

**UNIVERSIDADE ESTADUAL AO TOCANTINS**  
**CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE AUXÍLIO À TOMADA DE  
DECISÃO PARA ESCOLHA DE PLATAFORMA DE *CLOUD*  
*COMPUTING*.**

**PAULO JOSÉ DE SOUSA**

Palmas - TO

2016

**UNIVERSIDADE ESTADUAL AO TOCANTINS**  
**CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE AUXÍLIO À TOMADA DE  
DECISÃO PARA ESCOLHA DE PLATAFORMA DE *CLOUD*  
*COMPUTING*.**

**PAULO JOSÉ DE SOUSA**

Trabalho de Conclusão do Curso de  
Sistemas de Informação da Fundação  
Universidade do Tocantins, apresentado  
como parte dos requisitos para obtenção  
do título de Bacharel de Sistema de  
Informação.

Professor Orientador: Me. Douglas  
Chagas Silva

Palmas - TO

2016

Dedico esse trabalho aos meus pais por me apoiarem e acreditarem em mim nessa longa jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou a minha vida nessa jornada e por estar sempre ao meu lado nas horas mais difíceis, me ajudando na minha vida acadêmica, pessoal e profissional.

Não posso deixar de agradecer minha família, mas importante meus queridos pais José Dias de Sousa e Maria Aparecida de Sousa, pois sem eles não estaria aqui.

Ao meu professor orientador Me. Douglas Chagas pela sua disponibilidade, ensino e um grande assistência para esse presente trabalho.

Aos demais professores na minha formação acadêmica por ter passado o conhecimento, aos quais foi muito importante para minha vida profissional.

A todos só quero dizer: Muito Obrigado!

*"Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente, mas o que melhor se adapta às mudanças" (Charles Darwin).*

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

AHP - *Analytic Hierarchy Process*

App – *Applications*

AWS - *Amazon Web Service*

CN - *Clouding Computing*

CPU – *Central Processing Unit*

CRP - *Choose Right Platform*

CRM - *Customer Relationship Management*

EC2 - *Elastic Computer*

GAE - *Google App Engine*

IAAS – *Infrastructure as a ServiceIaaS*

IC – *Índice de Confiança*

IDC - *Internacional Data Corporation*

IDE - *Integrated Development Environment*

MADM - *Multiple Atrribute Decision Making*

MCDM - *Multiple Criteria Decision Making*

MODM - *Multiple Objective Decision Making*

MS – *Microsoft*

NIST - *National Institute of Standards and Techonology*

PAAS - *Platform as a Service*

PROMETHEE - *Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evalutations*

RAM – *Random Acess Memory*

SAAS – *Software as a Service*

SO – *Sistema Operacional*

STD – *Standard Deviation*

SGBD - *Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados*

TI - *Tecnologia da Informação*

UML - *Unified Modeling Language*

VAR – *Variância*

## RESUMO

Este trabalho consiste em aplicar a combinação dos métodos de tomada de decisão para avaliar qual a plataforma de computação em nuvem seria mais adequada para cada usuário. A grande expansão da computação em nuvem no mercado levou ao surgimento de muitos provedores para a oferta de serviços em nuvens aos usuários. Diante deste fato, o ato de escolha da plataforma de serviço que mais se enquadra no perfil de cada usuário torna-se uma tarefa difícil, visto a gama critérios e alternativas a serem analisados. Para resolver este problema de seleção de plataforma em nuvens, este trabalho propõe a aplicação da combinação de métodos MCDM (*Multiple Criteria Decision Making*) dentre os quais foram selecionados: AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e PROMETHEE II. Para validar o estudo realizado implementou-se um aplicativo móvel que realiza a combinação desses métodos, sugerindo como resultado a melhor plataforma dentre as preferências do usuário.

**Palavras-chave:** Computação em nuvem; Plataformas como Serviço; Decisão Multicritério.

## **ABSTRACT**

This work consists of applying the combination of decision-making methods to evaluate which cloud computing platform would be most suitable for each user. The great expansion of cloud computing in the market has led to the emergence of many providers for the provision of cloud services to users. Given this fact, the act of choosing the service platform that best fits the profile of each user becomes a difficult task, considering the range of criteria and alternatives to be analyzed. To solve this problem of selection of platform in clouds, this work proposes the application of the combination of MCDM (Multiple Criteria Decision Making) methods among which were selected: AHP (Analytic Hierarchy Process) and PROMETHEE II. To validate the study, a mobile application was implemented that combines these methods, suggesting as a result the best platform among user preferences.

**Keywords:** Cloud Computing; Platforms as Service; AHP; PROMETHEE



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelos de serviços. ....	7
Figura 2 - Quota de mercado. ....	9
Figura 3- Árvore Hierárquica do Modelo AHP.....	19
Figura 4 - Representação da função de preferência, Critério Usual.....	24
Figura 5 (a, b, c, d) –Arquitetura da aplicação movel. ....	29
Figura 6 - Diagrama de Caso de Uso. ....	30
Figura 7 - Diagrama de Atividades. ....	31
Figura 8 - Diagrama de classe. ....	33
Figura 9 (a, b, c) - Telas do aplicativo CRP. ....	34
Figura 10 (a, b) - Gráfico gerado pelo Teste I no cenário I.....	36
Figura 11 (a, b)- Gráfico gerado pelo Teste II no cenário II. ....	37
Figura 12 – Resultado do desempenho para o cenário I.....	38
Figura 13 – Resultado do desempenho para o cenário II. ....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais utilizados. ....	17
Tabela 2 - Definição dos critérios .....	18
Tabela 3 - Definição das alternativas .....	18
Tabela 4 - Escala Fundamental Saaty (2008). ....	20
Tabela 5 – Comparação par a par entre os critérios. ....	20
Tabela 6 – Somatória de cada elemento das colunas dos critérios. ....	21
Tabela 7 – Divisão de cada elemento pelo somatório da coluna. ....	21
Tabela 8 – Geração do Autovetor (Vetor de Prioridades).....	22
Tabela 9 - Características dos critérios para cada mantenedor.....	22
Tabela 10 – Matriz de Critérios e Alternativa – PROMETHEE II. ....	23
Tabela 11 – Características dos critérios para o decisor. ....	23
Tabela 12 – Matriz de comparação à luz do critério preço. ....	24
Tabela 13 – Matriz de comparação à luz do critério SGBD.....	25
Tabela 14 – Matriz de comparação à luz do critério suporte. ....	25
Tabela 15 – Matriz de comparação à luz do critério run-time. ....	25
Tabela 16 – Matriz de comparação à luz do critério preço aplicando o peso respectivo. ....	26
Tabela 17 – Matriz de comparação à luz critério run-time aplicando o peso respectivo. ....	26
Tabela 18 – Matriz de índices de preferência positiva e negativa.....	27
Tabela 19 – Matriz resultante.....	28
Tabela 20 - Percentual de vendas – SO smartphones.....	28
Tabela 21 - Média, mediana e moda do cenário I. ....	38
Tabela 22 - Média, mediana e moda para o cenário II. ....	39
Tabela 23 - Colheta dos dados para cenário I. ....	46
Tabela 24- Colheta dos dados para cenário II. ....	47

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 MOTIVAÇÃO .....	2
1.2 OBJETIVOS .....	3
1.2.1 Objetivos Geral .....	3
1.2.2 Objetivos Específicos .....	3
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
2.1 TRABALHOS RELACIONADOS .....	4
2.2 COMPUTAÇÃO EM NUVEM.....	6
2.3 MODELOS DE SERVIÇOS .....	6
2.4 MODELOS DE IMPLATAÇÃO.....	7
2.5 PLATAFORMAS EM NUVEM PÚBLICA .....	8
2.5.1 Amazon Web Service (AWS) e AWS Elastic Beanstalk .....	9
2.5.2 Google App Engine.....	10
2.5.3 Microsoft Azure .....	11
2.5.4 IBM Bluemix .....	12
2.5.5 Salesforce.....	12
2.6 METODOS DECISÃO MULTICRITÉRIO .....	12
2.6.1 Método de Análise Hierárquica (AHP).....	14
2.6.2 Método PROMETHEE .....	15
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>16</b>
3.1 MATERIAIS.....	16
3.2 MÉTODOS .....	17
3.2.1 Aplicação do método AHP.....	19
3.2.2 Aplicação do método PROMETHHE II.....	22
<b>4. APLICATIVO MOVEL .....</b>	<b>28</b>
<b>5. RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>34</b>
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>40</b>
6.1 TRABALHOS FUTUROS .....	42
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>
<b>APÊNDICE A: DADOS COLETADOS DA AMOSTRA.....</b>	<b>46</b>



## 1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, o polo tecnológico vem sofrendo muitas transformações. Novas tecnologias como a Computação em Nuvem - CN (do acrônimo em inglês *Cloud Computing*) vêm ganhando espaço no mercado atual. Com a computação em nuvem é possível utilizar recursos computacionais como: rede, processamento e armazenamento via Internet, onde o computador local é apenas um meio de acesso a eles.

Segundo NIST (*National Institute of Standards and Techonology*), computação em nuvem é um modelo que permite ao usuário acesso a recurso computacionais em qualquer lugar do mundo. Esses recursos computacionais compreendem redes, servidores, armazenamento de dados e aplicações que podem ser rapidamente liberados com mínimo de esforço e de gerenciamento ou interação com o provedor de serviços.

Conforme (ARMBRUST, FOX, *et al.*, 2010), a computação em nuvem pode ser vista com um serviço de utilidade pública, porque se assemelha com os serviços básicos de água e energia onde o pagamento é baseado no uso. Tais características permitem aos desenvolvedores com ideias inovadoras empreender e implantar seus softwares em plataformas robusta sem grandes investimentos de capital em *hardware*.

Com advento dessa tecnologia empresas foram criadas no mercado realizando alto investimentos na área. Grandes empresas como Amazon, Google, IBM e Microsoft disponibiliza uma gama de serviços em nuvem. A partir deles é possível utilizar infraestrutura, plataforma e software, onde o pagamento é baseado na sua utilização e um modelo de serviço por bilhetagem e crédito.

Segundo *Computerworld* (2013) afirma que as empresas gastaram cerca de 109 milhões de dólares com a computação em nuvem em 2012, um crescimento de 20% em comparação com ano anterior. Ao mesmo tempo, a indústria de serviço em nuvem vem crescendo ao longo dos anos contando com uma grande variedade de provedores com estratégias diferenciadas para conquistar os clientes.

A grande diversidade de soluções e possibilidades descritas acima, requer uma tomada de decisão mais complexa, para quem pretende mudar do modelo tradicional para modelo em nuvem. Nesse contexto, fatores com preço, suporte, *run-time* e banco de dados pode ser fundamental na escolha de uma determinada solução em nuvem.

Diante dos vários aspectos e possibilidades que compõem a escolha da plataforma em nuvem a ser utilizada por um determinado usuário, tem-se um problema de decisão

multicritérios. Nesses problemas, vários critérios são utilizados na definição da escolha final entre várias alternativas. Tais decisões se baseiam em modelos matemáticos padronizados e consistente que fornecem os subsídios necessários para realização da melhor escolha dentro dos aspectos mapeados pelo usuário.

Dentre os vários métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios (MCDM – *Multiple Criteria Decision Making*) Guglielmetti, Marins, & Salomon, (2003) cita três métodos clássicos de MCDM os quais são: AHP, *Analytic Hierarchy Process*, proposto por Saaty (1997); ELECTRE, *Elimination and Choice Expressing Reality*, desenvolvida por Roy (1968); MAHP, *Multiplicative AHP*, proposto por Lootsma (1993). Já Bastos & Almeida (2002) destaca, diferente destes, os métodos MAUT, PROMETHEE (*Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations*) desenvolvida pelos professores J.P Brans, B. Marechal e P. Vincke (1984); e o TODIM, Tomada de Decisão Interativa Multicritério, desenvolvido por Gomes e Lima (1992).

Este trabalho visa auxiliar o usuário na escolha de uma plataforma em nuvem, onde são utilizados combinação de métodos matemáticos para devida comparação. Os métodos multicritérios que se destacam-se na realização desse trabalho foram: AHP e PROMETHEE II, pela facilidade de uso e de entendimento, além de ser extremamente eficiente conforme pode ser visto em trabalho como: (SILVA, 2015), (RIOS, 2012) e (FERREIRA, MARTINS e SALGADO, 2015). Para validar o estudo realizado foi desenvolvido um aplicativo móvel aplicando a combinação dos métodos para ter como resultado a melhor plataforma para usuário.

## 1.1 MOTIVAÇÃO

A computação em nuvem vem se tornando uns dos assuntos mais discutidos da indústria de TI (SOUSA, MOREIRA, *et al.*, 2011). Segundo Lacheta (2014), a computação em nuvem está sendo cada vez mais adotada por grandes, medias e pequenas empresas para instalar e disponibilizar as suas aplicações e os seus serviços na web. Diversos serviços de computação em nuvem estão disponíveis para os usuários, entre eles destacam-se as plataformas sobre serviço.

As plataformas oferecem para os usuários uma gama de serviços tais como: testes, implantação, hospedagem, integração de serviços web, segurança, integridade de banco de dados, entre outros. Tais serviços podem ser diferenciados para cada tipo de mantenedores.

Ao se optar por realizar a migração para o modelo em nuvem têm-se uma tarefa tanto quanto complicada, pois atualmente existem diversos mantenedores e cada um possui uma ampla variedade de planos de serviços, tornando difícil a escolha de qual plano melhor se ajusta às necessidades de cada usuário.

Fatores como descritos acima levam à tomada de decisão mais criteriosas, onde são encontrados cenários de múltiplos critérios a serem analisados. Nesse contexto vale destacar a importância dos métodos MCDM para auxiliar o usuário na escolha da melhor plataforma para suas necessidades.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivos Geral

Realizar a combinação de métodos multicritério de tomada de decisão no contexto das plataformas em nuvens disponíveis no mercado. Tal combinação tem como objetivo classificar e priorizar, de forma eficaz e sem grande custo operacional, a melhor plataforma entre as levantadas, visando com isso classificar a melhor plataforma para usuário diante a sua preferência.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- I. Estudar e levantar características dos principais provedores de nuvem pública do mercado.
- II. Estudar problemas envolvendo decisão multicritério e os métodos AHP e PROMETHEE II.
- III. Comparar as principais plataformas de computação em nuvem no mercado, a partir de um conjunto de critérios, utilizados métodos computacionais.
- IV. Implementar uma aplicação móvel para validar o estudo realizado.
- V. Testar o desempenho da aplicação em um ambiente mobile.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 TRABALHOS RELACIONADOS

Diversos trabalhos estão relacionados a Computação em Nuvem, haja vista ser essa uma área promissora para usuários que querem reduzir seus custos juntamente deixando seu negócio escalável. Partes destes trabalhos focam em pesquisas bibliográficas visando definir e apresentar os diversos conceitos que compõem a computação em nuvem como é o caso de (POSSOBOM, 2010) e (RODRIGUES, WERNER e SILVA, 2012). Porém há poucos que se propõem a realizar comparações de provedores em nuvem baseados em preferências do usuário.

A autora Possobom (2010), traz o levantamento bibliográfico, através do qual pretende demonstrar que a tecnologia está sempre em constante mudança e inovação, através do esclarecimento do conceito da computação em nuvem e suas funcionalidades.

Em (GOMES, 2012) observa-se as vantagens da utilização da computação em nuvem, mostrando a evolução histórica da computação. A autora expandiu as diferentes tecnologias da computação em nuvem mostrando que ela provê a computação como serviço, onde o pagamento é realizado sob demanda. Após o entendimento do que venha ser computação em nuvem, foi feito um estudo detalhado sobre as plataformas de computação em nuvens como Open Shift<sup>1</sup>, Google AppEngine<sup>2</sup> (GAE), Microsoft Azure<sup>3</sup> e Amazon Web Service<sup>4</sup> (AWS).

No que se refere aos métodos para a tomada de decisão no contexto de computação em nuvem, os autores em (OLIVEIRA, COSTA e NETO, 2014), fazem comparações entre os modelos de serviço e implantação da computação em nuvem. Para análise dos dados foi utilizado o software “Web-Hipre”, como ferramenta de aplicação do método AHP. O estudo teve como resultado apontado a Nuvem Híbrida como o tipo mais adequado para implantação da computação em nuvem em organizações.

Para selecionar o modelo de computação em nuvem que mais se adapta às necessidades de uma empresa júnior, os autores em (FERREIRA, MARTINS e SALGADO, 2015) utilizam o método de tomada de decisão AHP para realizar

---

<sup>1</sup> Disponível em: < <https://www.openshift.com> >

<sup>2</sup> Disponível em: < <https://appengine.google.com> >

<sup>3</sup> Disponível em: < <https://azure.microsoft.com> >

<sup>4</sup> Disponível em: < <https://aws.amazon.com> >



comparações paritárias entre os critérios levantados e selecionar a melhor alternativa adotada em cima de objetivo bem definido. O trabalho gerou como resultado final o modelo privado como melhor alternativa para adoção de computação em nuvem em empresas júnior.

Outros trabalhos, utilizando enfoques diversos também concentram-se na utilização dos métodos de decisão. Em (RIOS, 2012), utiliza o método AHP para resolver um problema de gerenciamento do *handover*, que é parte do processo de seleção de redes. O autor traz uma visão geral sobre método, visando com isso conceituar e exemplificar o seu funcionamento. A tomada de decisão do método baseada em critérios pré-definidos tem como resultado a otimização da seleção do melhor ponto de acesso para dispositivo móvel.

A proposta de seleção de rede de acesso pelo autor (SILVA, 2015) é a combinação dos métodos AHP e PROMETHEE II juntamente com protocolos e ferramentas computacionais para classificar a melhor rede no ambiente mobile. Tal implementação provê mecanismo que torna seleção de rede transparente para o usuário e com baixo custo computacionais para os dispositivos móveis. Os resultados apontam uma solução que permite classificar a melhor rede sem muito custo computacionais e que proporciona uma qualidade desejável no serviço de rede do usuário.

Além do exposto, os autores em (BASTOS e ALMEIDA, 2002) utilizam o método PROMETHEE II para realizar contratação de empresa com base em processos licitatórios. O artigo propõe a inserção de índice de indiferença entre os preços oferecidos pelos concorrentes e analisa os critérios como: qualidade do serviço e compromisso da empresa cumprir as obrigações no período estabelecido. Tais critérios são fornecidos ao método de tomada de decisão tendo como resultado a empresa vencedora.

Para comparar entre os métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios (MCDM), os autores Guglielmetti, Marins e Salomon (2003) propõem uma metodologia com uma série de características relacionadas à utilização deste tipo de métodos. Os métodos clássicos comparados nos estudos foram: AHP, ELECTRE e MAHP.

Os autores em (LEITE e FREITAS, 2012) realizam a comparação de métodos de apoio multicritério à decisão. O trabalho busca responder as seguintes perguntas: quais os métodos são mais adequados ao tipo de situação investigada? Quais as vantagens e desvantagens de cada método, diante dos mais variados problemas? O trabalho propõe a comparação de três métodos os quais são elencados: AHP, ELECTRE e PROMETHEE.

Para tal comparação são levantadas as vantagens e desvantagens de cada um, mostrando também um roteiro de como escolher um método para um determinado situação.

## 2.2 COMPUTAÇÃO EM NUVEM

A Computação em Nuvem ou *Cloud Computing* é um modelo de computação o qual permite oferecer como serviço recursos de *software* e/ou de *hardware*, de maneira transparente para os usuários, por intermédio de redes de computadores.

Buyya, Yeo, *et al.* (2009) define computação em nuvem como um sistema pararelo e distribuído formado por um conjunto de computadores virtualizados e conectados via rede, o qual é representado como um único recurso computacional. Tal recurso é disponibilizado como serviço através de contratos que são estabelecidos entre o provedor e o usuário.

Já para Armbrust, Fox, *et al.* (2010) define a computação em nuvem como um conjunto de serviços de rede ativados, proporcionado estabilidade, qualidade de serviço, infraestrutura de baixo custo monetário sob demanda e que pode ser acessada de uma forma simples.

Computação em nuvem proporciona recursos de armazenamento e processamento via internet, tais recursos são consumidos sob demanda, reduzindo largamente o custo das empresas em infraestrutura de TI de alta capacidade (CHENG, ZHANG e BOUTABA, 2010). Os serviços de computação em nuvem são subdivididos em: Infraestrutura como Serviço (IaaS), Plataforma como Serviço (PaaS) e Software como Serviço (SaaS).

## 2.3 MODELOS DE SERVIÇOS

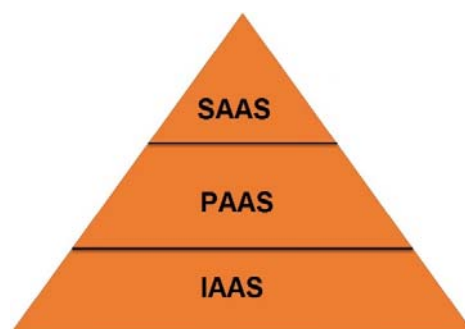
Conforme a *NIST*, os modelos de serviços da computação em nuvem podem ser divididos em três segmentos (NIST, 2011).

- a) *SaaS – Software as a Service* – provê serviços de computação para usuário final. Pode ser conhecido como *software* sob demanda. Nesse tipo de modelo o *software* e todas suas dependências são hospedados em um servidor de serviço. O provedor fornecer a aplicação para os usuários acessá-los via web.

- b) *PaaS – Platform as a Service* – com esse modelo o desenvolvedor não precisa se preocupar com a infraestrutura onde seu aplicativo vai rodar. O provedor gera a plataforma necessária para cada tipo de desenvolvimento.
- c) *IaaS – Infrastructure as a Service* – tipicamente é abstração do *hardware*. Consiste de serviços web onde é possível gerenciar recursos computacionais, como memória, processamento e armazenamento de acordo com a necessidade. Esse modelo possui grande escalabilidade, disponibilidade e redundância.

De maneira geral os tipos de serviço podem ser ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Modelos de serviços.



Fonte: (SILVA, 2014)

## 2.4 MODELOS DE IMPLANTAÇÃO

No que se refere a disponibilidade de acesso de ambiente de computação em nuvem, existem vários tipos de modelos de implantação. A restrição ou abertura de acesso depende de processo de negócio, do tipo de informação e do nível de visão de cada organização (SOUSA, 2009).

Os três modelos são divididos em:

- a) Nuvem Pública – Consiste em uma infraestrutura provisionada para usos abertos pelo público em geral. Uma nuvem pública é operada e gerida por um provedor a partir de vários datacenters.
- b) Nuvem Privada - Nesse tipo de modelo de implantação, diferentemente da nuvem pública a infraestrutura de nuvem é utilizada exclusivamente para a organização. Assim, a organização adquire e gerencia esses equipamentos em nuvem.

- c) Nuvem Híbrida - As nuvens públicas e privadas se combinam para formar as nuvens híbridadas. As nuvens híbridadas permitem que a nuvem privada possa ter seus recursos ampliados a partir de uma reserva de recursos em uma nuvem pública.

## 2.5 PLATAFORMAS EM NUVEM PÚBLICA

O modelo de plataforma em nuvem é um serviço prestado por um provedor aos usuários, através da internet. A plataformas públicas oferece uma infraestrutura de alto nível de integração para implementar e testar aplicação em nuvem. Essas plataformas contêm ferramentas de desenvolvimento orientado a produção, cobrando desses, apenas pelos recursos utilizados.

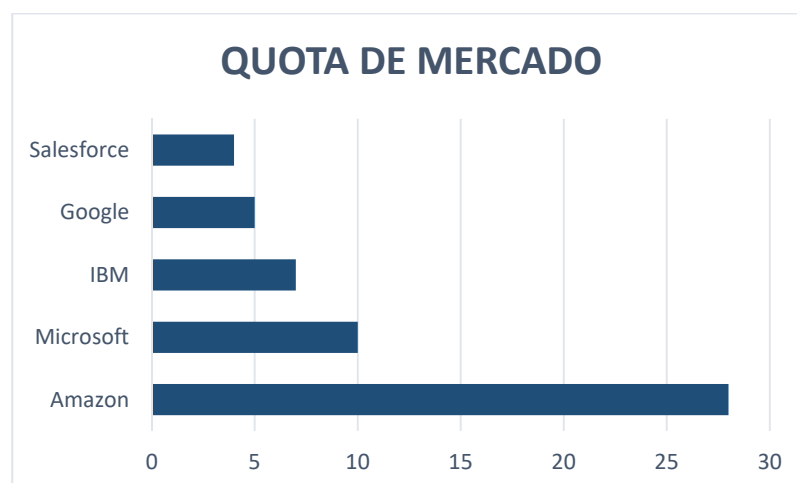
Para Ramos (2015), PaaS representa um ambiente de mais alto nível para desenvolvimento de aplicação customizada. Geralmente esses ambientes fornecem um conjunto de primitivas para que uma aplicação tenha maior escalabilidade.

Conforme Butler (2015), empresas de grandes nomes são os provedores de plataformas de nuvem que mais atraem administradores e desenvolvedores. Grandes fornecedores de plataforma em nuvem podem ser elencados tais como: Amazon, Google, Microsoft e IBM ambos renomados e respeitados no mercado. Tais provedores têm investido pesado para o fornecimento de serviço de computação pública de qualidade.

De acordo com relatório do Synergy Research, AWS atingiu a cinco anos elevados quota no mercado, apesar da grande concorrência da Microsoft, Google e IBM. A pesquisa consta os serviço de SaaS, PaaS e IaaS, afirma que a AWS tem alcançado 28% do mercado total da computação em nuvem, seguida pela Microsoft que atingiu 10% e logo atrás IBM com 7 % e a Google com 5 % e por último as Salesforce com 4% e Rackspace (3%) (BABCOCK, 2015).

Portanto, Synergy Research conclui que há inúmeros fornecedores de nuvem, contudo a maioria dos clientes estão se instalando nos provedores listados na Figura 2 (BABCOCK, 2015).

Figura 2 - Quota de mercado.



Fonte: Adaptado de Babcock, 2015.

### 2.5.1 Amazon Web Service (AWS) e AWS Elastic Beanstalk

AWS começou a oferecer sua plataforma de infraestrutura de tecnologia em 2006. Ela possui dezenas de serviços, cada qual expõe uma área de funcionamento. Enquanto a variedade de serviços oferece flexibilidade para como você deseja gerenciar sua infraestrutura AWS, ele pode ser um desafio para descobrir quais serviços utilizar e quais realmente supri as necessidades de cada um.

Na Amazon AWS pode-se escalar os recursos conforme a demanda, e também ajustar dinamicamente a quantidade de servidores que ficam atendendo as requisições. Um exemplo prático disso seria definir uma quantidade mínima de servidores que ficaram disponíveis para anteder as requisições, e durante os horários de pico, serviços da AWS permitem monitorar esses servidores, se caso ele esteja sobrecarregado, automaticamente novos servidores podem ser adicionados para atender a demanda (LECHETA, 2014)

AWS Elastic Beanstalk, tem a capacidade de implantar rapidamente e gerenciar aplicativos na nuvem AWS sem se preocupar com a infraestrutura que executa essas aplicações. AWS Elastic Beantalk reduz a complexidade de gerenciamento. Para a utilização basta realizar *upload* da aplicação e Elastic Beanstalk automaticamente gerencia os detalhes de provisionamento de capacidade, balanceamento de carga, dimensionamento e monitoramento automático para que a aplicação execute sem problemas.

AWS Elastic Beanstalk, não cobra por utilização da solução, apenas paga pelos recursos AWS necessários para armazenamento e execução do aplicativos. Esta solução garante maior flexibilidade para os desenvolvedores, pois o sistema poderá ser desenvolvido em qualquer computador por meio de uma IDE (ex: Eclipse). O Elastic Beanstalk fornece suporte as linguagens PHP, Java, Python, Ruby, Node.js, .NET ou solução de contêineres tais como o Docker. (AMAZON, 2016).

No Elastic Beanstalk é suportado várias pilhas de software famosos no mercado, como o Apache HTTP Server para Node.js, PHP e Python, o Passenger para Ruby, o IIS para .NET e o Apache Tomcat para Java. Existem outras vantagens em utilizar o Elastic Beanstalk, como facilidade para fazer *deploy*, controle de versões, balanceadores de carga com escalonamento automático e configurável, monitoramento de instancias com a CloudWatch e acesso ao EC2 (Elastic Computer) para configuração dos recursos computacionais necessário para sua aplicação (LACHETA, 2014).

### 2.5.2 Google App Engine

A Google lançou seu serviço de hospedagem de aplicação web, em abril de 2008, nomeado de Google App Engine, ou GAE. Esta solução é uma PaaS que permite a construção de aplicativos web e mobile escaláveis, ou seja, o usuário não precisa se preocupar com a camada de infraestrutura onde sua aplicação esta alocada. App Engine fornece-lhe com serviços e APIs embutidas, tais como armazenamentos de dados NoSQL, memcache, e uma autenticação de API do usuário, comuns a maioria das aplicações do GAE (GOOGLE, 2016).

Como o AWS Elastic Beanstalk, o GAE oferece auto-scaling para que os aplicativos possam instantaneamente escalar automaticamente com base no uso da aplicação. Assim, o GAE suporta de zero a milhões de usuários.

Com GAE não é preciso se preocupar com administração do banco de dados, configuração de servidores, fragmentação e outros serviços que estão todos automatizados (SILVA, 2014).

O GAE conta com serviço de armazenamento baseado em *BigTable*, a qual se refere em um sistema distribuído de armazenamento de dados em larga escala (SOUSA, MOREIRA, *et al.*, 2011).

O melhor de tudo, não é necessário se preocupar com a compra de servidores, balanceadores de carga, ou tabelas DNS para as aplicações. O Google lida com as tarefas pesadas para o desenvolvedor (VELTE, VELTE e ELSENPETER, 2011).

O GAE conta com suporte as ferramentas de desenvolvimento populares, como Eclipse, IntelliJ, Maven, Git, Jeenkins, e PyCharm. É possível fazer a integração das IDE com o GAE sem alterar o fluxo do trabalho de desenvolvimento (GOOGLE, 2016).

### 2.5.3 Microsoft Azure

Microsoft iniciou o projeto Azure em outubro de 2008. A plataforma de nuvem foi originalmente chamado de Windows Azure, mais foi renomeado para Microsoft Azure em abril de 2014. Azure compete com outras plataformas de nuvem pública com AWS da Amazon, GAE da Google (ROUSE, 2016).

Microsoft Azure é a plataforma de computação em nuvem da Microsoft. Esta plataforma oferece uma gama de serviço em nuvem. Os usuários podem escolher alguns dos serviços oferecidos para desenvolver e expandir novas aplicações, ou executa aplicações existente na nuvem pública (ROUSE, 2016).

Para garantir a alta disponibilidade, a Azure conta com grandes data centers localizados ao redor do mundo. A partir de janeiro de 2016, a Microsoft garante que seus serviços Azure estão disponíveis em 22 regiões em todo mundo, inclusive Brasil, Ásia, Europa, Austrália e Estados Unidos. Com isso, a Microsoft ganha dos seus concorrentes no que tange a abrangência de países e regiões do que seus concorrentes.

A plataforma Azure dá suporte a vários sistemas operacionais, linguagem de programação, frameworks, ferramenta, banco de dados e dispositivos. Tem total integração com contêiner Linux com suporte ao Docker, compila aplicativos em JavaScript, Python, .NET, PHP, Java e Node.js, e também compila *back-ends* para dispositivo IOS, Android e Windows Phone (AZURE, 2016).

O desenvolvimento das aplicações pode realizar o desenvolvimento no Visual Studio, que em seguida pode ser publicado na nuvem da Microsoft. É semelhante ao Google App Engine, porquê é necessário baixar um SDK (*Software Development Kit*) para começar o desenvolvimento (VELTE, VELTE e ELSENPETER, 2011).

#### 2.5.4 IBM Bluemix

IBM Bluemix é oferta de nuvens mais recentes da IBM. Com ela é possível que as organizações e os desenvolvedores criem, implementação e gerenciamento de aplicativos em nuvem de maneira ágil e fácil. O Bluemix é uma implementação da Arquitetura de Nuvem Aberta da IBM baseada em Cloud Foundry, uma plataforma como serviço (PaaS) de código aberto (IBM, 2016).

A plataforma permite a otimização do tempo gasto na criação da nuvem. Com Bluemix, não é preciso se preocupar em instalar software ou ter que lidar com imagens de máquinas virtuais ou hardware. Com poucos cliques, é possível proporcionar instâncias dos seus aplicativos com os serviços necessários para oferecer suporte. O desenvolvedor não perde mais tempo em levantar os requisitos necessários para fazer seu aplicativo funcionar, com o Bluemix é possível oferecer o suporte necessário para o desenvolvimento.

#### 2.5.5 Salesforce

Deste a criação da empresa Salesforce<sup>5</sup>, em 1999, tratava-se do primeiro serviço empresarial a oferecer aplicativos de negócios em páginas web. Este posteriormente foi chamando de Software como Serviço (SaaS) o qual é um tipo de serviço que a computação em nuvem oferece. Deste então, a Salesforce tem sido a pioneira em cloud computing para empresas de grande, médio e pequeno portes.

A empresa é conhecida por ter produzido uns do CRM mais conhecido do mundo, se espalhando em mais de 23 países seu faturamento anual chega em média US\$ 3 bilhões.

### 2.6 METODOS DECISÃO MULTICRITÉRIO

A vida do homem sempre houve a necessidade de tomar decisão. O sucesso ou fracasso de uma decisão pode-se está atrelada na escolha tomada. A tomada de decisão não é algo trivial, em muitos casos pode ser uma atividade complexa a qual possui um universo de escolha, fatores, abordagens e critérios pessoais que pode ser relacionado com o caminho escolhido (SANTOS e WAGNER, 2007).

---

<sup>5</sup> Disponível em: <<http://www.salesforce.com>>



Napoleão Bonaparte fala que “*Nada é mais difícil e, portanto, mais preciso do que a habilidade de decidir*”. Essa afirmação faz referência à habilidade de um comandante tomar iniciativa no campo de batalha e durante ao tiroteio, mas elas também refletem o quanto é importante e complexa a tomada de decisão (CLARK, HARMAN, 2004).

Conforme Junior (2006) a teoria da decisão pode ser dividida em dois segmentos: descritivo e prescritivo. A primeira é fundamentada no estudo das armadilhas psicológicas do raciocínio, em que o decisor pode-se ter a concepção prejudicada sobre o problema, por exemplo, pela sua preferência a alguma solução peculiar. Já a segunda teoria trata-se de métodos científicos e técnicos que auxiliam na tomada de decisão.

Os métodos de decisão que consideram mais de um critério são definidos como métodos multicritérios (métodos MCDM). Tais métodos, utilizam uma variedade de alternativas que são avaliadas por número de critério pré-definido, sendo que a atribuição dos pesos para cada critério induz a uma alternativa particular. Tais características são partes inerentes à problemática desse trabalho. Os métodos têm como resultado a ordenação das alternativas, trazendo em forma de *ranking* ou classificação a melhor alternativa (KAHRAMAN, 2008).

Para Kahraman (2008), os métodos MCDM são divididos em: *Multiple Attribute Decision Making* (MADM) e *Multiple Objective Decision Making* (MODM). Na abordagem MADM é considerado em realizar seleção entre alternativas predeterminadas na presença de múltiplos critérios, os quais são geralmente conflitantes, sendo que a quantidade de alternativas deve ser limitada e elas devem ser descritas por meio dos critérios relacionados. Com isso é possível desenvolver um processo de classificação das alternativas.

Contudo a abordagem MADM proporciona soluções mais possíveis de serem realizadas e passíveis de serem implementadas. Há situações em que é necessário modelar o problema de seleção de fornecedores por meio da abordagem MODM. Uma das justificativas principal para escolha do método MODM se dá pelo fato de que a decisão final do problema influencie diferente a função dentro uma organização. A esse respeito, podemos citar: compras, qualidade, produção, entre outras. Portanto a organização deve buscar a maximização do desempenho de cada uma destas funções por meio de obtenção de resultados “ótimos” na decisão. Mas este é um processo complexo e, em muitos casos, é impossível de ser implementado. (BHUTTA, 2002).

Vários autores destacam MADM mais utilizados. Salomon e Montevechi (2001) apresentam as comparações efetuadas por Zanakakis *et al.* (1998) entre os métodos AHP, TOPSIS e ELECTRE, Saunders (1994) analisou as características técnicas dos métodos SJT, MAUT, AHP e PA. Já Guglielmetti, Marins (2003) avaliaram alguns MADM de acordo com umas determinadas características de desempenho.

### 2.6.1 Método de Análise Hierárquica (AHP)

O método AHP, também conhecido como Método de Análise Hierárquica é utilizado para facilitar a análise, compreensão e avaliação do problema de tomada de decisão, realizando a divisão do caso em níveis hierárquicos. O AHP foi desenvolvido por Thomas L. Saaty em 1977, na qual o objetivo consistem em auxiliar o usuário a tomada de decisão. O conhecimento e a experiência dos tomadores de decisão são tão fundamentais quanto os levantamentos dos dados utilizados. O método permite avaliar o conjunto de critérios tangíveis como os financeiros, mas também os critérios intangíveis como a escolha baseado na preferência do tomador de decisão (NUNES JUNIOR, 2006).

Conforme Saaty (2008), o método AHP oferece grande vantagem que permite ao tomador de decisão atribuir pesos relativos para os critérios. Com esse método é possível realizar comparações entres os critérios identificando-o mais relevante para o usuário.

Segundo Costa (2002), o método AHP se baseia em três princípios de pensamento analítico:

O primeiro princípio é a construção de hierarquias, onde o método oferece a estruturação do problema em níveis hierárquicos, desta forma, auxilia o usuário uma melhor compreensão e avaliação do mesmo. A construção de hierarquias é uma etapa fundamental no processo de raciocínio humano. Para atividades que identificam os elementos-chave para o usuário, agrupando em conjunto afins, e assim alocados em camadas específicas. O segundo é definição de prioridade que trata do ajuste das prioridades, no qual é essencial, visto que se fundamenta na habilidade do indivíduo perceber o relacionamento entre os critérios e situações observadas, comparando pares com objetivo da escolha de um determinado opção a qual é a mais favorável. Já o terceiro princípio e o último é a consistência lógica, onde é possível avaliar o modelo de priorização construído quanto a sua consistência. O AHP utilizar tanto analise qualitativo quanto quantitativo do pensamento do ser humano.

Conforme afirma Cunha (2006), ao utilizar os três princípios, o Método AHP proporciona tantos aspectos qualitativos quanto quantitativos do pensamento humano, e também a qualidade para se definir o problema, a sua hierarquia e os aspectos quantitativos para expressar julgamento e preferência de forma concisa.

Costa (2002) refere-se a foco principal como sendo objetivo central. Pode-se dá como exemplo a compra de uma aeronave, um automóvel, a escolha de um investimento financeiro e de uma moradia. O conjunto de alternativas viáveis indica a possibilidade de decisão e o conjunto de critérios a qual é o conjunto de propriedades, critérios, quesitos a serem avaliados para tomada de decisão.

O método se caracteriza pelo fato de decompor o problema em níveis hierárquicos. Pode-se fazer uma analogia a uma estrutura semelhante à de uma árvore, onde o primeiro nível da estrutura corresponde a raiz, sendo o objetivo principal bem definido, e os critérios e subcritérios por se entendidos como folha que compõe a árvore (DUMOULIN, GUIMARÃES e NEVES, 2006).

#### 2.6.2 Método PROMETHEE

O método PROMETHEE teve início na escola francesa, foi desenvolvido pelo professor J.P. Brans, B. Mareschal e P. Vincke, em 1984, desde então tem sido aperfeiçoado e adaptado surgindo com isso outras versões da família PROMETHEE (BRANS e MARESCHAL, 1994).

A família PROMETHEE é dividida pelas literaturas em:

- PROMETHEE I – pré-ordem parcial, problemas de escolha e ordenação.
- PROMETHHE II – realizar um pré-ordem completa entra as alternativas, também utilizados nas problemáticas de escolha e ordenação.
- PROMETHHE III – utilização de noção de indiferença, tratamento probabilístico dos fluxos (preferência intervalar).
- PROMETHHE IV – utilizado em situações onde o conjunto de alternativas é contínuo.
- PROMETHHE V – após estabelecer uma ordem completa entra as alternativas utilizando o método PROMETHHE II, são introduzidas restrições, identificadas no caso, é incorporado uma metodologia de otimização para as alternativas selecionadas.

- PROMETHHE VI – realizar a pré-ordem completa ou parcial. Problemática de escolha e ordenamento. Destinado a situação em que o decisor não consegue estabelecer um valor fixo dos pesos para cada critério.
- PROMETHHE GAIA – através de um procedimento interativo usando uma interface gráfica, realiza-se a extensão dos resultados do PROMETHHE.

Como citado há várias versões do PROMETHHE. No que tange ao PROMETHEE I se obtém uma pré-ordem parcial, e no PROMETHHE II pode-se ter uma pré-ordem total considerado os fluxos líquidos de cada escolha. As outras versões do método analisam as situações mais sofisticadas de decisão. Isso torna mais complexo a tomada de decisão. Em tese, problemas com componentes estocásticos (FLAMENT, 1999).

Os métodos da família PROMETHEE se destacam por serem de fácil compreensão do decisor. Conforme Gartner (2001) com o método PROMETHHE é possível proporcionar ao decisor uma melhor entrosamento e entendimento da metodologia de apoio à tomada de decisão com o qual está envolvido na problemática. O método atua, basicamente, na construção de relações de superação valorizada de cada critério e abrange conceitos e parâmetros que possuem alguma interpretação física ou econômica de fácil entendimento para o decisor.

Esse método realiza comparações de superação entre cada par das alternativas ordenadas levando em conta a diferença de pontuação que essas ações possuem a respeito de cada critério (FLAMENT, 1999).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 MATERIAIS

O desenvolvimento do aplicativo se dará com a utilização da IDE Android Studio<sup>6</sup>, na sua versão 2.1.2, a qual é uma ferramenta oficial de desenvolvimento para Android. Para modelagem do aplicativo utilizará Astha Community<sup>7</sup>, na sua versão 7.0, onde serão elaborados todos os diagramas necessários.

---

<sup>6</sup> Disponível em: < <https://developer.android.com/studio/index.html> >

<sup>7</sup> Disponível em: < <http://astah.net/editions/community> >

O trabalho utilizará apenas softwares livres para seu desenvolvimento, visando a redução de custo.

Para viabilidade do trabalho, serão utilizados os seguintes componentes de hardware e software:

Tabela 1 - Materiais utilizados.

DESCRIÇÃO	FABRICANTE	VERSÃO / MODELO
Notebook	Asus	K43E
Smartphone	Asus	Zenfone 2 Laser
Android Studio <sup>2</sup>	Google	v2.1.2
Astah Community <sup>3</sup>	Astah	v7.0
SQLite <sup>8</sup>	SQLite Consortium	v3.0
JDK <sup>9</sup>	Oracle	8u91

### 3.2 MÉTODOS

A metodologia proposta neste trabalho tem como objetivo utilizar combinação de métodos multicritérios para auxiliar na tomada de decisão. Para realizar o mapeamento das preferências do usuário e em seguida aplicar a tomada de decisão, utilizou-se os métodos AHP e PROMETHEE II respectivamente. Sendo que o método AHP, usando a escala fundamental de Saaty (SAATY, 2008), será possível definir os pesos da preferência de cada critério da problemática. A saída do método AHP será utilizado como parte da entrada para o método PROMETHEE II, após isso é obtido o ranking com as notas de cada alternativa ao final do processo de classificação, subsidiando a escolha do usuário pela alternativa melhor ranqueada.

As escolhas desses métodos deu-se a partir do estudo realizado em diversos trabalhos, conforme mencionado anteriormente na seção 2.1. Trabalhos como o de (SILVA, 2015), baseia-se em tais métodos, apresentando uma metodologia simples, que faz uso de cálculos matriciais reduzidos, os que torna-os ideais para implementação em dispositivos móveis, que detém de poucos recursos computacionais.

Os critérios elencados para a comparações das plataformas de nuvem levantadas neste trabalho foram definidos de acordo com a documentação disponíveis no site dos mantenedores, sendo que para cada critério é possível realizar comparações entre as

<sup>8</sup> Disponível em: <<https://www.sqlite.org/>>

<sup>9</sup> Disponível em: <<http://www.oracle.com/technetwork/pt/java/javase/downloads/index.html>>

plataformas dos diferentes mantenedores. A Tabela 2 ilustra os critérios levantados neste trabalho.

Tabela 2 - Definição dos critérios

<b>Crítérios</b>
SGBD
Suporte
Run-time
Preço

Para melhor entendimento segue uma breve descrição de cada critério. Essa definição pode auxiliar na escolha dos pesos do decisor para cada critério:

- SGBD: critério relacionado aos SGBD (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados) disponíveis para plataformas. Esse critério lista os SGBD nativos oferecido para cada fabricante.
- Suporte: critério relacionado aos canais de atendimentos aos usuários das plataformas.
- *Run-Time*: critério relacionado a tecnologias suportadas para realizar a implantação da aplicação do desenvolvedor.
- Preço: critério relacionado ao custo que o cliente terá ao se contrata o serviço. A maioria dos provedores oferece pacotes gratuitos, porém limitados.

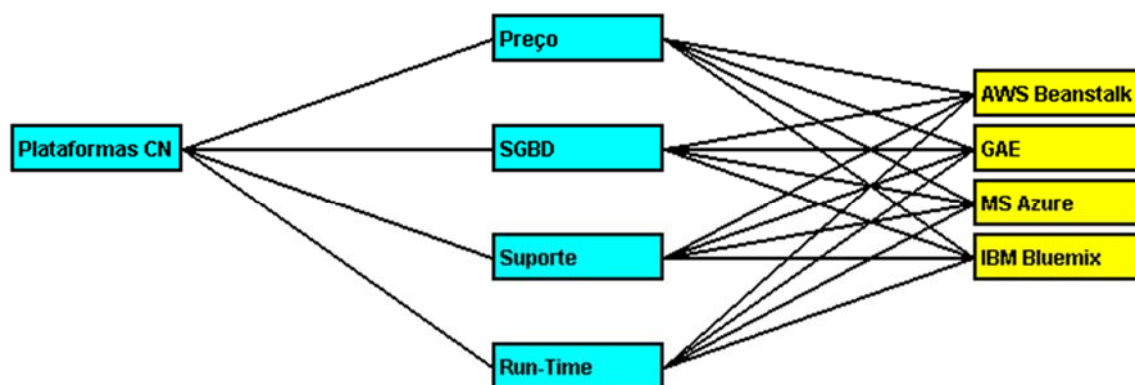
Com a grande diversidade de provedores em nuvem foram avaliados os principais fornecedores do mercado conforme visto na Figura 2. Já na Tabela 3 é ilustrado os provedores escolhidos.

Tabela 3 - Definição das alternativas

<b>Alternativas</b>
AWS Elastic Beanstalk
Google App Engine (GAE)
MS Azure
IBM Bluemix

Após serem definidos os critérios e as alternativas é possível construir a árvore de decisão para o problema em questão. A figura 5 mostra a árvore hierárquica do modelo AHP construída com o Software *Web-Hipre*<sup>10</sup>.

Figura 3- Árvore Hierárquica do Modelo AHP



Para ilustrar o funcionamento da aplicação dos métodos será utilizado um exemplo didático da problemática levantada neste trabalho. Para tanto, serão aplicados os métodos selecionados, sendo que cada valor de cada critério foi escolhida arbitrariamente para ilustração do processo.

### 3.2.1 Aplicação do método AHP

Após realizar a modelagem hierárquica gráfica, ilustrada na Figura 3, fez-se necessário analisar os critérios e atribuir os pesos. O decisor necessita ter o conhecimento e até mesmo domínio do problema abordado no objetivo global.

No método AHP o fator de decisão é atribuído por pesos através de comparações aos pares. Com isso, o tomador de decisão pode definir o grau de importância em relação a outro critério a qual esteja realizando a comparação.

O AHP trabalha com comparações paritárias entre critérios e subcritérios, trazendo em análise: Qual a relevância de um critério em relação ao outro? (PEARMAN, DODGSON, *et al.*, 2001). As comparações expressas em termos verbais através de escolhas serão convertidas em valores numéricos, utilizando a escala fundamental de Saaty conforme a Tabela 3.

<sup>10</sup> Disponível em: < <http://hipre.aalto.fi> >

Na Tabela 4 mostra-se, com detalhes, o conceito de peso, mecanismo fundamental utilizado no método AHP. Os critérios são definidos com um número absoluto em uma escala crescente de um a nove.

Tabela 4 - Escala Fundamental Saaty (2008).

GRAL DE IMPORTÂNCIA (PESO)	DEFINIÇÃO	DETALHAMENTO
1	Mesma Importância	Ambos os critérios contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena	A experiência e o julgamento favorecem levemente um critério em relação ao outro
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente o critério em relação ao outro
7	Importância muito grande	Um critério é fortemente favorecido em relação à outra sua dominação de importância é demonstrado na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece um critério em relação ao outro o mais alto grau de certeza
2,4,6,8	Valores intermediários aos valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

Após de atribuir os pesos para cada critério, é necessário imprimir os resultados da comparação em uma matriz quadrática de ordem  $n$ , a qual pode ser chamada de matriz de decisão. Essa matriz representa o grau de importância que cada critério impõe sobre o outro.

Valores apresentados na diagonal principal sempre serão 1, pois cada critério quando comparado a si mesmo sempre terá mesma importância. Como exemplo, tem-se a constante na Tabela 5.

Tabela 5 – Comparação par a par entre os critérios.

ESCOLHA DA PLATAFORMA	PREÇO	SGBD	SUPORTE	RUN-TIME
PREÇO	1	5	3	2
SGBD	1/5	1	1/2	1/3
SUPORTE	1/3	2	1	1/5
RUN-TIME	1/2	3	5	1



Os critérios mais predominantes são os que tem peso mais altos, como por exemplo, o critério PREÇO é 5 vezes mais importante que o critério SGBD, então a importância de SGBD em relação a PREÇO é 1/5 conforme a Tabela 4. Os valores são recíprocos entre os critérios.

Com o julgamento das preferências dos critérios, se faz necessário realizar o cálculo da somatória de cada elemento das colunas dos critérios. Essa etapa é apresentada na Tabela 5.

Tabela 6 – Somatória de cada elemento das colunas dos critérios.

ESCOLHA DA PLATAFORMA	PREÇO	SGBD	SUPORTE	RUN-TIME
PREÇO	1	5	3	2
SGBD	1/5	1	1/2	1/3
SUPORTE	1/3	2	1	1/5
RUN-TIME	1/2	3	5	1
$\Sigma$	$1+(1/5)+(1/3)+(1/2) = 2,03$	$5+1+2+3 = 11,00$	$3+(1/2)+1+5=9,50$	$2+(1/3)+(1/5)+1 = 3,53$

Divide-se cada elemento pela soma de todos elementos da sua própria coluna, normalizando a matriz para que o somatório de seus elementos seja da mesma unidade.

Tabela 7 – Divisão de cada elemento pelo somatório da coluna.

ESCOLHA DA PLATAFORMA	PREÇO	SGBD	SUPORTE	RUN-TIME
PREÇO	$1/2,03 = 0,49$	$5/11,0 = 0,45$	$3/9,50 = 0,31$	$2/3,53 = 0,56$
SGBD	$(1/5)/2,03 = 0,09$	$1/11,0 = 0,09$	$(1/2)/9,50 = 0,05$	$(1/3)/3,53 = 0,09$
SUPORTE	$(1/3)/0,23 = 0,16$	$2/11,0 = 0,18$	$1/9,50 = 0,10$	$(1/5)/3,53 = 0,05$
RUN-TIME	$(1/2)/0,23 = 0,25$	$3/11,0 = 0,27$	$5/9,50 = 0,52$	$1/3,53 = 0,28$
$\Sigma$	1	1	1	1

Por fim, a média aritmética de cada linha é calculada, gerando o autovetor, também conhecido como Prioridade Médias Locais (PML). Esse vetor representa a dominância de cada critério em relação ao outro. Essa operação é representada na Tabela 7.

Tabela 8 – Geração do Autovetor (Vetor de Prioridades)

ESCOLHA DA PLATAFORMA	PREÇO	SGBD	SUPORTE	RUN-TIME	AUTOVETOR
PREÇO	0,49	0,45	0,31	0,56	$(0,49+0,45+0,31+0,56)/4 = \mathbf{0,45}$
SGBD	0,09	0,09	0,05	0,09	$(0,09+0,09+0,05+0,09)/4 = \mathbf{0,08}$
SUPORTE	0,16	0,18	0,10	0,05	$(0,16+0,18+0,10+0,05)/4 = \mathbf{0,12}$
RUN-TIME	0,25	0,27	0,52	0,28	$(0,25+0,27+0,52+0,28)/4 = \mathbf{0,33}$
$\Sigma$	1	1	1	1	$0,45+0,08+0,12+0,33 = \mathbf{1}$

O autovetor, ou seja, vetor de prioridade (pesos), foi obtido após utilização do método AHP, para os critérios, preço, documentação, suporte, *ru-time*, sendo que os valores dos pesos relativos aos critérios foram respectivamente 0,45, 0,08, 0,12, 0,33. Pode-se perceber que o critério com maior peso neste exemplo foi o PREÇO.

Os pesos desse processo servem de entrada para o método PROMETHHE II, o qual avaliara a escolha da melhor opção a ser tomada.

### 3.2.2 Aplicação do método PROMETHHE II

As alternativas levantadas na Tabela 2 serão referenciadas no método PROMETHHE II como alternativa do problema. A Tabela 9 apresenta os critérios sob os quais as alternativas serão avaliados, conforme comentado anteriormente.

Tabela 9 - Características dos critérios para cada mantenedor.

PROVEDOR	Amazon	Google	Microsoft	IBM
SERVIÇO	AWS Beanstalk	App Engine	Azure	Blumix
SGBD	PostgreSQL, MySQL, Oracle DB e Microsoft SQL	PostgreSQL, MySQL, Google Cloud SQL	MySQL, Oracle DB. MongoDB e Microsoft SQL	PostgreSQL e MySQL
SUPORTE	24/7, Chat online, Telefone e Fóruns	Telefone e Fóruns	24/7, Chat online, Telefone e Fóruns	24/7, Auto atendimento de recursos e Fóruns
RUN-TIME	.NET, Go, Node, Ruby, Java, PHP e Python	Go, Java, PHP e Python	.NET, Node, Ruby, Java, PHP e Python	Ruby, Java, PHP e Python

A Tabela 9 foi elaborada com base nas informações do site SoftwareInsider<sup>11</sup>, o qual dispõem de várias informações dos provedores em nuvem com propósito de facilitar

<sup>11</sup> Disponível em: <<http://cloud-computing.softwareinsider.com/>>

a escolha entre eles. Os critério SGBD, Suporte e Run-Time para montagem do problema foi feito um levantamento quantitativo das opções disponível para cada critério. Onde por exemplo, a luz do critério SGBD a alternativa AWS possui 4 opção disponível, dividida em PostGreSQL, MySQL, Oracle DB e Microsoft SQL, para plataforma de desenvolvimento em nuvem. Já para o critério preço foi levantado no site do fabricante sendo que a sua cotação é media em dólar por hora. Todos mantenedores utiliza um nível de uso gratuito, onde nada é cobrado ao usuário, tal preço levantado na Tabela 10 é apenas um adicional de armazenamento padrão de 1 TB por hora.

Tabela 10 – Matriz de Critérios e Alternativa – PROMETHEE II.

ALTERNATIVAS	PREÇO	SGBD	SUORTE	RUN-TIME
AWS BEANSTALK	0,1	4,00	4,00	6,00
GAE	0,5	3,00	2,00	4,00
MS AZURE	0,2	4,00	4,00	6,00
IBM BLUMIX	0,2	2,00	2,00	4,00

A partir da Tabela 10, é necessário determinar a curva das funções, também conhecidas como funções de preferências. Segundo Costa (2003), função de preferências demonstra o comportamento ou atitude do decisor frente às diferenças provenientes da comparação par-a-par das alternativas para um dado critério exposto pela coluna. Já para Bastos & Almeida (2002) a função de preferência são representadas em função de diferença do critério perante as alternativas, sendo escolhidas conforme o problema em conjunto com o decisor. A função assumir valores entre 0 e 1 e estão associado a cada critério indicando a preferência da alternativa.

Para cada critério pode ser definido um tipo de curva onde se pode escolher entre um a cinco tipos. Contudo, o problema em questão adotou-se a curva tipo I (Critério Usual) conforme ilustrado na Tabela 11.

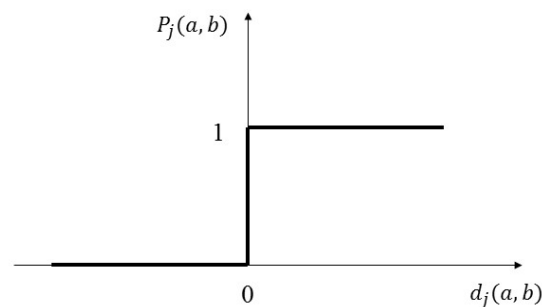
Tabela 11 – Características dos critérios para o decisor.

CRITÉRIO	PESO	CURVA	PARÂMETRO
PREÇO	0,45	I	-
SGBD	0,08	I	-
SUORTE	0,12	I	-
RUN-TIME	0,33	I	-

Equação 1 - Função de preferência, Critério Usual

$$P_j(a, b) = \begin{cases} 0 & \text{se } d_j(a, b) \leq 0 \\ 1 & \text{se } d_j(a, b) > 0 \end{cases}$$

Figura 4 - Representação da função de preferência, Critério Usual.



Para tal problema adotou-se a curva I, ilustrada na Figura 4, esta curva é denominada critério usual, representado pela Equação 1. As comparações entre as alternativas são comparadas par-a-par, não fazendo uso de parâmetros adicionais. Sendo assim, a alternativa que apresenta o maior valor para o critério é atribuída 1.

É definida para cada critério a matriz de comparação entre as alternativas  $P_j(a, b)$ , onde **a** representa o alternativa na vertical e **b** na horizontal. Para elaboração das matrizes de critérios é importante ressaltar que para os critérios SGBD suporte e *run-time*, quanto maior valor melhor é a alternativa, sendo que para o critério preço o oposto é verdadeiro. A Equação 1 descreve a equação utilizada para geração das matrizes.

Tabela 12 – Matriz de comparação à luz do critério preço.

PREÇO	AWS BEANSTALK	GAE	MS AZURE	IBM BLUMIX
AWS BEANSTALK	-	1	1	1
GAE	0	-	0	0
MS AZURE	0	1	-	0
IBM BLUMIX	0	1	0	-

Tabela 13 – Matriz de comparação à luz do critério SGBD.

<b>SGBD</b>	AWS BEANSTALK	GAE	MS AZURE	IBM BLUMIX
AWS BEANSTALK	-	1	0	1
GAE	0	-	0	1
MS AZURE	0	1	-	1
IBM BLUMIX	0	0	0	-

Tabela 14 – Matriz de comparação à luz do critério suporte.

<b>SUORTE</b>	AWS BEANSTALK	GAE	MS AZURE	IBM BLUMIX
AWS BEANSTALK	-	1	1	1
GAE	0	-	0	0
MS AZURE	0	1	-	1
IBM BLUMIX	0	0	0	-

Tabela 15 – Matriz de comparação à luz do critério run-time.

<b>RUN-TIME</b>	AWS BEANSTALK	GAE	MS AZURE	IBM BLUMIX
AWS BEANSTALK	-	1	0	1
GAE	0	-	0	0
MS AZURE	0	1	-	1
IBM BLUMIX	0	0	0	-

O índice de preferência ponderada  $\pi(a,b)$  deve ser definido conforme a Equação 2, para todos os pares de alternativas, o qual indicará o percentual de preferência da alternativa **a** em relação à **b**, onde  $w_j$  representa o peso do critério  $j$ ,  $P_j(a,b)$  a função de preferência,  $g_j$  trata-se do critério considerado pela curva e o peso adotados. Já o **A** refere-se a matriz de comparação das alternativas a terminado critério.

Equação 2 - Preferência

$$\pi(a, b) = \frac{\sum_{j=1}^k W_j P_j(a, b)}{\sum_{j=1}^k W_j}$$

Após a definição das matrizes de comparação ilustrada nas tabelas 12, 13, 14, 15 basta aplicar os pesos levantados pelo método AHP, conforme obtido na Tabela 8.

Tabela 16 – Matriz de comparação à luz do critério preço aplicando o peso respectivo.

<b>PREÇO</b>	AWS BEANSTALK	GAE	MS AZURE	IBM BLUMIX
AWS BEANSTALK	-	$1 * 0,45 = \mathbf{0,45}$	$1 * 0,45 = \mathbf{0,45}$	$1 * 0,45 = \mathbf{0,45}$
GAE	$0 * 0,45 = \mathbf{0}$	-	$0 * 0,45 = \mathbf{0}$	$0 * 0,45 = \mathbf{0}$
MS AZURE	$0 * 0,45 = \mathbf{0,45}$	$1 * 0,45 = \mathbf{0,45}$	-	$0 * 0,45 = \mathbf{0}$
IBM BLUMIX	$0 * 0,45 = \mathbf{0}$	$1 * 0,45 = \mathbf{0,45}$	$0 * 0,45 = \mathbf{0}$	-

Tabela 16– Matriz de comparação à luz critério SGBD aplicando o peso respectivo.

<b>SGBD</b>	AWS BEANSTALK	GAE	MS AZURE	IBM BLUMIX
AWS BEANSTALK	-	$1 * 0,8 = \mathbf{0,08}$	$0 * 0,8 = \mathbf{0}$	$1 * 0,8 = \mathbf{0,08}$
GAE	$0 * 0,8 = \mathbf{0}$	-	$0 * 0,8 = \mathbf{0}$	$1 * 0,8 = \mathbf{0,08}$
MS AZURE	$0 * 0,8 = \mathbf{0}$	$1 * 0,8 = \mathbf{0,08}$	-	$1 * 0,8 = \mathbf{0,08}$
IBM BLUMIX	$0 * 0,8 = \mathbf{0}$	$0 * 0,8 = \mathbf{0}$	$0 * 0,8 = \mathbf{0}$	-

Tabela 17 – Matriz de comparação à luz critério suporte aplicando o peso respectivo.

<b>SUPORTE</b>	AWS BEANSTALK	GAE	MS AZURE	IBM BLUMIX
AWS BEANSTALK	-	$1 * 0,12 = \mathbf{0,12}$	$1 * 0,12 = \mathbf{0,12}$	$1 * 0,12 = \mathbf{0,12}$
GAE	$0 * 0,12 = \mathbf{0}$	-	$0 * 0,12 = \mathbf{0}$	$0 * 0,12 = \mathbf{0}$
MS AZURE	$0 * 0,12 = \mathbf{0}$	$1 * 0,12 = \mathbf{0,12}$	-	$1 * 0,12 = \mathbf{0,12}$
IBM BLUMIX	$0 * 0,12 = \mathbf{0}$	$0 * 0,12 = \mathbf{0}$	$0 * 0,12 = \mathbf{0}$	-

Tabela 17 – Matriz de comparação à luz critério run-time aplicando o peso respectivo.

<b>RUN-TIME</b>	AWS BEANSTALK	GAE	MS AZURE	IBM BLUMIX
AWS BEANSTALK	-	$1 * 0,33 = \mathbf{0,33}$	$0 * 0,33 = \mathbf{0}$	$1 * 0,33 = \mathbf{0,33}$
GAE	$0 * 0,33 = \mathbf{0}$	-	$0 * 0,33 = \mathbf{0}$	$0 * 0,33 = \mathbf{0}$
MS AZURE	$0 * 0,33 = \mathbf{0}$	$1 * 0,33 = \mathbf{0,33}$	-	$1 * 0,33 = \mathbf{0,41}$
IBM BLUMIX	$0 * 0,33 = \mathbf{0}$	$0 * 0,33 = \mathbf{0}$	$0 * 0,33 = \mathbf{0}$	-

Uma vez calculado o grau de preferência se faz necessário medir o valor do fluxo de superação. O método PROMETHEE II utiliza os índices de preferência positiva ( $\phi^+$ ) e negativa ( $\phi^-$ ). Conforme Brans e Mareschal (2002), têm-se:

- $\phi^+(a) = \sum \pi(a, b)$  (fluxo de superação da alternativa [a] sobre outras alternativas)
- $\phi^-(a) = \sum \pi(b, a)$  (fluxo de superação de todas as outras alternativas sobre alternativa [a])

As matrizes de preferencias tanto positiva quanto negativa são representadas na Tabela 18.

Tabela 18 – Matriz de índices de preferência positiva e negativa.

$\pi$	AWS BEANSTALK	GAE	MS AZURE	IBM BLUMIX
AWS BEANSTALK	-	$0,45 + 0,08 + 0,12 + 0,33 = \mathbf{0,98}$	$0,45 + 0,12 = \mathbf{0,57}$	$0,45 + 0,08 + 0,12 + 0,33 = \mathbf{0,98}$
GAE	<b>0</b>	-	<b>0</b>	<b>0,08</b>
MS AZURE	<b>0,45</b>	$0,45 + 0,08 + 0,12 + 0,33 = \mathbf{0,98}$	-	$0,08 + 0,12 + 0,41 = \mathbf{0,61}$
IBM BLUMIX	<b>0</b>	<b>0,45</b>	<b>0</b>	-

O método PROMETHEE II utiliza a equação representada na Equação 3 para obter uma classificação completa do problema.

Equação 3 - Preferência

$$\begin{cases} aPb \text{ se } \phi(a) > \phi(b) \\ aIb \text{ se } \phi(a) = \phi(b) \end{cases}$$

A equação ilustrada acima onde P representa a preferência de **a** em relação a **b**, já o I é a indiferença entre **a** e **b**. O índice de preferência positivo ( $\phi^+$ ) e o negativo ( $\phi^-$ ), são representados, respectivamente, pelo somatório da linha e da coluna de cada alternativa da Tabela 19.

Desta forma é possível montar a matriz resultante onde é encerrado o processo, assim podendo visualizar a alternativa melhor a ser escolhida.

Tabela 19 – Matriz resultante

<b>Alternativas</b>	$\varphi^+$	$\varphi^-$	$\varphi$
AWS BEANSTALK	2,53	0,45	<b>2,08</b>
GAE	0,08	2,41	<b>-2,33</b>
MS AZURE	2,04	0,57	<b>1,47</b>
IBM BLUMIX	0,45	1,67	<b>-1,22</b>

Dada a simulação em questão, a ordem de classificação é portanto: **AWS BEANSTALK** > **MS AZURE** > **IBM BLUMIZ** > **GAE**. Por fim é possível concluir que a AWS BEANSTALK é a alternativa vencedora entre as outras alternativas neste cenário.

#### 4. APLICATIVO MOVEI

Para validação do estudo realizado foi desenvolvido um aplicativo móvel capaz de calcular a preferência do usuário tendo como resultado a melhor plataforma para o seu perfil. O *app* utiliza a combinação dos métodos demonstrado na Seção 4.

O sistema operacional escolhido para o desenvolvimento do aplicativo foi o Android, essa escolha se deu pelo fato que o Android dominou e vêm dominando o mercado. No ano de 2015 o sistema operacional Android chegou alcança a quota de 82,8% do mercado, conforme dados da IDC (*Internacional Data Corporation*)<sup>12</sup>. Na Tabela 20 é possível ter a visão evolutiva do percentual de vendas dos SOs dos smartphones.

Tabela 20 - Percentual de vendas – SO smartphones

<b>Período</b>	<b>Android</b>	<b>iOS</b>	<b>Windows Phone</b>	<b>BlackBerry OS</b>	<b>Outros</b>
Q2 2015	82.8%	13.9%	2.6%	0.3%	0.4%
Q2 2014	84.8%	11.6%	2.5%	0.5%	0.7%
Q2 2013	79.8%	12.9%	3.4%	2.8%	1.2%
Q2 2012	69.3%	16.6%	3.1%	4.9%	6.1%

Fonte: IDC (*Internacional Data Corporation*), 2015.

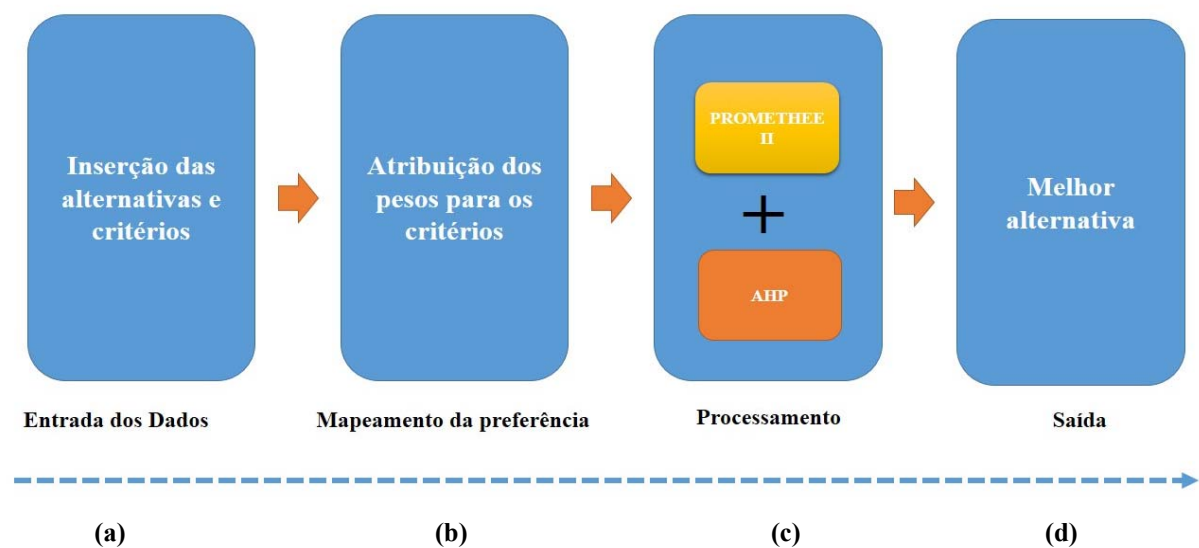
A arquitetura da aplicação desenvolvida pode ser dividida em quatro módulos, que são: Entrada dos dados, Mapeamento das preferências, Processamento e Saída. A

<sup>12</sup> Disponível em: < <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>>



Entrada de dados, Figura 5a, é responsável pela coleta dos dados dos usuário onde todas as entradas são validadas e salvas no banco de dados; Mapeamento das preferências, Figura 5b, levanta a preferência do usuário para cada par de critério, o mapeamento das preferências é responsável por montar a matriz de pesos (Tabela 5); Processamento, Figura 5c, onde são realizados os cálculos e feito a combinação dos métodos para chegar a melhor alternativa; Saída, Figura 5d, receber o vetor de resultados contendo a pontuação de todas as alternativas e depois classificar, em forma de gráfico, mostrando a melhor alternativa do problema. A Figura 5 ilustra a visão geral dos módulos da aplicação.

Figura 5 (a, b, c, d) –Arquitetura da aplicação movel.

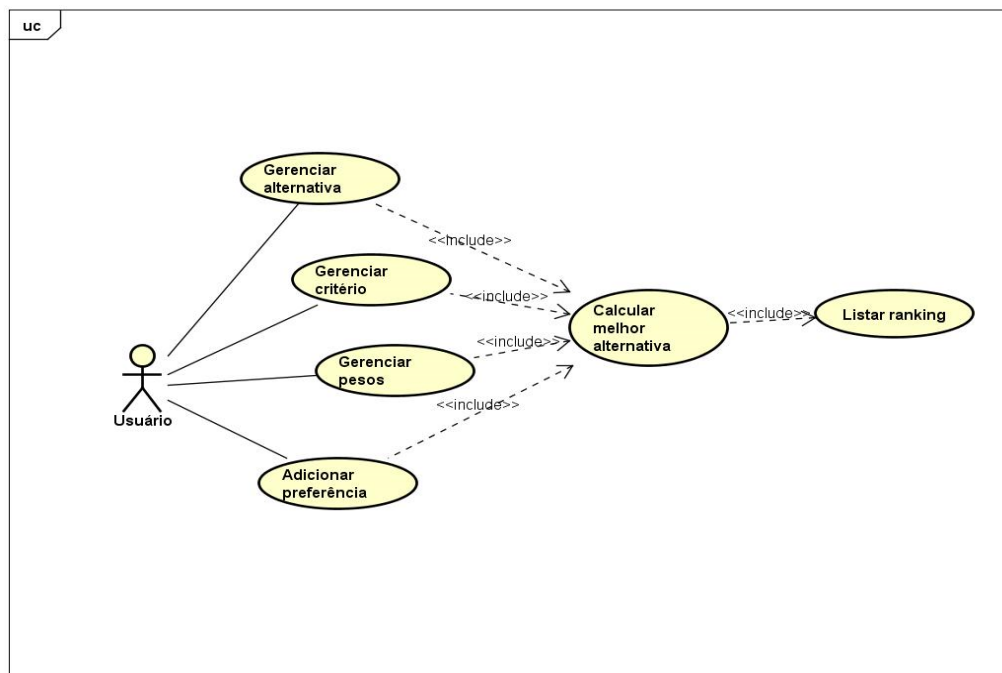


Conforme apresentado na Figura 5 a arquitetura do *app* possui alguns requisitos funcionais (RF) e também requisitos não funcionais (RNF) descritos a seguir.

- RF1: Deve permitir cadastrar as alternativas.
- RF2: Deve permitir cadastrar os critérios.
- RF3: Deve permitir ao usuário realizar o mapeamento da sua preferência atribuindo pesos entre os critérios.
- RF4: Deve realizar cálculo aplicando a combinação dos métodos AHP e PROMETHEE II.
- RF5: Deve exibir os resultados em forma de gráfico.
- RF6: Permitir a inserção dos pesos das alternativas entre um critério deve ambos já estarem cadastrados no banco de dados.
- RNF1: Deve realizar a persistência em banco de dados relacional.
- RNF2: Deve possuir interface amigável para usuário.

Para demonstrar o esquema de funcionamento da aplicação (*app*) desenvolvida, utilizou-se recursos da linguagem UML. Um esquema geral é apresentado no diagrama de caso de uso, na qual ilustra como se dar o relacionamento entre as partes envolvidas. Esse diagrama descreve as principais funções que o ator (usuário) pode realizar no aplicativo.

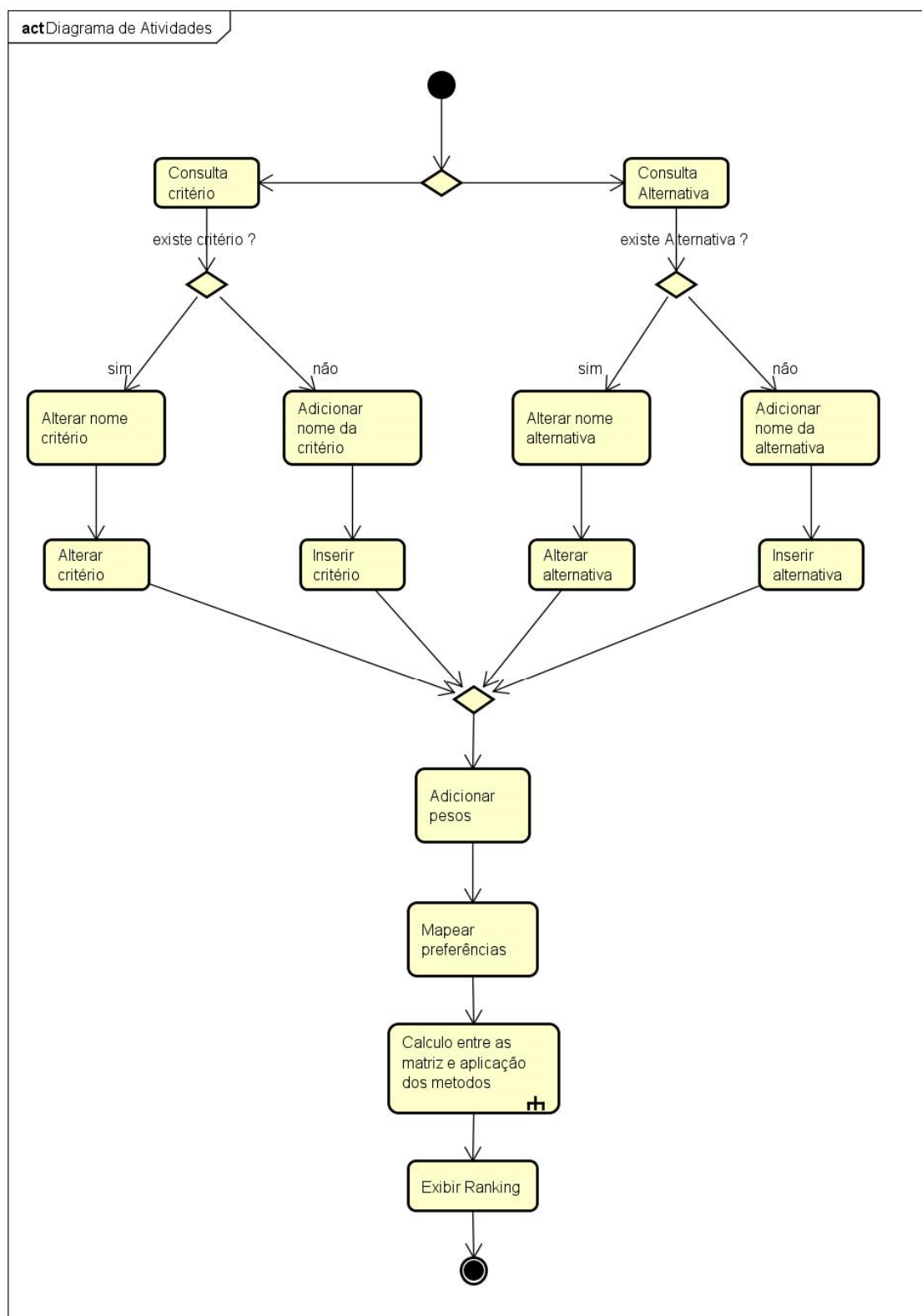
Figura 6 - Diagrama de Caso de Uso.



Conforme a Figura 6 nota-se que o Usuário pode executar as seguintes funcionalidades: Gerenciar alternativa, neste caso de uso o usuário pode incluir, excluir e alterar as alternativas; Gerenciar critério: neste caso de uso o usuário pode incluir, excluir e alterar os critérios; Gerenciar pesos: neste caso de uso o usuário pode incluir e alterar os pesos e por fim Adicionar Preferências, onde o usuário realiza o mapeamento da sua preferência em cada critério.

Desta forma a Figura 6 é possível ter uma visão geral das principais funcionalidades do aplicativo. Neste contexto, com intuito de detalhar o funcionamento da aplicação, elaborou-se um diagrama de atividades, onde é possível perceber fluxo de todas as atividades, esse diagrama tem como principal objetivo mostra o fluxo de controle de uma atividade para outra.

Figura 7 - Diagrama de Atividades.



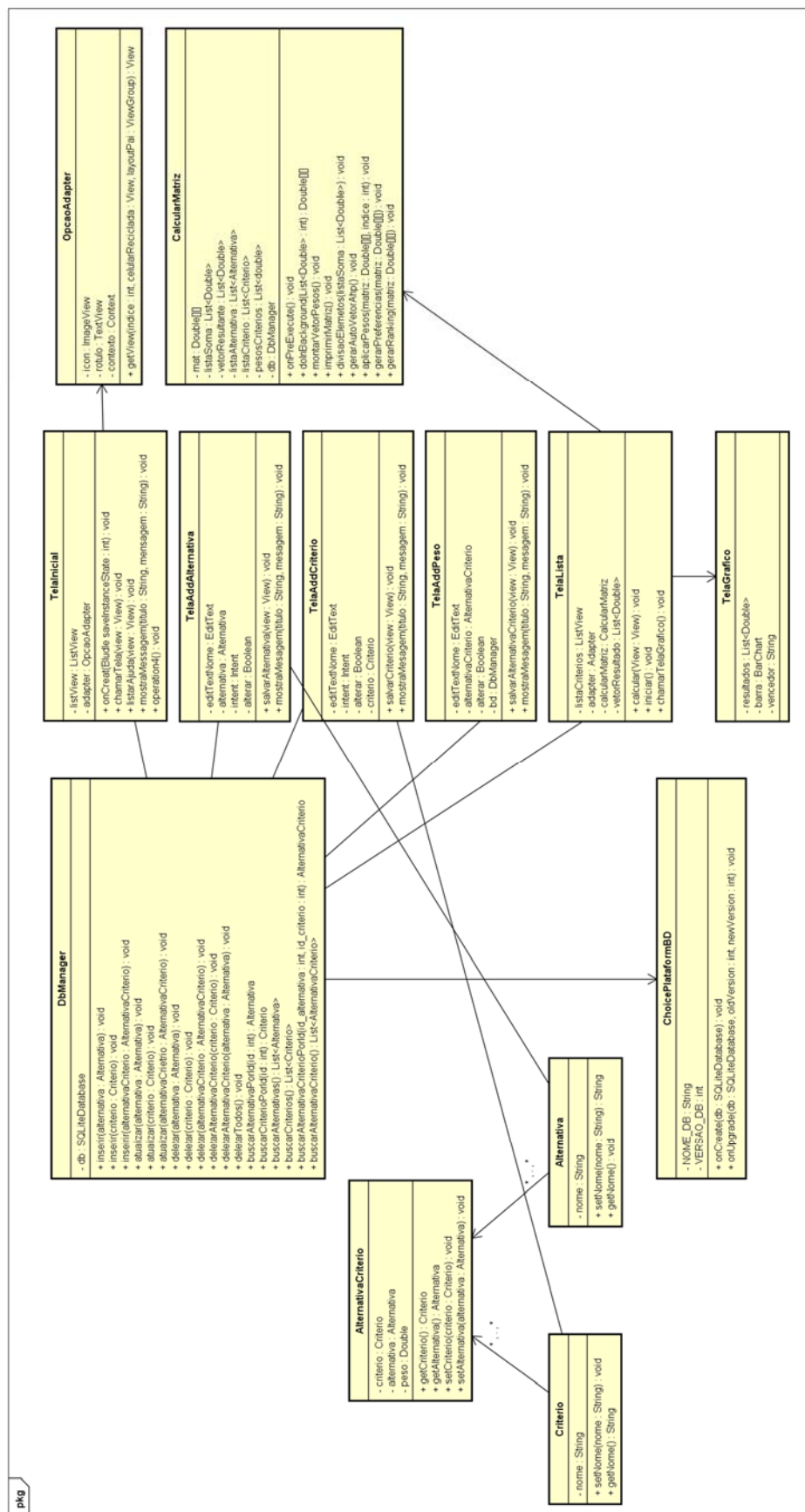
powered by Astah

Segundo a Figura 7, ilustrada acima, o usuário adiciona as alternativas e os critérios, note que quando o critério ou alternativa já está gravada no banco de dados o

aplicativo dará opção de realizar a alteração de ambos. Depois de realizar a inserção das alternativas e critérios é a hora de aplicar os pesos para cada critério de cada alternativa, onde futuramente será utilizado pelo método PROMETHEE II. Dessa forma basta o usuário mapear suas preferencias entre os critérios, utilizando o método AHP, e posteriormente a execução cálculos, desenvolvido pelo método PROMETHEE II, conforme o diagrama da Figura 7, e obtendo como saída é a melhor alternativa possuindo a melhor nota.

O diagrama de classe implementado no desenvolvimento do aplicativo é ilustrado na Figura 8. Com esse diagrama é possível verificar as classes disponível no *app* e suas interações.

Figura 8 - Diagrama de classe.

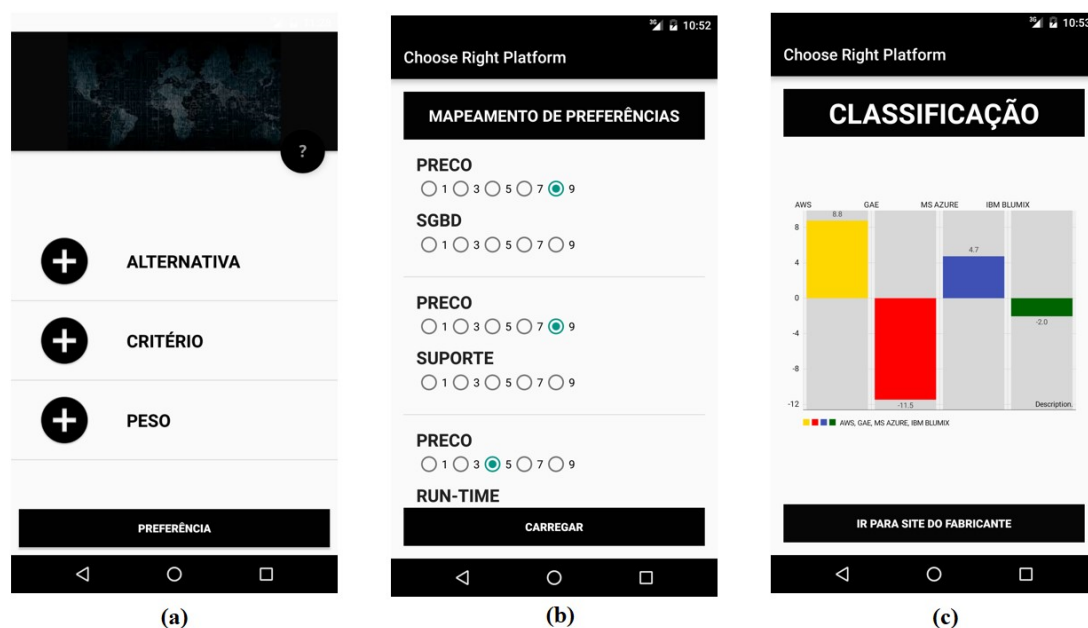


## 5. RESULTADOS OBTIDOS

O desenvolvimento deste trabalho buscou a combinação dos métodos de tomada de decisão AHP e PROMETHEE II para resolução do problema de seleção de plataformas em nuvem. Para demonstração do funcionamento dos métodos foi desenvolvido um aplicativo, em ambiente mobile, onde é aplicado e combinado os métodos AHP e PROMETHEE II, conforme detalhado na Seção 3. Esta aplicação tem como objetivo eleger a plataforma em nuvem mais adequada para o perfil do usuário. Dessa maneira, o usuário não precisa realizar a análise de diversas características dos provedores em nuvem para atender suas necessidades. Além disso, o aplicativo pode avaliar  $n$  critérios de forma automática, utilizando os métodos de apoio a decisão, não fazendo necessário cálculos manuais para determinar a melhor alternativa para usuário.

A implementação da aplicação, desde sua fase inicial, prezou pela usabilidade nas telas desenvolvidas. Considerando os princípios da facilidade, aprendizado, rapidez no desenvolvimento de tarefas, baixa taxa de erro e a satisfação subjetiva do usuário, essas características compõem a qualidade da usabilidade do *software* (NIELSEN, 1993). A Figura 9 ilustra as principais telas do aplicativo *Choose Right Platform* (CRP), pode-se perceber que foram utilizadas letras com tamanho apropriado para visualização nos diversos dispositivos móveis, além de utilizar cores primárias como o branco e preto, uma vez que evitou-se causar fadiga visuais ou dificuldade de leitura de menus por parte do usuário.

Figura 9 (a, b, c) - Telas do aplicativo CRP.



A Figura 9a é a tela de adição das alternativas, critérios e pesos do problema de escolha da plataforma em nuvem, realizando assim a construção hierárquica do método AHP. Os dados inseridos são salvos em banco de dados local usando SGBD SQLite para tal tarefa. A Figura 9b trata-se do levantamento das preferências do usuário onde ele atribui nota para cada critério agrupado em par. Já a Figura 9c é onde são classificadas as alternativas com suas respectivas notas, sendo que a maior nota é eleita a melhor alternativa para usuário. É encontrada também na Figura 9c um botão onde ao clicar o usuário será submetido ao site da alternativa vencedora, podendo assim contratar o serviço de plataforma em nuvem desejado. Nesta tela foi utilizado gráfico em colunas, onde cada coluna possui uma cor diferente com intuito de facilitar a visualização da melhor alternativa do problema.

O grande desafio encontrado no desenvolvimento do aplicativo móvel foi a implementação dos métodos e a combinação entre eles. A combinação dos métodos reduz o custo computacional na plataforma móvel, uma vez que o cálculo de matriz é simplificado. Além disto, mostrou-se uma solução com uma grande acurácia na escolha da melhor assertiva, conforme detalhado em (SILVA, 2015). Contudo, vale ressaltar que o método AHP atuando sozinho também resolveria o problema. No entanto, necessitaria de maiores recursos computacionais.

A combinação mostrou-se eficiente, prática e necessitando de poucos cálculos matriciais para resolução do problema. Desta forma, o aplicativo mostrou-se bastante interessante para utilização em dispositivos móveis com poucos recursos de hardware.

Deve-se destacar que o aplicativo foi testado em *smartphone* Asus Zenfone 2 Laser com 2 GB de memória RAM, processador Qualcomm Snapdragon MSM8916 1,2 GHz, 2 MB Cache, armazenamento interno de 16 GB estendível ao cartão SD de 16 GB. O aplicativo foi configurado para testes em dois cenários, sendo que no cenário I, são inseridos quatro (04) alternativas e quatro (04) critérios; Já o cenário II utiliza-se quatro (04) alternativas e dez (10) critérios, ambas configurações tiveram o objetivo de demonstrar o desempenho da aplicação em ambiente mobile. Realizou-se amostragem do consumo de memória RAM e de CPU nos dois cenários. Para levantar a amostra e obter a média do desempenho da *app* utilizou-se 50 testes de execução.

A Figura 10 apresenta os gráficos gerados pelo aplicativo de monitoramento de recursos do Android obtida através do *Simple System Monitor*<sup>13</sup>. Este aplicativo demonstra o percentual de uso total do CPU (Figura 10a) e de memória RAM (Figura 10b) na execução do teste do aplicativo *Choose Right Platform* com 04 critérios. Para Teste I e Teste II utilizou-se ambientes onde são encontrados aplicativos e serviços comuns, tais com WhatsApp<sup>14</sup>, Facebook<sup>15</sup> e serviços de rede, rodando em *background*.

Figura 10 (a, b) - Gráfico gerado pelo Teste I no cenário I.



Como pode ser observado na Figura 10a o percentual de uso do CPU, na maior parte do tempo, se manteve em torno de 8% a 30%, porém são encontrados picos em torno de 68%. Contudo, o uso de memória RAM, como visto na Figura 10b, manteve-se estável em toda a execução do aplicativo.

A Figura 11 é ilustrado o Teste II, onde foram inseridos 04 alternativas e 10 critérios para análise do desempenho.

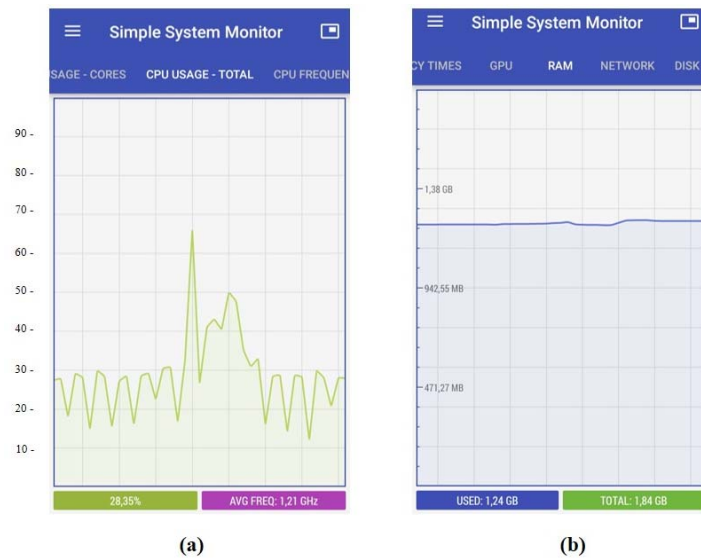
<sup>13</sup> Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.dp.sysmonitor.app>>

<sup>14</sup> Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.whatsapp&hl=pt>>

<sup>15</sup> Disponível em: <[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.facebook.katana&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.facebook.katana&hl=pt_BR)>



Figura 11 (a, b)- Gráfico gerado pelo Teste II no cenário II.



Observa-se, quanto ao uso do CPU para o Teste II obteve-se 17% a 67%. Entretanto na maior parte da execução o processamento ficou em torno de 17% a 32%. Já o uso de memória RAM não sofreu muita diferença quando comparado ao Teste I.

Além dos testes realizados em ambiente multitarefa, o qual encontra-se aplicações rodando simultaneamente em *background*. Repetiu-se testes nos mesmos cenários, porém rodando em ambientes isolados, onde todas as aplicações em *background* foram desativada, mantendo apenas processos e aplicação básicas da arquitetura do sistema Android. Para os ambientes isolados foram realizado 50 testes com intuito de obter dados para realizar cálculos estatísticos. Realizou-se cálculos da média, mediana, moda, desvio padrão (STD), variância (VAR) e intervalo de confiança para a média (IC), ao nível de confiança de 95%, do percentual de consumo de memória RAM e CPU do aplicativo executando em ambiente mobile. Os dados coletados dos testes podem ser visualizados no APÊNDICE A.

A Figura 12 ilustra o percentual do consumo de memória RAM e CPU utilizando cenário I e em 50 testes. Já a Tabela 21 apresenta os valores da média, mediana, moda, STD, VAR e IC, usando nível de confiança de 95%, dos dados colhidos para este cenário.

Figura 12 – Resultado do desempenho para o cenário I.

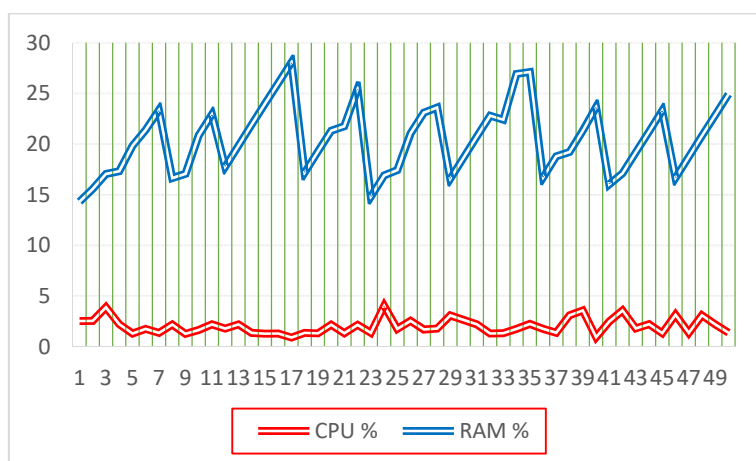


Tabela 21 (a, b) - Média, mediana e moda do cenário I.

MÉDIA	<b>2,02</b>
MEDIANA	<b>1,79</b>
MODA	<b>1,75</b>
STD	<b>0,77</b>
VAR	<b>0,60</b>
IC	<b>1,80 a 2,23</b>

(a) CPU.

MÉDIA	<b>20,43</b>
MEDIANA	<b>20,77</b>
MODA	<b>21,32</b>
STD	<b>3,42</b>
VAR	<b>11,70</b>
IC	<b>19,48 a 21,37</b>

(b) Memória RAM.

Nota-se que o gráfico da Figura 12 possui um pico do consumo de memória RAM, aproximadamente 29 % do uso. Contudo pode-se perceber para os outros testes realizados o consumo não ultrapassou, aproximadamente, dos 27 %. O uso do CPU se manteve entre 2% a 5%. Demonstrando um baixo consumo de CPU para o cenário. A Tabela 21 apresenta valores satisfatório do consumo CPU e uso de memória RAM, visto que mesmo insolando a aplicação alguns processos auxiliares são executados para o funcionamento do SO Android.

A Figura 13 apresenta o desempenho do cenário II, onde encontra-se 4 Alternativa e 10 Critérios repedido em 50 testes. Enquanto a Tabela 22 ilustra os valores da média, mediana e moda, STD, VAR e IC com nível de confiança a 95%.

Figura 13 – Resultado do desempenho para o cenário II.

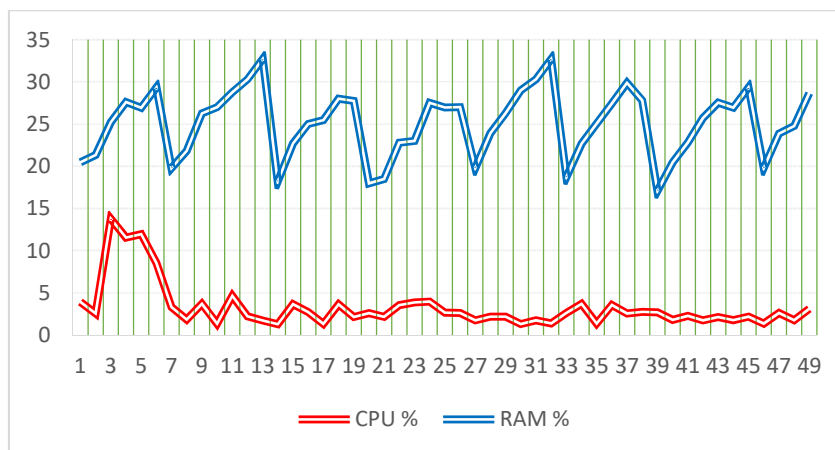


Tabela 22 (a, b) - Média, mediana e moda para o cenário II.

MÉDIA	<b>3,20</b>
MEDIANA	<b>2,55</b>
MODA	<b>2,18</b>
STD	<b>2,65</b>
VAR	<b>7,02</b>
IC	<b>2,47 a 3,94</b>

(a) CPU.

MÉDIA	<b>25,10</b>
MEDIANA	<b>25,99</b>
MODA	<b>20,46</b>
STD	<b>3,95</b>
VAR	<b>15,61</b>
IC	<b>24,01 a 26,20</b>

(b) Memória RAM.

Observa-se na Figura 13 que para o cenário II os testes demonstram um maior consumo de CPU, onde encontra-se picos aproximadamente aos 15%, e memória RAM, chegando aproximadamente a 35%. Isso é devido pela inserção de mais critérios ao cenário II, visto que mais cálculos de comparações são executados pelos métodos. Porém conforme a Tabela 22 os valores demonstra, ainda sim, o consumo com nível satisfatório, mesmo para o cenário com maior quantidade de critérios.

## 6. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como foco principal a combinação de métodos multicritérios para determinar a melhor plataforma em nuvem elencadas. A escolha dos métodos baseou-se em estudos de diversos trabalhos relacionados a métodos de tomada de decisão. Desta forma verificou-se a simplicidade e eficiência quando comparados a outros métodos. Para aplicá-los e combiná-los realizou-se estudos mais detalhados: tanto o método AHP quanto o PROMETHEE II. Esta combinação demonstrou ser eficiente reduzindo os cálculos matriciais e otimizando o processo do desenvolvimento do aplicativo. Além de se mostrarem bastantes flexíveis, visto que é possível a adaptação de critérios de acordo com a necessidade do usuário.

Na definição dos pesos e mapeamento das preferências entre os critérios foram utilizou-se a escala fundamental do AHP e seus mecanismo de julgamento. Em seguida, com os pesos definidos, utilizou-se o método PROMETHEE II para resolução do problema, através de sua curva de preferência estrita possibilitando resultados bastantes acurados.

Conforme visto na Seção 1 o tema computação em nuvem vêm sendo muito explorado, onde diversas empresas estão migrando da plataforma local para as plataformas em nuvem. Com a computação em nuvem em alta, diversos provedores vêm surgindo com propósito de oferecer *hardware*, plataforma e *software* como serviço. Essa diversidade, encontrada hoje no mercado, justificou o contexto desse trabalho.

Elencou-se as principais plataformas em nuvem pública no mercado para compor as alternativas do problema. Para determinar os critérios foi feito uma análise nas plataformas identificando características semelhantes entre eles.

Os objetivos apresentados na Seção 1.2 foram todos alcançados, detalhando-se a combinação dos métodos para o problema em questão (Seção 3.2). Após, o estudo da forma híbrida dos métodos partiu-se para análise comparativa das plataformas de nuvens elencadas, utilizando critérios que permitissem a comparação direta entre as mesmas. Por fim, definiu-se as estratégias tecnológicas para o desenvolvimento do aplicativo móvel, de maneira a validar o estudo.

Os objetivos específicos descritos na Seção 1.2.1 foram alcançados da seguinte forma:

- Objetivo Específico I – Estudos e pesquisas foram realizados em sites dos principais provedores em nuvem e também em trabalhos correlatos, artigos e revista onde o tema é fomentado;
- Objetivo Específico II – Vários trabalhos, compreendendo dissertações e teses foram estudados, nas quais eram apresentados os métodos AHP e PROMETHEE II, bem como a combinação dos mesmos e sua aplicação em problemas bem específicos, tais como o problema de seleção de redes.
- Objetivo Específico III – A comparação das plataformas baseou-se na forma híbrida dos métodos de tomada de decisão, que se mostrou bastante eficiente na resolução de problemas multicritérios.
- Objetivo Específico IV – A aplicação desenvolvida para ambiente mobile foi utilizada na definição da melhor plataforma, de acordo com as preferências de cada usuário.
- Objetivo Específico V - Testou-se a aplicação em cenários para validar o estudo realizado, e demonstrar a eficiência da utilização de métodos híbridos.

De fato, observou-se que combinação dos métodos AHP e PROMETHEE II mostrou-se bastante eficiente, pois foi possível realizar a classificação das alternativas, a priorização dos critérios de forma eficiente e sem grande custo operacional, como visto na Seção 5. Percebe-se com os testes realizados o *app* possui um baixo custo computacional, demonstrando resultados satisfatório para ambientes mobile onde são encontra aplicações rodando em *background* ou em ambiente isolados. Assim, cumprindo com objetivo principal desse trabalho.

O aplicativo desenvolvido está alinhado com os objetivos proposto do trabalho onde são realizados: a combinação dos métodos, avaliação dos critérios pelo peso atribuído, classificação das alternativas e a eficiência no processamento. A aplicação com visto na Seção 5 possui uma média satisfatória tanto para consumo de CPU quanto para memória RAM do dispositivo, demonstrando para os dois cenários de configuração um bom desempenho e com baixo custo computacional. Vale ressaltar que a aplicação foi desenvolvida com propósito de resolver problemas ligadas a escolha de plataformas em nuvem, porém pode ser facilmente estendida para outros contexto.

## 6.1 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros, pretende-se:

- Integrar o aplicativo desenvolvido a um *Web Service*, possibilitando a automação das entradas de dados.
- Desenvolver o mesmo aplicativo para outras plataformas mobile como: IOS e Windows Phone.
- Realizar a publicação da *app* em repositórios oficiais para os usuários finais, onde será possível reportar *bugs*, *feedback* e resultados para o servidor.

## 7. REFERÊNCIAS

- ARMBRUST, et al. **Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud**. California: UC Berkeley Reliable Adaptive Distributed Systems Laboratory, 2010.
- ARMBRUST, M. et al. A View of Cloud Computing. **practice**, p. 1, 2010.
- AZURE, M. Microsoft Azure. **https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/what-is-azure/**, 2016. Disponível em: <<https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/what-is-azure/>>. Acesso em: 10 mar. 2016.
- BABCOCK, C. Amazon, Microsoft, IBM, Google Capture Cloud Market. **informationweek**, 2015. Disponível em: <<http://www.informationweek.com/cloud/amazon-microsoft-ibm-google-capture-cloud-market/d/d-id/1321484>>. Acesso em: 27 mar. 2015.
- BASTOS, L. N. V.; ALMEIDA, A. T. **UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PROMETHEE II NA ANÁLISE**. Universidade Federal de Pernambuco. Curitiba. 2002.
- BASTOS, L. N. V.; ALMEIDA, T. **UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PROMETHEE II NA ANÁLISE**, Curitiba, 2002.
- BHUTTA, K. S. **Supplier selection problem: a comparison of the Total Cost Ownership and Analytic Hierarchy Process approaches**. [S.l.]. 2002.
- BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. **The PROMETHEE-GAIA Decision Support**. Bruxelas: Editions de l'Université de Bruxelles, 1994.
- BUYYA, R. et al.
- BUYYA, R. et al. CloudcomputingandemergingITplatforms:Vision,hype,andrealityfor. **ELSEVIER**, 2009. Disponível em: <<http://www.buyya.com/papers/Cloud-FGCS2009.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2016.
- CHENG, L.; ZHANG, Q.; BOUTABA, R. Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. **Journal of Internet Services and Applications**, 2010.
- COMPUTERWORLD. Os 10 melhores provedores de armazenamento na nuvem, segundo o Gartner. **computerworld**, 10 jan. 2013. Disponível em: <<http://computerworld.com.br/tecnologia/2013/01/25/os-10-melhores-provedores-de-armazenamento-na-nuvem-segundo-o-gartner>>.
- DUMOULIN, B.; GUIMARÃES, D.; NEVES, G. **O método AHP como ferramenta de focalização do processo de gerenciamento de projetos**. [S.l.]: [s.n.], 2006.
- FERREIRA, A. A.; BARROS, D. S.; ALBUQUERQUE, R. B. Tutoriais Banda Larga. **Teleco Inteligência em Telecomunicação**, 2013. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialservnuvopers1/default.asp>>. Acesso em: 20 jan. 2016.
- FERREIRA, M. M.; MARTINS, M. J.; SALGADO, G. E. **APLICAÇÃO DO MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS PARA A ADOÇÃO DE COMPUTAÇÃO EM**

NUVEM EM EMPRESAS JUNIORES. **Revista Eletrônica de Sistema de Informação e Gestão Tecnológica**, FRANCA, 2015.

FLAMENT, M. **UNESCO**, 1999. Disponível em: <[www.unesco.org.uy/redm/glosariom.htm](http://www.unesco.org.uy/redm/glosariom.htm)>. Acesso em: 13 maio 2016.

GOMES, J. C. **ESTUDO DE PLATAFORMAS DE COMPUTAÇÃO EM NUVENS**. Universidade do Planalto Catarinense. Lages. 2012.

GUGLIELMETTI, F. R.; MARINS, F. A. S.; SALOMON, V. A. P. **Comparação teórica entre métodos de auxílio**. Ouro Preto: [s.n.], 2003.

GUGLIELMETTI, F. R.; MARINS, F. A. S.; SALOMON, V. A. P. Comparação teórica entre métodos de auxílio. **ENEGEP**, Ouro Preto, Outubro 2003.

IDC. Smartphone OS Market Share, 2015 Q2. **IDC - Analyze the Future**, 2015. Disponível em: <<http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>>.

KAHRAMAN, C. **Fuzzy Multicriteria Decision**. Springer Science. [S.l.]. 2008.

LEITE, M. S.; FREITAS, F. T. ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS DE APOIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO: AHP, ELECTRE E PROMETHEE. **Enegep**, Bento Gonçalves, Outubro 2012.

MARTINEZ, E. Você sabe o que é SaaS, PaaS e IaaS? **IMasters**, 2010. Disponível em: <<http://imasters.com.br/artigo/18893/cloud/voce-sabe-o-que-e-saas-paas-e-iaas/?trace=1519021197&source=search>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

MATHER, T. K. S. L. S. **Cloud Security and Privacy**. 1ª. ed. [S.l.]: O'REILLY, v. I, 2009.

NIELSEN, J. **Usability Engineering**. Boston. USA: Academic Press. [S.l.]. 1993.

NUNES JUNIOR, L. F. **Tomada de Decisão com Múltiplos Critérios**. Taubaté: [s.n.], 2006.

OLIVEIRA, A.; COSTA, J. A. F.; NETO, M. V. S. **APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**. Natal. 2014.

PEARMAN, A. et al. **DTLR multi-criteria analysis manual**. Reino Unido: [s.n.], 2001.

POSSOBOM, C. C. **ESTUDO DE CASO: CLOUD COMPUTING**. UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO. Ijuí. 2010.

RAMOS, J. Y. A. Introdução ao Cloud Computing. **MundoJ**, Ipiranga, 2015.

RIOS, M. V. **Uma Visão Geral sobre o Método AHP como Solução para Seleção de Redes Heterogêneas**. Fundação Unirvesidade do Tocantins. Palmas. 2012.

RODRIGUES, J. A. B.; WERNER, C.; SILVA, C. **CLOUD COMPUTING: COMPARANDO COMO O MUNDO ONLINE PODE SUBSTITUIR OS SERVIÇOS TRADICIONAIS**. Universidade Paranaense - (Unipar). Paranavaí. 2012.



ROUSE, M. Microsoft Azure (Windows Azure). **TechTarget**, 2016. Disponível em: <<http://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/Windows-Azure>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **Decision making with the analytic hierarchy process**, Pittsburgh, 2008. 83.

SALESFORCE.COM. O que é Computação na Nuvem? **Salesforce**, 2016. Disponível em: <<http://www.salesforce.com/br/cloud-computing/>>. Acesso em: 11 Setembro 2016.

SANTOS, L. P.; WAGNER, R. **PROCESSO DECISÓRIO E TOMADA DE DECISÃO**. Unirvesidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2007.

SILVA, D. IaaS, PaaS e SaaS, descubra agora tudo sobre os 3 modelos de Nuvem. **Blog Cloud Market - Tudo sobre Cloud Computing**, 2014. Disponível em: <<http://www.cloudmarket.com.br/blog/cloud-computing/iaas-paas-e-saas-descubra-agora-tudo-sobre-os-3-modelos-de-nuvem/>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

SILVA, D. IaaS, PaaS e SaaS, descubra agora tudo sobre os 3 modelos de Nuvem. **Cloud Market**, 2014. Disponível em: <<http://www.cloudmarket.com.br/blog/cloud-computing/iaas-paas-e-saas-descubra-agora-tudo-sobre-os-3-modelos-de-nuvem/>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

SILVA, D. C. **Uma Arquitetura de Seleção de Redes Móveis Para Ambientes Heterogêneos**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2015.

SOUSA, F. R. C. et al. Gerenciamento de Dados em Nuvem: Conceitos, Sistemas e Desafios, 2011.

TREVIZANO, W. A.; FREITAS, A. L. P. **Emprego do Método da Análise Hierárquica (A.H.P.) na seleção de**. XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção. Porto Alegre. 2005.

VELTE, A. T.; VELTE, T. J.; ELSNPETER, R. **Computação em Nuvem - Uma Abordagem Prática**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, v. 1, 2011.

## APÊNDICE A: DADOS COLETADOS DA AMOSTRA

Tabela 23 – Dados coletados para cenário I.

TESTE	CPU %	RAM %
1	2,52	14,31
2	2,54	15,56
3	3,88	17,04
4	2,21	17,31
5	1,29	19,82
6	1,75	21,39
7	1,36	23,35
8	2,18	16,64
9	1,27	17,07
10	1,64	20,84
11	2,19	22,93
12	1,79	17,76
13	2,19	19,85
14	1,35	21,92
15	1,28	23,96
16	1,3	26,01
17	0,9	28,06
18	1,35	17,17
19	1,31	19,26
20	2,16	21,32
21	1,32	21,76
22	2,14	25,44
23	1,35	14,81
24	4,02	16,91
25	1,76	17,43
26	2,55	21,04
27	1,69	23,1
28	1,79	23,61
29	3,08	16,58
30	2,64	18,66
31	2,2	20,74
32	1,3	22,79
33	1,32	22,4
34	1,75	26,92
35	2,25	27,11
36	1,75	16,7
37	1,38	18,78
38	3,1	19,21
39	3,57	21,32
40	0,93	23,64

41	2,48	16,02
42	3,57	17,11
43	1,8	19,18
44	2,21	21,23
45	1,33	23,31
46	3,14	16,65
47	1,36	18,73
48	3,1	20,8
49	2,19	22,85
50	1,37	24,91

Tabela 24- Dados coletados para cenário II.

TESTE	CPU %	RAM %
1	3,91	20,46
2	2,55	21,33
3	13,79	25,22
4	11,54	27,6
5	11,95	26,93
6	8,52	29,34
7	3,32	19,77
8	1,83	21,83
9	3,7	26,26
10	1,34	27
11	4,64	28,77
12	2,21	30,3
13	1,72	32,71
14	1,28	18,18
15	3,65	22,69
16	2,73	25
17	1,32	25,47
18	3,64	28
19	2,14	27,74
20	2,59	17,98
21	2,16	18,49
22	3,54	22,79
23	3,86	23
24	3,96	27,52
25	2,64	26,96
26	2,62	27,01
27	1,73	19,79
28	2,18	23,9
29	2,18	26,28
30	1,3	28,99
31	1,73	30,31

32	1,38	32,71
33	2,61	18,71
34	3,69	22,67
35	1,36	25,04
36	3,56	27,43
37	2,55	29,88
38	2,74	27,8
39	2,68	17,08
40	1,79	20,46
41	2,27	22,8
42	1,74	25,71
43	2,12	27,53
44	1,75	26,94
45	2,18	29,34
46	1,35	19,79
47	2,62	23,88
48	1,76	24,77
49	3,1	28,66
50	2,54	26,32