1	<b>Conduzir um estudo sobre os ambientes de computação em nuvem</b> . . .	51
4.2	<b>Realizar um estudo sobre ECOS (conceitos e notações)</b> . . . . .	52
4.3	<b>Identificar os elementos a serem modelados nos ECOSs</b> . . . . .	52
4.4	<b>Executar a modelagem dos ECOSs para as plataformas de computação em nuvem selecionadas</b> . . . . .	52
4.5	<b>Realizar um estudo comparativo sobre os principais serviços (provedores, intermediários e relacionamentos) elencados dos ECOSs de cada plataforma</b> . . . . .	53
4.6	<b>Consolidar e apresentar os resultados</b> . . . . .	53
4.7	<b>Projetar oportunidades de pesquisa</b> . . . . .	54
5	<b>RESULTADOS</b> . . . . .	55
5.1	<b>Repositório para figuras e modelos SSN</b> . . . . .	55
5.2	<b>Ecosistema de software <i>amazon web services</i> - ECOS AWS</b> . . . . .	55
5.2.1	<i>Serviços de computação em nuvem - AWS</i> . . . . .	55
5.2.2	<i>Preços mínimos para cada serviço</i> . . . . .	56
5.2.3	<i>Rede sociotécnica</i> . . . . .	57
5.2.4	<i>Modelo SSN para o ECOS AWS</i> . . . . .	58
5.2.4.1	<i>Visão geral</i> . . . . .	58
5.2.4.2	<i>Considerações sobre o ECOS AWS</i> . . . . .	59
5.2.4.3	<i>Atores, componentes e relacionamentos</i> . . . . .	61
5.3	<b>Ecosistema de software <i>google cloud platform</i> - ECOS GCP</b> . . . . .	63
5.3.1	<i>Serviços de computação em nuvem - GCP</i> . . . . .	63
5.3.2	<i>Preços mínimos para cada serviço</i> . . . . .	63
5.3.3	<i>Rede sociotécnica</i> . . . . .	64
5.3.4	<i>Modelo SSN para o ECOS GCP</i> . . . . .	65
5.3.4.1	<i>Visão geral</i> . . . . .	65

5.3.4.2	<i>Considerações sobre o ECOS GCP</i>	66
5.3.4.3	<i>Atores, componentes e relacionamentos</i>	67
<b>6</b>	<b>ANÁLISES E DISCUSSÕES</b>	<b>70</b>
<b>6.1</b>	<b>Comparativo entre os componentes e relacionamentos nos modelos SSN do ECOS AWS e GCP</b>	<b>70</b>
<b>6.1.1</b>	<i>Rede sociotécnica</i>	70
<b>6.1.2</b>	<i>Fatores e visão geral dos ECOSs</i>	71
<b>6.1.3</b>	<i>Modelos SSN dos ECOSs</i>	72
<b>6.1.4</b>	<i>Estatísticas dos modelos SSN dos ECOSs</i>	73
<b>6.2</b>	<b>Comparativo dos preços para cada plataforma</b>	<b>75</b>
<b>6.3</b>	<b>Discussões dos resultados</b>	<b>78</b>
<b>6.4</b>	<b>Projeções de pesquisa</b>	<b>79</b>
<b>6.4.1</b>	<i>Novos usuários e clientes</i>	79
<b>6.4.2</b>	<i>Novos modelos SSN para outras plataformas</i>	80
<b>6.4.3</b>	<i>Novos modelos SSN para serviços específicos</i>	80
<b>6.4.4</b>	<i>Simulação entre os atores do ECOS e relacionamentos</i>	81
<b>6.4.5</b>	<i>Evolução com foco na qualidade e saúde dos ECOSs</i>	81
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>83</b>
<b>7.1</b>	<b>Considerações finais</b>	<b>83</b>
<b>7.2</b>	<b>Limitações do trabalho</b>	<b>84</b>
<b>7.3</b>	<b>Trabalhos futuros</b>	<b>85</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>86</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia criou no mercado de *software* uma maior competitividade entre empresas de diferentes segmentos, onde a rapidez e a qualidade no desenvolvimento de *software* tornam-se um desafio eminente, porém são fundamentais para obter destaque em meio a essa competição. Deste modo, a computação em nuvem trouxe mais praticidade no processo de desenvolvimento de *software*, tornando esse processo mais colaborativo e rápido oferecendo diversos recursos e serviços (BARROS, 2022).

Para continuar crescendo e competindo no mercado atual ou para um *software* livre continuar a sobreviver em meio a tantos outros similares e concorrentes pagos, as instituições detentoras e desenvolvedoras de *software* precisam ultrapassar seus limites organizacionais. Para isso, elas precisam levar suas plataformas a uma posição mais integrada com os outros *players* e tecnologias, tornando-se mais dependentes de parceiros e ferramentas externas a seu ambiente (LIMA, 2015).

Ecossistemas de Software (ECOS) são um conjunto de soluções de *software* que possibilitam a automatização de atividades e transações pelos atores em um ecossistema social ou de negócios e as organizações que oferecem essas soluções (BOSCH, 2009). O ECOS corresponde a um conjunto de atores interagindo como uma unidade que por sua vez interagem com um mercado distribuído entre *software* e serviços, juntamente com as relações entre as mais variadas entidades (JANSEN *et al.*, 2009), cooperando em conjunto com outras entidades em uma plataforma tecnológica central.

O desenvolvimento de *software* tem evoluído para o desenvolvimento de múltiplos produtos decorrentes de uma plataforma baseada em uma arquitetura comum e integrados com outros sistemas por meio de redes de atores e artefatos (MANIKAS, 2016). Esses elementos formam um ECOS e requerem a integração de mecanismos e ferramentas para apoiar a troca de informações, recursos e artefatos, assim como para garantir a comunicação e interação dos desenvolvedores e usuários (BOSCH, 2011).

Segundo Mell e Grance (2011) a computação em nuvem pode ser entendida como um serviço que disponibiliza recursos computacionais dedicados ou compartilhados entre uma série de usuários. A concepção de computação em nuvem continua sofrendo incontáveis mudanças na sua definição por forte efeito da atividade de inovações em torno dessa tecnologia (ZUFFO *et al.*, 2013).

Com este modelo de virtualização de serviços as organizações ganharam uma maior praticidade e segurança, uma vez que, não é mais necessário a presença de um centro de processamento de dados. Com a utilização do modelo em nuvem, ganha-se uma maior flexibilidade e uma dedução nos custos da organização (BARROS, 2022). Deste modo a utilização dos recursos de computação em nuvem e seus incontáveis serviços disponibilizados estão contribuindo muito para as empresas em diversos segmentos.

Para Arruda (2011) a computação em nuvem está cada vez mais presente na vida dos usuários e das empresas para reduzir custos de manutenção e melhorar o desempenho de serviços, uma vez que, são algumas das necessidades que atraem a implementação desta tecnologia. Neste contexto, os serviços de computação em nuvem são cobrados de acordo com a utilização e o seu tipo específico. Para compreender o comportamento do ECOS é importante entender a estruturação e os papéis dos atores e seus relacionamentos, assim como a plataforma central onde os mesmos atuam. Uma das atividades essenciais para a descrição de ECOS em um sistema é a modelagem, e essa atividade envolve distintos níveis de tecnologias, notações e abstrações, porém, apesar dos avanços iniciais das pesquisas em ECOS existem poucos modelos analíticos, estudos de caso reais e suporte integrado a ferramentas (MANIKAS, 2016).

Modelos são produzidos para propiciar uma melhor compreensão de sistemas ou ambientes (COUTINHO *et al.*, 2017). Uma grande barreira para a evolução em ECOS, no sentido de ajudar na tomada de decisões na indústria real é a falta de apoio à modelagem de ECOS (COUTINHO *et al.*, 2019). Jansen *et al.* (2015) alegam em seu trabalho que a modelagem de ECOS é relevante para fornecer ideias a partir de representações, além de possibilitar a análise e comparação de ecossistemas “estáticos”, baseados em conceito chave (e.g., organizações, relacionamentos e fluxos) e métodos existentes (e.g., redes sociotécnicas e redes de fornecimento de *software*).

Uma técnica de modelagem tem que abordar os elementos da notação de uma forma clara e eficiente para que a notação utilizada tenha sentido, porém, não há um consenso sobre como representar tais elementos, sendo que os modelos de ECOS produzidos não seguem todos os pré-requisitos de elementos, ou seja, não são fiéis a notação sugerida (COUTINHO *et al.*, 2019). Na literatura de ECOS existe uma lacuna em relação a modelagem de ECOS, ou seja, ainda é escasso trabalhos sobre modelagem de ECOS e, conseqüentemente, é baixo o número de trabalhos relacionados a plataformas de computação em nuvem analisando os atores e seus respectivos papéis e relacionamentos dentro dos ECOS.

Este trabalho se propõe a realizar uma modelagem SSN do ECOS das plataformas de computação em nuvem *Amazon Web Services (AWS)* e *Google Cloud Platform (GCP)*, com foco na comparação e análise dos modelos gerados sobre os principais serviços disponibilizados pelas plataformas, possibilitando uma visão geral sobre o ECOS de cada plataforma e como o mesmo está inserido no mercado, como fornece e precifica seus principais serviços de nuvem para seus clientes e proporcionando uma visão de serviço do software para os desenvolvedores das plataformas. Como objetivo secundário a esta pesquisa será apresentar alguns desafios e oportunidades de pesquisa.

## **1.1 Objetivos**

### ***1.1.1 Objetivo geral***

O objetivo geral deste trabalho é realizar um estudo exploratório sobre a modelagem de Ecossistemas de Software dos ambientes de computação em nuvem: *Amazon Web Services* e *Google Cloud Platform*, com foco na comparação e análise dos modelos gerados sobre os principais serviços fornecidos pelas plataformas.

### ***1.1.2 Objetivos específicos***

1. Modelagem SSN do ECOS da *Amazon Web Services* e da *Google Cloud Platform*;
2. Uma análise comparativa dos modelos gerados sobre os principais serviços fornecidos pelas plataformas; e
3. Oportunidades de pesquisa na área de ECOS e Computação em Nuvem;

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentadas as concepções que constituem o desenvolvimento deste trabalho. Na Seção 2.1 são introduzidos os conceitos de Ecossistemas de *Software*. Na Seção 2.2 são descritos os conceitos relacionados a *Software Supply Network* (SSN). Na seção 2.3 Modelagem em ECOS. E no fim, na seção 2.5 são mostrados os conceitos relacionados as Plataformas de Computação em Nuvem.

### 2.1 Ecossistemas de software

Na literatura há diversos conceitos de ECOS, segundo Bosch (2009) Ecossistemas podem ser denominados de conjuntos, trata-se de grupos que embora sejam distintos entre si, interagem de maneira mútua e disciplinada. A partir do momento em que uma empresa conduz seus produtos de *software* além de seus limites organizacionais, passando a disponibilizar sua plataforma e a interagir com atores externos a sua organização, é formado um ECOS. Para Coutinho *et al.* (2019) Ecossistemas de *Software* é uma metáfora de Engenharia de *Software* que foi aplicada para a compreensão da dinâmica da rede de fornecimento de *software* centrada em plataformas de software na última década .

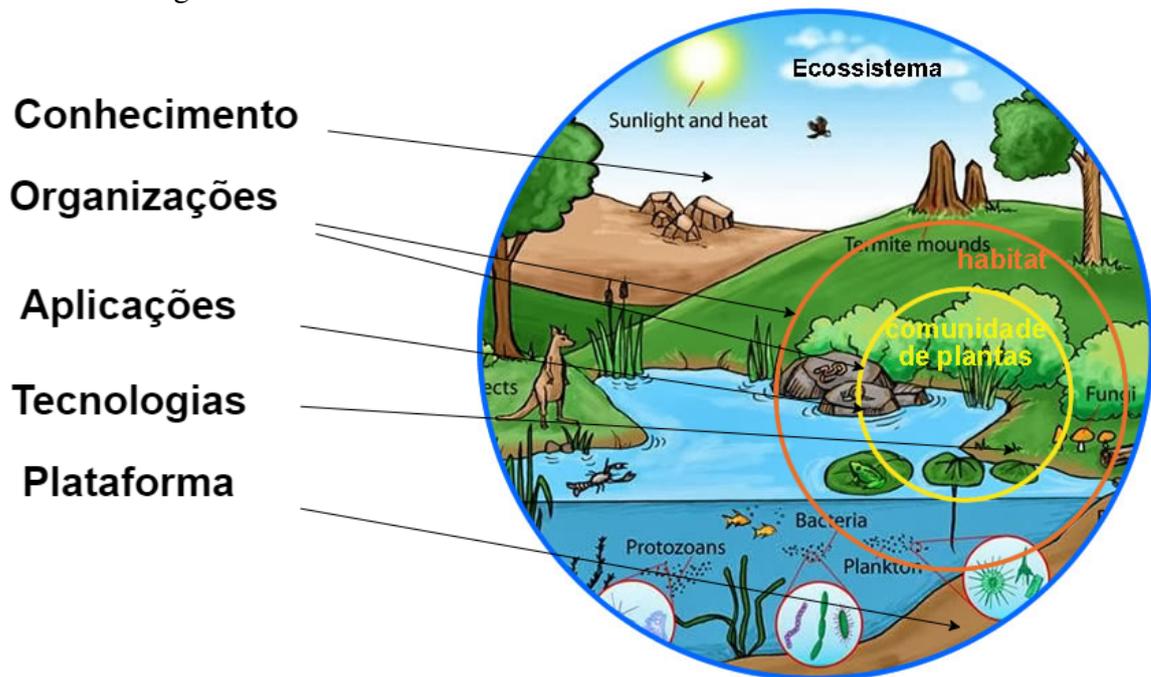
Jansen *et al.* (2007), sugerem que um ECOS pode ser definido como um conjunto de atores funcionando como uma unidade, interagindo com um mercado distribuído entre *softwares* e serviços, junto com as relações entre eles que são normalmente sustentadas por uma plataforma tecnológica ou um mercado em comum, atuando através da troca de informações, recursos e artefatos.

Na Engenharia de *Software* habitualmente são utilizadas metáforas para abordar aspectos não-técnicos (DHUNGANA *et al.*, 2010). SANTOS *et al.* (2016) demonstra na Figura 1 os elementos de um ECOS que podem ser relacionados aos de ecossistemas naturais.

Segundo Bosch (2009) um ecossistema humano é um agrupamento de atores e suas conexões e atividades, tais como as transações realizadas em torno dessas conexões, onde são considerados os fatores físicos e não físicos, podendo ser discernido entre ecossistemas comerciais e sociais.

McGregor (2010) aborda que, em um ecossistema comercial ou de negócios, os atores são os negócios, fornecedores e clientes, os fatores são os serviços e as transações são, além das financeiras, o compartilhamento de conhecimento e de informação, contatos pré e pós

Figura 1 – Analogia de ECOS com ecossistemas naturais.



Fonte: SANTOS *et al.* (2016).

vendas, etc.

Para Berk *et al.* (2010) um ECOS pode ser compreendido como um subtipo de ecossistema de negócios, que segundo MOORE (1996), retrata uma analogia do começo dos anos 90 para descrever uma nova forma de observar redes de negócios pelas Escolas de Administração.

Jansen *et al.* (2009) definiram ECOS como um conjunto de negócios atuando como uma unidade e interagindo com um mercado compartilhado de *software* e serviços, juntamente com as relações entre eles, constantemente apoiados por uma plataforma ou mercado tecnológico comum, e trabalhando através da troca de informações, recursos e artefatos. Dessa forma, um ECOS é uma interação de um conjunto de atores sobre uma plataforma tecnológica comum, tendo como resultados soluções ou serviços de *software* (MANIKAS; HANSEN, 2013).

Os ecossistemas possuem três elementos: um centralizador ou *hub*, uma plataforma ou tecnologia/mercado e um conjunto de agentes de nicho ou *niche players*, onde o centralizador é o proprietário da plataforma e os agentes de nicho podem utilizá-la para gerar valores para si mesmos e para ela (IANSITI; LEVIEN, 2004).

Manikas e Hansen (2013) classificaram ECOS conforme o nível de abertura de suas plataformas. Sendo abertos, quando os participantes possuírem total ou ampla influência em relação as mudanças e evoluções da plataforma tecnológica; e fechados, quando o *Keystone* possuiu um papel de controlador ativo, definindo as evoluções e exigindo certificações formais

dos parceiros (VALENÇA; ALVES, 2013). Como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação de ecossistemas de *software*.

	Social	Comercial
Aberto	Participação ativa de membros da comunidade. Membros podem evoluir a plataforma livremente.	Keystone fornece a plataforma tecnológica básica. A comunidade de desenvolvedores externos e usuários podem tomar decisões livremente.
Fechado	Existe um comitê que centraliza as decisões da plataforma. A comunidade pode fazer extensões desde que aprovadas pelo comitê.	O Keystone centraliza todas as decisões de evolução da plataforma e aprova a participação de novos membros.

Fonte: Valença e Alves (2013).

Bosch (2009) também classifica os ecossistemas, como comerciais, quando os atores são empresas fornecedoras, integradores externos e clientes se relacionando através de transações (e.g., *iPhone*, *iMac* e *iPad* são produtos da *Apple* que criaram vastos ecossistemas em torno de suas plataformas tecnológicas); e ecossistemas sociais, que consiste em usuários, seus relacionamentos e a troca de informações entre eles (e.g., comunidades *open source* como *Android* e *Linux*).

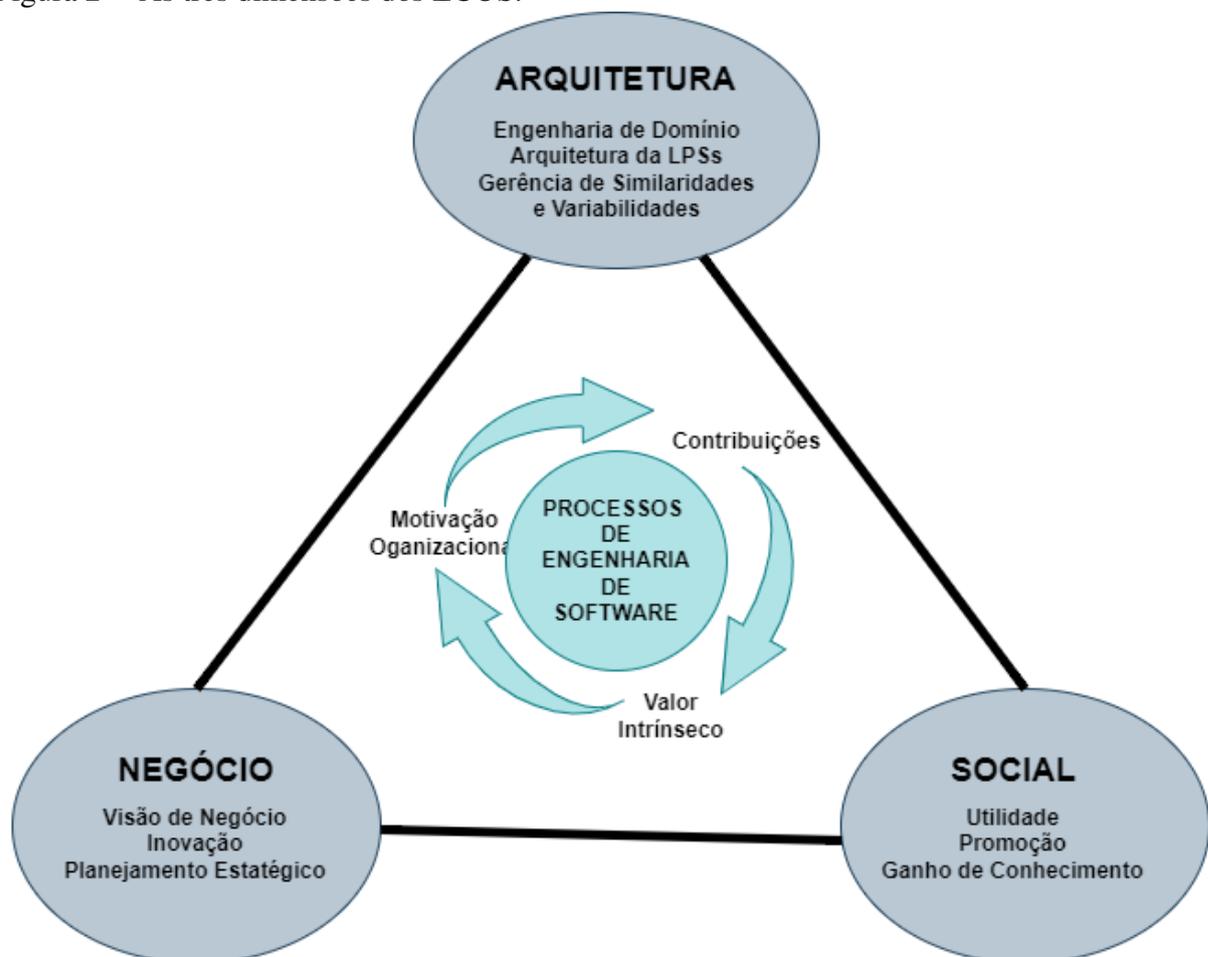
SANTOS *et al.* (2013) demonstram alguns exemplos que podem ser utilizados para determinar características típicas dos ECOS, como o ECOS *Microsoft*, *MySQL/PHP*, *iPhone* e *Eclipse*. Os ECOS podem estar inclusos em outros ECOS, como o ECOS *Microsoft CRM* (*Customer Relationship Management*) está contido no ECOS *Microsoft* completo. Pode-se dizer que o ECOS *iPhone*, com sua *AppStore* é fechado, á medida que o ECOS *MySQL/PHP* e o ECOS *Eclipse* são abertos, contanto que as empresas tenham acesso ao código fonte e às bases de conhecimento relacionadas a ele.

Contudo, um ecossistema concebido em uma plataforma do tipo proprietária, nem sempre será fechado, o que assegura que estes exemplos demonstram de uma forma simples o conceito de ECOS (ANVAARI; JANSEN, 2010).

Campbell e Ahmed (2010) estabelecem que o conceito de ECOS tem suas raízes nas teorias de desenvolvimento de plataformas comuns e redes sociais, sendo uma estratégia para alcançar a transição, inovação e evolução na Engenharia de *Software*. Além disso mostram uma perspectiva que ECOS podem ser observados em 3 dimensões: (i): **Arquitetura:** que compreende a plataforma (tecnologia ou infraestrutura) em que o ECOS estará inserido; (ii): **Negócio:** que envolve o conhecimento sobre o mercado, decisões tomadas pelos autores sobre

modelos de negócio, definição do portfólio de produtos do ECOS; e (iii): **Social:** que define a forma como a rede de atores se relacionará para alcançar seus objetivos e potencializar o crescimento do ECOS através de uma proposta onde todos possam obter benefícios. Na Figura 2 pode-se observar as três dimensões dos ECOS.

Figura 2 – As três dimensões dos ECOS.



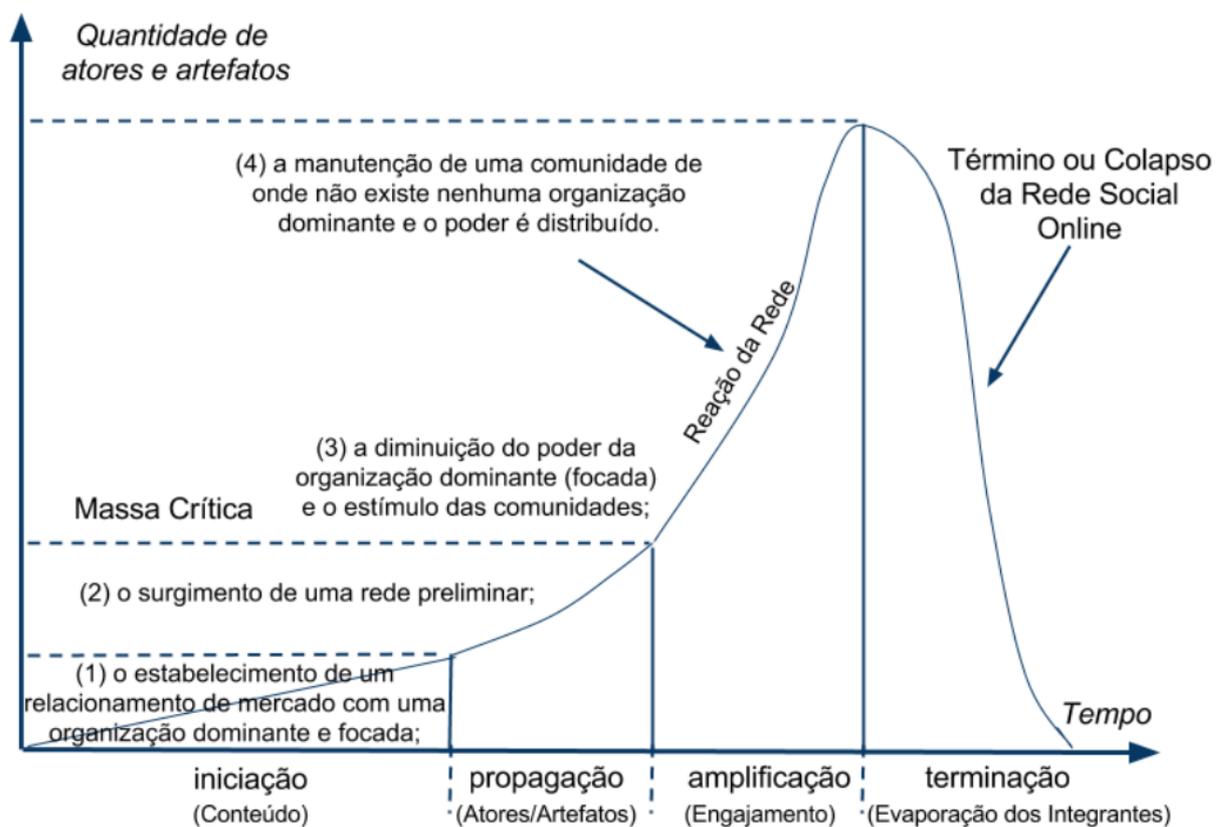
Fonte: Campbell e Ahmed (2010).

Além das dimensões, os ECOS possuem também ciclo de vida, de acordo com Russ (2007) e Jansen *et al.* (2009) e estendido por SANTOS e WERNER (2012), o ciclo de vida social de ECOS é dividido em quatro fases, que ocorrem ao longo do tempo em função da quantidade de atores e artefatos, que alcança o auge ao final da fase de amplificação e decresce a partir daí, representando o início da transformação da rede social do ECOS e seu eventual término (SANTOS *et al.*, 2013). Cada uma das fases são descritas da seguinte forma, com base em sites de redes sociais *online*:

- **Iniciação:** criação de uma página em um site de rede social e/ou sistema de gerenciamento de comunidades e conteúdos;

- **Propagação:** adesão de novos atores e artefatos, *i.e.*, surgimento de uma rede preliminar de atores com interesses em comum;
- **Amplificação:** estabelecimento de uma estrutura auto-organizável e manutenção de uma comunidade (rede de atores e artefatos), onde o poder é distribuído; e
- **Terminação:** normalmente, um serviço de rede social *online* termina devido à saturação ou à substituição por um novo serviço, ou ainda porque surgem novos nichos, mercados ou tendências que fazem com que ocorra uma “evaporação” dos integrantes da rede do ECOS.

Figura 3 – Ciclo de vida social do ECOS.



Fonte: SANTOS e WERNER (2012).

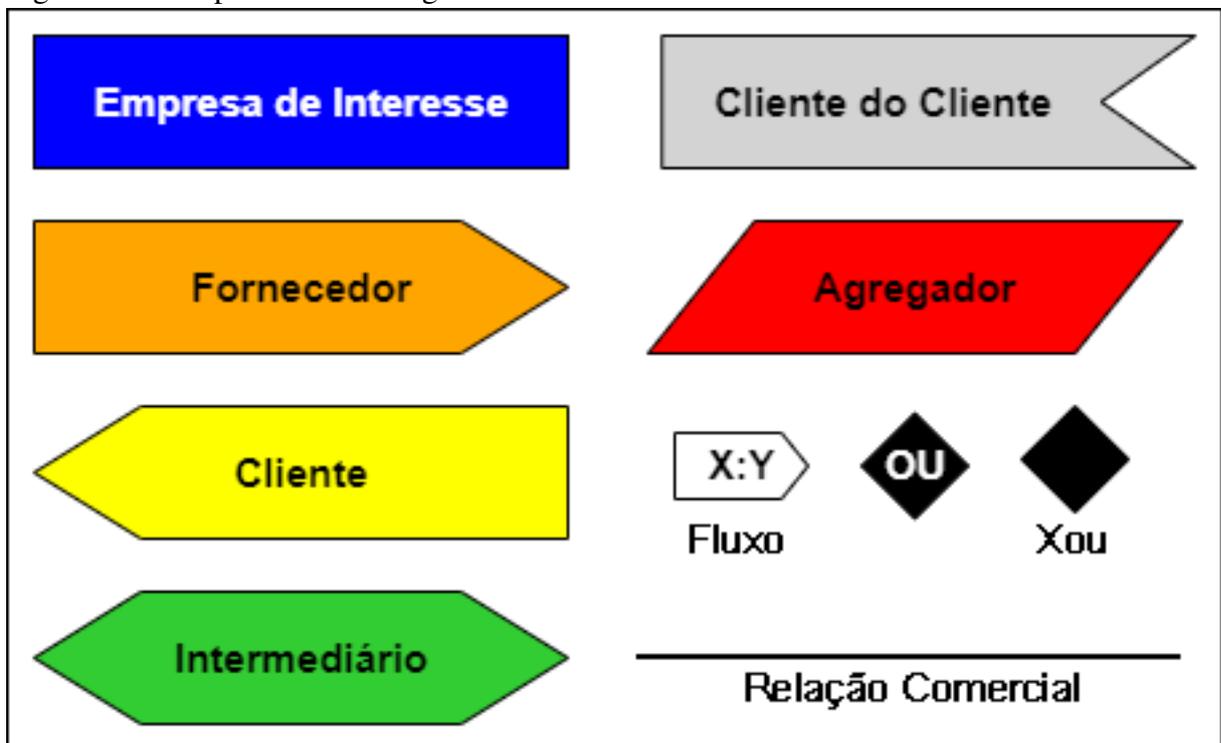
Ainda sobre ciclo de vida social do ECOS, Lima (2015) afirma que em cada fase, *sites* de redes sociais podem realizar um papel importante, especialmente devido à sua população e alcance. Além do mais, o contato e a interação entre os atores também são facilitadas, instigando a colaboração e formação de comunidades guiadas por interesses comuns. Dessa forma, ao usar recursos das redes sociais para socialização e dinamização, o ECOS torna-se mais atraente para entrada de novos atores e permanência dos que já estavam na rede.

## 2.2 Software supply network - SSN

*Software Supply Network* (diagrama de redes de fornecimento de *software*) é uma série de *software*, *hardware* e organizações de serviços ligados, que colaboram para atender às demandas do mercado (COSTA *et al.*, 2013), ou seja, é um componente do Meta-modelo de ECOS (*SEM Meta-model*). Os elementos gráficos da notação auxiliam na representação dos atores e os comportamentos e interações dos mesmos dentro do ecossistema. De acordo com (HANDOYO *et al.*, 2013), SSN pode ser usado para ilustrar as estruturas das cadeias de fornecimento de *software* em ECOS.

O SSN permite discorrer sobre o modelo de negócios de uma organização de *software*, revelando suas dependências e fluxo (BOUCHARAS *et al.*, 2009). Com ele é possível aclarar as relações comerciais entre os elementos de um ECOS em termos de fluxos de entrada e saída entre os atores, tendo uma terminologia baseada nos termos utilizados nas atividades de desenvolvimento de *software*, tornando-se facilmente compreensível para desenvolvedores (SADI; YU, 2015). A Figura 4 ilustra todos os componentes da notação.

Figura 4 – Componentes do Diagrama SSN.



Fonte: Boucharas *et al.* (2009).

Os elementos essenciais da modelagem SSN são os Atores, as Relações comerciais, os Fluxos e os *Gateways*, o ator será uma organização ou empresa que participa de um ECOS,

podendo ser uma Empresa de Interesse, Fornecedor, Cliente, Intermediário ou Cliente do Cliente. O que conectará os dois atores será uma Relação comercial, que pode ser formado por um ou mais Fluxos (SADI; YU, 2015). Boucharas *et al.* (2009) define cada um desses componentes da seguinte forma:

- **Companhia de Interesse (CoI):** A companhia de interesse entrega o produto de interesse, sob averiguação. É representada por um retângulo azul de borda sólida.
- **Cliente:** É o ator que adquire ou faz uso do produto de interesse, seja este uso direto ou indireto. É representado por uma caixa amarela de borda sólida.
- **Fornecedor:** É um ator que fornece um ou mais produtos/serviços. É representado por uma caixa de cor laranja e borda sólida.
- **Intermediário:** Pode ser um revendedor, distribuidor, entre outros, são atores que atuam como intermediários entre duas partes que se relacionam. É representado por uma caixa verde de borda sólida;
- **Agregador:** Empresas, produtos ou serviço direto ou indiretamente da empresa de interessa. É representado por um losango vermelho de borda sólida;
- **Cliente do Cliente:** É possível que um cliente tenha seu próprio cliente com produtos ou serviços diretos ou indiretos da Companhia de Interesse, (e.g., suporte ao produto, atualizações). É representado por uma caixa de cor cinza e borda sólida.
- **Fluxo:** É um artefato ou fluxo de serviço de um ator para outro, pode ser um produto, serviço, finança, conteúdo. Onde o X é substituído por um ou mais caracteres, que representa o tipo do artefato, e o Y é substituído por um número que caracteriza a identificador do fluxo. É branco com a borda sólida e o texto preto.
- **OU Gateway:** É uma relação lógica entre os fluxos, que permite um ou mais ou todos os relacionamentos comerciais e seus fluxos entre relacionamentos comerciais de entrada e saída. É preto e o texto branco;
- **XOU Gateway:** Também é uma relação lógica entre os fluxos, que permite apenas um relacionamento comercial e seus fluxos entre os relacionamentos comerciais de entrada e saída. É preto.
- **Relação Comercial:** É um relacionamento que conecta dois atores, podendo

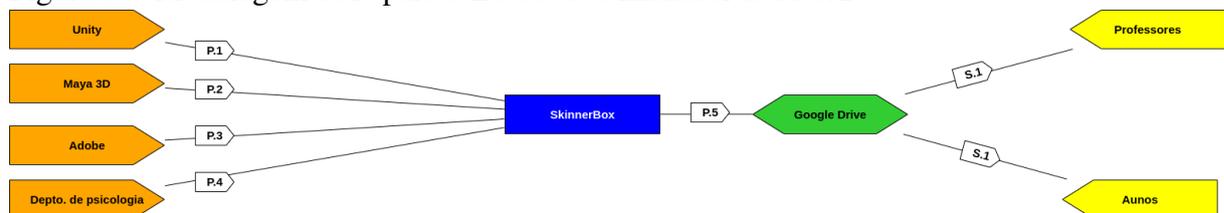
ser complexo e formado por um ou vários fluxos. É representado por uma linha sólida e preta.

Um diagrama de redes de fornecimento de *software* é composto por nós, que representam os atores e suas relações e arestas que representam os fluxos de entrada e saída dos atores em um ECOS. Boucharas *et al.* (2009), apresenta isso em uma versão simplificada modelada para um fornecedor de *software holandes (DutchSV)*, que constrói e vende uma grande plataforma de produtos. A figura 6 ilustra o exemplo citado.

A notação SSN é um conjunto de organizações conectadas de *software, hardware* e serviços que contribuem para satisfazer as demandas do mercado (JANSEN *et al.*, 2007). Apoiado em uma revisão de técnicas de modelagem utilizadas em ECOS, Sadi e Yu (2015), relatam que dentre as técnicas selecionadas (UML, Representação em grafos, PDC, i\*, etc.), apenas o SSN é proposto especificamente para modelar ECOS, enquanto as demais são genéricas e amplamente utilizadas em outras áreas, e embora o SSN não suporte descrever as atividades dos colaboradores, a maioria das técnicas fornecem pouco apoio para a descrição de restrições, atributos e interações dos colaboradores.

Um exemplo de modelagem de ECOS utilizando a notação SSN é observado na Figura 5, onde é representado o ECOS do simulador *SkinnerBox*, uma aplicação que simula os experimentos de condicionamento operante, realizados com ratos na caixa de *Skinner*, um aparelho fechado que contém uma barra ou chave, onde o animal pode pressionar ou manipular de modo a obter alimentos ou água, como um tipo de reforço quando são realizadas as ações esperadas. São utilizadas no curso de Psicologia da Universidade Federal do Ceará (UFC), além de outros cursos, para atividades da disciplina de análise comportamental (PINHEIRO *et al.*, 2022).

Figura 5 – Modelagem SSN para o ECOS do Simulador *SkinnerBox*.

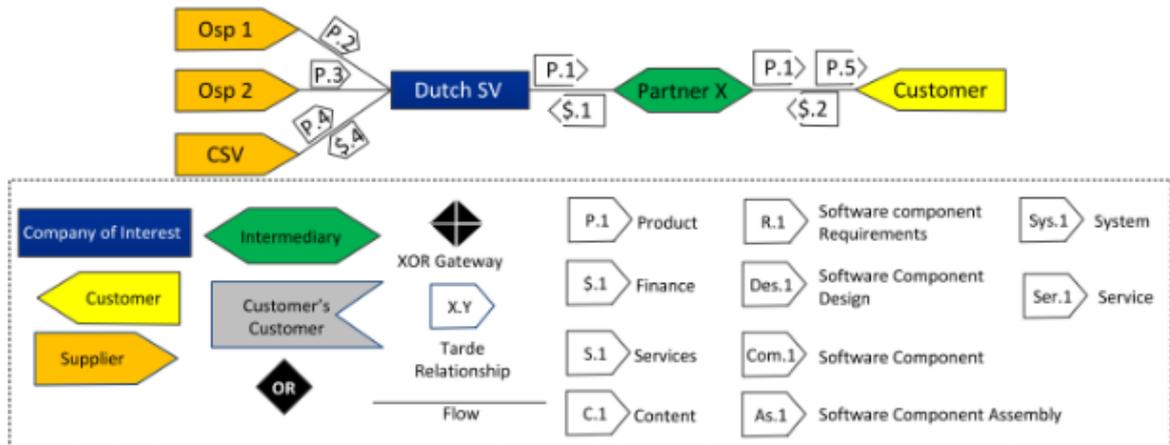


Fonte: Pinheiro *et al.* (2022).

Outro exemplo de modelagem de ECOS utilizando a notação SSN, é demonstrado na Figura 6, onde o fornecedor preferiu trabalhar através de parceiros, além de ter aberto sua interface para que terceiros criem extensões em seu *software*, onde sua plataforma de produtos

contém os provedores de código aberto (OSp1 e OSp2) e um componente comercial do fornecedor de *software* comercial (CSV). É observado que o *Partner X* (intermediário) pode criar seu próprio componente e revendê-lo aos clientes (PINHEIRO *et al.*, 2022).

Figura 6 – Exemplo de Modelagem SSN (DutchSV).



Fonte: Boucharas *et al.* (2009).

### 2.3 Modelagem de ecossistemas de *software*

Os três pontos importantes para a utilização da modelagem em ECOS identificados por Jansen *et al.* (2015), são: em primeiro lugar, a forma mais significativa para que seja possível compreender os ECOS, independente do tipo ao qual eles se referem, (e.g., aberto, comercial, social); em segundo, acredita-se que a análise é realizada mais satisfatoriamente através da modelagem; e por último, presume-se que a previsão de como o ecossistema está pendente de determinadas decisões, sendo essas feitas de forma mais eficiente com o apoio da modelagem.

Jansen *et al.* (2015) baseados na literatura e entrevistas executadas perceberam que os objetivos da modelagem são comuns: (i) **fornecer informações**, para os pesquisadores uma imagem em um documento é capaz de fornecer uma visão geral do aspecto do ECOS, facilitando na identificação de atores com papéis chave, como o *keystone* e fornecendo informações sobre os relacionamentos; (ii) **analisar ecossistemas estáticos**, com a análise real do ECOS é possível identificar relacionamentos chaves, densidade de relacionamentos, conexão dentro do ECOS e diferenças no tamanho da importância dos atores; e (iii) **comparar o ecossistema**, através da visualização é conveniente para investigar a maturidade, desenvolvimento da dinâmica do ECOS e constatar como as formas, conectividade e objetos nos modelos de ECOS diferem.

Eles evidenciam ainda, que os modelos e visualizações realizados são variados, podendo ser desde modelos simples de seta e caixa, modelos de cadeia de fornecimento e nuvens de pontos, que são modelos de nós e arestas, que mostram os atores e seus relacionamentos (JANSEN *et al.*, 2015).

São considerados os seguintes elementos nos modelos de ecossistema: (i) **organizações** e seus tipos, a entidade em torno da qual o modelo gira; (ii) **relacionamentos**, podendo ser dependências de componentes, relações comerciais e colaborações; e (iii) **fluxos**, que podem ser quantidade de código que passa de um projeto para outro, o valor que passa de um revendedor de *software* para um provedor da plataforma, fluxos de conhecimento e dependências em uma rede social, contudo, esta entidade acaba não recebendo muita atenção.

Para determinar o método de modelagem e os elementos e dados que serão utilizados é importante determinar o objetivo dela, os métodos mais propostos na literatura são observados em (JANSEN *et al.*, 2009), que são:

- **Modelos de redes sociais:** As redes sociais têm sido vistas como uma aplicação adequada para ECOS, já que essas redes de pessoas se assemelham às suas relações, fluxos e entidades, porém, estes modelos são considerados inadequados e insuficientes quando se tratando de modelar fluxos complexos e redes amplas;
- **Linguagens de modelagem de objetivos como *i\**:** Poucos são os trabalhos que demonstram a aplicação do *framework i\** em ECOS, porém a modelagem de objetivos é aplicada por ser capaz de expressar os objetivos das organizações dentro do ECOS, combinando competição e colaboração. O *framework i\** funciona representando através dos modelos, os atores e relacionamentos entre eles, mas é indicado que ele seja simplificado para acomodar a escala e complexidade dos ECOS;
- **Redes de cadeia de fornecimento:** Com essas técnicas, a modelagem conceitual de ECOS tem sido bem sucedida, recebendo elogios pelo nível de código e perspectiva organizacional, oferecendo uma estrutura agradável, porém, foi insuficientemente adotada para a modelagem de ECOS complexos, provavelmente pela falta de ferramentas ou formalização.

Boucharas *et al.* (2009) relatam a ausência de um padrão formal que modele tanto os ECOS quanto o ambiente em que os produtos e serviços de *software* atuam, o que é acarretado devido a dificuldade que os fornecedores de *software* tem em discernir os ECOS em que estão

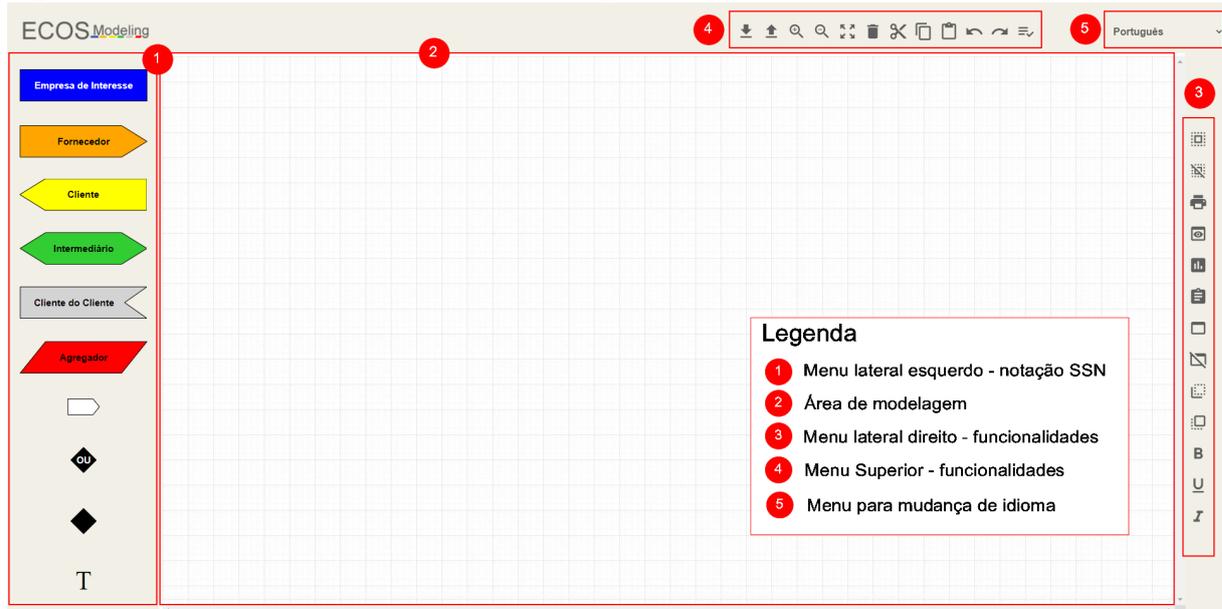
ativos e usá-los em sua vantagem. Assim, foi proposta uma abordagem para modelagem de ecossistemas que consiste nas técnicas de diagramação PDC, que baseia-se no produto, ou seja, o motivo pelo qual o ECOS existe e SSN que trata a camada mais interna do ECOS levando em consideração os atores e seus relacionamentos.

Para Jansen *et al.* (2007), um modelo de contexto de produto descreve o contexto em que um serviço de *software* é executado e os produtos de *software* e *hardware* fundamentais para fornecer um determinado serviço. Embora o PDC seja mais estruturado que o SSN sua abordagem parece ser confusa no início e suas regras difíceis de cumprir (BOUCHARAS *et al.*, 2009).

## 2.4 Ferramenta de modelagem de ecossistemas de software

A literatura possui uma ferramenta própria de modelagem de ECOS que suporta a utilização da notação SSN, sugerida pela mesma. Essa ferramenta dá suporte a literatura e preenche uma lacuna pertinente que era a falta de ferramenta e de um padrão de modelagem, a mesma é capaz de criar modelos SSN e exportá-los em diversos formatos para posteriormente realizar manutenções e evoluções nos modelos. A Figura 7 apresenta a tela da ferramenta de modelagem de ECOS.

Figura 7 – Tela da ferramenta ECOS Modeling.



Fonte: Pinheiro *et al.* (2022)

Esta ferramenta é de suma importância para o desenvolvimento e execução deste trabalho, em relação a parte da criação dos modelos SSN e com os dados estatísticos do modelo. A ferramenta denominada *ECOS Modeling* foi desenvolvida utilizando o *framework front-end* Vue.JS e a biblioteca de manipulação de componentes gráficos chamada *MxGraph.JS*, ambas da linguagem de programação *JavaScript*. As funcionalidades disponíveis na versão nomeada de 2.0 da ferramenta *ECOS Modeling* estão descritas a seguir:

- **Modelagem:** Funcionalidade que permite ao usuário manipular os componentes da notação SSN desde o menu do lado esquerdo até a área de modelagem, permitindo a criação do modelo de ECOS. Possui ainda a funcionalidade de área de desenho infinita permitindo a criação de modelos em grande escala.
- **Exportar modelo:** Permite a exportação do modelo criado em algumas extensões tanto como imagem (PNG e SVG) quanto nos formatos JSON e XML. Esta funcionalidade permite que o usuário utilize posteriormente o modelo criado na ferramenta.
- **Importar modelo:** Permite a importação do modelo em formato XML na ferramenta para manutenção e posterior evolução como adição de novos componentes e relacionamentos ao ECOS.
- **Internacionalização:** Possibilita a internacionalização da ferramenta. A funcionalidade permite a tradução da ferramenta em três idiomas: português, inglês e espanhol.
- **Manipulação do modelo:** Série de funcionalidades que auxiliam na criação do modelo, sua estruturação e posterior manutenção e evolução. As funcionalidades de manipulação são: ampliar e reduzir, zoom padrão, excluir componente, recortar, copiar, colar, refazer, desfazer, selecionar tudo e desmarcar, imprimir, avançar, retroceder, negrito, itálico e sublinhado.
- **Propriedades:** A funcionalidade exibe as propriedades XML do modelo criado no momento da modelagem para o usuário. Esta funcionalidade permite visualizar as propriedades do modelo.
- **Estatísticas:** A funcionalidade gera um relatório estatístico do modelo sobre os componentes e relacionamentos do ECOS. A funcionalidade permite a extração de dados para futura análise quantitativa do modelo, evolução, versões e manutenção.

## 2.5 Computação em nuvem

Computação em nuvem é uma tecnologia que possibilita o uso de recursos de computação por meio da *internet*, o que inclui os mais variados programas e informações (MOREIRA *et al.*, 2021). A concepção de Computação em Nuvem continua sofrendo incontáveis mudanças na sua definição por efeito de forte atividade de inovações em torno dessa tecnologia (ZUFFO *et al.*, 2013). O *National Institute of Standards and Technology* (NIST) definiu computação em nuvem como um modelo para permitir o acesso ubíquo e conveniente à rede a pedido de um conjunto partilhado de recursos de computação configuráveis que pode ser rapidamente provisionado e libertado, com o mínimo esforço de gestão ou interação do prestador de serviços (SIMMON *et al.*, 2018).

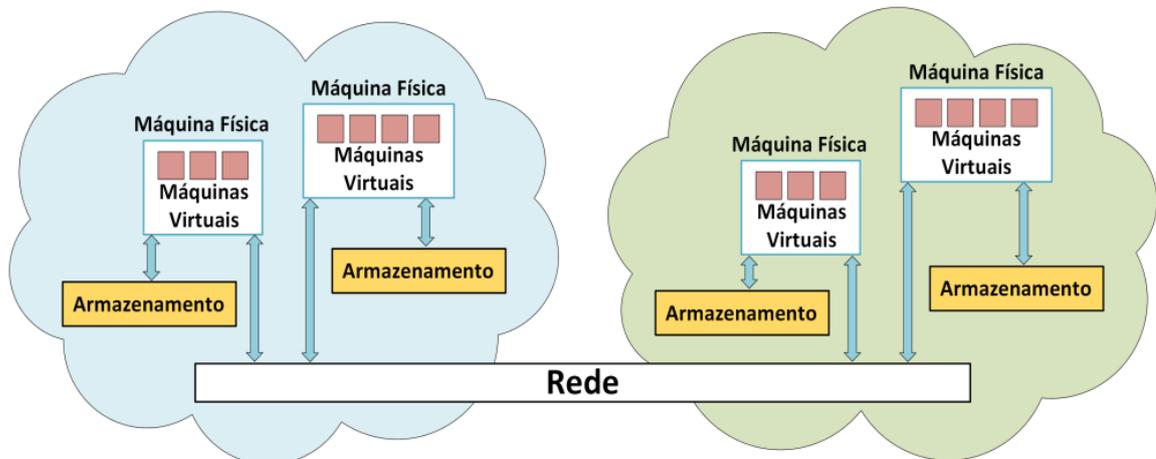
De acordo com Taghipour *et al.* (2020) computação em nuvem, significa desenvolvimento e aplicação de tecnologia de computação baseada na *Internet*. Este termo é um método de cálculos informáticos, num espaço em que as capacidades baseadas em Tecnologia da Informação (TI) são apresentadas como um serviço para o utilizador, podendo ter acesso a serviços baseados em tecnologia na *Internet*, sem informação especializada sobre estas tecnologias ou ter o controlo de infraestruturas tecnológicas que as suportam. Trata-se assim de um conceito geral, que está sendo usado para a integração de novas tecnologias, incluindo *software* como serviço, *web* e outras novas soluções apresentadas recentemente, podendo atender a todos os requisitos do utilizador no espaço *Internet*.

Nuvem é uma metáfora para a *Internet* ou infraestrutura de comunicação entre os componentes arquiteturais baseada em uma abstração que oculta a complexidade da infraestrutura. Cada parte desta infraestrutura é provida como um serviço os quais normalmente são alocados em centros de dados, utilizando *hardware* compartilhado para computação e armazenamento (BUYAYA *et al.*, 2009).

A infraestrutura do ambiente de computação em nuvem normalmente é composta por um grande número (centenas ou milhares) de máquinas físicas ou nós físicos de baixo custo, conectadas por meio de uma rede, como ilustra a Figura 8. Cada máquina física pode ter diferentes configurações de *hardware* e *software*, com variações na capacidade em termos de CPU, memória e armazenamento em disco (SOROR *et al.*, 2008). Em cada máquina física existe um número variável de máquinas virtuais, nós virtuais ou instâncias em execução, de acordo com a capacidade do *hardware* disponível na máquina física.

A Computação em Nuvem não é tão nova quanto se imagina. Ela teve seu início

Figura 8 – Ambiente de Computação em Nuvem.



Fonte: Coutinho (2014).

por volta dos anos 1950 e, em 1960 foi ganhando forma com McCarthy discutindo o uso compartilhado de um computador por duas pessoas ao mesmo tempo, ideia que foi chamada de *Utility Computing*. Anos depois Joseph Carl Robnett Licklider ajudou a elaborar a Rede de Agências de Projetos de Pesquisa Avançada (ARPANET). O propósito era ser capaz de realizar uma conexão a outro computador feita em qualquer lugar e a qualquer momento. Em 1997 foi empregue pela primeira vez o contexto de *Clouding Computing* pelo professor de sistemas de informação, Ramnath Chellappa (IPM, 2020).

*Cloud Computing* (Computação em nuvem) é uma evolução dos serviços e produtos de tecnologia da informação sob demanda, também chamada de *Utility Computing*. O objetivo da *Utility Computing* é fornecer componentes básicos como armazenamento, processamento e largura de banda de uma rede como uma “mercadoria” através de provedores especializados com um baixo custo por unidade utilizada (BRANTNER *et al.*, 2008).

De acordo com Arruda (2011) a computação em nuvem está cada vez mais presente na vida dos usuários e das empresas para reduzir custos de manutenção e melhorar o desempenho de serviços, as quais são algumas das necessidades que atraem a implementação desta nova tecnologia. Além dos serviços básicos como salvar fotos, vídeos e arquivos que algumas empresas disponibilizam para as pessoas físicas, essa tecnologia existe também para empresas, o que a torna um pouco mais diferenciada (MOREIRA *et al.*, 2021).

Segundo NIST a computação em nuvem é composta por cinco características essenciais, três modelos de serviço e quatro modelos de implantação, como detalhado a seguir.

### 2.5.1 Características essenciais

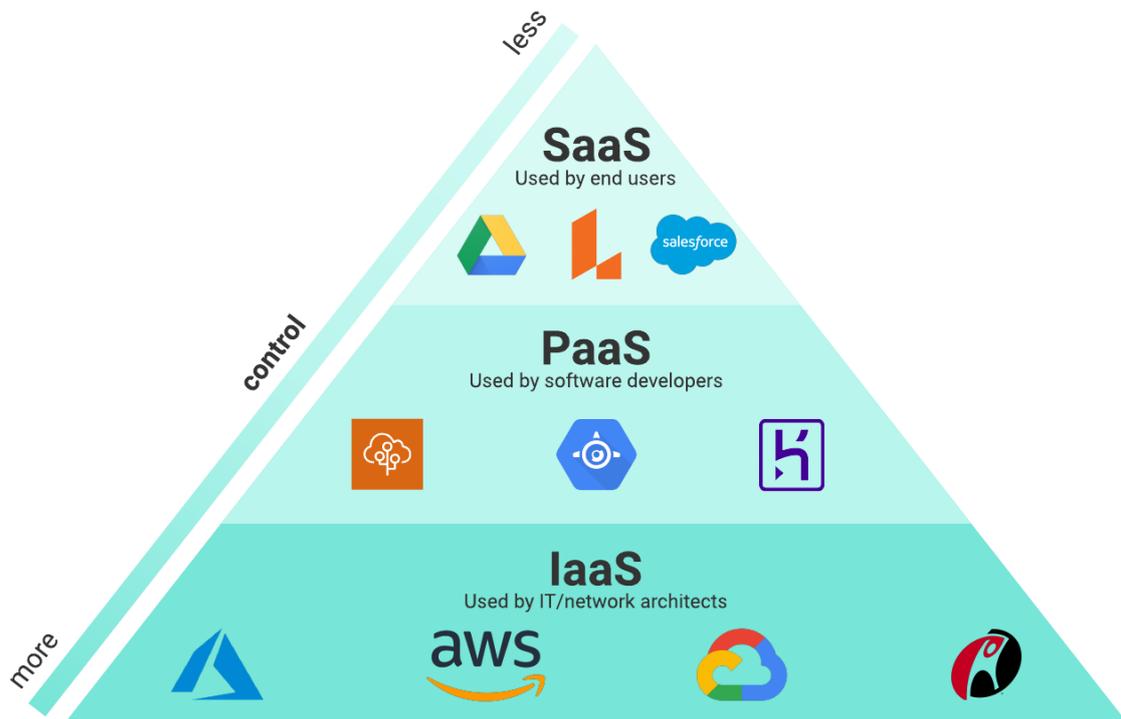
Com base na definição de computação em nuvem existem várias características essenciais deste tipo de computação, sendo estas as principais características (SALEHI *et al.*, 2019) (SRIVASTAVA; KHAN, 2018):

- Agilidade — a agilidade da nuvem funciona no modo distribuído e partilha os recursos entre os utilizadores sendo o seu desempenho muito rápido.
- Atendimento de Serviço Automático — a pedido, os fornecedores de computação em nuvem disponibilizam recursos, de acordo com os requisitos ou carga de trabalho desejados pelos consumidores, podendo os utilizadores aceder aos serviços da nuvem através da *Internet*.
- Rápida Elasticidade — os serviços da nuvem são elasticamente provisionados para que o cliente possa adicionar ou remover novos serviços conforme a necessidade.
- Fiabilidade — na área da nuvem, a disponibilidade de servidores é muito alta e mais fiável porque as probabilidades de falha de infraestruturas são mínimas. No caso de qualquer falha num dos servidores, haverá sempre uma cópia de segurança desses dados em outro servidor.
- Serviço Medido — o uso de recursos pode ser monitorizado, controlado e reportado, proporcionando transparência tanto para o fornecedor como para consumidor do serviço utilizado.
- Amplo Acesso à Rede — os recursos armazenados na nuvem podem ser acessíveis ou disponíveis para acesso a diferentes tipos de dispositivos, tais como telemóveis, computadores portáteis, *tablets*, etc. de onde quer que estejam ligados à *Internet* a que possam aceder amplamente à rede.

### 2.5.2 Modelos de serviços

A maioria dos serviços de computação em nuvem enquadram-se em três grandes categorias: infraestrutura como serviço (IaaS), plataforma como serviço (PaaS) e *software* como serviço (SaaS) (MICROSOFT, 2022), como mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Modelo de Serviços.



Fonte: Lucidchart (2021).

### 2.5.2.1 Software como serviço (SaaS)

O SaaS permite que os utilizadores utilizem aplicações baseadas na nuvem através da *Internet*, alguns exemplos: *e-mail*, calendário e ferramentas de escritório. O SaaS fornece uma solução de *software* numa base de *pay-as-you-go* a um fornecedor de serviços em nuvem. As infraestruturas, *middleware* e *software* estão localizados no centro de dados do prestador de serviços. O prestador de serviços gera o *hardware* e *software*, e com o contrato de serviço apropriado, irá garantir a disponibilidade e a segurança das aplicações e dos seus dados (MICROSOFT, 2022) (ISSA, 2021) (WULANDARI *et al.*, 2020).

### 2.5.2.2 Plataforma como serviço (PaaS)

O PaaS é um ambiente completo de desenvolvimento e implementação na nuvem com recursos que lhe permitem entregar tudo, desde aplicações simples baseadas na nuvem até aplicações empresariais sofisticadas. O cliente aluga/compra os recursos que precisa a um fornecedor de serviços em nuvem, numa base de pagar pelo que se utiliza, com acesso pela *Internet* segura, e foi concebido para suportar o ciclo de vida completo da aplicação *web*:

desenvolvimento, teste, implementação, gestão e atualização. O PaaS permite evitar a despesa e complexidade da compra e gestão de licenças de *software*, a infraestrutura de aplicações subjacentes e *middleware*, *kubernetes*, ou as ferramentas de desenvolvimento e outros recursos. O programador gere as aplicações e serviços que desenvolve, gerindo o fornecedor de serviços na nuvem, normalmente, todo o resto (MICROSOFT, 2022) (ISSA, 2021) (WULANDARI *et al.*, 2020).

### 2.5.2.3 *Infraestrutura como serviço (IaaS)*

O IaaS é um tipo de serviço de computação em nuvem que oferece recursos essenciais de computação, armazenamento e *networking* a pedido, numa base de paga-se pelo o que se usar/consumir, e é um dos três tipos de serviços em nuvem, juntamente com o *software* como serviço (SaaS) e plataforma como serviço (PaaS). Migrar a infraestrutura da sua organização para uma solução IaaS ajuda a reduzir a manutenção do *datacenter*, a economizar nos custos de *hardware* e a visualizar o negócio em tempo real (MICROSOFT, 2022) (ISSA, 2021) (WULANDARI *et al.*, 2020).

As soluções IaaS dão-lhe a flexibilidade para escalar os seus recursos de TI para cima e para baixo, consoante a procura. Também o ajudam a providenciar rapidamente novas aplicações, e a aumentar a fiabilidade da sua infraestrutura subjacente. O IaaS permite-lhe contornar o custo e a complexidade da compra e gestão de servidores físicos e infraestrutura de *datacenter*. Cada recurso é oferecido como um componente de serviço separado, e só é pago por um recurso particular durante o tempo que se necessita (MICROSOFT, 2022) (ISSA, 2021) (WULANDARI *et al.*, 2020).

A Figura 10 ilustra os principais usos dos modelos de serviços.

### 2.5.3 *Modelos de implantação*

A computação em nuvem é uma nova fase da evolução da *Internet* que fornece as ferramentas para alterar a computação baseada em computação infraestrutural. Existem vários modelos, e cada um é usado com base na sua aplicação. Estes modelos incluem nuvens privadas, públicas, comunitárias e híbridas (MICROSOFT, 2022) (WULANDARI *et al.*, 2020).

Figura 10 – Principais usos dos modelos de serviços.



Fonte: ITEXPERTS (2021)

### 2.5.3.1 Nuvem privada

Consiste numa infraestrutura de computação em nuvem, estabelecida por uma organização para o seu uso interno. A nuvem privada realiza o funcionamento dentro dos *firewalls* de uma organização, permitindo-lhe gerir de forma eficaz as infraestruturas internas de TI e fornecer serviços para os utilizadores locais. As nuvens privadas têm problemas de manutenção. Uma solução média, para eliminar problemas de nuvem privada e usar benefícios é usar nuvem privada virtual. Uma nuvem privada virtual é uma parte da infraestrutura de uma nuvem pública, como sendo aplicada para o uso privado de uma organização, e está disponível apenas por rede privada virtual (TAGHIPOUR *et al.*, 2020) (ISSA, 2021) (WULANDARI *et al.*, 2020). A Nuvem privada é indicada para empresas que querem uma maior segurança de suas informações (RODRIGUES *et al.*, ).

### 2.5.3.2 Nuvem comunitária

A infraestrutura na nuvem é fornecida para consumidores exclusivos de uma comunidade e organizações que partilham preocupações. Pode ser de propriedade gerida e operada por uma ou mais organizações, um terceiro ou alguma combinação deles e pode existir dentro ou fora das instalações (TAGHIPOUR *et al.*, 2020).

### 2.5.3.3 Nuvem pública

Os serviços são prestados dinamicamente através da *Internet* e, como forma escalável, um fornecedor de terceiros e o fornecedor divide recursos e envia fatura calculada numa base de utilidade semelhante à indústria elétrica e telefónica. A *Google App Engine* e o Serviço *Web* da *Amazon* são exemplos deste tipo de serviços (TAGHIPOUR *et al.*, 2020) (ISSA, 2021). Uma nuvem pública pode ser gerenciada por uma empresa ou um meio acadêmico (UNICAMP, 2020).

### 2.5.3.4 Nuvem híbrida

É uma junção de nuvem pública e privada e é uma escolha popular para a maioria das empresas, através da combinação de alguns serviços na nuvem, podendo os utilizadores, facilitar a transferência para a nuvem pública, através da eliminação de alguns problemas como a consistência com padrões de segurança de dados de cartão de pagamento (TAGHIPOUR *et al.*, 2020) (ISSA, 2021).

## 2.6 Plataformas de computação em nuvem

A computação em nuvem é um novo modelo de computação que possibilita aos usuários acessarem aplicações e serviços em qualquer lugar, independentemente da plataforma, sendo necessário apenas um terminal conectado à “nuvem” (PEDROSA; NOGUEIRA, 2011). Este novo modelo de virtualização de serviços possibilitou para as empresas muito mais praticidade e segurança, além de flexibilidade, pois os dados e aplicações passam a ser alocados na nuvem por empresas que prestam este serviço. Dentre essas empresas, segundo uma pesquisa realizada por (BALA *et al.*, 2021) apresentada na figura 11, destacam-se: *Amazon Web Services* (AWS), *Microsoft Azure* e *Google Cloud Platform* (GCP). A seguir estão descritas as plataformas AWS e GCP que serão utilizadas na realização deste trabalho.

### 2.6.1 Amazon web services (AWS)

A *Amazon Web Services* pioneira em computação em nuvem é amplamente confiável para grandes empresas e *startups*. Lançada no mercado no ano de 2006 pela *Amazon*, ela ajuda as empresas a expandir e aumentar a competitividade, oferecendo infraestrutura como serviço

Figura 11 – Quadrante Mágico para infraestrutura em nuvem e serviços de plataforma.



(IaaS) sob demanda. Isso pode ser categorizado em banco de dados, serviços de computação, entrega e armazenamento de conteúdo e rede. Esses recursos podem ser utilizados separados ou em conjunto (INAPPS, 2022).

A AWS tem a maior e mais dinâmica comunidade, com milhões de clientes ativos e dezenas de milhares de parceiros no mundo, além de ser projetada para ser um dos ambientes de computação em nuvem mais flexíveis e seguros atualmente disponíveis. A nuvem da AWS abrange 84 zonas de disponibilidade em 26 regiões geográficas em todo o mundo, com planos já divulgados para mais 24 zonas de disponibilidade e outras 8 regiões, através de vários *data centers* espalhados pelo mundo, conforme apresentado na Figura 12, para que o usuário possa

utilizar o mais próximo de sua localidade. Cada *data center* é instalado em uma zona de disponibilidade chamada *Availability Zones* (AZs), e no Brasil a zona mais próxima se localiza em São Paulo (AWS, 2022).

Figura 12 – Zonas e Regiões da AWS.



Fonte: Amazon (2022)

A AWS oferece mais de 18.000 serviços, dentre alguns deles estão: informática, soluções de armazenamento, integração de aplicativos em nuvem, análise e aprendizado de máquina e ferramentas de produtividade, desenvolvimento e gerenciamento. Muitas das vantagens da AWS derivam de sua posição como o primeiro provedor de serviços em nuvem moderno do mundo e do tamanho de suas operações globais. Juntos, esses fatores ajudaram a expansão da AWS e permitiram que ela oferecesse um conjunto diversificado de serviços para empresas em todo o mundo (YEVGE *et al.*, 2022).

### 2.6.2 *Google cloud platform (GCP)*

O *Google Cloud Platform* é um serviço de computação em nuvem criado em 2008 pela *Google*, que oferece ferramentas e serviços que ajudam a desenvolver, implementar, entregar e gerenciar aplicações. Os serviços oferecidos pelo *Google Cloud* incluem computação, armazenamento, inteligência artificial (IA), e outros serviços de rede, desenvolvimento e gestão (BISONG, 2019).

Segundo Google Cloud Platform (2022) sua nuvem está presente em 29 regiões, 88

zonas, 146 locais de borda e mais de 200 países e territórios, números esses que podem mudar uma vez que o *google cloud* continua em expansão em alguns territórios. A Figura 13 mostra essa distribuição no mapa.

Figura 13 – Zonas e Regiões do GCP.



Fonte: Google Cloud Platform (2022)

Com o apoio do amplo alcance global da *Google* e da capacidade aparentemente infinita de inovação, o GCP está alcançando rapidamente os concorrentes. Atualmente, oferece outros serviços como: gestão de produtividade, armazenamento e gerenciamento de dados, desenvolvimento de aplicativos em nuvem, mecanismos de IA e aprendizado de máquina, incluindo API de fala na nuvem, API de visão e muito mais (YEVGE *et al.*, 2022).

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo são apresentados os trabalhos relacionados a este estudo, destacando diferenças e semelhanças com a proposta desenvolvida neste trabalho.

#### 3.1 Um roteiro para ECOS *Cloud*: *EcoData* e os novos atores na era da IoT

No trabalho de Franca *et al.* (2015), o objetivo principal do estudo é estruturar uma pesquisa inicial na área de ECOS, a respeito das chamadas tecnologias CAMSS (*Cloud, Analytics, Mobile, Social and Security*) e IoT (*Internet of Things*). O principal objetivo dos autores é compartilhar as primeiras ideias e algumas observações que eles realizaram de forma empírica.

Nesta pesquisa os autores investigaram os efeitos da Internet das Coisas e todos os dados brutos que ela traz para os ECOS e também analisaram como as novas tendências tecnológicas relacionadas à nuvem, *big data, mobile, social* e segurança, as tecnologias CAMSS, afetam *Cloud* ECOS.

Os autores ao analisarem a atividade social do ECOS perceberam que a agilidade e colaboração são palavras de ordem. CAMSS, neste contexto poderia ser considerado como tecnologias móveis e sociais. Um ECOS poderia se beneficiar das tecnologias sociais quando as aplicações se tornarem mais populares, permitindo ações de *marketing* semelhantes ao efeito *Bandwagon*.

No trabalho os autores argumentam que há uma mudança no foco dos *Cloud* ECOS, de funcionalidades (ou serviços) para os dados. Esse *EcoData* (ecossistema em torno dos dados) tem conexões aparentemente mais fortes, uma vez que, as relações são muitas vezes em ambas as direções (quem fornece também consome dados) e têm um acoplamento organizacional mais próximo em relação ao seu núcleo estratégico de negócios na coleta e classificação de “dados brutos”, que depois se torna informação e depois conhecimento para esta nova economia.

Dois áreas principais para nossa pesquisa futura são Arquitetura de *Software* e *Cloud* ECOS. Adicionalmente, as tecnologias CAMSS e IoT também estão presentes, devido à sua relevância e contemporaneidade. Os autores ainda argumentam que saúde dos *Cloud* ECOS deve ser avaliada em relação às suas arquiteturas. É importante saber se novos desenvolvedores podem ingressar no ecossistema com facilidade, à medida que o ECOS evolui.

### 3.2 Um estudo exploratório sobre a necessidade de modelagem de ecossistemas de *software*: o caso do ECOS SOLAR

Coutinho *et al.* (2017) realizaram neste trabalho um estudo exploratório sobre a necessidade de modelagem no campo ECOS, identificando os elementos de modelagem da literatura de ECOS e os explorando no contexto de um ECOS real no domínio educacional, com o objetivo de investigar porque a modelagem de ECOS ainda é imatura, bem como tentar mudar esse cenário através da exploração de casos reais na indústria. Além disso, foi realizada a modelagem de um ECOS usando a notação SSN para identificar seus elementos e relacionamentos.

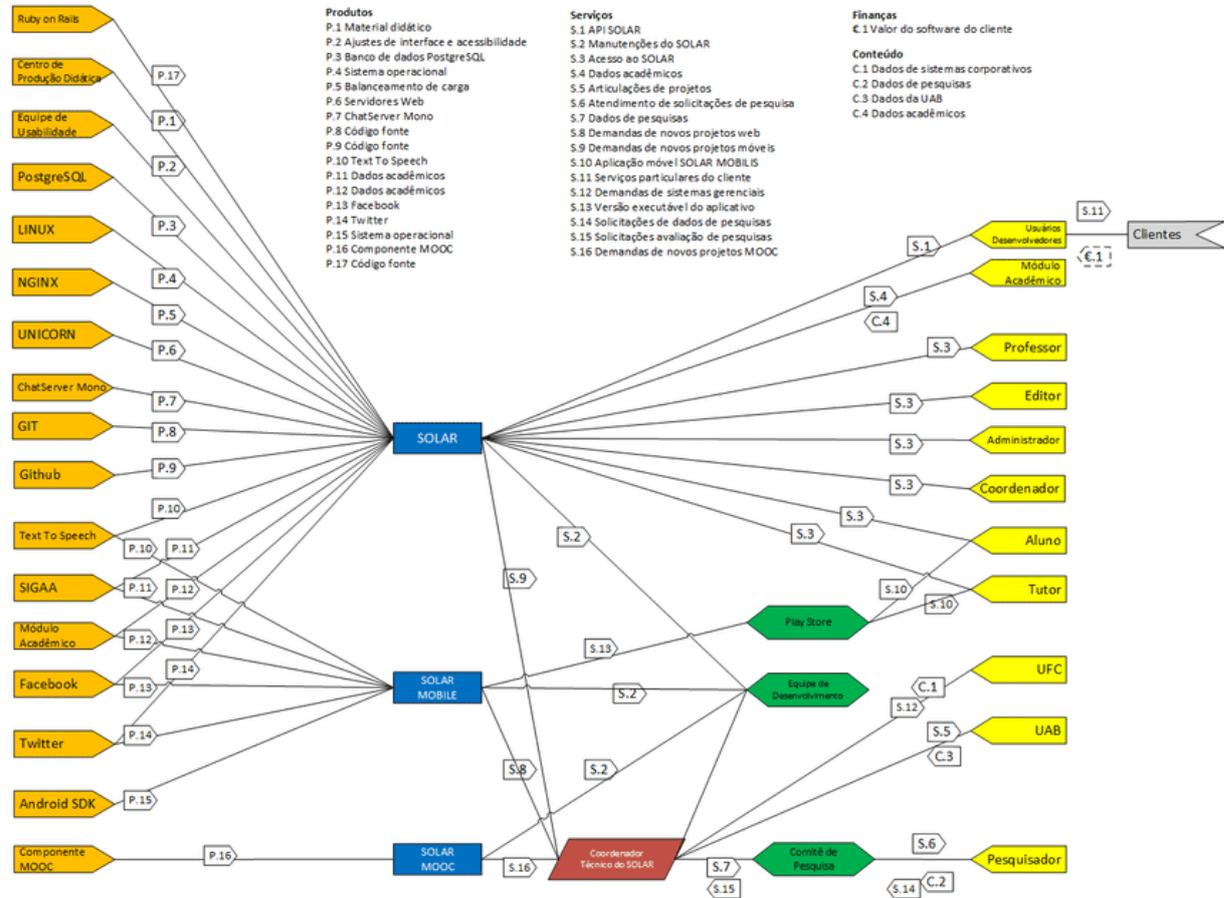
Na metodologia deste trabalho, é feita inicialmente uma pesquisa bibliográfica para identificar os modelos que representam um ECOS, bem como iniciativas que tratam do domínio educacional, e em seguida é escolhida a notação específica para realizar a modelagem do ECOS.

Como resultado foi gerado um modelo SSN preliminar do ECOS SOLAR e identificado cada elemento do modelo de referência MLES com base no que se conhecia sobre o ECOS SOLAR, e também foi verificado se o modelo de referência originalmente projetado para *mobile learning* seria adequado para um ecossistema de *e-learning*, e ao fim, analisaram e sugeriram alguns ajustes no ECOS SOLAR e no modelo de referência.

A Figura 14 ilustra o modelo SSN do ECOS SOLAR, nessa modelagem é possível visualizar as principais relações entre os diferentes elementos de um ecossistema. A comunidade SOLAR como um todo é vista como a Empresa de Interesse e há também o Intermediário, os Clientes e o Agregador que no caso do ECOS SOLAR é representado pelo Coordenador Técnico SOLAR.

Na identificação e comparação dos elementos foram mapeados cada um de seus itens para o ECOS SOLAR para encontrar as possíveis correspondências, e para facilitar o processo de mapeamento, o modelo foi dividido em três grupos: papéis do ecossistema, produto do trabalho do ecossistema e atividade do ecossistema. Nas funções do ecossistema, identificaram como autores relacionados aos desenvolvedores de aplicativos (*web* e *mobile*): desenvolvedores de componentes, produtores de materiais didáticos, designers e testadores. Para especialistas em domínio, foram encontrados profissionais como pedagogos, profissionais de design instrucional e especialistas em desenvolvimento de aplicativos à distância. Para Instrutores, identificaram professores e tutores. Para os Alunos, encontraram alunos de educação a distância ou alunos de formação geral. Por fim, para Comunidade, identificaram os desenvolvedores externos de

Figura 14 – Modelagem do SSN do SOLAR SECO.



Fonte: Coutinho *et al.* (2017)

aplicativos ou serviços, usuários da API SOLAR e usuários de dados fornecidos pelo ECOS obtidos por meio de solicitações específicas ou pela própria API.

Para produtos de trabalho ecossistêmico relacionados a ferramentas, O ECOS SOLAR utiliza dispositivos *desktop* e móveis de diferentes fornecedores e com diferentes configurações. Para as plataformas de *software*, como sistema operacional: *Windows* e *Linux*. Para ambientes de desenvolvimento, *IDEs* de *software* livre, e em relação aos Recursos, identificaram recursos de *hardware* e *software* necessários para o pleno funcionamento do ECO SOLAR de diferentes fornecedores. Por fim, nas atividades do ecossistema a maioria delas foram relacionadas a requisitos funcionais.

Na análise do modelo MLES, é ressaltado que ele está bem alinhado com os elementos constitutivos de um ambiente de *e-learning*. A única ressalva é que existem várias funções de coordenação e administração em um ambiente de educação a distância e uma sugestão seria adicionar a função Administrativa ao modelo de referência. Por outro lado, a análise do modelo MLES em relação ao ECOS SOLAR permitiu identificar pontos de melhoria e evolução no ECOS.

### 3.3 Mapeando os estudos sistemáticos da literatura sobre ecossistemas de *software*

Garcia-Holgado e Garcia-Penalvo (2018) realizaram um mapeamento dos estudos sistemáticos da literatura de ECOS, com a finalidade de melhorar a definição e o desenvolvimento de ecossistemas tecnológicos com o intuito de solucionar os principais problemas detectados em estudos anteriores. Os autores identificaram a necessidade de revisão por meio de um estudo focado em revisões sistemáticas de literatura e estudos de mapeamento sobre ECOS. A primeira atividade definida por este trabalho é a identificação da necessidade de revisão. Para isso, foi realizado um RSL focado em revisões sistemáticas de literatura e estudos de mapeamento. O foco deste estudo é descrever o mapeamento realizado para complementar a revisão sistemática da literatura sobre ECOS.

O trabalho foi baseado nas diretrizes fornecidas por Kitchenham e Charters (2007) para revisões sistemáticas da literatura e nas diretrizes fornecidas por Petersen *et al.* (2008) para estudos de mapeamento. Em particular, o processo está organizado em três fases principais: planejamento, condução e relato do estudo. As questões de pesquisa que o trabalho se propõe a responder são:

- Quantos estudos foram publicados ao longo dos anos?
- Quem são os autores mais ativos na área?
- Que tipo de artigos são publicados?
- Em que fontes aparecem este tipo de estudos?
- Quais são as bases de dados mais utilizadas neste tipo de estudos?
- Quais termos de pesquisa são usados para definir a *string* de busca neste tipo de estudos?
- Em que domínios os estudos estão focados?
- Que anos cobrem os estudos de revisão e mapeamento?
- Que tipo de revisão são publicadas?

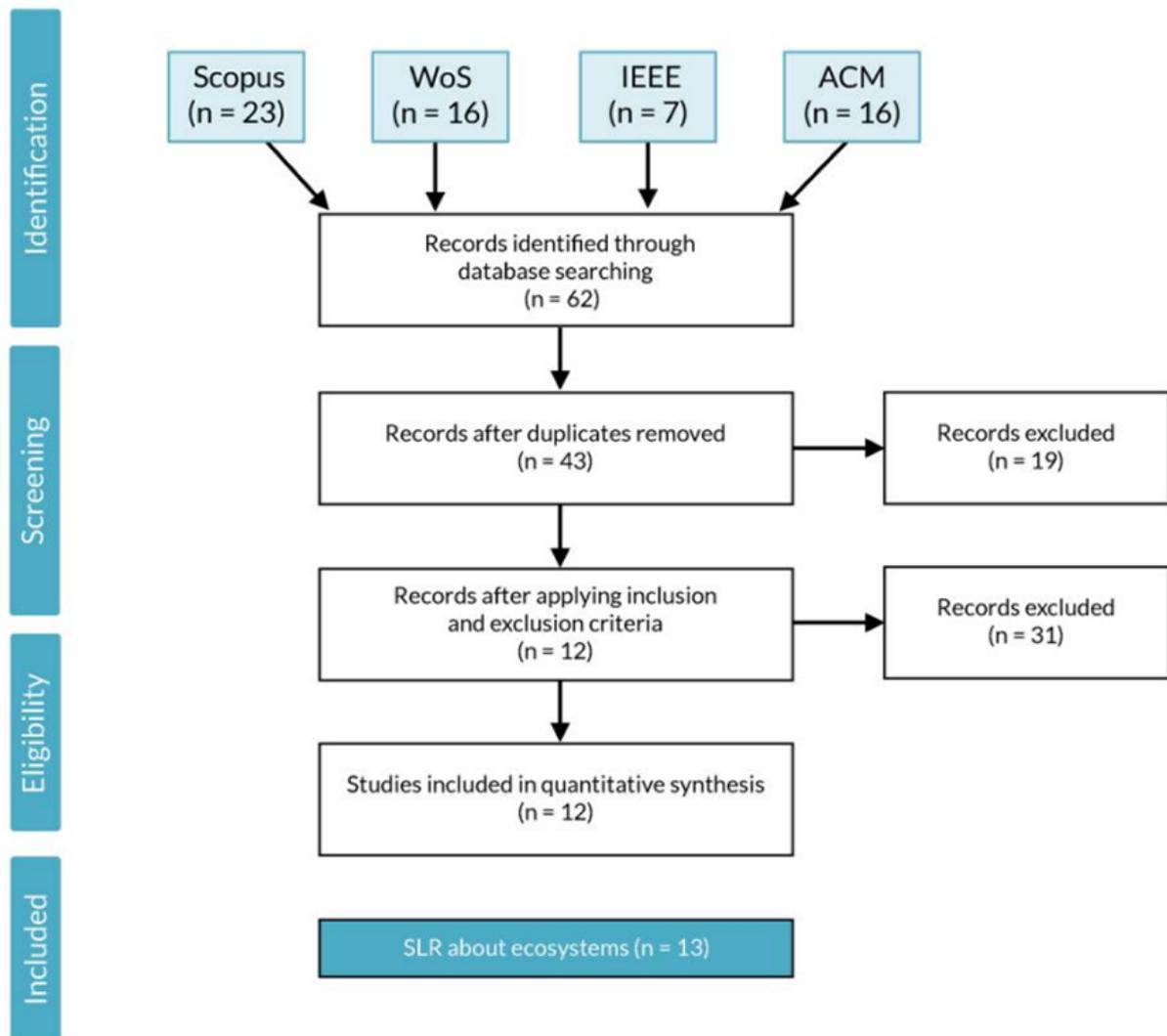
O método PICOC foi utilizado para definir o escopo da RSL: **População (P):** revisões sistemáticas da literatura e mapeamentos; **Intervenção (I):** realizar uma revisão sistemática da literatura sobre arquitetura de *software* e engenharia orientada a modelos em ecossistemas tecnológicos; **Comparação (C):** sem comparação; **Saídas (O):** as revisões sistemáticas e mapeamentos sobre ecossistemas tecnológicos; e **Contexto (C):** contextos relacionados a ecossistemas tecnológicos e de *software*.

A *string* de busca foi definida a partir dos termos de busca conectados por operadores

booleanos AND/OR. Além disso, o asterisco (\*) foi usado na *Scopus* e no *WoS* para incluir tanto o singular quanto o plural de cada termo e não foram aplicadas restrições quanto ao tempo na busca. A *string* de busca é a seguinte: (“*technological ecosystem*” OR “*software ecosystem*” OR *SECO* OR “*information ecosystem*” OR “*ERP ecosystem*” OR “*open ecosystem*” or “*learning ecosystem*”) AND (*SLR* OR “*Systematic Literature Review*” OR “*systematic mapping*” OR “*literature review*”.

O processo de extração de dados é um processo iterativo e incremental que foi dividido em várias etapas nas quais são realizadas diferentes atividades. Para descrever o processo, é utilizado um fluxo PRISMA disponível na Figura 15.

Figura 15 – Fluxo Prisma de Moher *et al.* (2009)

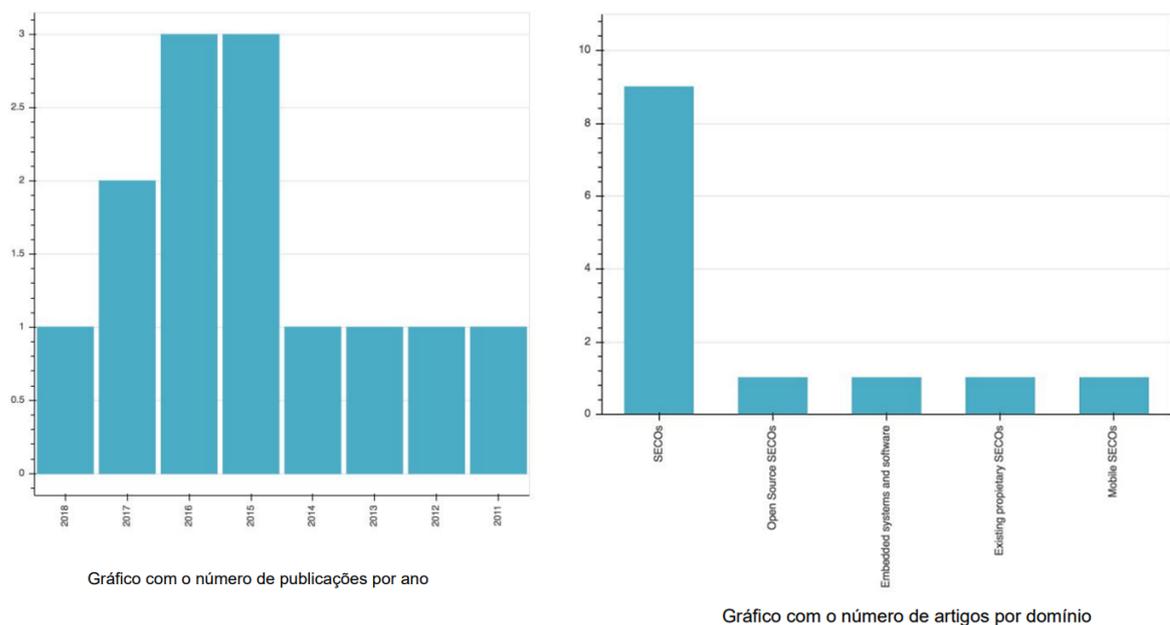


Fonte: Garcia-Holgado e Garcia-Penalvo (2018)

Os resultados do mapeamento sistemático foram bem relevantes e responderam a cada uma das questões de pesquisa propostas no trabalho. As principais questões foram: a

questão 1, quantos estudos foram publicados ao longo dos anos: os resultados abrangem de 2011 a 2018, foram 1 trabalho em 2018, 2 em 2017, 3 em 2016 e em 2015 e 1 trabalho para cada ano de 2014 a 2011. A questão 7 em que domínios os estudos estão focados, a maioria dos trabalhos são focados em ECOS em geral. Os demais são focados em um determinado tipo de ECOS de acordo com duas dimensões, licença - *open source* e proprietária - e dispositivo - embarcado e móvel. E a questão 9, que tipo de revisão são publicadas, alguns trabalhos combinam questões de pesquisa com questões de mapeamento. Há mais estudos de mapeamento (7) entre os artigos selecionados do que revisões sistemáticas (4). Além disso, (2) realizam ambos os estudos. A Figura 16 ilustra os gráficos com os resultados para as questões 1 e 7.

Figura 16 – Gráficos dos resultados da (Q1) e (Q7)



Fonte: Garcia-Holgado e Garcia-Penalvo (2018)

Os resultados deste estudo de mapeamento confirmam a afirmação de Manikas e Hansen (2013), a pesquisa em ECOS está em sua infância. O trabalho destaca que todos os estudos são focados em ECOS, eles deixam de lado outros conceitos como ecossistemas digitais ou ecossistemas tecnológicos. Embora alguns estudos incluam esses conceitos em seus termos de busca, 11 artigos (84,62% dos artigos finais selecionados) utilizam o termo ecossistema de *software*. Além disso, 4 artigos utilizam apenas o termo ecossistema de *software* (singular ou plural) para construir a *string* de busca, principalmente os estudos conduzidos por Manikas (2016).

### 3.4 Colaboração entre empresas e valor da empresa em Ecossistemas de *Software*: evidências da computação em nuvem

Basole e Park (2019) utilizaram uma abordagem de análise de ecossistema multi método orientada por dados. Primeiro, selecionaram um conjunto de dados de 5.429 empresas de várias fontes de dados estruturadas e não estruturadas. Considerando a natureza emergente do ecossistema de computação em nuvem, o conjunto de fornecedores contém empresas de capital aberto e de capital fechado. Os autores conduziram uma amostra dividida, regressão análise para testar nossas hipóteses. Para apoiar o *sensemaking* e processo de descoberta, eles desenvolveram visualizações em rede do ecossistema de parceiros de nuvem.

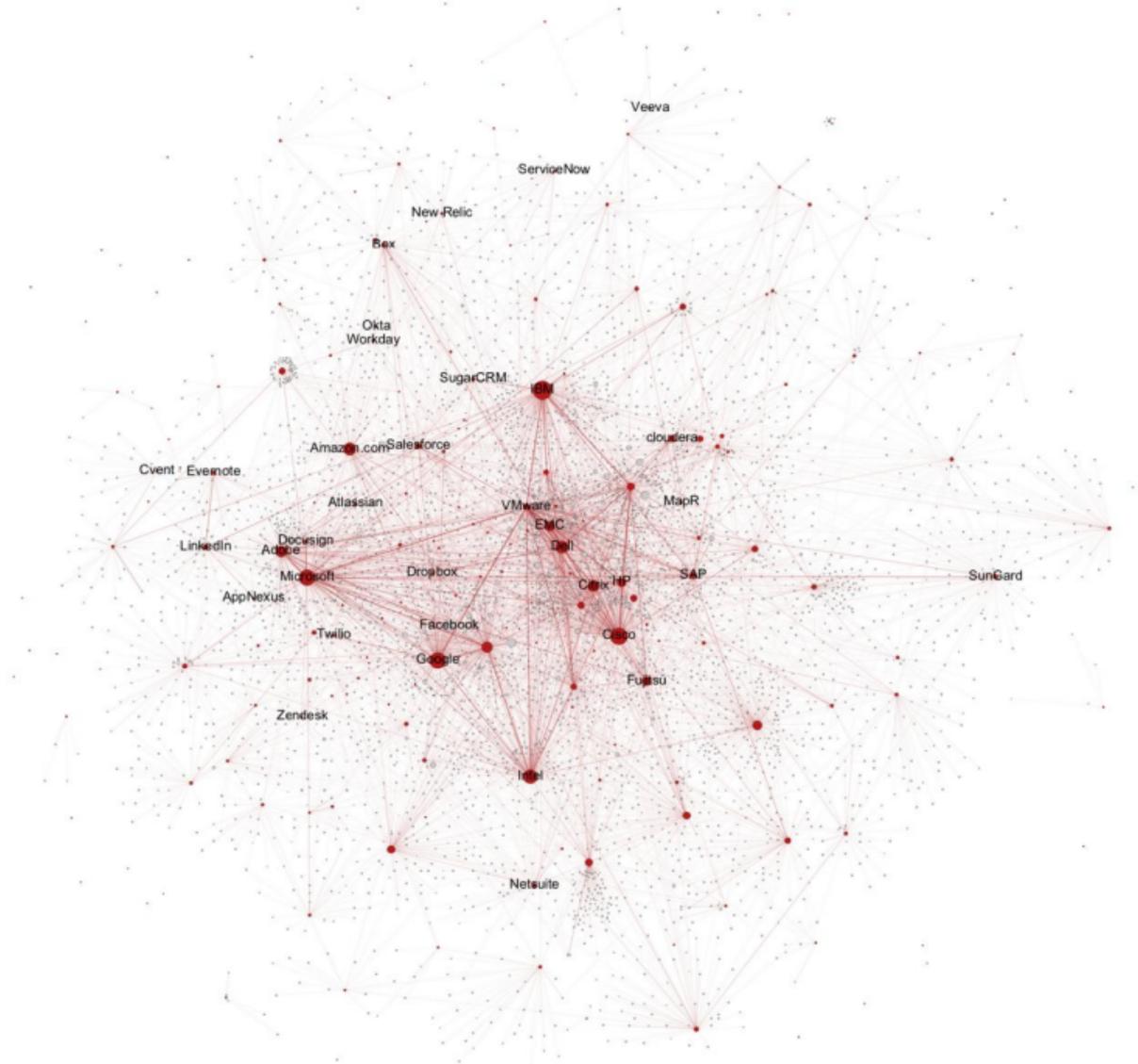
As principais contribuições deste trabalho são: os autores avançaram a compreensão de um contexto de ECOS emergente rapidamente, ou seja, computação em nuvem. Em segundo lugar, eles estenderam nosso conhecimento de relacionamentos entre empresas e valor da empresa em ECOS, fornecendo uma visão mais matizada da tecnologia parceria considerando quatro tipos diferentes de fornecedores (incumbente ou nativo da nuvem; público ou privado). E por último metodologicamente eles demonstram a curadoria de conjuntos de dados de grande escala e a fusão da análise de regressão e visualização para ajudar a aumentar o processo de dados para o *insight*.

Os autores desenvolveram 4 hipóteses de pesquisa, em relação ao tamanho da rede de parceiros e valor da empresa, sobre a interconexão da rede de parceiros de nuvem e valor da empresa, sobre a diversidade da rede de parceiros de nuvem e valor da empresa e sobre a rede parceiros de fornecedores nativos da nuvem e valor da empresa. A metodologia do trabalho aborda os seguintes passos: (i): as fontes de dados e amostragem; (ii): construção de variáveis; (iii): estimativas e (iv): visualização.

Os resultados estão despostos de acordo com os seguintes critérios: (i): os resultados da análise de regressão e (ii): visualização da rede. Os resultados são discutidos e o trabalho apresenta uma visualização da estrutura colaborativa do ECOS em computação em nuvem. A Figura 17 apresenta a visualização.

Como considerações finais, os autores argumentam que em ambientes de negócios dinâmicos, as parcerias desempenham um papel crucial para a sobrevivência da empresa. O ecossistema de nuvem é, sem dúvida, uma das indústrias de *software* de mais rápido crescimento e evolução. A fim de alcançar um valor empresarial superior, os gerentes devem arquitetar suas redes de parceiros de forma que se adéquem ao seu tipo de fornecedor. Independentemente da

Figura 17 – Visualização da estrutura colaborativa do ECOS em computação em nuvem.



Fonte: Basole e Park (2019)

perspectiva, nosso estudo revela a complexa estrutura de parceria tecnológica em um ecossistema de negócios.

Esta abordagem pode servir como base para a futura inteligência estratégica e competitiva. Embora todas as precauções tenham sido tomadas para garantir um processo rigoroso de curadoria e análise de dados, nosso estudo tem algumas limitações. O trabalho futuro pode querer expandir esta lista de sementes para garantir uma cobertura mais ampla.

### 3.5 Computação em nuvem e comparação baseada em serviço e desempenho entre *Amazon AWS, Microsoft Azure e Google Cloud*

Kaushik *et al.* (2021) realizaram em seu trabalho uma discussão sobre a arquitetura e os tipos de serviços de computação em nuvem e realiza uma comparação do desempenho e do serviço das três principais plataformas de computação em nuvem: *Amazon AWS, Google Cloud Platform e Microsoft Azure*. As três plataformas foram avaliadas em ambientes virtuais idênticos, mais especificamente uma virtualização da micro instância do *Ubuntu* na versão 16.04. O *software de benchmark* utilizado foi o *Phoronix Test Suite* versão 10.4, usado para avaliar o desempenho das plataformas por meio dos atributos velocidade do *Apache, Dbench* e RAM.

O trabalho também apresenta uma breve discussão de trabalhos correlatos, mostrando um panorama da pesquisa em computação em nuvem sobre serviços, desempenho e plataformas fornecedoras, apontando também um dos problemas mais eminentes da literatura que é o fornecimento de metodologia e avaliação quantitativa da qualidade do serviço e parâmetros de desempenho entre vários provedores de serviços de computação em nuvem. A contribuição deste trabalho para a literatura com foco em amenizar o problema referido é apresentar resultados de estudos comparativos sobre o atendimento e a qualidade dos serviços disponibilizados pelas três plataformas fornecedoras, *AWS, GCP e Azure*.

A primeira comparação que os autores realizam, é um comparativo de preços sob demanda entre as três plataformas. O Quadro 2 ilustra os preços sobre demanda para determinadas instâncias da *AWS, GCP e Azure*. A análise geral e a comparação dos preços, mostram que a *AWS* é a mais barata entre a maioria dos tipos de instância e será de melhor custo benefício para os seus usuários.

Quadro 2 – Comparação dos preços sob demanda de instâncias *AWS, GCP e Azure*.

Tipo de instância	AWS	GCP	Azure	AWS preços por hora	GCP preços por hora	Azure preços por hora
<b>Propósito geral</b>	m6g.xlarge	e2-standard-4	B4MS	\$0.154	\$0.156	\$0.166
<b>Computação otimizada</b>	c6g.xlarge	c2-standard-4	F4sv2	\$0.136	\$0.235	\$0.169
<b>Memória otimizada</b>	r6g.xlarge	m1-ulramem-40	E4av4	\$0.202	\$6.303	\$0.252
<b>Computação acelerada</b>	p2.xlarge	a2-highcpu-1g	NC4asT4v3	\$0.90	\$3.839	\$0.526

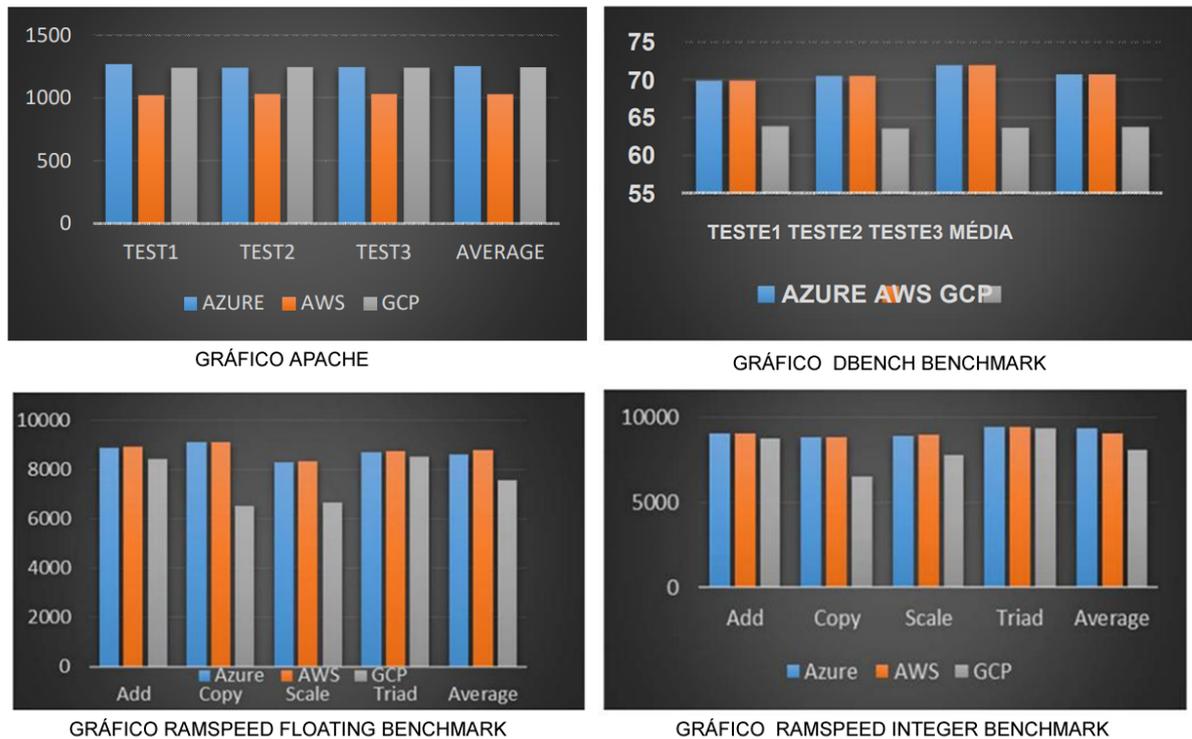
Fonte: Kaushik *et al.* (2021).

Em relação a comparação de desempenho, foi criado algumas instâncias de máquinas virtuais (VM) com o *Ubuntu Linux Server 16.04 64 bits* nas respectivas plataformas. O *Phoronix Test Suite3* foi adotado para a realização do *benchmarking*. Em todas as plataformas, os processos

de testes de *benchmark* de velocidade do *Apache*, *Dbench* e RAM foram concluídos.

O teste do *Apache* mede o desempenho total do sistema e se relaciona com a contagem de solicitações que o servidor pode responder. O teste forneceu um resultado apontando que a *Azure* pode lidar com mais solicitações HTTP do que os outros dois. A *GCP* em segundo lugar e *AWS* por último. O teste *Dbench* é uma alternativa gratuita ao utilitário *netbench* produzido pelo projeto *Samba*. A média do *GCP* é menor que *Azure* e *AWS*, além disso, a diferença entre a média do *Azure* e da *AWS* é insignificante. No teste da velocidade da RAM, as cinco configurações de teste foram: *Copy*, *Scale*, *Add*, *Triad* e *Average*. Todas essas cinco configurações são testadas para inteiro e ponto flutuante. Para o *benchmark* de velocidade de RAM *Integer*, *AWS* e *Azure* estão em competição de igual para igual, mas com a *AWS* tendo uma média melhor. No entanto, o *GCP* ainda está atrasado neste teste de referência. A Figura 18 ilustra os gráficos dos resultados obtidos pelo trabalho.

Figura 18 – Gráficos com os resultados dos experimentos.



Fonte: Kaushik *et al.* (2021)

Os resultados obtidos nos experimentos de *benchmark* foram considerados bons pelos autores para cada uma das plataformas. Embora a nuvem do *Google* esteja à frente na corrida da computação em nuvem do que muitos provedores de nuvem, ainda há um longo caminho a percorrer antes de capturar todo o mercado, como fez com seu mecanismo de busca.

A diferença entre a média do *Azure* e do *GCP* não foi muito no teste de *benchmark* do *Apache*, o *GCP* não conseguiu dar a eles uma forte concorrência em *Dbench* e velocidade de RAM.

### 3.6 Comparação dos trabalhos relacionados com o proposto

A Tabela 1 apresenta a comparação dos pontos comuns e incomuns entre os trabalhos relacionados com o trabalho proposto. Os trabalhos relacionados são comparados ao presente trabalho através de critérios obtidos por meio de um estudo conduzido em cada trabalho, destacando contribuições, problemas de pesquisa, lacunas da literatura e dificuldades apontadas pelos autores e identificadas na literatura.

Os critérios de comparação estão dispostos da seguinte forma: (i): introduz os conceitos de ECOS; (ii): introduz os conceitos de Computação em nuvem; (iii): realiza modelagem de ECOS; (iv) Utiliza a notação SSN; e (v) utiliza ferramenta própria para modelagem de ECOS.

Tabela 1 – Comparação dos trabalhos relacionados com o proposto.

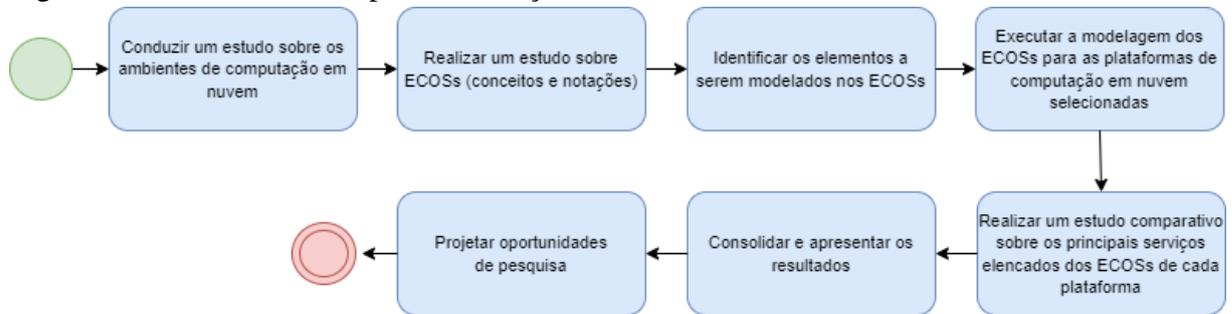
Trabalho	Introduz os conceitos de ECOS	Introduz os conceitos de Computação em nuvem	Realiza modelagem de ECOS	Utiliza a notação SSN	Utiliza ferramenta própria para modelagem de ECOS
(FRANCA <i>et al.</i> , 2015)	Não	Sim	Não	Não	Não
(COUTINHO <i>et al.</i> , 2017)	Sim	Não	Sim	Sim	Não
(GARCIA-HOLGADO; GARCIA-PENALVO, 2018)	Sim	Não	Não	Não	Não
(BASOLE; PARK, 2019)	Sim	Sim	Sim	Não	Não
(KAUSHIK <i>et al.</i> , 2021)	Não	Sim	Não	Não	Não
Trabalho proposto	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaborado pela Autora.

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos para a execução deste trabalho. A Figura 19 apresenta os seguintes passos para a execução do trabalho: i) Conduzir um estudo sobre os ambientes de computação em nuvem; ii) Realizar um estudo sobre ECOSs (conceitos e notações); iii) Identificar os elementos a serem modelados nos ECOSs; iv) Executar a modelagem dos ECOSs para as plataformas de computação em nuvem selecionadas; v) Realizar um estudo comparativo sobre os principais serviços (fornecedores, intermediários e relacionamentos) elencados dos ECOSs de cada plataforma; vi) Consolidar e apresentar os resultados; e vii) Projetar oportunidades de pesquisa.

Figura 19 – Procedimentos para a execução do trabalho.



Fonte: Elaborado pela autora.

### 4.1 Conduzir um estudo sobre os ambientes de computação em nuvem

A primeira atividade que será executada neste trabalho é a realização de uma busca e seleção das plataformas de computação em nuvem a serem utilizadas para a execução deste estudo, com o intuito de selecionar duas plataformas de computação em nuvem que possuam serviços abrangentes e que sejam de utilização em larga escala e distintas em aspectos pontuais como, por exemplo, no fornecimento de serviços e preços a seus usuários.

Após a seleção das plataformas deverá ser conduzido um estudo bibliográfico, com o objetivo de conhecer as principais funcionalidades, serviços, tipos de usuários e de modo geral a atuação no mercado, assim como a relevância de seus serviços prestados. O estudo dará fundamentação teórica para este trabalho, com o objetivo de descrever cada uma das plataformas e sua atuação no mercado, tal como possibilitar uma maior compreensão delas no que diz respeito aos serviços para ajudar na realização da modelagem dos ECOS e os estudos comparativos sobre cada um dos modelos gerados.

## **4.2 Realizar um estudo sobre ECOS (conceitos e notações)**

Neste segundo passo metodológico é realizado uma revisão de literatura sobre ecossistemas de software, com a finalidade de buscar trabalhos científicos da literatura sobre: modelagem, notação SSN e lacunas e problemas em aberto, com o propósito de conhecer a área de pesquisa e conhecer o estado da arte da literatura.

Este estudo é conduzido em algumas plataformas de indexação de trabalhos científicos para dar base teórica para este trabalho, sendo assim uma estratégia de recuperação de trabalhos relacionados e embasamento teórico abordando os conceitos relacionados a ECOS e a modelagem utilizando a notação SSN e a computação em nuvem.

## **4.3 Identificar os elementos a serem modelados nos ECOSs**

Nesta etapa é realizada uma identificação dos elementos a serem levados em consideração na modelagem do ECOS das plataformas escolhidas para a execução deste trabalho. Os elementos englobam os clientes, os fornecedores, os intermediários, os relacionamentos simbióticos e os possíveis clientes dos clientes que possam surgir em relação a alguns clientes que gerem serviços presentes no ECOS.

O foco principal desta etapa, são os principais serviços que as plataformas fornecem a seus usuários sendo eles: empresas, órgãos públicos e usuários comuns, com o objetivo de realizar um comparativo sobre a forma de distribuição e disponibilização do serviço, assim como o preço, a demanda e a qualidade.

Um outro aspecto considerado são os relacionamentos entre os atores do ECOS, assim como em relação aos seus respectivos papéis dentro do ECOS levando em consideração as trocas de informações e artefatos por cada ator e como os mesmos usufruem dos serviços das plataformas. Um outro aspeto relevante para a modelagem é possibilitar uma visão geral dos serviços analisados neste trabalho em relação a sua utilização e forma de distribuição em ambas as plataformas de computação em nuvem.

## **4.4 Executar a modelagem dos ECOSs para as plataformas de computação em nuvem selecionadas**

Nesta etapa será realizada a modelagem dos ECOS de cada uma das plataformas levando em consideração todos os requisitos previamente levantados para posteriormente condu-

zir uma análise comparativa dos ECOSs. A modelagem dará uma visão geral de cada um dos ECOS das plataformas, possibilitando assim um maior conhecimento sobre os atores, papéis, relacionamentos e principais serviços a serem analisados neste trabalho.

A modelagem será feita utilizando a notação SSN, notação sugerida pela literatura no quesito modelagem de ECOS, utilizando uma ferramenta própria da literatura que disponibiliza a notação corretamente, possibilitando assim um modelo coerente e coeso em relação a notação SSN. Os modelos a serem gerados devem atender a todos os pré-requisitos da notação SSN e também estar dentro do conceito de ECOS, serem claros e de compreensão fácil por especialistas.

#### **4.5 Realizar um estudo comparativo sobre os principais serviços (fornecedores, intermediários e relacionamentos) elencados dos ECOSs de cada plataforma**

Após a realização da modelagem do ECOS de cada uma das plataformas será realizado um estudo comparativo sobre os serviços levados em consideração para este trabalho, assim como os fornecedores e os relacionamentos de cada um dos atores pertencentes aos ECOS. O objetivo desta comparação é analisar como os serviços são distribuídos e como são vistos e precificados no mercado.

O estudo comparativo leva em consideração os principais elementos presentes no ECOS que são os serviços de computação em nuvem, os intermediários e os relacionamentos simbióticos, não levando em consideração os clientes e fornecedores, pois eles são apresentados no ECOS de forma genérica, dando enfoque apenas aos elementos principais.

O estudo dará uma visão geral do comportamento de cada uma das plataformas de computação em nuvem assim como, sobre sua atuação no mercado e sua inserção dentro de outros ECOS, e possibilitando a literatura uma novo tópico de pesquisa em relação a ECOS, modelagem e computação em nuvem, algo ainda escasso e novo em termos de pesquisa e trabalhos.

#### **4.6 Consolidar e apresentar os resultados**

Ao final da condução da análise comparativa sobre os ECOSs gerados neste trabalho deverá ser consolidado os resultados obtidos e posteriormente se fazer uma abordagem para apresentar os resultados da pesquisa, a fim de consolidá-lá e propiciar ambientes para projetar futuras tendências de pesquisa.

#### 4.7 Projetar oportunidades de pesquisa

Contudo, neste último passo será realizado uma projeção de tendências de pesquisas futuras, ou seja alguns apontamentos e oportunidades de pesquisa em relação ao presente estudo. Estes apontamentos futuros de pesquisa, serão pré estabelecidos por este trabalho, para que haja margem para pesquisa futura dentro do estudo de ECOS e computação em nuvem, assim como possibilitar para a literatura um crescimento e melhoramento no estado da arte deste tipo de estudo.

Os principais direcionamentos futuros de pesquisa serão: (i) caracterização e modelagem de ECOS considerando diferentes perspectivas; (ii) estabelecer relacionamentos entre redes de serviços de computação em nuvem; (iii) estabelecer métricas de serviço para o comparativo entre os ECOSs; (iv) gerenciar a qualidade do ECOS; (v) planejar portfólios e linhas de produtos de ECOS; (vi) fornecer métodos e técnicas de modelagem de ECOS; e (vii) lidar com implicações gerais na Engenharia de *Software*.

Estas oportunidades de pesquisa irão possibilitar uma grande abrangência em trabalhos futuros e uma ampla visão do estado da arte dos estudos de ECOS e computação em nuvem, possibilitando aos pesquisadores, ideias e perspectivas de pesquisa dentro do campo estudado por este trabalho, objetivando a continuidade da pesquisa e a expansão da literatura.

## 5 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos neste trabalho. Os modelos SSN para os ECOSs das plataformas de computação em nuvem AWS e GCP, redes sociotécnicas para os ECOSs, as estimativas de preço para cada serviço, uma visão geral dos atores presentes nos ECOSs e uma comparação e análise dos modelos gerados.

### 5.1 Repositório para figuras e modelos SSN

Os arquivos referentes aos resultados obtidos neste trabalho, as imagens das redes sociotécnicas, imagens sobre a visão geral dos ECOSs, modelos SSN para os ECOSs em formatos PNG e XML estão disponíveis em um repositório na plataforma *GitHub*<sup>1</sup>, com a finalidade da pesquisa ser pública para que a comunidade possa contribuir para o crescimento da pesquisa em ECOSs, modelagem e computação em nuvem. Os resultados possuem a licença de uso *open source* para que outros pesquisadores possam contribuir de forma colaborativa com os resultados da pesquisa e possam disseminar na literatura as pesquisas sobre modelagem SSN e computação em nuvem de modo geral. O foco do repositório é disponibilizar os produtos gerados pela pesquisa: imagens dos modelos e as fontes para uso na ferramenta *ECOS Modeling*.

### 5.2 Ecossistema de software *amazon web services* - ECOS AWS

Esta seção apresenta o Ecossistema de Software da *Amazon Web Services*, denominado de ECOS AWS, além de um panorama geral sobre os serviços, preços, formas de disponibilidade e uma visão geral do ECOS assim como dos atores e seus relacionamentos.

#### 5.2.1 Serviços de computação em nuvem - AWS

Os serviços da AWS são diversificados e com um grau de excelência em termos de qualidade, disponibilidade e segurança. A nuvem da *Amazon*<sup>2</sup> abrange 66 zonas de disponibilidade em 21 regiões geográficas ao redor do mundo (SAPHIR, 2019). A *Amazon Web Services* oferece serviços diversos que favorecem a redução de custos das organizações com ganho de escalabilidade em TI. Entre eles estão a computação em nuvem, a análise de dados, internet das

<sup>1</sup> <https://github.com/ibituruna/CC-ECOS>

<sup>2</sup> <https://blog.saphir.com.br/conheca-os-principais-servicos-da-aws-amazon-web-services/> - Pesquisa realizada em 13/10/2022

coisas, *blockchain* e serviços de mídia.

Contudo, para a realização deste trabalho foram selecionados os 11 principais serviços fornecidos pela AWS sendo eles os mais utilizados pelos usuários de modo geral, para fazer um comparativo com os serviços de mesmo nicho fornecidos pela GCP e realizar a modelagem de ECOS sobre cada plataforma e propor discussões e análises sobre os mesmos. Os 11 serviços estão dispostos no Quadro 3 com uma breve definição de cada um e exemplo de aplicação no contexto real.

Quadro 3 – Serviços de computação em nuvem fornecidos pela AWS.

ID	Serviço	Definição
AWS_1	Amazon Elastic Compute Cloud (EC2)	A ferramenta possibilita a criação de máquinas virtuais dentro da nuvem, o que facilita a instalação de qualquer tipo de software. O usuário consegue ligar e desligar suas instâncias e paga somente pelo recurso que utilizou.
AWS_2	Elastic Beanstalk	O serviço da Amazon possibilita a implantação de aplicações em ambientes .NET, Java, PHP, Python, Node.js, entre outros. Ele também é escalável e dá muita agilidade para o trabalho de desenvolvedores. Quando alguém faz o upload do código, por exemplo, a AWS já faz todo o restante do trabalho: implementação, balanceamento de carga e monitoramento de desempenho.
AWS_3	Amazon CloudFront	O Cloud Front é um serviço rápido para entrega de conteúdos em diferentes formatos, como dados, vídeos, aplicativos e APIs. Ele faz isso com toda a segurança da infraestrutura da Amazon, incluindo ainda baixa latência e alta velocidade para as transferências.
AWS_4	Amazon Lambda	O Lambda possibilita a execução de códigos em diferentes aplicativos ou serviços de backend de uma forma bem simples: é só carregá-los que o serviço já faz a organização dos itens essenciais para executar os dados. Além disso, ele permite que você configure o código para ser acionado por outros aplicativos ou serviços da AWS.
AWS_5	Amazon RDS	A Amazon RDS consiste em um serviço de gerenciamento de banco de dados muito prático para a empresa utilizar. Nele, é possível definir as instâncias e criar as configurações necessárias, pois a instalação é feita pela própria AWS.
AWS_6	Amazon Dynamo DB	O Dynamo é capaz de processar mais de 10 trilhões de pedidos em um dia. Grandes corporações do mundo já utilizam este serviço da Amazon, entre elas estão a Airbnb, a Samsung, a Toyota e a Capital One. Elas optam por essa infraestrutura em função da capacidade de escalar os serviços e por causa do desempenho, capaz de comportar altas cargas de trabalho.
AWS_7	Amazon Redshift	O Redshift proporciona diferentes benefícios para os usuários. Entre os principais estão: a consulta de dados nos data lakes, obtenção de insights valiosos para o negócio, análises preditivas e previsão de demandas em tempo real.
AWS_8	Amazon S3	Este serviço da AWS funciona para diferentes situações como backup de dados, repositório para arquivos estáticos do website ou aplicações. Ele é muito útil para quem deseja coletar, armazenar e realizar análises de seus dados, pois tem a capacidade de guardar uma quantidade infinita de informações. Isso sem falar na segurança do ambiente que é robusta.
AWS_9	Amazon VPC	O Amazon Virtual Private Cloud permite a execução dos recursos em uma rede isolada pelo próprio usuário. Assim, a empresa tem controle total sobre o seu ambiente, mediante a configuração dos gateways de rede e seleção dos intervalos de IP. Tudo isso com a aplicação de diferentes camadas de segurança para proteger os dados.
AWS_10	Amazon Kinesis	Essa é uma ferramenta da Amazon utilizada para coletar, processar e analisar dados em tempo real. Ela é muito útil para empresas que visam obter insights para traçar estratégias de sucesso.
AWS_11	Amazon Lex	Este é um dos serviços da AWS mais diferenciados. Ele é direcionado para o desenvolvimento de interfaces conversacionais, utilizando diferentes níveis de aplicações com uso de texto ou voz. Essa tecnologia é utilizada na Alexa, assistente virtual da Amazon.

Fonte: Elaborado pela autora.

### 5.2.2 Preços mínimos para cada serviço

Para cada um dos 11 serviços previamente listados foram criadas simulações de preços utilizando a calculadora de preços da própria AWS<sup>3</sup> de serviço e com duração de um ano para o cálculo do preço final. O foco é perceber quais os valores de preços para cada instâncias com configurações mínimas de cada serviço para realizar um comparativo com as ofertas da GCP. O Quadro 4 apresenta os valores obtidos nas simulações em dólar americano (USD\$) para cada serviço listado.

<sup>3</sup> <https://calculator.aws/> - Cálculos realizados em 17/10/2022

Quadro 4 – Preços para instâncias dos serviços fornecidos pela AWS.

<b>Serviço</b>	<b>Preço mensal</b>	<b>Preço anual</b>
Amazon Elastic Compute Cloud - EC2	99,69 USD	1.196,28 USD
Elastic Beanstalk	-	-
Amazon CloudFront	107,52 USD	1.290,24 USD
Amazon Lambda	16,06 USD	192,72 USD
Amazon RDS (PostgreSQL)	196,80 USD	2.361,60 USD
Amazon Dynamo DB	28.417,45 USD	522.509,40 USD
Amazon Redshift	480,00 USD	5.760,00 USD
Amazon S3	25,76 USD	309,12 USD
Amazon VPC	182,50 USD	2.190,00 USD
Amazon Kinesis	1.254,51 USD	15.054,12 USD
Amazon Lex	4,07 USD	48,84 USD

Fonte: Elaborado pela autora.

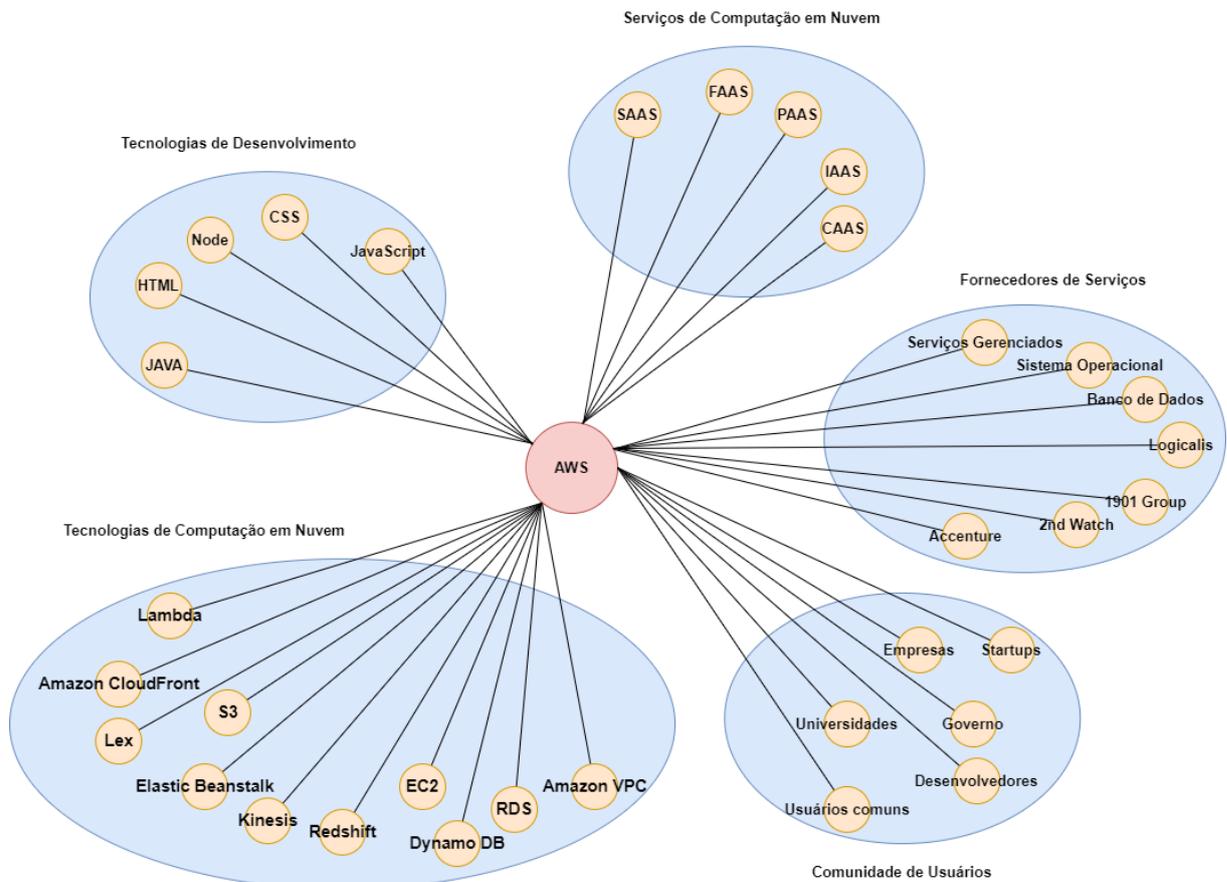
### 5.2.3 Rede sociotécnica

A Figura 20 apresenta uma rede sociotécnica da AWS sobre os serviços selecionados. Nesta rede destacam-se em torno da plataforma central AWS vários elementos que se relacionam e colaboram entre si para o desenvolvimento, uso e evolução. Quatro grupos se destacam: (i) tecnologias de desenvolvimento, (ii) tecnologias de computação em nuvem, (iii) serviços de computação em nuvem e (iv) comunidade de usuários. Podemos identificar alguns pontos de integração com produtos e fornecedores de terceiros através da rede.

Todos os elementos envolvidos se relacionam com a plataforma central fazendo o uso de alguma tecnologia ou serviço de nuvem fornecido pela plataforma através de aplicações, com a finalidade de suprir necessidades em relação a tecnologias de desenvolvimento de software utilizadas por eles.

As tecnologias para desenvolvimento de aplicativos podem variar dependendo da necessidade dos usuários sendo outras plataformas de desenvolvimento ou linguagens de programação. Os perfis de usuários são diversos, variando entre empresas, governos, universidades e usuários comuns.

Figura 20 – Rede sociotécnica da AWS.



Fonte: Elaborado pela autora.

## 5.2.4 Modelo SSN para o ECOS AWS

### 5.2.4.1 Visão geral

A Figura 22 apresenta o ECOS AWS. Para ilustrar o ECOS AWS foi desenvolvido um modelo utilizando a notação SSN. Como empresa de interesse temos a plataforma central *Amazon Web Services*, a própria plataforma de computação em nuvem onde os demais elementos se relacionam e dependem dela. Os fornecedores são de vários tipos e podem sofrer modificações ao longo do ciclo de vida da plataforma central variando desde o servidor de aplicação, linguagens de programação, APIs, IDEs, infraestrutura e utilitários. Os clientes são agrupados em empresas, instituições de ensino superior, desenvolvedores, governo, *startups*, estudantes e intermediários governamentais.

Temos os serviços fornecidos pela plataforma central como intermediários e alguns agregadores na relação cliente-serviço-plataforma. As relações entre os elementos são agrupadas em serviços. No caso, todos os serviços são cobrados taxas de uso conforme as necessidades

dos clientes, assim como versões de experimentação gratuitas tanto para empresas como para estudantes.

O Quadro 5 apresenta os dados referentes aos relacionamentos que atores no ECOS AWS produzem, sendo eles: os produtos entre os fornecedores e a plataforma central, os serviços entre os clientes e os agregadores, os intermediários e a própria plataforma central.

Quadro 5 – Descrição dos produtos e serviços do ECOS AWS.

Produtos	Descrição	Serviços	Descrição
P:1	Sistema operacional	S:1	Amazon Elastic Compute Cloud (EC2)
P:2	Sistema operacional	S:2	Elastic Beanstalk
P:3	Sistema operacional	S:3	Amazon CloudFront
P:4	Base de dados	S:4	Amazon Lambda
P:5	Serviços gerenciados	S:5	Amazon RDS
P:6	Serviços gerenciados por TI para os setores público e privado	S:6	Amazon Dynamo DB
P:7	Serviços profissionais nativos da nuvem	S:7	Amazon Redshift
P:8	Linguagens de programação	S:8	Amazon S3
P:9	Virtualização	S:9	Amazon VPC
P:10	Soluções internacional de serviços digitais	S:10	Amazon Kinesis
P:11	Provedor de soluções AWS	S:11	Amazon Lex
P:12	Serviços para migrar e gerenciar operações na AWS	S:12	Serviços particulares - alunos/professores
P:13	Ferramentas para a ativação na nuvem	S:13	Serviços particulares - servidores públicos e terceirizados
P:14	Solução end to end para migrar e operar carga de trabalho AWS	S:14	Serviços particulares - funcionários da rede privada
P:15	API's de desenvolvimento - código fonte	S:15	Serviços particulares - clientes das empresas e startups

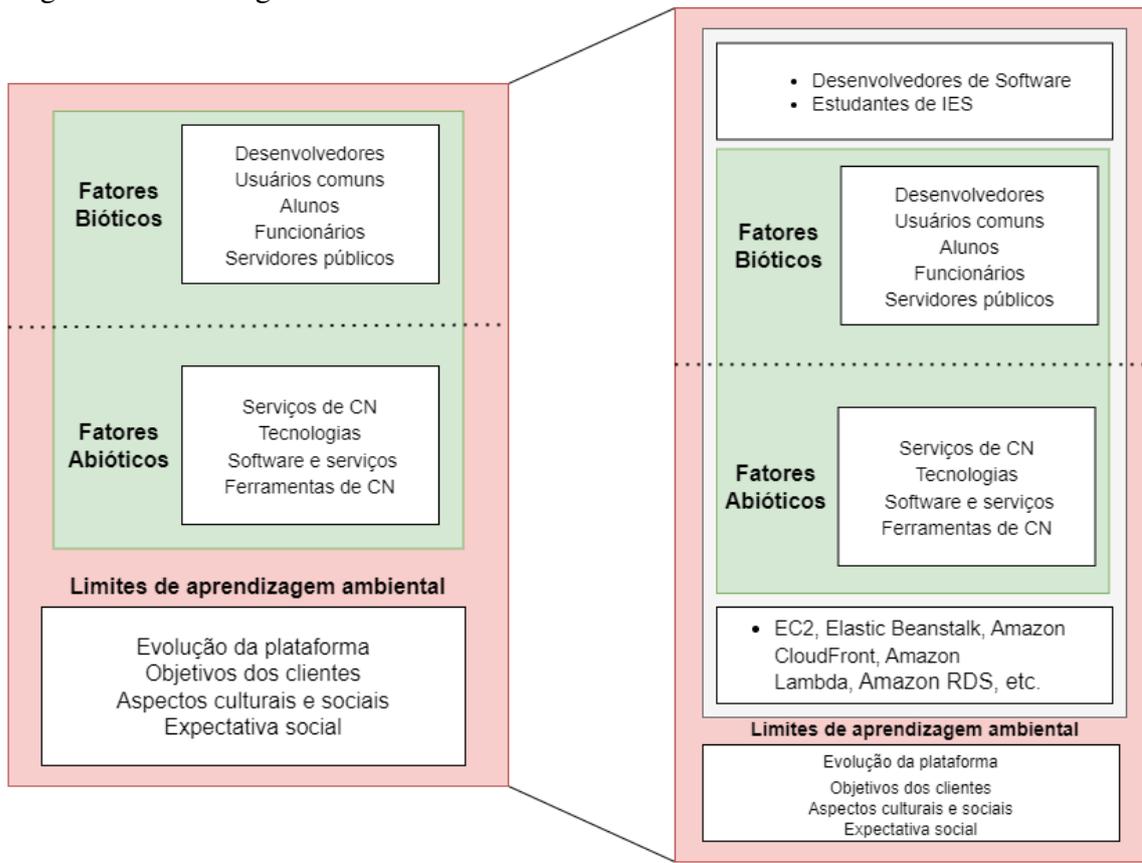
Fonte: Elaborado pela autora.

#### 5.2.4.2 Considerações sobre o ECOS AWS

Considerando os três tipos de papéis chave descritos por Hanssen (2012), e estabelecendo a AWS como plataforma central do ECOS, temos uma organização que desenvolve e mantém suas versões e tecnologias. Os usuários finais são muito diversificados, variando de universidade, empresas públicas ou privadas, *startups*, desenvolvedores, governo e usuários comuns. A Figura 21 permite uma visão geral desses três tipos de papéis principais relacionados a AWS.

Na Figura 21, como fatores bióticos do ECOS AWS há desenvolvedores de software, estudantes, funcionários de empresas e universidades, terceirizados, funcionários e servidores do governo e empresários de micro-empresas. Nesse caso existem atividades mais relacionadas a programação assim como a projetos e gerenciamento de processos.

Figura 21 – Visão geral do ECOS AWS.



Fonte: Elaborado pela autora.

Considerando as três dimensões de ECOS propostas em Campbell e Ahmed (2010) temos que: do ponto de vista da dimensão do negócio, os envolvidos com a plataforma possuem conhecimento de mercado e atuam como tomadores de decisão identificando necessidades e expansões da plataforma, além de manter o portfólio de produtos (serviços ofertados pela plataforma). Do ponto de vista da dimensão técnica, a definição e manutenção das tecnologias utilizadas nas plataformas e o que a plataforma precisa para melhorar a qualidade, interoperabilidade entre sistemas e avaliações de desempenho são aspectos comumente analisados. Por fim, a dimensão social representada na Figura 20, permite uma visão de diversos atores com papéis de usuários, fornecedores e desenvolvedores, interagindo entre si.

Os atores presentes no ECOS AWS que compõem sua comunidade de usuários são variados e vão desde estudantes, funcionários, servidores públicos a usuários comuns. Esses atores foram selecionados para dar uma visão geral da comunidade de usuários em si, não sendo necessariamente apenas esses usuários que se relacionam com o ecossistema, podendo haver inúmeros outros pertencentes a diversos nichos.

### 5.2.4.3 Atores, componentes e relacionamentos

A utilização da notação SSN permite a criação de um diagrama estático que representa um ECOS. Nesse diagrama é possível visualizar os atores e seus relacionamentos. Entretanto, o ECOS é dinâmico e possui entradas e saídas de atores e relacionamentos sendo formalizados ou eliminados ao longo do tempo. Os modelos SSN gerados para cada uma das plataformas foram confeccionados na ferramenta de Modelagem e Repositório para modelos ECOS *Modeling*<sup>4</sup>.

Os atores e seus respectivos relacionamentos no ECOS são mapeados e categorizados de acordo com cada componente da notação. As estatísticas sobre o modelo SSN do ECOS AWS apresentam ao todo 45 atores no ECOS e um total de 79 relacionamentos simbióticos de cada serviço para cada cliente e agregadores entre cliente-serviço no ecossistema. Esses relacionamentos são dinâmicos e não necessariamente são apenas esses, podendo ocorrer muito mais de acordo com as demandas dos clientes para com a plataforma. Esses dados são fornecidos pela ferramenta de modelagem ECOS *Modeling* na funcionalidade de estatísticas do modelo. O Quadro 6 apresenta os dados estatísticos do modelo SSN para o ECOS AWS.

Quadro 6 – Estatísticas do modelo SSN do ECOS AWS.

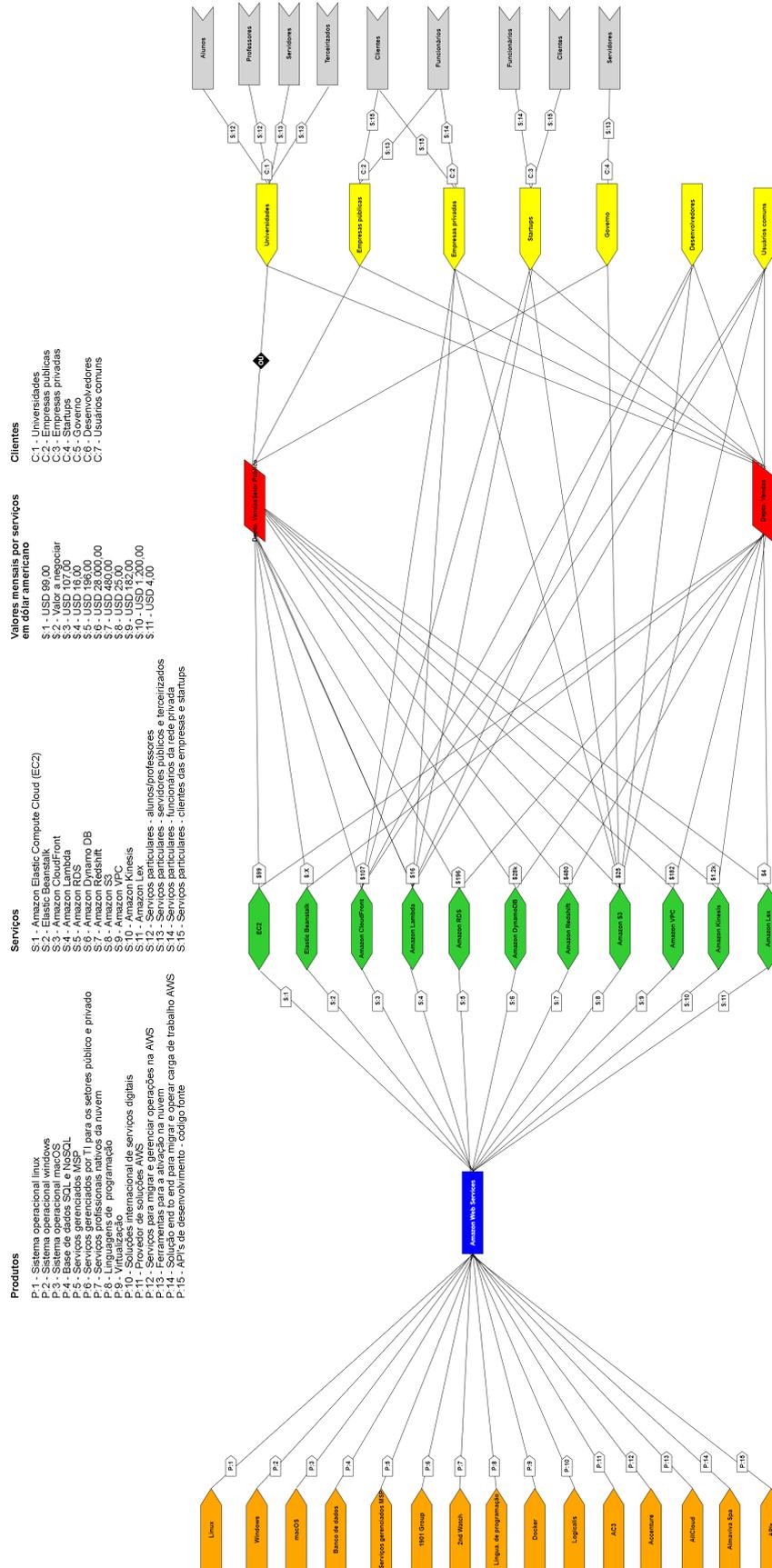
<b>Componente SSN</b>	<b>Total</b>
Empresa de Interesse	1
Fornecedores	15
Clientes	7
Cliente dos clientes	9
Intermediários	11
Agregadores	2
Total de componentes SSN	45
Total de relacionamentos	79
Total de componentes e relacionamentos no modelo	124

Fonte: Elaborado pela autora.

Esses dados podem ser utilizados posteriormente para realizar análises e comparações sobre a evolução do ECOS AWS de acordo com a modelagem projetada, simular a entrada e saída de atores, como os seus relacionamentos se comportam e comparar com outros ecossistemas do mesmo nicho.

<sup>4</sup> <https://www.ecosmodeling.ml/>

Figura 22 – Modelo SSN do ECOS AWS.



Fonte: Elaborado pela autora.

### 5.3 Ecosistema de software *google cloud platform* - ECOS GCP

Esta seção apresenta o Ecosistema de Software da *Google Cloud Platform*, denominado de ECOS GCP, além de um panorama geral sobre os serviços, preços, formas de disponibilidade e uma visão geral do ECOS assim como dos atores e seus relacionamentos.

#### 5.3.1 *Serviços de computação em nuvem - GCP*

A *Google Cloud Platform* fornece inúmeros serviços de computação em nuvem com um bom desempenho, boa segurança e rapidez. Os serviços oferecidos pela GCP são diversificados, que são de serviços de *IaaS* até serviços de *Data Warehouse* em várias nuvens sem servidor. Para a realização deste trabalho foram elencados 11 serviços da GCP, respectivos aos serviços elencados na AWS para realizar uma análise sobre cada um deles apontando diferenças e semelhanças e a modelagem SSN do ECOS de cada plataforma. O Quadro 7 apresenta os 11 serviços da GCP com uma breve definição de cada um.

Quadro 7 – Serviços de computação em nuvem fornecidos pela GCP.

ID	Serviço	Definição
GCP_1	Compute Engine	O Google Compute Engine fornece um número escalável de máquinas virtuais ( VMs ) para servir como grandes clusters de computação para essa finalidade. O GCE pode ser gerenciado por meio de uma interface de programa de aplicativo (API) RESTful, interface de linha de comando ou console da web.
GCP_2	App Engine	O App Engine é uma oferta de Platform as a Service ("PaaS"). A plataforma gerencia a infraestrutura de hardware e rede necessária para executar seu código. O App Engine fornece serviços integrados necessários a vários aplicativos da Web.
GCP_3	Cloud CDN	O Cloud CDN funciona com balanceamento de carga HTTP(S) para enviar conteúdo aos seus usuários. O balanceador de carga HTTP(S) fornece os endereços IP e as portas de front-end que recebem solicitações, assim como os back-ends que respondem a essas solicitações.
GCP_4	Cloud Run	O Cloud Run é uma plataforma de computação gerenciada para a execução de contêineres diretamente na infraestrutura escalonável do Google. Você pode implantar um código escrito em qualquer linguagem de programação no Cloud Run se puder criar uma imagem de contêiner com base nele.
GCP_5	Google Cloud SQL	O Cloud SQL é um banco de dados MySQL que reside na nuvem do Google. Ele tem todos os recursos e funcionalidades do MySQL, com alguns recursos adicionais (e poucos recursos incompatíveis).
GCP_6	Google Cloud Datastore	O Google Cloud Datastore é um serviço que o Google disponibiliza em sua plataforma online (Google Cloud Platform). Trata-se de um banco de dados de documentos NoSQL. Tem como finalidade o dimensionamento automático, apresentando elevado desempenho, assim como facilidade para desenvolver aplicativos.
GCP_7	BigQuery	O BigQuery é um serviço de armazenamento de dados de baixo custo e totalmente gerenciado do Google para análises com escala em petabytes. Essa ferramenta é NoOps, ou seja, ela não requer uma infraestrutura responsável pelo gerenciamento nem um administrador de banco de dados.
GCP_8	Cloud Storage	O cloud storage é simplesmente a prática que consiste em armazenar dados à distância numa cloud e não em um local físico.
GCP_9	Google VPC	Uma rede de nuvem privada virtual (VPC) é uma versão virtual de uma rede física, implementada dentro da rede de produção do Google, usando Andromeda.
GCP_10	GCP PubSub	O Google Cloud Pub/Sub é um serviço de mensagens para trocar dados de eventos entre aplicativos e serviços. Com a separação de remetentes e destinatários, ele permite uma comunicação segura e altamente disponível entre aplicativos criados de modo independente.
GCP_11	Google Cloud Dialogflow	Ele é um módulo de processamento de linguagem natural que entende as nuances da linguagem humana. O Dialogflow traduz textos ou áudios do usuário final durante uma conversa para dados estruturados que seus aplicativos e serviços podem entender.

Fonte: Elaborado pela autora.

#### 5.3.2 *Preços mínimos para cada serviço*

O Quadro 8 apresenta os resultados das simulações de preços utilizando a calculadora de preços da própria GCP<sup>5</sup> para cada um dos 11 serviços previamente citados utilizando as configurações mínimas para cada instância de serviço e com duração de um ano para o cálculo de preço final. O foco é perceber quais os valores de preços para cada instância mínima de cada serviço, para realizar um comparativo com as ofertas da AWS. Os valores obtidos nas simulações são em dólar americano (USD).

<sup>5</sup> <https://cloud.google.com/products/calculator> - Pesquisa realizada em 15/10/2022

Quadro 8 – Preços para instâncias dos serviços fornecidos pela GCP.

<b>Serviço</b>	<b>Preço mensal</b>	<b>Preço anual</b>
Compute Engine	USD 35,92	USD 431,04
App Engine	USD 139,92	USD 1.679,04
Cloud CDN	USD 92,16	USD 1.105,92
Cloud Run	USD 252,05	USD 3.024,6
Google Cloud SQL	USD 98,97	USD 1.187,64
Google Cloud Datastore	USD 8.999,82	USD 107.997,84
BigQuery	USD 309,21	USD 3.710,52
Cloud Storage	USD 20, 00	USD 230
Google VPC	-	-
Google Pub Sub	USD 766,11	USD 9.193,32
Google Cloud Dialogflow	USD 1,83	USD 21,96

Fonte: Elaborado pela autora.

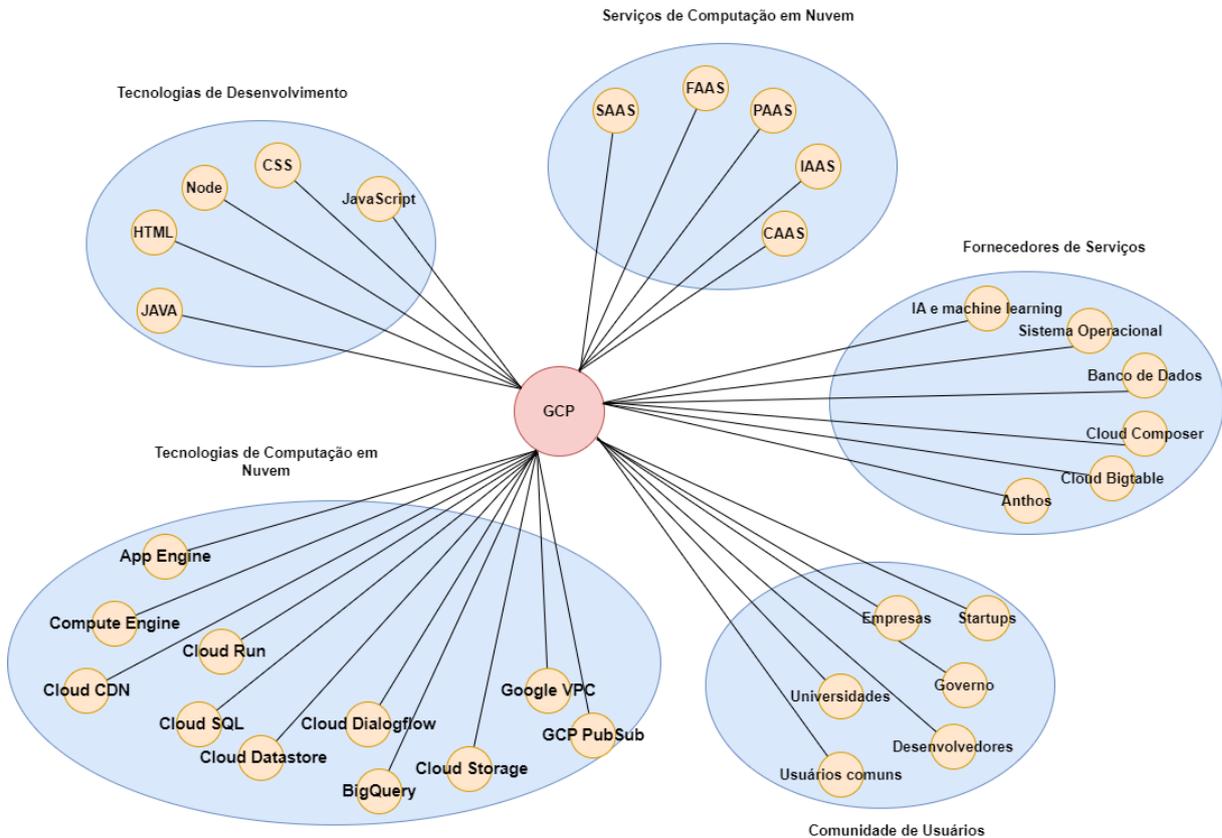
### 5.3.3 Rede sociotécnica

A rede sociotécnica da GCP sobre os serviços selecionados está apresentada na Figura 23. Nesta rede destacam-se em torno da plataforma central GCP vários elementos que se relacionam e colaboram entre si. Quatro grupos se destacam: (i) tecnologias de desenvolvimento, (ii) tecnologias de computação em nuvem, (iii) serviços de computação em nuvem e (iv) comunidade de usuários. Podemos identificar alguns pontos de integração com produtos e fornecedores de terceiros através da rede.

Os elementos envolvidos se relacionam com a plataforma central fazendo o uso de alguma tecnologia ou serviço de nuvem fornecido pela plataforma através de aplicações com a finalidade de suprir necessidades em relação a tecnologias de desenvolvimento de software utilizadas por eles.

As tecnologias para desenvolvimento de aplicativos podem variar dependendo da necessidade dos usuários, sendo outras plataformas de desenvolvimento ou linguagens de programação. Os perfis de usuários são diversos, variando entre empresas, governos, universidades e usuários comuns.

Figura 23 – Rede sociotécnica da GCP.



Fonte: Elaborado pela autora.

### 5.3.4 Modelo SSN para o ECOS GCP

#### 5.3.4.1 Visão geral

Para ilustrar o ECOS GCP foi desenvolvido um modelo SSN utilizando 11 serviços de computação em nuvem para exemplificar um pouco do grande ecossistema da plataforma GCP. Como empresa de interesse temos a plataforma central *Google Cloud Platform* que é a própria plataforma de computação em nuvem onde em torno dela ocorrem os relacionamentos simbióticos entre os atores presentes no ECOS.

Os demais elementos que se relacionam e estão presentes no ECOS são os fornecedores que são de tipos variados e podem sofrer modificações ao longo do ciclo de vida da plataforma central e do próprio ECOS. Os clientes são agrupados em empresas públicas e privadas, instituições de ensino superior, desenvolvedores, governo, e *startups*. Os clientes do cliente são desde estudantes, professores, funcionários, servidores públicos, clientes terceiros das empresas e intermediários governamentais.

Os intermediários são os próprios serviços ofertados pela plataforma central e os agregadores na relação cliente-serviço-plataforma são a equipe de vendas que formalizam os preços e posteriormente os contratos dos serviços. As relações entre os elementos são agrupadas em serviços (ex: inclusão de cadeia). No caso todos os serviços são cobrados taxas de uso conforme as necessidades dos clientes, assim como versões de experimentação gratuitas tanto para empresas quanto para universidades e usuários comuns como estudantes. O ECOS GCP é ilustrado na Figura 25.

O Quadro 9 apresenta os dados produzidos pelos relacionamentos simbióticos entre atores no ECOS GCP, sendo eles: os produtos entre os fornecedores e a plataforma central, os serviços entre os clientes e os agregadores, os intermediários e a plataforma central. Temos os produtos classificados de P:1 a P:15 e suas respectivas descrições, e os serviços classificados em S:1 a S:15 e suas respectivas descrições.

Quadro 9 – Descrição dos produtos e serviços do ECOS GCP.

Produtos	Descrição	Serviços	Descrição
P:1	Sistema operacional linux	S:1	Compute Engine
P:2	Sistema operacional windows	S:2	App Engine
P:3	Sistema operacional macOS	S:3	Cloud CDN
P:4	Base de dados SQL e NoSQL	S:4	Cloud Run
P:5	Tecnologias de IA e aprendizado de máquina	S:5	Google Cloud SQL
P:6	IA para desenvolvedores de software	S:6	Google Cloud Datastore
P:7	Infraestrutura de tecnologia da informação	S:7	BigQuery
P:8	Soluções de inteligência artificial	S:8	Cloud Storage
P:9	Serviço de orquestração de fluxos de trabalho	S:9	Google VPC
P:10	Virtualização	S:10	Google Pub Sub
P:11	Sistema de armazenamento de dados proprietário	S:11	Google Cloud Dialogflow
P:12	Serviços de cambio e financeiros	S:12	Serviços particulares - alunos/professores
P:13	Tecnologia de internet das coisas	S:13	Serviços particulares - servidores públicos e terceirizados
P:14	Gerenciamento de nuvem híbrida	S:14	Serviços particulares - funcionários da rede privada
P:15	API's de desenvolvimento - código fonte	S:15	Serviços particulares - clientes das empresas e startups

Fonte: Elaborado pela autora.

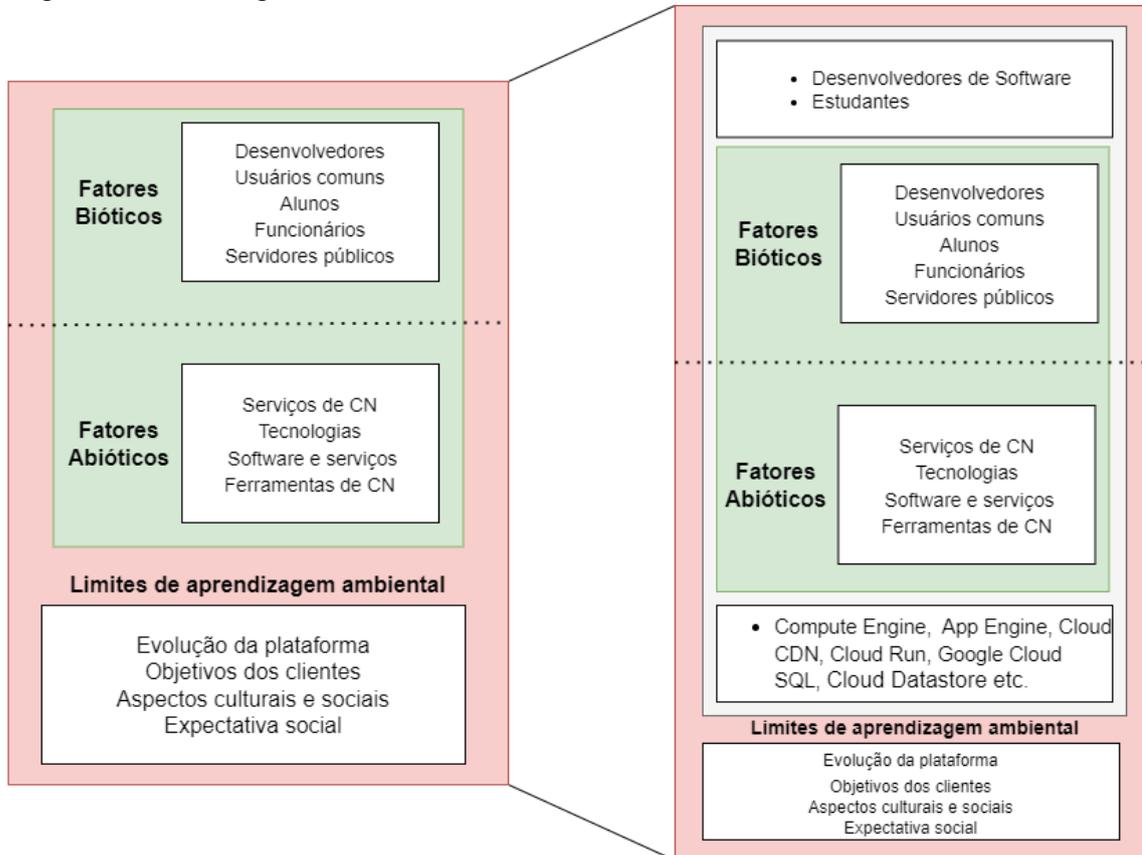
#### 5.3.4.2 Considerações sobre o ECOS GCP

De acordo com os três tipos de papéis chave descritos por Hanssen (2012), estabelecendo a GCP como a plataforma central do ecossistema temos uma organização que desenvolve e mantém suas versões, serviços e tecnologias. Os usuários finais são bem diversificados variando de universidade, empresas públicas ou privadas, *startups*, desenvolvedores, governo e usuários comuns.

A Figura 24 permite uma visão geral desses três tipos de papéis principais relacionados a plataforma GCP. Como fatores bióticos do ECOS GCP há desenvolvedores de software, estudantes, funcionários de empresas e universidades, terceirizados, funcionários e servidores

do governo e empresários de micro e grande empresas. Nesse caso existem atividades mais relacionadas a programação, a serviços de TI e serviços de computação em nuvem.

Figura 24 – Visão geral do ECOS GCP.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os atores presentes no ECOS GCP que compõem sua comunidade de usuários são variados e vão desde estudantes, funcionários, servidores públicos a usuários comuns. Esses atores foram selecionados para dar uma visão geral da comunidade de usuários em si, não sendo necessariamente apenas esses usuários que se relacionam com o ecossistema, podendo haver inúmeros outros pertencentes a diversos nichos.

#### 5.3.4.3 Atores, componentes e relacionamentos

Presente no ECOS GCP estão os atores e seus respectivos relacionamentos simbióticos mapeados de acordo com cada componente da notação SSN. Alguns dados estatísticos sobre o modelo SSN do ECOS GCP foram coletados por meio da ferramenta *ECOS Modeling* na funcionalidade estatística do modelo.

Ao todo 44 atores no ECOS e um total de 55 relacionamentos simbióticos de cada serviço para cada cliente e agregador entre cliente-serviço no ecossistema. Esses relacionamentos são dinâmicos e não necessariamente são apenas esses 55 mencionados, podendo ocorrer mais relacionamentos conforme as necessidades e demandas dos clientes na plataforma de computação em nuvem. O Quadro 10 apresenta os dados estatístico do modelo SSN para o ECOS GCP.

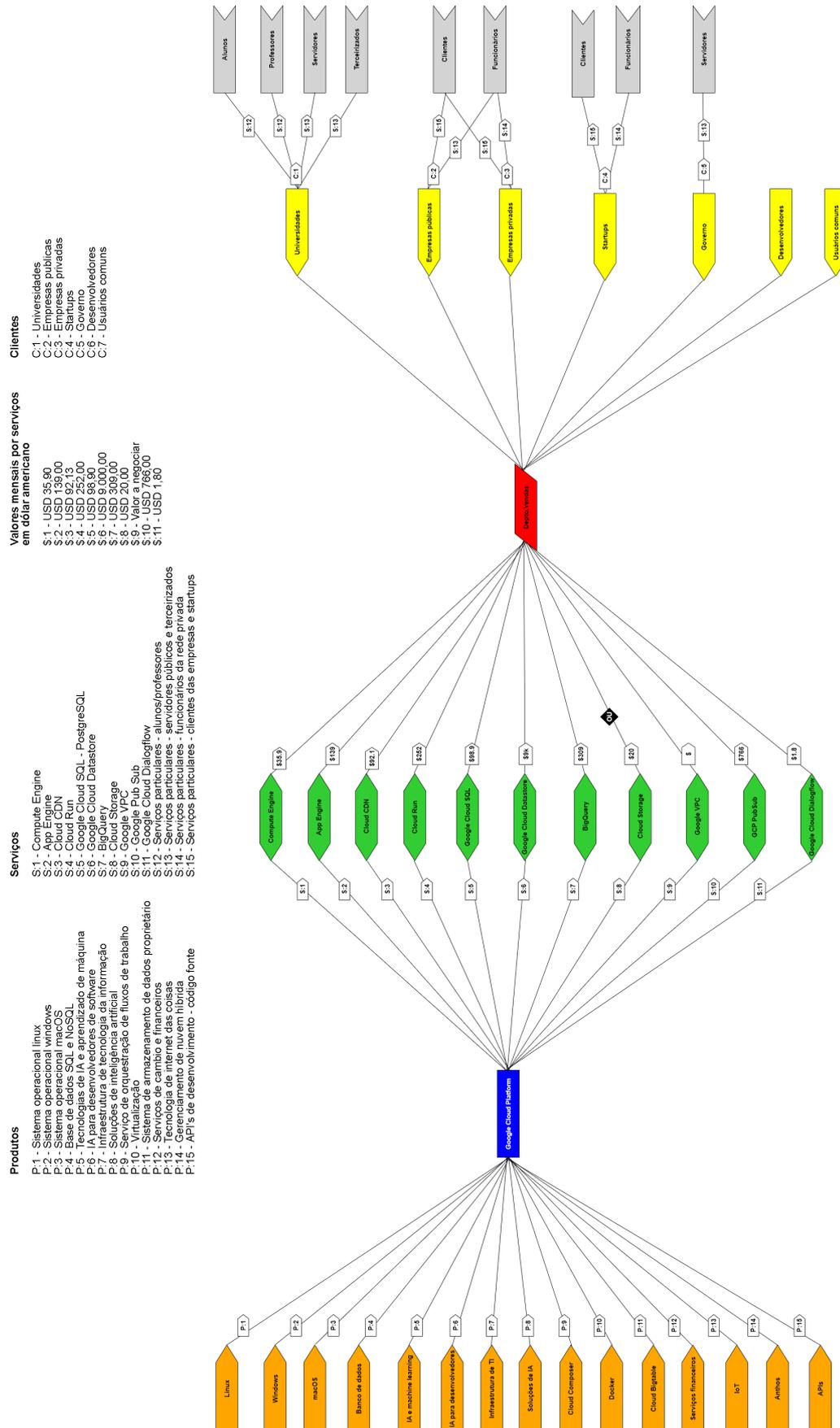
Quadro 10 – Estatísticas do modelo SSN do ECOS GCP.

<b>Componente SSN</b>	<b>Total</b>
Empresa de Interesse	1
Fornecedores	15
Clientes	7
Cliente dos clientes	9
Intermediários	11
Agregadores	1
Total de componentes SSN	44
Total de relacionamentos	55
Total de componentes e relacionamentos no modelo	99

Fonte: Elaborado pela autora.

Esses dados estatísticos podem ser utilizados futuramente para a realização de análises sobre a evolução do ECOS GCP de acordo com a modelagem projetada, simular a entrada e saída de atores, como os seus relacionamentos, como se comportam e comparar com outros ecossistemas do mesmo segmento.

Figura 25 – Modelo SSN do ECOS GCP.



Fonte: Elaborado pela autora.

## 6 ANÁLISES E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta as análises e discussões sobre os modelos SSN dos ECOSs das plataformas de computação em nuvem AWS e GCP.

### 6.1 Comparativo entre os componentes e relacionamentos nos modelos SSN do ECOS AWS e GCP

Este comparativo apresenta uma visão geral das diferenças e semelhanças para cada um dos ECOSs modelados, assim como em relação a preços, forma de uso, disponibilidade, acessibilidade e demanda de mercado. As comparações vão desde as redes sociotécnicas confeccionadas, aos atores no ECOS e aos modelos SSN gerados, assim como as estatísticas de cada modelo.

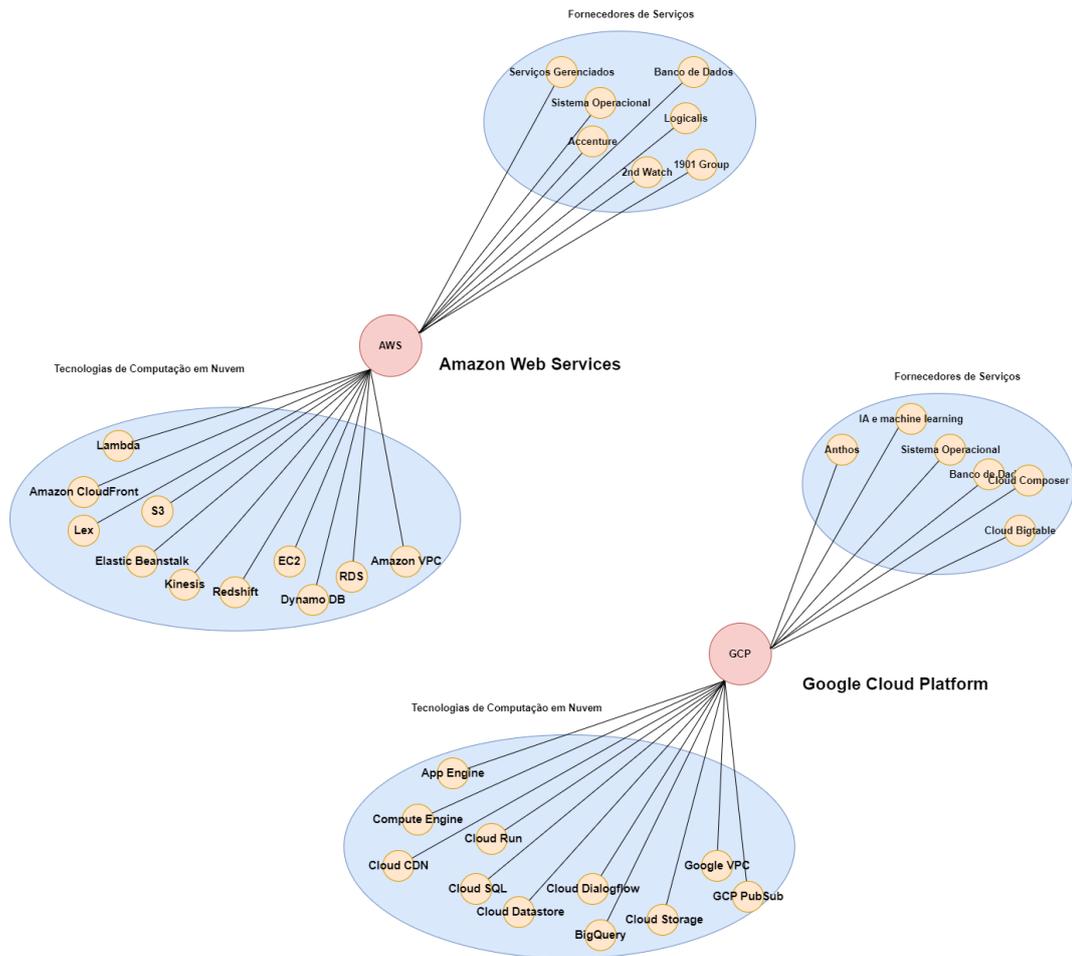
#### 6.1.1 Rede sociotécnica

Em relação à rede sociotécnica da AWS e da GCP, ambas são bem parecidas em relação às tecnologias de desenvolvimento de software, tecnologias de nuvem e comunidade de usuários, pois este trabalho seguiu um padrão em relação à comunidade de usuários e aos fornecedores de serviço de cada plataforma de computação em nuvem. As diferenças pontuais mais relevantes são em relação às tecnologias dos serviços de computação em nuvem, 11 para cada plataforma, um semelhante ao outro em relação à finalidade do serviço, porém em relação ao uso, preço, disponibilidade e mecanismos de uso são diferentes. Outras diferenças são em relação aos fornecedores de serviços que em alguns casos são específicos para cada plataforma.

Nesta rede destacam-se em torno da plataforma central GCP vários elementos que se relacionam e colaboram entre si. Neste sentido dois grupos se destacam: (i) tecnologias de computação em nuvem e (ii) fornecedores de serviços. Nesses pontos podem ser observadas as diferenças mencionadas previamente em relação aos serviços e aos fornecedores de serviços de cada uma das plataformas.

Outro ponto a ser considerado é em relação à comunidade de usuários e os serviços fornecidos pelas plataformas. Todos os clientes que fazem parte da comunidade de usuários produzem relacionamentos simbióticos com os serviços ofertados, a partir da demanda de cada um dos usuários.

Figura 26 – Rede sociotécnica AWS e GCP.



Fonte: Elaborado pela autora.

### 6.1.2 Fatores e visão geral dos ECOSs

As Figuras 21 e 24 ilustram os fatores bióticos e abióticos e apresentam uma visão geral dos aspectos sociais e objetivos e demanda dos clientes em relação ao ecossistema e sua evolução ao longo dos tempos.

Em relação aos fatores existentes nos ECOSs, os fatores bióticos são os mesmos para os dois ecossistemas, que são a comunidade de usuários, os desenvolvedores, usuários comuns, alunos, funcionários, servidores públicos ou seja os atores que usufruem de tecnologias e serviços ofertados pelas plataformas. Neste caso não foram levados em consideração os inúmeros funcionários das plataformas assim como seus papéis dentro do ecossistema, apenas se utilizou o termo funcionário para representá-los.

Em relação aos fatores abióticos, temos os serviços de computação em nuvem, tecnologias de computação em nuvem, softwares diversos e ferramentas de computação em nuvem. Neste caso os serviços diferem em forma e disponibilidade de uma plataforma para

outra, porém a finalidade de cada um dos serviços é a mesma em relação a demanda dos clientes.

Outro aspecto a ser levado em consideração é sobre os limites de aprendizagem ambiental que neste caso são as mesmas para cada uma das plataformas, levando em consideração a proporção dos ecossistemas e os objetivos da modelagem SSN para os ECOSs. Os limites foram: evoluções das plataformas, os objetivos e demanda dos clientes, os aspectos culturais sociais e demográficos de cada cliente a depender da sua região e a expectativa social dos clientes.

### **6.1.3 Modelos SSN dos ECOSs**

Os modelos SSN para o ECOS AWS e o ECOS GCP são compostos por 11 serviços de computação em nuvem de diversos domínios e aplicações no mundo real. Esses serviços são ilustrados nas Figura 22 e 25 de acordo com a notação SSN como intermediários, ou seja, eles são um meio termo entre a relação do cliente com a plataforma central, que neste caso é o relacionamento cliente-intermediário-plataforma central. Em alguns casos temos a presença de uma figura que também faz um papel de meio termo que é o agregador, que neste caso está entre o relacionamento cliente-agregador-intermediário-plataforma central.

Esses relacionamentos fazem com que o ecossistema cresça, evolua e acima de tudo se mantenha em relação a seus concorrentes de mercado. No ecossistema da AWS e da GCP temos diversos serviços que são usufruídos pelos clientes que por sua vez se relacionam com a plataforma central de forma a manter o ECOS em funcionamento. Do mesmo modo acontece com os fornecedores de tecnologias e de serviços de terceiros para a plataforma central.

Os modelos SSN gerados para uma das plataformas diferem do ponto de vista do fornecimento de tecnologias e serviços de terceiros que neste caso tem algumas diferenças em alguns casos pontuais como, por exemplo, o fornecedor *Logicalis* da AWS e o fornecedor *Cloud Bigtable* da GCP. Ao todo, 6 dos 15 fornecedores são em comum para ambos os modelos e 9 diferem de um modelo para o outro de acordo com a necessidade e especificidade da plataforma.

No modelo SSN para o ECOS AWS temos a presença de 2 agregadores entre o relacionamento cliente-intermediário (serviço), como um papel de departamento de vendas para o setor público e um departamento de vendas para o setor privado, neste caso o agregador aparece apenas para fazer um meio termo, o mesmo não tem relações com todos os clientes e os serviços, porém o cliente pode contratar o serviço com ou sem o intermédio da pessoa do departamento de vendas.

No modelo SSN para o ECOS GCP temos a presença de 1 agregador que é o departamento de vendas, onde não se faz distinção se é para o setor público ou privado e o mesmo faz um meio termo entre todos os serviços e todos os clientes. Nesse caso também é evidente que o cliente pode contratar o serviço sem necessariamente o intermédio de um departamento de vendas.

Esse caso do departamento de vendas é algo que é diferente em cada uma das plataformas, pois a finalidade do serviço é a mesma, porém o meio e forma como o mesmo é disponibilizado é diferente em ambas as plataformas. O agregador nos modelos está para mostrar que é importante que os clientes contratem um serviço de qualidade e com um preço justo, atendendo assim suas expectativas e demandas de mercado.

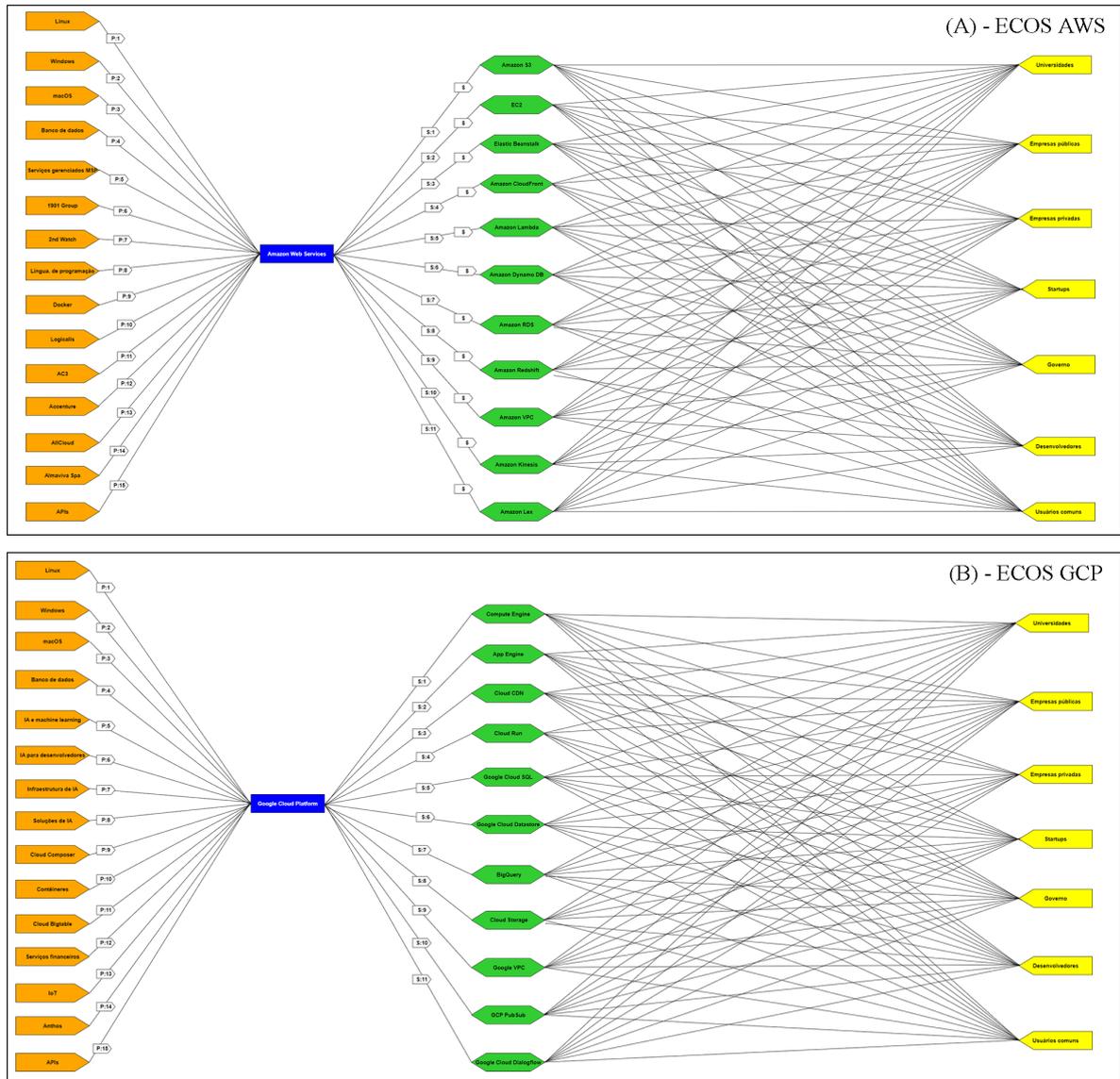
A Figura 27 (A) apresenta o modelo SSN para ECOS AWS e a Figura 27 (B) o modelo SSN para o ECOS GCP, ambos sem o intermédio de um agregador na relação cliente-serviço-plataforma central. Pode-se observar que o número de relacionamentos entre os serviços e cada um dos clientes é bem maior do que comparado com os modelos das Figuras 22 e 25 com a presença de pelo menos um agregador.

#### **6.1.4 Estatísticas dos modelos SSN dos ECOSs**

O modelo SSN para o ECOS AWS possui 45 componentes SSN ao todo, 79 relacionamentos simbióticos número esse que pode ser bem maior levando em consideração relacionamentos bilaterais entre o número de serviços da plataforma com o quantitativo de clientes existentes. Esses 79 relacionamentos do modelo SSN para o ECOS AWS proposto neste trabalho é um número bem considerável, levando em consideração apenas 11 serviços e 7 clientes. O modelo também contém 1 empresa de interesse, 15 fornecedores de serviços, 9 clientes do cliente, 11 intermediários e 2 agregadores, com um total de 124 componentes e relacionamentos ao todo no modelo.

No modelo SSN para o ECOS GCP temos um total de 44 componentes SSN e 55 relacionamentos. Esses 55 relacionamentos é um número considerável, se levarmos em conta o número de clientes, o número de serviços e o agregador departamento de vendas fazendo o meio termo em todos os relacionamentos. O modelo contém ainda, 1 empresa de interesse, 15 fornecedores de serviços e tecnologias, 7 clientes, 9 clientes do cliente, 11 intermediários e 1 agregador, com um total de 99 componentes e relacionamentos ao todo.

Figura 27 – Modelo SSN do ECOS AWS E GCP com todos os relacionamentos.



Fonte: Elaborado pela autora.

Essa diferença no número de relacionamentos não é tão considerável pois os modelos gerados neste trabalho possuem um ponto de vista interpretativo que pode não ser o mesmo ponto de vista de outros autores. O número é considerável porém sabe-se que esse número é bem maior de acordo com o quantitativo de clientes e os serviços ofertados pelas plataformas. Os modelos deste trabalho possuem uma escalabilidade mediana, pois não são tão pequenos porém não abrangem todo o ecossistema das plataformas e não realiza um estudo profundo sobre todos os possíveis relacionamentos entre os atores nos ecossistemas. O Quadro 11 apresenta a diferença das estatísticas dos modelos SSN AWS e GCP.

Nos modelos da Figura 27 ao todo são 102 relacionamentos bilaterais, ou seja para cada serviço (11) um relacionamento para um dos sete clientes presentes no ecossistema. Esse

Quadro 11 – Diferenças estatísticas do modelos AWS e GCP.

<b>Componentes SSN</b>	<b>ECOS AWS</b>	<b>ECOS GCP</b>	<b>Diferença</b>
Empresa de Interesse	1	1	-
Fornecedor	15	15	-
Cliente	7	7	-
Cliente do cliente	9	9	-
Intermediário	11	11	-
Agregador	2	1	1
Relacionamentos	79	55	24
Total de componentes	45	44	1
Total	124	99	25

Fonte: Elaborado pela autora.

número mostra o valor mais exato ao número de relacionamentos que um ecossistema dessa magnitude pode criar a partir de poucos clientes e poucos serviços ofertados.

## 6.2 Comparativo dos preços para cada plataforma

Para cada um dos 11 serviços das plataformas de computação em nuvem AWS e GCP foram realizadas estimativas de preço nas calculadoras de preço de cada uma das plataformas, utilizando configurações mínimas para cada serviço, a fim de calcular uma estimativa para cada um dos modelos de ECOSs gerados.

Os preços para as instâncias dos serviços da AWS são em sua maioria mais elevados comparado aos preços da concorrente GCP. Neste trabalho foram colocadas as configurações mínimas e mais semelhantes possíveis para cada um dos serviços, tanto para a AWS quanto para a GCP para obter uma estimativa aproximada do valor que os clientes pagam no consumo desses serviços.

Para exemplificar a diferença de preços entre as duas plataformas temos que, comparando o serviço *EC2* da AWS e o serviço *Compute Engine* da GCP, o valor estimado pela calculadora da GCP foi bem inferior ao estimado pela AWS, uma diferença de USD 765,24 sobre o valor anual de contratação e a diferença do valor mensal foi de USD 63,77, um valor bem expressivo de uma plataforma para a outra. Um outro exemplo a ser considerado é sobre os serviços *Amazon S3* e *Google Cloud Storage*, o valor estimado pela AWS foi de USD 309,12 anuais contra USD 230 anuais da GCP, uma diferença de USD 79,12 anuais de um serviço para

o outro.

Os Quadros 12 e 13 apresentam os valores para cada um dos 11 serviços ofertados pelas plataformas, assim como a diferença de valores mensais (Quadro 12) e anuais (Quadro 13) para cada serviço, levando em conta as configurações e o tempo de contratação de um ano com a plataforma. Os valores oscilam de uma plataforma para outra e de um serviço para outro, em alguns casos o mesmo serviço é mais caro na AWS que na GCP e em alguns casos acontece o contrário.

Quadro 12 – Diferenças de preços mensais entre as plataformas AWS e GCP.

Serviço		Preço mensal da AWS	Preço mensal da GCP	Diferença do preço mensal
AWS	GCP			
Amazon Elastic Compute Cloud - EC2	Compute Engine	USD 99,69	USD 35,92	USD 63,77
Elastic Beanstalk	App Engine	-	USD 139,92	-
Amazon CloudFront	Cloud CDN	USD 107,52	USD 92,16	USD 15,36
Amazon Lambda	Cloud Run	USD 16,06	USD 252,05	USD 235,99
Amazon RDS (PostgreSQL)	Google Cloud SQL	USD 196,80	USD 98,97	USD 97,83
Amazon Dynamo DB	Google Cloud Datastore	USD 28.417,45	USD 8.999,82	USD 19.417,63
Amazon Redshift	BigQuery	USD 480,00	USD 309,21	USD 170,79
Amazon S3	Cloud Storage	USD 25,76	USD 20,00	USD 5,76
Amazon VPC	Google VPC	USD 182,50	-	-
Amazon Kinesis	Google Pub Sub	USD 1.254,51	USD 766,11	USD 488,40
Amazon Lex	Google Cloud Dialogflow	USD 4,07	USD 1,83	USD 2,24

Fonte: Elaborado pela autora.

De modo geral apenas 1 serviço foi mais caro na plataforma GCP do que na AWS, com diferença de USD 235,99, uma grande diferença porém compreensível pois a AWS possibilita ao cliente escolher um serviço. Neste caso o *Amazon Lambda* com configurações mínimas o valor chega a ser um pouco mais inferior e na GCP não há essa possibilidade.

Quadro 13 – Diferenças de preços anuais entre as plataformas AWS e GCP.

Serviço		Preço anual da AWS	Preço anual da GCP	Diferença do preço anual
AWS	GCP			
Amazon Elastic Compute Cloud - EC2	Compute Engine	USD 1.196,28	USD 431,04	USD 764,88
Elastic Beanstalk	App Engine	-	USD 1.679,04	-
Amazon CloudFront	Cloud CDN	USD 1.290,24	USD 1.105,92	USD 184,32
Amazon Lambda	Cloud Run	USD 192,72	USD 3.024,6	USD 1.173,96
Amazon RDS (PostgreSQL)	Google Cloud SQL	USD 2.361,60	USD 1.187,64	USD 1.173,96
Amazon Dynamo DB	Google Cloud Datastore	USD 522.509,40	USD 107.997,84	USD 414.511,56
Amazon Redshift	BigQuery	USD 5.760,00	USD 3.710,52	USD 2.049,48
Amazon S3	Cloud Storage	USD 309,12	USD 230,00	USD 79,12
Amazon VPC	Google VPC	USD 2.190,00	-	-
Amazon Kinesis	Google Pub Sub	USD 15.054,12	USD 9.193,32	USD 5.860,80
Amazon Lex	Google Cloud Dialogflow	USD 48,84	USD 21,96	USD 26,88

Fonte: Elaborado pela autora.

Os Quadros 14 e 15 apresenta as configurações mínimas que foram escolhidas como parâmetros de entrada para a realização dos cálculos dos preços para cada serviço, de acordo com

a calculadora de preços disponíveis em cada plataforma. As configurações em sua maioria são semelhantes, divergindo apenas em alguns casos mais específicos devido a detalhes da própria plataforma. Os serviços *Beanstalk* da AWS e VPC da GCP não possuem estimativa de preço por não estarem disponíveis para a realização de estimativas de preços nas calculadora das plataformas.

Quadro 14 – Configurações mínimas para cada instância de serviço da AWS.

Serviço AWS	Configurações
Amazon Elastic Compute Cloud - EC2	Sistema operacional (Linux), Quantidade (1), Estratégia de definição de preço (EC2 Instance Savings Plans 1 ano Sem pagamento adiantado), Quantidade de armazenamento (30 GB), Tipo de instância (t3.xlarge).
Elastic Beanstalk	-
Amazon CloudFront	Transferência de dados de saída para a Internet (1024 GB por mês), Transferência de dados de saída para a origem (1024 GB por mês), Número de solicitações (HTTPS) (1024 por mês).
Amazon Lambda	Arquitetura (x86), Arquitetura (x86), Quantidade de armazenamento temporário alocada (1024 MB), Número de solicitações (1000 por minuto).
Amazon RDS (PostgreSQL)	Número de instâncias do RDS for Outposts (1), Tipo de instância (db.m5.12xlarge), Utilização (somente sob demanda) (100 Hours/Month), Mecanismo de banco de dados (PostgreSQL (on-premise for Outpost)), Opção de implantação (Single-AZ).
Amazon Dynamo DB	Classe de tabela (Standard), Tamanho médio do item (todos os atributos) (400 KB), Prazo da capacidade reservada de gravação (1 ano), Prazo da capacidade reservada de leitura (1 ano), Tamanho do armazenamento de dados (500 GB).
Amazon Redshift	Nós (1), Tipo de instância (dc2.8xlarge), Utilização (somente sob demanda) (100 Hours/Month), Modelo de definição de preço (OnDemand).
Amazon S3	Armazenamento S3 Standard (1000 GB por mês).
Amazon VPC	Dias úteis por mês (22), Número de conexões do Site-to-Site VPN (5).
Amazon Kinesis	Aplicativos Apache Flink (5), KPIs do Apache Flink (2 por hora), Backups de aplicativos duráveis mantidos (5).
Amazon Lex	Número de solicitações de fala (interação de solicitação e resposta) (1000), Número de solicitações de texto (interação de solicitação e resposta) (100).

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 15 – Configurações mínimas para cada instância de serviço da GCP.

Serviço GCP	Configurações
Compute Engine	Região: Iowa 730 horas totais por mês Termo de compromisso: 1 ano Modelo de provisionamento: Regular Tipo de instância: e2-standard-2 Confirmado
App Engine	Tipo de instância: F1 Horas de instância: 3.650 por mês.
Cloud CDN	Saída de cache - Ásia/Pacífico: 1.024 GiB HTTP/HTTPS solicitações de pesquisa de cache: 1.024.
Cloud Run	Região: Iowa Tipo de alocação de CPU: a CPU é alocada apenas durante o processamento da solicitação CPU: 1 Memória: 0,25 GiB Tempo de alocação da CPU: 0,001 vCPU-segundo Tempo de alocação de memória: 0,000 GiB-segundo Solicitações: 1.000 solicitações número mínimo de instâncias: 50 número mínimo de instâncias Preço: USD 340,82
Google Cloud SQL	Número de instâncias: 1 Tipo de instância: db-standard-2 Termo de compromisso: 1 ano Local: Iowa 730,0 horas totais por mês Armazenamento SSD: 100,0 GiB Backup: 100,0 GiB
Google Cloud Datastore	Dados armazenados: 50.000 GiB Leituras de entidades: 100.000 Gravações de entidades: 100.000 Exclusões de entidades: 100.000.
BigQuery	Local: Iowa Armazenamento ativo 1.000 GiB Armazenamento de longo prazo 1.000 GiB Inserções de streaming 512.000 MiB Leituras de streaming de 100 TiB Consultas de 10 TiB.
Cloud Storage	Local: Iowa Quantidade total de armazenamento: 1.000 GiB Sempre Uso gratuito incluído: Não.
Google VPC	-
Google Pub Sub	Tipo de entrega de mensagem: Volume básico: 100 GiB Assinaturas: 5 Custo de retenção de tópico: 54.
Google Cloud Dialogflow	Interações de áudio: 250 Interações de texto: 100.

Fonte: Elaborado pela autora.

### 6.3 Discussões dos resultados

Os resultados obtidos neste trabalho mostram uma pequena parcela do ECOS da plataforma AWS e GCP sob um panorama da modelagem SSN, a fim de simular e demonstrar alguns atores dos ecossistemas, suas relações com a plataforma central e com outros atores presentes nos ECOSs. Os modelos dos ecossistemas apresentam 11 serviços para cada plataforma, apresentando maneiras diferentes de se utilizar e diferentes valores de preço e disponibilidade, de acordo com a demanda dos clientes e do tamanho da plataforma.

A modelagem SSN permite uma visualização do ecossistema de maneira estática e apresenta figuras, papéis, relacionamentos simbióticos e possibilita visualizar e simular o ecossistema de maneira simples porém eficaz. Um ponto sobre a modelagem SSN que deve ser levado em consideração é a falta de escalabilidade para realizar modelagens com um escopo maior e a necessidade de uma melhor padronização, aceitação e uso na comunidade.

As redes sociotécnicas para cada ecossistema trazem um panorama geral dos atores no ecossistema assim como seus relacionamentos com a plataforma central, sem levar em consideração relacionamentos entre os próprios atores. Para cada um dos ECOSs modelados neste trabalho, as redes sociotécnicas dos mesmos ilustram um panorama superficial, dando base e fundamento para a realização da modelagem SSN. A diferença entre as redes foram os serviços que são os intermediários e os fornecedores de produtos e tecnologias para a plataforma central. Em relação à análise dos fatores de vida e sem vida e seus relacionamentos no ECOSs, permitiu uma melhor concepção dos seus relacionamentos com a plataforma central e com os outros atores, assim como apresentar um panorama sobre a comunidade de usuários nos ECOSs que fazem com que a plataforma central cresça em termos financeiros e evolua em relação aos atores e relacionamentos podendo se manter ativo no mercado ao qual está inserido.

Os modelos SSN gerados são em sua maioria semelhantes em relação aos clientes e clientes do cliente, divergindo apenas nos serviços e suas nomenclaturas assim como em relação aos fornecedores de serviços e tecnologias e produtos para a plataforma central. Outro ponto divergente é a própria plataforma central a AWS e a GCP ambas plataformas ofertam em comum o mesmo nicho de mercado que é serviços de computação em nuvem. Em relação ao modelo SSN para o ECOS AWS, o mesmo apresenta um pequeno panorama do grande ecossistema que é a AWS sem levar em consideração os outros ecossistemas que a AWS está inserida. Este modelo apresenta uma simulação do ECOS AWS para 11 serviços mais utilizados e que possuem uma demanda maior para a plataforma central.

O mesmo se aplica ao modelo SSN gerado para o ECOS GCP, apenas um pequeno panorama do grande ECOS que é a GCP, levando em consideração alguns serviços mais utilizados com a finalidade de realizar uma comparação com ECOS da AWS e visualizar as formas em que os serviços são ofertados assim como os valores para cada serviço. Uma diferença que pode ser observada nos modelos gerados são as estatísticas de cada modelo, geradas pela ferramenta de modelagem utilizada para a realização deste trabalho. Os números apresentados mostram diferença entre o quantitativo de atores assim como no quantitativo de relacionamentos, levando em consideração a forma da modelagem e a concepção da autora em relação às plataformas e a notação SSN.

Os valores para cada serviço divergem em sua maioria porém em relação a alguns serviços os preços são aproximados, seguindo as mesmas configurações expressas na calculadora de preços de cada plataforma. Os valores mostram o quanto é caro utilizar os serviços e que a demanda de mercado é sempre grande em relação à utilização dos mesmos por parte dos clientes. No geral os modelos gerados apresentam e simulam uma pequena parte dos ECOSs de cada uma das plataformas selecionadas AWS e GCP. Os modelos apresentam também a forma como os clientes se relacionam com a plataforma central por meio dos serviços e como os fornecedores de tecnologias se relacionam com a plataforma central e quais os resultados gerados nestes relacionamentos.

## **6.4 Projeções de pesquisa**

Algumas projeções de pesquisa derivam deste trabalho em relação a alguns aspectos: novos modelos SSN para ecossistemas de outras plataformas de computação em nuvem, de outros serviços mais específicos com foco nos relacionamentos entre a comunidade de usuários e a plataforma central. Em relação ao levantamento de papéis e atores dentro dos ecossistemas das plataformas de computação em nuvem, foco na simulação de ecossistemas, foco na evolução dos ecossistemas de acordo com os atores, relacionamentos e o ciclo de vida do ECOS.

### **6.4.1 *Novos usuários e clientes***

Um ECOS requer novos usuários sejam clientes ou usuários, fornecedores, parceiros ou desenvolvedores. Assim, de acordo com suas necessidades, o ecossistema evolui. No entanto, uma dificuldade é como atrair esses recém-chegados. O impacto desses recém-chegados é

fundamental na evolução do ECOS, pois pode implicar em mudanças na rede de relacionamentos, estrutura do ECOS e na plataforma central causando impacto nas tecnologias envolvidas e nas novas formas de integração e de negócios.

Novos tipos de desenvolvedores e usuários podem entrar no ECOS e, para isso, ele deve estar preparado para recebê-los. Para os ECOSs das plataformas de computação em nuvem, sempre há possibilidade e sobretudo necessidade de novos clientes, usuários, colaboradores, departamentos, softwares, sistemas e outros ECOSs adentrarem no ecossistema. Isso implica em algum impacto para o ECOS que pode ser analisado por meio de novos modelos SSN.

#### **6.4.2 *Novos modelos SSN para outras plataformas***

Levando em consideração o tópico prévio citado, sobre novos usuários e clientes, pode-se a partir dos mesmos realizar modelos mais abrangentes e mais complexos que demonstrem com mais precisão os relacionamentos entre os atores e a capacidade do ECOS de evoluir ao longo do tempo.

Novos modelos SSN para outras plataformas de computação em nuvem como, por exemplo a *Azure*, a *Huawei Cloud* dentre outras, possibilitando a comunidade de ECOS um repositório maior de modelos para esse nicho, modelos SSN para estudos futuros sobre evolução dos ECOSs, comparação de preço e formas de aplicação de serviço, análise do impacto da evolução na saúde dos ECOSs, avaliar a saúde e qualidade dos ECOS e possibilitar estudos sobre modelagem SSN mais precisos e mais abrangentes com foco em simulação.

A carência de modelos de ECOSs de modo geral é eminente, porém relacionada a plataformas de computação em nuvem é ainda maior, pois é algo inexistente na comunidade que ainda está se encaminhando. Pesquisas relacionadas a modelagem SSN e computação em nuvem possibilitam uma visão abrangente do ECOSs das plataformas, assim como o entendimento e análise sobre a comunidade de usuários existentes no ecossistema.

#### **6.4.3 *Novos modelos SSN para serviços específicos***

Novos modelos SSN para as plataformas de computação em nuvem relacionados a serviços específicos, por exemplo classificados por tipo de serviço como *IaaS*, *PaaS* e *SaaS*. Isso possibilita uma organização na classificação dos modelos e auxilia a comunidade em pesquisas posteriores relacionadas a esses modelos gerados, assim como auxilia na manutenção dos modelos ao longo do tempo.

Outro aspecto a ser considerado é em relação a comparação dos serviços, sendo eles classificados e organizados no modelos de forma específica, sugerindo assim modelos SSN menores, porém focados nos tipos de serviços, dando uma visão geral dos relacionamentos da comunidade de usuários com os serviços ofertados. Esses modelos posteriormente compilado em um grande modelo que mostre a magnitude do ECOS da plataforma com todos os relacionamentos possíveis, atores, e informações que deem a comunidade base para estudos futuros relacionados a diversos tópicos de pesquisa relacionados tanto a ECOS quanto a computação em nuvem.

#### **6.4.4 Simulação entre os atores do ECOS e relacionamentos**

A utilização da notação SSN permite a criação de um diagrama estático que representa um ECOS. Nesse diagrama é possível visualizar os atores e seus relacionamentos. Entretanto, o ECOS é dinâmico tendo entradas e saídas de atores relacionamentos sendo formalizados ou eliminados. Nesse sentido, simular a entrada e saída de atores e como os seus relacionamentos se comportam seria algo atrativo para a evolução e previsibilidade do ECOS.

No caso dos ECOSs de plataformas de computação em nuvem que disponibilizam aplicações e serviços de larga escala e utilizados por diversos domínios é natural que existam integrações com outros sistemas. Essas integrações são claros exemplos de entrada de novos sistemas no ECOS e isso implica em um novo diagrama SSN.

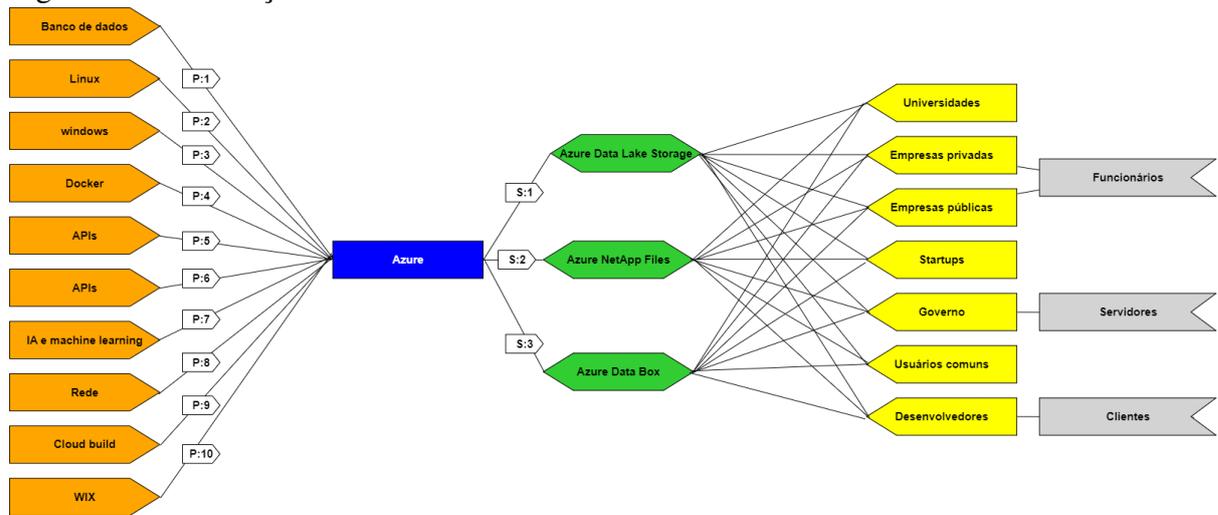
Além disso, a adoção de novas tecnologias caso o foco do diagrama SSN seja mais para tecnologias, essa espécie de simulação mesmo com imagens estáticas permitiria analisar a evolução dos ecossistemas e os impactos sobre os atores que entram nos ECOSs. Outro aspecto seria a mudança de atores, o que traz impactos para os ECOSs, pois os relacionamentos podem mudar assim como o tipo de informação trafegada.

Para ilustrar um exemplo de simulação de um ECOS com seus atores e relacionamentos, a Figura 28 apresenta simulação por meio do modelo SSN para o ECOS da plataforma *Azure* apenas para serviços específicos de *IaaS* com foco em armazenamento em nuvem.

#### **6.4.5 Evolução com foco na qualidade e saúde dos ECOSs**

Um ponto forte a ser considerado como projeção de pesquisa é relacionado a estudos sobre a evolução dos ECOSs das plataformas de acordo com o tempo, as mudanças da sociedade, da cultura e do avanço das tecnologias, tendo um foco mais específico na qualidade dos ECOSs por meio de estudos e análises com métricas para medir a qualidade de um ECOS e também

Figura 28 – Simulação do ECOS Azure.



Fonte: Elaborado pela autora.

focado na saúde dos ECOSs, outro ponto importante no estudo sobre a evolução pois o mesmo evidencia se a evolução beneficiou ou não o ecossistema de modo geral.

## 7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo apresenta as considerações finais do trabalho e está organizado da seguinte forma: Seção 7.1 apresenta uma visão geral do estudo, Seção 7.2 descreve as limitações do estudo e por fim, a Seção 7.3 apresenta os trabalhos futuros a este trabalho.

### 7.1 Considerações finais

Segundo o estudo realizado por Coutinho *et al.* (2019), os autores relatam sobre a falta de modelos de ECOS na literatura, modelos disponíveis ou ainda modelos relacionados a diversos domínios, como por exemplo neste trabalho modelo SSN para plataformas de computação em nuvem. Os autores argumentam ainda que a carência desses modelos impacta em dificultar a disseminação da literatura e ao ensino de ECOS.

Este trabalho teve por objetivo realizar a modelagem SSN para o Ecossistema de Software para as plataformas de computação em nuvem *Amazon Web Services* e *Google Cloud Platform*, com foco na comparação e análise dos modelos gerados sobre os principais serviços disponibilizados pelas plataformas. Além disso, possibilitando uma visão geral sobre o ECOS de cada plataforma, como fornece e precifica seus principais serviços de nuvem. Como objetivo secundário a este trabalho foi apresentar alguns desafios e oportunidades de pesquisa relacionados a ECOS e computação em nuvem.

Este trabalho realizou um levantamento sobre os 11 serviços mais utilizados na plataforma AWS, replicou os para os serviços para a plataforma CGP e conduziu o objetivo geral que era a modelagem SSN dos ECOS de cada plataforma. Para cada serviço foi realizado uma estimativa de preço utilizando a calculadora de preços de cada plataforma, utilizando as configurações mínimas como parâmetros de entrada para o cálculo do preço de cada serviço, preço esse mensal e anual em dólares americanos. Com isso, foi realizado o levantamento dos atores em cada ECOS, assim como seus relacionamentos com a plataforma central. Para isso um diagrama de uma rede sociotécnica foi elaborado para em primeiro lugar dar uma visão geral dos atores e acionamentos antes da implementação da modelagem SSN. Após isso, foi realizada a modelagem SSN para cada um dos ECOSs das plataformas, levando em consideração os atores elencados na rede sociotécnica.

Os modelos gerados neste trabalho foram modelados utilizando a notação SSN na ferramenta de modelagem ECOS *Modeling* disponível na literatura para a realização de modelagem de ECOS, manutenção de modelos e disponibilizando dados estatísticos dos modelos criados. Ao todo os modelos gerados foram bem massivos, com um número considerável de conteúdo e componentes SSN para cada ECOS. Ao todo no ECOS AWS foram 124 componentes, dentre eles atores e relacionamentos e para o ECOS GCP 99 componentes, uma diferença de 25 componentes. A maior diferença foi relacionada ao quantitativo de relacionamentos, quanto no ECOS AWS foram 79, no ECOS GCP foram 55.

Com a realização desse trabalho, espera-se fornecer a comunidade de ECOS em primeiro lugar os modelos SSN gerados que podem ser expandidos e dar continuidade a pesquisa, assim como fornecer modelos SSN para a comunidade focados em plataformas de computação em nuvem, algo que até então não existe ou não foi iniciado na literatura. As principais contribuições deste trabalho são em primeiro lugar a modelagem SSN para cada ECOS das plataformas. Em segundo a comparação dos modelos gerados, evidenciando diferenças de preços, formas de disponibilidade e forma e características de cada serviço e de cada plataforma, evidenciando a comunidade de usuários e principalmente os clientes de cada plataforma.

## **7.2 Limitações do trabalho**

Uma limitação de pesquisa a ser considerada neste trabalho é a falta de validação dos modelos gerados, ou seja, os modelos foram implementados de acordo com a visão da autora, sem a opinião de terceiros para que avaliassem a proposta e/ou propusessem sugestões de melhoria e sugestões para enriquecer e aumentara s contribuições do trabalho.

Outra limitação de pesquisa é referente aos cálculos dos preços dos serviços para cada plataforma, pois foram utilizadas apenas as configurações mínimas para cada instancia de serviço, sem levar em consideração a real necessidade e demanda dos clientes das plataformas. Uma pesquisa preliminar para identificar perfis de clientes e a partir daí traçar estimativas de preço seria mais formal e trariam resultados mais confiáveis a pesquisa.

### 7.3 Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros, em primeiro lugar todos os apontamentos e projeções de pesquisa relacionados a ECOS e computação em nuvem são considerados trabalhos futuros, pois evidenciam planos e sugestões de pesquisa que podem ser realizados de maneira geral a médio e longo prazo, não necessariamente voltado para os resultados obtidos neste trabalho.

Outras sugestões de trabalhos futuros é a realização de um pesquisa preliminar para identificar perfis de clientes e a partir daí traçar estimativas de preço de acordo com as demandas e necessidades dos mesmos. Outra trabalho é a realização da expansão dos modelos gerados neste trabalho, adicionando mais atores, mais relacionamentos simbióticos e realizar uma análise mais profunda dos modelos em relação aos serviços e as plataformas no mundo real.

Outro aspecto a ser considerado é a realização de trabalhos de modelagens de ECOS sobre outras plataformas de computação em nuvem, fazendo assim um levantamento das forma de aplicações dos serviços ofertados e expandindo e contribuindo na literatura com modelos de ECOS disponíveis.

## REFERÊNCIAS

- ANVAARI, M.; JANSEN, S. Evaluating architectural openness in mobile software platforms. In: \_\_\_\_\_. **Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2010. p. 85–92. ISBN 9781450301794. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1842752.1842775>. Acesso em: 25 jun. 2022.
- ARRUDA, D. F. de. Benefícios e desafios encontrados na adoção de cloud computing. **Revista SI**. [S.l.], 2011. Disponível em: [http://www.facol.com/si/downloads/Revista\\_SI\\_2011/Artigo04.pdf](http://www.facol.com/si/downloads/Revista_SI_2011/Artigo04.pdf). Acesso em: 04 jun. 2022.
- AWS. **Computação em nuvem com a AWS**. [S.l.], 2022. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is-aws/>. Acesso em: 04 jun. 2022.
- BALA, R.; GILL, B.; SMITH, D.; JI kevin; WRIGHT, D. **Quadrante Mágico para infraestrutura em nuvem e serviços de plataforma**. [S.l.], 2021. Disponível em: <https://www.gartner.com/technology/media-products/reprints/AWS/1-271W1OT3-PTB.html>. Acesso em: 06 jun. 2022.
- BARROS, L. C. A. **Análise das plataformas para implementação da cultura DEVOPS: uma visão geral dos principais prestadores de serviços em nuvem**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Sistemas para Internet) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano - campus Salgueiro, Salgueiro, Brasil, p. 20, 2022. Disponível em: <https://releia.ifsertao-pe.edu.br/jspui/handle/123456789/748>. Acesso em: 29 set. 2022.
- BASOLE, R. C.; PARK, H. Interfirm collaboration and firm value in software ecosystems: Evidence from cloud computing. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 66, n. 3, p. 368–380, Aug 2019. ISSN 1558-0040.
- BERK, I. van den; JANSEN, S.; LUINENBURG, L. Software ecosystems: A software ecosystem strategy assessment model. In: **Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2010. (ECSA '10), p. 127–134. ISBN 9781450301794. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1842752.1842781>. Acesso em: 18 ago. 2022.
- BISONG, E. An overview of google cloud platform services. In: \_\_\_\_\_. **Building Machine Learning and Deep Learning Models on Google Cloud Platform: A Comprehensive Guide for Beginners**. Berkeley, CA: Apress, 2019. p. 7–10. ISBN 978-1-4842-4470-8. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4470-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4470-8_2). Acesso em: 12 ago. 2022.
- BOSCH, J. From software product lines to software ecosystems. In: **Proceedings of the 13th International Software Product Line Conference**. USA: Carnegie Mellon University, 2009. (SPLC '09), p. 111–119.
- BOSCH, J. Software ecosystems – implications for strategy, business model and architecture. In: **2011 15th International Software Product Line Conference**. Munich, Germany: IEEE Press, 2011. v. 1, n. 2, p. 351–351. ISSN 978-1-4577-1029-2.
- BOUCHARAS, V.; JANSEN, S.; BRINKKEMPER, S. Formalizing software ecosystem modeling. In: **Proceedings of the 1st International Workshop on Open Component Ecosystems**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2009. (IWOCE '09),

p. 41–50. ISBN 9781605586779. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1595800.1595807>. Acesso em: 19 set. 2022.

BRANTNER, M.; FLORESCU, D.; GRAF, D.; KOSSMANN, D.; KRASKA, T. Building a database on s3. In: **Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2008. (SIGMOD '08), p. 251–264. ISBN 9781605581026. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1376616.1376645>. Acesso em: 11 ago. 2022.

BUYYA, R.; YEO, C. S.; VENUGOPAL, S.; BROBERG, J.; BRANDIC, I. Cloud computing and emerging it platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. **Future Generation computer systems**, Elsevier, v. 25, n. 6, p. 599–616, 2009.

CAMPBELL, P. R. J.; AHMED, F. A three-dimensional view of software ecosystems. In: **Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2010. (ECSA '10), p. 81–84. ISBN 9781450301794. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1842752.1842774>. Acesso em: 19 set. 2022.

COSTA, G.; SILVA, F.; SANTOS, R.; WERNER, C.; OLIVEIRA, T. From applications to a software ecosystem platform: An exploratory study. In: **Proceedings of the Fifth International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems**. New York, NY, USA: ACM, 2013. (MEDES '13), p. 9–16. ISBN 978-1-4503-2004-7. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/2536146.2536159>. Acesso em: 29 set. 2022.

COUTINHO, E. F. **FOLE**: um framework conceitual para avaliação de desempenho da elasticidade em ambientes de computação em nuvem. Tese (Doutorado), Fortaleza, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/18673>. Acesso em: 15 out. 2022.

COUTINHO, E. F.; SANTOS, I.; MOREIRA, L. O.; BEZERRA, C. I. M. A report on the teaching of software ecosystems in software engineering discipline. In: **Proceedings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering**. New York, NY, USA: ACM, 2019. (SBES 2019), p. 130–139. ISBN 978-1-4503-7651-8. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/3350768.3351302>. Acesso em: 15 out. 2022.

COUTINHO, E. F.; VIANA, D.; SANTOS, R. P. dos. An exploratory study on the need for modeling software ecosystems: The case of solar seco. In: **9th International Workshop on Modelling in Software Engineering (MISE)**. Piscataway, NJ, USA: IEEE Press, 2017. (MISE '17), p. 47–53. ISBN 978-1-5386-0426-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MiSE.2017.3>. Acesso em: 15 out. 2022.

DHUNGANA, D.; GROHER, I.; SCHLUDERMANN, E.; BIFFL, S. Software ecosystems vs. natural ecosystems: Learning from the ingenious mind of nature. In: **Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2010. (ECSA '10), p. 96–102. ISBN 9781450301794. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1842752.1842777>. Acesso em: 25 out. 2022.

FRANCA, M.; SANTOS, R.; WERNER, C. A roadmap for cloud seco: Ecodata and the new actors in iot era. In: **2015 International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems**. Fortaleza, Brazil: IEEE Press, 2015. v. 1, n. 2, p. 218–223. ISSN 2325-2944.

GARCIA-HOLGADO, A.; GARCIA-PENALVO, F. J. Mapping the systematic literature studies about software ecosystems. In: **Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018. (TEEM'18), p. 910–918. ISBN 9781450365185. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3284179.3284330>. Acesso em: 15 out. 2022.

GOOGLE CLOUD PLATFORM. **Locais do Cloud**. 2022. Disponível em: <https://cloud.google.com/about/locations>. Acesso em: 06 jun. 2022.

HANDOYO, E.; JANSEN, S.; BRINKKEMPER, S. Software ecosystem modeling: The value chains. In: **Proceedings of the Fifth International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2013. (MEDES '13), p. 17–24. ISBN 9781450320047. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2536146.2536167>. Acesso em: 15 out. 2022.

HANSEN, G. K. A longitudinal case study of an emerging software ecosystem: Implications for practice and theory. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 85, n. 7, p. 1455–1466, 2012.

IANSITI, M.; LEVIEN, R. **The keystone advantage**: what the new dynamics of business ecosystems mean for strategy, innovation, and sustainability. Boston, EUA: Harvard Business Press, 2004.

INAPPS. **Devops ans cloud computing in 2022: comparing aws vs. gcp vs. azure**. [S.l], 2022. Disponível em: <https://www.inapps.net/devops-and-cloud-computing-in-2021-aws-vs-gcp-vs-azure/>. Acesso em: 04 jun. 2022.

IPM. **História da computação em nuvem: como surgiu a cloud computing?** [S.l], 2020. Disponível em: <https://www.ipm.com.br/blog/administracao-geral/historia-da-computacao-em-nuvem-como-surgiu-a-cloud-computing/>. Acesso em: 04 jun. 2022.

ISSA, N. **Cloud Computing Security and Privacy Preservation**: using multi-level encryption. v. 7, p. 125, 06 2021. Disponível em: <http://ijeit.misuratau.edu.ly/>. Acesso em: 04 jun. 2022.

ITEXPERTS. **Modelos de Negócio na computação em nuvem**. 2021. Disponível em: <https://www.itexperts.com.br/blog/tecnico/computacao-nuvem-modelos-negocio/>. Acesso em: 04 jun. 2022.

JANSEN, S.; BRINKKEMPER, S.; FINKELSTEIN, A. Providing transparency in the business of software: A modeling technique for software supply networks. In: CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H.; NOVAIS, P.; ANALIDE, C. (Ed.). **Establishing the Foundation of Collaborative Networks**. Boston, MA: Springer US, 2007. p. 677–686. ISBN 978-0-387-73798-0.

JANSEN, S.; BRINKKEMPER, S.; FINKELSTEIN, A. Business network management as a survival strategy: A tale of two software ecosystems. **Iwseco@ Icsr**, [S.l], 2009.

JANSEN, S.; HANDOYO, E.; ALVES, C. Scientists' needs in modelling software ecosystems. In: **Proceedings of the 2015 European Conference on Software Architecture Workshops**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2015. (ECSAW '15). ISBN

9781450333931. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2797433.2797479>. Acesso em: 15 out. 2022.

KAUSHIK, P.; RAO, A. M.; SINGH, D. P.; VASHISHT, S.; GUPTA, S. Cloud computing and comparison based on service and performance between amazon aws, microsoft azure, and google cloud. In: **2021 International Conference on Technological Advancements and Innovations (ICTAI)**. Victoria, Australia: ScienceDirect, 2021. p. 268–273.

KITCHENHAM, B. A.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. [S. l.], 2007. Disponível em: [https://www.elsevier.com/\\_data/promis\\_misc/525444systematicreviewsguide.pdf](https://www.elsevier.com/_data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf). Acesso em: 06 jun. 2022.

LIMA, T. M. P. **Uma Abordagem Socio-técnica para Apoiar Modelagem e Análise de Ecossistemas de Software**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação e Informação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - Departamento de Engenharia Eletrônica, Rio de Janeiro, Brasil, p. 83, 2015. Disponível em: [http://reuse.cos.ufrj.br/media/publicacoes/graduacao/PF\\_Thaiana.pdf](http://reuse.cos.ufrj.br/media/publicacoes/graduacao/PF_Thaiana.pdf). Acesso em: 25 jun. 2022.

LUCIDCHART. **Tudo sobre computação em nuvem ou cloud computing**. 2021. Disponível em: <https://www.lucidchart.com/blog/pt/computacao-em-nuvem>. Acesso em: 04 jun. 2022.

MANIKAS, K. Revisiting software ecosystems research: A longitudinal literature study. **Journal of Systems and Software**, v. 117, p. 84 – 103, 2016. ISSN 0164-1212. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121216000406>. Acesso em: 25 jun. 2022.

MANIKAS, K.; HANSEN, K. M. Software ecosystems—a systematic literature review. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 86, n. 5, p. 1294–1306, 2013.

MCGREGOR, J. D. A method for analyzing software product line ecosystems. In: **Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture**. [S. l.: s. n.], 2010. p. 73–80.

MELL, P.; GRANCE, T. The nist definition of cloud computing. **Computer Security Division, Information Technology Laboratory, National**. [S.l.], 2011. Disponível em: <http://faculty.winthrop.edu/domanm/csci411/Handouts/NIST.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2022.

MICROSOFT. **O que é computação em nuvem?** 2022. Disponível em: <https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/what-is-cloud-computing/>. Acesso em: 04 jun. 2022.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G.; GROUP, P. Reprint—preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the prisma statement. **Physical therapy**, Oxford University Press, v. 89, n. 9, p. 873–880, 2009.

MOORE, J. **The death of competition: leadership strategy in the age of business ecosystems**. Harper Paperbacks, New York, 1996.

MOREIRA, J. P.; CARVALHO, L. F. B. S. de; SILVEIRA, T. de S. Serviços para computação em nuvem vantagem x desvantagens de sua implantação. **Revista Interdisciplinar em Gestão, Educação, Tecnologia e Saúde-GETS**, v. 4, n. 1, 2021.

PEDROSA, P. H.; NOGUEIRA, T. Computação em nuvem. **Unicamp**, v. 6, 2011. Disponível em: <https://www.ic.unicamp.br/~ducatte/mo401/1s2011/T2/Artigos/G04-095352-120531-t2.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2022.

PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. Systematic mapping studies in software engineering. In: **12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE) 12**. Bari, Italy: ScienceOpen, 2008. p. 1–10.

PINHEIRO, F. V. d. S.; COUTINHO, E. F.; SANTOS, I.; BEZERRA, C. I. M. A tool for supporting the teaching and modeling of software ecosystems using ssn notation. **Journal on Interactive Systems**, v. 13, n. 1, p. 192–204, Sep. 2022. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/journals/index.php/jis/article/view/2602>.

RODRIGUES, G. C.; GALDINO, L. R.; NETO, J. M. F. A. Aplicação da computação em nuvem em pequenas e médias empresas: revisão sistemática. **Prospectus**. [S.l.], v. 1, n. 1, 2019. ISSN: 2674-8576.

RUSS, C. Online crowds-extraordinary mass behavior on the internet. **Proceedings of i-Media**. [S.l.], v. 7, 2007. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=1620803>. Acesso em: 19 set. 2022.

SADI, M. H.; YU, E. Designing software ecosystems: How can modeling techniques help? In: GAALOUL, K.; SCHMIDT, R.; NURCAN, S.; GUERREIRO, S.; MA, Q. (Ed.). **Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling**. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 360–375. ISBN 978-3-319-19237-6.

SALEHI, A. W.; NOORI, F.; SABOORI, R. Cloud computing security challenges and its potential solution. **American Journal of Engineering Research**, v. 8, n. 0, p. 10, 2019.

SANTOS, R.; MARCZAK, S.; NAKAGAU, E. Y. Sustainability and longevity in software systems. **VII Congresso Brasileiro de Software – Teoria e Prática**, Maríná - PR, 2016.

SANTOS, R.; WERNER, C.; ALVES, C.; PINTO, M.; CUKIERMAN, H.; OLIVEIRA, F.; EGLER, T. Ecosystems de software: Um novo espaço para a construção de redes e territórios envolvendo governo, sociedade e a web. **Políticas Públicas: Interações e Urbanidades**. [S.l.], p. 337–366, 2013. Acesso em: 25 jun. 2022.

SANTOS, R. P.; WERNER, C. M. L. Treating social dimension in software ecosystems through reuseecos approach. In: **2012 6th IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies (DEST)**. Campione d’Italia, Italy: IEEE Press, 2012. p. 1–6.

SAPHIR. **Conheça 11 principais serviços da AWS – amazon web services**. [S.l.], 2019. Disponível em: <https://blog.saphir.com.br/conheca-os-principais-servicos-da-aws-amazon-web-services/>. Acesso em: 19 set. 2022.

SIMMON, E. *et al.* Evaluation of cloud computing services based on nist sp 800-145. **NIST Special Publication**. [S.l.], v. 500, p. 322, 2018.

SOROR, A. A.; MINHAS, U. F.; ABOULNAGA, A.; SALEM, K.; KOKOSIELIS, P.; KAMATH, S. Automatic virtual machine configuration for database workloads. **ACM Transactions on Database Systems (TODS)**, ACM New York, NY, USA, v. 35, n. 1, p. 1–47, 2008.

SRIVASTAVA, P.; KHAN, R. A review paper on cloud computing. **International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering**, v. 8, n. 6, p. 17–20, 2018.

TAGHIPOUR, M.; SOOFI, M.; MAHBOOBI, M.; ABDI, J. Application of cloud computing in system management in order to control the process. **Management**, v. 3, n. 3, p. 34–55, 2020.

UNICAMP. **O que é computação em nuvem?** 2020. Disponível em: [https://suporte.nuvem.unicamp.br/sobre/o\\_que\\_e.html](https://suporte.nuvem.unicamp.br/sobre/o_que_e.html). Acesso em: 04 jun. 2022.

VALENÇA, G.; ALVES, C. F. Um modelo para negociação de requisitos em ecossistemas de software. In: **ER@ BR**. Recife, Brazil: UFPE, 2013.

WULANDARI, R.; JONAS, D.; ALWARITS, N. F. Design of expert system application for android-based dslr camera damage diagnosis. **IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI)**, v. 1, n. 2, p. 99–107, 2020.

YEVGE, A.; GHAG, P.; SOLANKI, C.; MISHRA, A. **Review Paper on Cloud Service Provider–AWS, Azure, GCP**. Mumbai, India, 2022.

ZUFFO, M. K.; KOFUJI, S. T.; LOPES, R. de D.; HIRA, A. A computação em nuvem na universidade de são paulo. **Revista USP**. São Paulo, n. 97, p. 9–18, 2013.