

Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando o método de análise multicritério AHP

Bruno de Azevedo Ramos  <https://orcid.org/0000-0001-8825-1119>

Mestrando no programa de pós-graduação *stricto sensu* Mestrado Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão (SAEG) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense). Assistente em Administração no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: bruno.ramos@gsuite.iff.edu.br.

José Elias da Silva Justo  <https://orcid.org/0000-0003-0193-107X>

Mestre em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional pela Universidade Cândido Mendes/RJ (2011). Analista de Tecnologia da Informação e Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: jose.elias@gsuite.iff.edu.br.

Resumo

A computação em nuvem é um tema de destaque na computação e tem por objetivo prover recursos computacionais sob demanda por meio da Internet. Muitas organizações já adotaram as tecnologias em nuvem, outras ainda analisam a viabilidade dessa migração. O objetivo deste artigo é indicar qual modelo de implantação de computação em nuvem é o mais apropriado para ser adotado em uma Diretoria de Tecnologia da Informação e Comunicação de uma instituição de ensino pública. Para tanto, utiliza-se o método de análise multicritério AHP (Analytic Hierarchy Process) para auxiliar na tomada de decisão. Primeiramente, baseado nos trabalhos relacionados da literatura, elabora-se a estrutura hierarquizada de critérios e subcritérios; em seguida, aplicam-se questionários com a equipe de trabalho para priorizar os fatores em níveis de importância e por fim seleciona-se a alternativa. Como resultado, o critério segurança é indicado com maior relevância, seguido de disponibilidade, escalabilidade e, por último, o custo. A alternativa considerada como adequada para a diretoria é a nuvem híbrida. Conclui-se que o método AHP se mostrou eficiente para avaliar a complexidade dos diversos critérios envolvidos.

Palavras-chave: computação em nuvem; modelos de implantação; tomada de decisão; análise multicritério; processo de análise hierárquica.

Cloud computing deployment model selection using the AHP multi-criteria analysis method

Abstract

Cloud computing is a prominent theme in computing that aims to provide on-demand computing resources over the Internet. Many organizations have already adopted cloud technologies, while others are still analyzing the feasibility of this migration. The objective of this paper is to indicate which cloud computing deployment model is the most appropriate to be adopted in an Information and Communication Technology Board of a public educational institution. To this end, the AHP (Analytic Hierarchy Process) multicriteria analysis method is used to assist in the decision making process. First, based on related works in the literature, the hierarchical structure of criteria and sub-criteria is elaborated, after which questionnaires are applied with the work team to prioritize the factors in levels of importance and then select the alternative. As a result, the security criterion is indicated as the most relevant, followed by availability, scalability and, lastly, cost. The alternative considered as suitable for the board of directors is the hybrid cloud. It is concluded that the AHP method proved efficient to evaluate the complexity of the various criteria involved.

Keywords: cloud computing; deployment models; decision making; multicriteria analysis; analytic hierarchy process.

Selección del modelo de despliegue de la computación en nube mediante el método de análisis multicriterio AHP

Resumen

La computación en nube es un tema destacado en la tecnología de la información que tiene como objetivo proporcionar recursos informáticos bajo demanda a través de Internet. Muchas organizaciones ya han adoptado las tecnologías de la nube, otras aún están analizando la viabilidad de esta migración. El objetivo de este artículo es indicar qué modelo de despliegue de la computación en la nube es el más adecuado para ser adoptado en una Junta de Tecnología de la Información y Comunicación de una institución educativa pública. Para ello, se utiliza el método de análisis multicriterio AHP (Analytic Hierarchy Process) como ayuda para la toma de decisiones. En primer lugar, basándose en trabajos relacionados en la literatura, se elabora la estructura jerárquica de criterios y subcriterios. Después, se aplican cuestionarios con el equipo de trabajo para priorizar los factores en niveles de importancia y luego seleccionar la alternativa. Como resultado, el criterio de seguridad se señala como el más relevante, seguido de la disponibilidad, la escalabilidad y, por último, el coste. La alternativa que se considera adecuada para el consejo de administración es la nube híbrida. Se concluye que el método AHP resultó eficaz para evaluar la complejidad de los distintos criterios implicados.

Palabras clave: computación en nube; modelos de despliegue; toma de decisiones; análisis multicriterio; proceso analítico jerárquico.

Este documento é protegido por Copyright © 2023 pelos Autores



Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons. Os usuários têm permissão para copiar e redistribuir os trabalhos por qualquer meio ou formato, e também para, tendo como base o seu conteúdo, reutilizar, transformar ou criar, com propósitos legais, até comerciais, desde que citada a fonte.

1 Introdução

A partir do início do século XXI, a computação em nuvem (CN) ou *Cloud Computing* vem sendo um tema de destaque na área da computação, tendo como principal função prover recursos de tecnologia da informação (TI), como capacidade de processamento computacional, armazenamento, banco de dados, aplicativos, plataformas, entre outras, sob demanda, por meio da Internet, sem a necessidade de adquirir e manter *data centers* com servidores físicos (THAKUR; SINGH; SANGAL, 2022).

Saha *et al.* (2023) afirmam que se trata de uma tecnologia poderosa que utiliza a Internet para fornecer aos usuários recursos e serviços de TI elásticos e em grande escala. Zayat *et al.* (2023) tratam a CN como um dos componentes da indústria 4.0 e ressaltam que a tecnologia cria um ambiente baseado em rede o qual permite o compartilhamento de recursos computacionais independentemente da localização geográfica.

Segundo Ramachandran *et al.* (2014), a Internet está evoluindo e deixando de ser um mero meio de fornecimento de informação, para permitir aos usuários executarem aplicações de *software*, utilizar recursos de computação, armazenar dados em qualquer momento e de qualquer parte do mundo. Lee, Tang e Sugumaran (2012) concordam, dizendo que um diferencial da computação em nuvem em face a outras inovações de TI é o fornecimento de aplicações e de serviços ao utilizador a qualquer hora, em qualquer lugar e em qualquer dispositivo.

Nesse sentido, Mell e Grance (2011) do National Institute of Standards and Technologies (NIST) - EUA definem a computação em nuvem como um modelo que admite acesso omnipresente a uma rede compartilhada de recursos computacionais que possam ser configurados (servidores, armazenamento, aplicações, serviços, entre outros) com liberação e provisionamento rápidos, e sem gastar muita energia com a gestão ou interação com o provedor do serviço de nuvem.

Ainda de acordo com Mell e Grance (2011), a CN possui cinco características essenciais: serviço sob demanda, amplo acesso à rede, agrupamento de recursos, elasticidade e serviço mensurável; são classificadas em três modelos de serviço: *Software as a Service* (SaaS), *Platform as a Service* (PaaS) e *Infrastructure as a Service* (IaaS). Além de quatro modelos de implantação, definidos de acordo com a infraestrutura da nuvem, sendo eles: nuvem pública, nuvem privada, nuvem comunitária ou nuvem híbrida.

Thakur, Singh e Sangal (2022) relatam que devido ao crescimento e à adoção da CN por grande parte das empresas, essa demanda atraiu provedores de serviços em nuvem a entrar no mercado e oferecer uma variedade de serviços. Como a quantidade de fornecedores de serviços em nuvem disponíveis aumenta de forma exponencial, o processo de descoberta e seleção de serviço em nuvem torna-se desafiador.

Várias instituições já adotaram a infraestrutura em nuvem para manter seus serviços com qualidade e alto desempenho, outras estão analisando a viabilidade de fazer tal adoção e, para isso, decisões importantes precisam ser tomadas. Segundo Ramachandran *et al.* (2014), é necessário selecionar os modelos de serviço e/ou de implantação mais adequados, assim como selecionar o provedor de nuvem apropriado. Essa migração da infraestrutura local para nuvem envolve além de alocação de recursos, a transformação na forma de operação da equipe de trabalho.

Zheng *et al.* (2020) ressaltam que a utilização da CN pode trazer benefícios como redução de custos, melhoria da eficiência, maior desempenho e crescimento na competitividade das empresas, portanto o processo de escolha do modelo de implantação em nuvem é altamente significativo, devendo levar em conta fatores organizacionais e sociais, já que diferentes modelos exigem distintos arranjos de recursos humanos, provedores de serviços, custos, riscos de informação e infraestrutura de TI. Já Araújo (2019) enfatiza que a definição de critérios e objetivos são essenciais para decidir qual serviço em nuvem adotar.

Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando o método de análise multicritério AHP

Bruno de Azevedo Ramos, José Elias da Silva Justo

O autor cita alguns critérios importantes para o processo decisório como disponibilidade, confiabilidade, custo e ressalta a utilidade dos modelos de decisão na escolha da melhor alternativa para infraestruturas em nuvem.

Alguns métodos de decisão multicritério, chamados de MCDM (*MultiCriteria Decision Making*) ou também MCDA (*MultiCriteria Decision Analysis*) têm sido adotados na escolha de modelos de computação em nuvem mais adequados para cada cenário.

Os trabalhos de Oliveira (2011), Ramachandran *et al.* (2014) e Ferreira, Martins e Salgado (2015) utilizam o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para adotar o modelo de implantação de CN, respectivamente, em uma empresa júnior, na federação de indústrias do Rio Grande do Norte e em um instituto acadêmico.

Os autores Indriani *et al.* (2016) e Lee, Tang e Sugumaran (2012) sugerem um modelo de decisão para analisar e selecionar o melhor modelo de implantação de computação em nuvem usando o método AHP junto com a análise BCOR (*Benefit Cost Opportunity Risk*).

Já Basu e Ghosh (2018) aplicam o método TOPSIS (*Technique for Order of Preferences by Similarity to Ideal Solutions*) para descobrir o melhor fornecedor de serviços e escolher o modelo de implantação de acordo com requisitos.

De acordo com Lee, Tang e Sugumaran (2012), o método AHP é amplamente aplicado nos processos de tomada de decisões multicritérios, resolução de conflitos e planejamento e alocação de recursos. O modelo consiste em construir uma hierarquia dos problemas e utilizar a comparação em pares entre as alternativas, proporcionando transformar os juízos subjetivos em medidas objetivas. Segundo Thakur, Singh e Sangal (2022), o AHP faz parte do grupo de métodos de comparação de pares que são usados para determinar qual atributo é preferido a outros ou tem uma característica quantificável superior, fornecendo uma maneira simples de avaliar e classificar a tomada de decisões. Os autores destacam que o AHP é o método mais usado para a seleção de serviços em nuvem. Porém ressaltam que a principal desvantagem desse método é a dependência do conhecimento do tomador de decisão.

Cada setor e/ou organização possui as suas especificidades, sejam elas técnicas, financeiras, de material humano, entre outras, e para selecionar o tipo de nuvem ideal há a necessidade de se estabelecer e analisar critérios objetivos para chegar a uma definição assertiva.

Posto isto, o objetivo deste artigo é utilizar o método de análise multicritério AHP para auxiliar na tomada de decisão sobre qual o modelo de implantação de computação em nuvem (pública, privada ou híbrida) é mais apropriado para ser adotado em uma Diretoria de Tecnologia da Informação e Comunicação de uma instituição de ensino pública.

Este artigo é estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta o referencial teórico, trazendo os conceitos acerca da computação em nuvem e do método multicritério AHP; a Seção 3 expõe a metodologia aplicada; a Seção 4 descreve os resultados obtidos; a Seção 5 aborda a discussão do resultado, comparando aos trabalhos relacionados; e por fim, na última Seção as considerações finais são delineadas.

2 Referencial Teórico

2.1 Computação em nuvem

A computação em nuvem representa um paradigma que disponibiliza recursos computacionais, como armazenamento, redes, servidores, bancos de dados, plataformas e outros, sob demanda, por meio da internet. Esse paradigma revolucionou a maneira como as empresas fornecem e consomem

Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando o método de análise multicritério AHP

Bruno de Azevedo Ramos, José Elias da Silva Justo

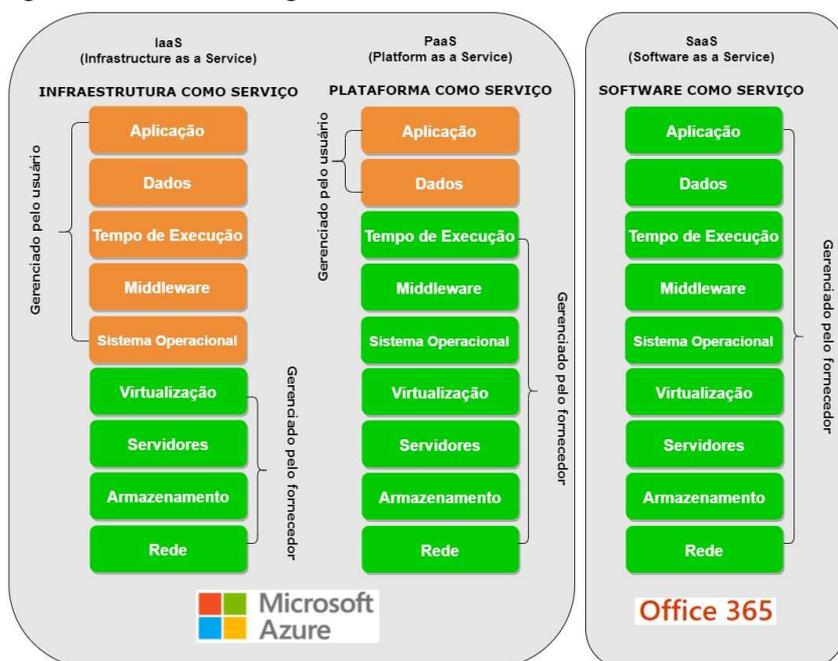
serviços de computação, permitindo o acesso a serviços de computação de alta qualidade sem necessidade de altos investimentos em infraestrutura de TI. Tendo como princípios básicos o fornecimento de serviços de *backup* e recuperação, acesso universal, baixo custo de recursos, flexibilidade, disponibilidade entre outros (THAKUR; SINGH; SANGAL, 2022).

A tecnologia pode ser classificada pelos modelos de serviço: IaaS (*Infrastructure as a Service*), PaaS (*Platform as a Service*) e SaaS (*Software as a Service*).

1. IaaS: os recursos de armazenamento, computação e recursos de rede são providos como um serviço que podem ser utilizados pelas organizações de TI. Toda a infraestrutura como CPU, memória, espaço de armazenamento, largura de banda, entre outros são personalizados e flexíveis (BASU; GHOSH, 2018). Nesse modelo, o cliente fica responsável por gerenciar os serviços e aplicações, assim como o sistema operacional. O provedor fornece o *hardware* normalmente por meio da virtualização.
2. PaaS: oferece ambientes de desenvolvimento e implantação de *software* como um serviço, provendo uma solução para desenvolver, testar, implantar, hospedar e manter aplicativos (BASU; GHOSH, 2018). Sendo assim, o cliente gerencia somente os dados e a aplicação, ficando a responsabilidade de toda infraestrutura de *hardware* e sistema operacional a cargo do provedor.
3. SaaS: entrega o aplicativo completo, normalmente acessível via navegador, para vários usuários que não precisam manter servidores ou qualquer *software* (BASU; GHOSH, 2018). Toda a infraestrutura e manutenção do *software* é gerenciada pelo provedor, os clientes em geral são os usuários finais que se preocupam somente em como usufruir do *software* disponibilizado.

A estrutura de gerenciamento de cada modelo de serviço está demonstrada na Figura 1, tendo como exemplo o provedor Microsoft Azure e o Office 365.

Figura 1. Estrutura de gerenciamento dos modelos de serviço

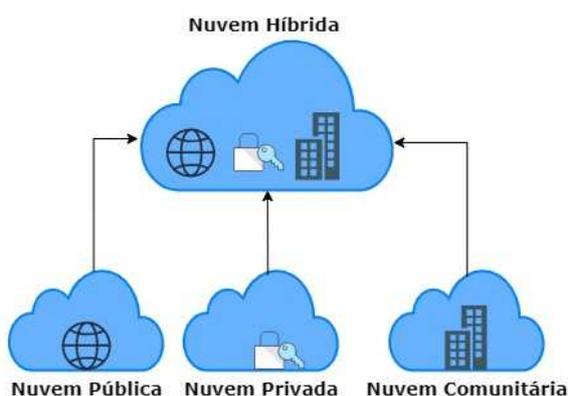


Fonte: Adaptado de Microsoft Azure (2023)

Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando o método de análise multicritério AHP
 Bruno de Azevedo Ramos, José Elias da Silva Justo

Outra classificação é feita em relação aos modelos de implantação: nuvem pública, nuvem privada, nuvem comunitária ou nuvem híbrida (MELL; GRANCE, 2011). Conforme pode ser observado na Figura 2.

Figura 2. Modelos de implantação



Fonte: Autores (2023). Baseado em Thakkar *et al.* (2023)

1. nuvem pública: modelo em que os serviços de computação são disponibilizados por meio da internet, tornando-os acessíveis ao público em geral, o provedor de serviços fornece serviços e os usuários não têm controle sobre a localização da infraestrutura. A nuvem pública é particularmente adequada para empresas que desejam gerenciar seus recursos de forma eficiente e oferece vantagem do ponto de vista econômico devido à redução de custos de capital e operacional (THAKKAR *et al.*, 2023);
2. nuvem privada: a infraestrutura é provisionada para uso exclusivo por uma única organização. A propriedade é gerida e operada pela organização (MELL; GRANCE, 2011). Segundo Thakkar *et al.* (2023), trata-se de um ambiente projetado em uma infraestrutura baseada na internet protegida por um *firewall* gerenciado pelo departamento de TI da empresa. Com isso, proporciona maior controle sobre os dados, pois apenas usuários autorizados têm acesso à nuvem privada. Os recursos podem ser disponibilizados localmente ou remotamente. Não possui requisitos de segurança adicionais ou restrições de largura de banda, tornando-a uma escolha adequada para empresas que precisam de um maior controle sobre seus recursos de computação e dados sensíveis;
3. nuvem comunitária: a infraestrutura é fornecida para uso exclusivo por uma comunidade específica de consumidores de organizações que têm preocupações comuns. A propriedade é gerida e operada por uma ou mais organizações da comunidade (MELL; GRANCE, 2011). Thakkar *et al.* (2023) definem como uma infraestrutura dividida e compartilhada por instituições pertencentes à mesma sociedade com objetivo de atender a fins empresariais específicos. A gestão da infraestrutura pode ser realizada internamente ou por fornecedores terceiros, e a infraestrutura pode ser implantada tanto internamente quanto externamente. Uma das vantagens desse modelo é que os custos são compartilhados por várias entidades, o que resulta em economias significativas. Os autores ressaltam ainda que a nuvem comunitária é uma escolha econômica para organizações que compartilham interesses e requisitos similares, ao passo que desfrutam das vantagens da escalabilidade e da privacidade compartilhada;

4. nuvem híbrida: a infraestrutura é uma composição de duas ou mais infraestruturas de nuvem distintas, podendo ser a junção de nuvens privadas e/ou comunitárias e/ou públicas, ligadas entre si, formando entidades únicas permitindo portabilidade de dados e aplicações entre elas (MELL; GRANCE, 2011). Conforme Thakkar *et al.* (2023), esse modelo combina elementos de diferentes tipos de nuvens em uma única estrutura, fazendo a união de dois ou mais provedores que trabalham juntos embora permaneçam entidades distintas. Por meio dessa integração com outro pacote/serviço em nuvem, o usuário pode aprimorar a capacidade e as funcionalidades do sistema. Os recursos são gerenciados internamente ou por serviços de terceiros. As cargas de trabalho são movidas entre a internet privada e pública, oferecendo flexibilidade para atender às necessidades específicas e permitir a migração eficiente de recursos de acordo com a demanda.

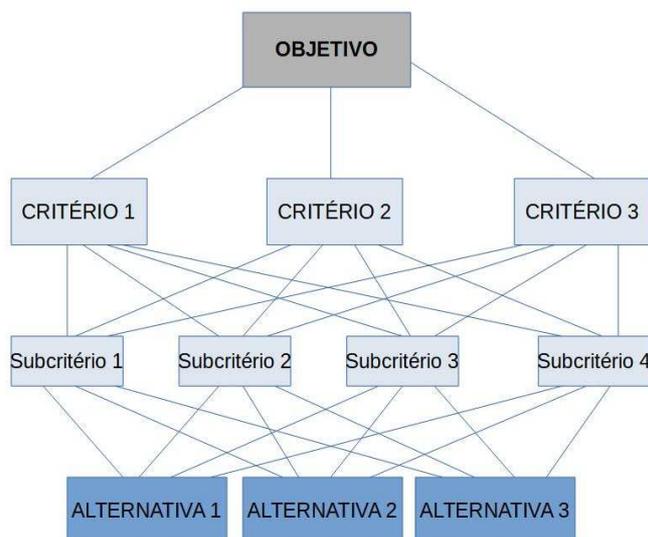
2.2 Método Analytic Hierarchy Process - AHP

Análise de Decisão Multicritério (MCDA) é uma abordagem que permite aos tomadores de decisão escolher ou classificar alternativas com base em uma avaliação de múltiplos critérios. Trata-se de uma ferramenta valiosa na pesquisa operacional, e ao longo dos anos, várias técnicas de MCDA foram desenvolvidas e aplicadas a problemas de decisão em diversas áreas. Existem vários métodos dentro do campo da MCDA que servem para auxiliar nesse processo, incluindo o AHP, ANP, ELECTRE (I, II, III e IV), PROMETHEE, TOPSIS, métodos Fuzzy, entre outros (OLIVEIRA *et al.*, 2023).

O Processo de Hierarquia Analítica (AHP) é um Método de Decisão Multicritério (MCDM) bastante utilizado para auxílio na tomada de decisões complexas, em que variáveis e critérios devem ser considerados na escolha de uma alternativa. Conforme Garg (2022), nos últimos anos, o AHP tem sido o método MCDM mais utilizado para resolver o problema de seleção de serviços em nuvem.

Segundo Zayat *et al.* (2023), o método AHP foi desenvolvido por Saaty (1988) e faz parte do grupo de métodos de tomadas de decisão baseados em comparação entre pares, sendo considerado o método mais popular dessa classe. Consiste em tratar o problema considerando a hierarquia, com o objetivo no topo, seguido pelos critérios e subcritérios no meio e as alternativas na parte inferior (Figura 3).

Figura 3. Estrutura hierárquica do método AHP



Fonte: Adaptado de Saaty (1988)

*Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando o método de análise multicritério AHP*Bruno de Azevedo Ramos, José Elias da Silva Justo

O método consiste nas seguintes principais etapas: estruturação da hierarquia, estabelecimento de prioridades, realização de comparações entre pares dos critérios, subcritérios e alternativas de decisão, verificação da consistência lógica da análise e sintetização dos resultados (AKHROUF; DERGHOU, 2023; RAMACHANDRAN *et al.*, 2014).

O facilitador trabalha juntamente com os decisores para estruturar e modelar o problema e, devido à estruturação hierárquica dos critérios, permite focar melhor em critérios e subcritérios específicos ao atribuir pesos (AKHROUF; DERGHOU, 2023). Após a elaboração da hierarquia, os tomadores de decisão realizam o processo de priorização, avaliando sistematicamente por meio da comparação, dois a dois, cada um dos critérios no mesmo nível da hierarquia. O AHP transforma essas comparações, normalmente empíricas, em valores numéricos para representar a importância relativa de um elemento em relação a outro, que são processados, sendo calculado o peso de cada um dos fatores e estabelecida a importância para a análise (AKHROUF; DERGHOU, 2023; VARGAS, 2010).

Essa comparação é feita por meio de um questionário com perguntas estruturadas da seguinte forma: **Com relação ao <critério X>, qual subcritério é mais importante e quanto mais em uma escala de 1 a 9?** O entrevistado deve selecionar o critério e a escala binária de comparação do método AHP, em que, conforme Saaty (1988):

1- Importância igual, 3- Importância moderada, 5- Importância forte, 7- Importância muito forte, 9- Importância extrema, (2,4,6,8 valores intermediários).

A partir de então, são calculadas prioridades locais para definir a contribuição relativa de cada subcritério da estrutura hierárquica em face a seu critério e prioridades globais para definir a relevância em relação ao objetivo principal. O método também avalia a consistência geral das avaliações utilizando um índice de consistência (CI) que deve ser igual ou inferior a 10%, caso contrário, as avaliações são consideradas aleatórias e podem exigir revisão (AKHROUF; DERGHOU, 2023; VARGAS, 2010). Por fim, é avaliada a alternativa mais adequada para cada subcritério.

Neste artigo, para aplicar o método, será utilizado o *software AHP Online System*¹, ferramenta de apoio aos processos de tomada de decisão, gratuito, que permite implementar cálculos, dados de entrada, questionários, processar e analisar os resultados do método AHP de forma *on-line* (GOEPEL, 2018).

3 Metodologia

3.1 Classificação da pesquisa

Esta pesquisa é classificada, de acordo com sua natureza, como aplicada, que segundo Silva e Menezes (2005) tem objetivo de solucionar problemas específicos e gerar conhecimento para aplicação prática. Quanto à forma de abordagem, é qualitativa, pois há subjetividade e os pesquisadores analisam os dados indutivamente e quantitativa, devido à tradução de opiniões e informações em números para classificá-las e analisá-las (SILVA; MENEZES, 2005). Do ponto de vista do seu objetivo, trata-se de uma pesquisa exploratória, com delineamento bibliográfico, que, conforme Gil (2008), tem como objetivo proporcionar uma visão geral sobre um assunto e envolve levantamento bibliográfico, principalmente livros e artigos científicos.

¹ <https://bpmsg.com/ahp>

Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando o método de análise multicritério AHP

Bruno de Azevedo Ramos, José Elias da Silva Justo

3.2 Definição dos critérios e subcritérios e alternativas

Para definir os critérios e subcritérios, realizou-se uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados Scopus e Google Acadêmico, utilizando as palavras-chave: **computação em nuvem**, **multicritério** e **modelo de implantação** que retornou publicações relevantes acerca do tema. Foram selecionados sete trabalhos que utilizam métodos multicritério para tomada de decisão sobre modelo de implantação de computação em nuvem, conforme o Quadro 1.

Quadro 1. Trabalhos selecionados na literatura

#	Título	Autor (es)	Multicritério
1	Aplicação do método de Análise Hierárquica na tomada de decisão para adoção de computação em nuvem, um estudo de caso na federação das indústrias do RN	(OLIVEIRA, 2011)	AHP
2	A Deployment Model for Cloud Computing using the Analytic Hierarchy Process and BCOR Analysis	(LEE; TANG; SUGUMARAN, 2012)	AHP e BCOR
3	Selecting a suitable Cloud Computing technology deployment model for an academic institute: A case study	(RAMACHANDRAN <i>et al.</i> , 2014)	AHP
4	Aplicação do método Analytic Hierarchy Process para a adoção de Computação em Nuvem em empresas juniores	(FERREIRA; MARTINS; SALGADO, 2015)	AHP
5	Selection of cloud deployment model for Ministry of Foreign Affairs using Benefit, Cost, Opportunity, and Risk (BCOR) Analysis and Analytic Hierarchy Process (AHP)	(INDRIANI <i>et al.</i> , 2016)	AHP e BCOR
6	Implementing Fuzzy TOPSIS in Cloud Type and Service Provider Selection	(BASU; GHOSH, 2018)	Fuzzy TOPSIS
7	MCDM-Based Parametric Selection of Cloud Deployment Models for an Academic Organization	(GARG, 2022)	Fuzzy-ETDBA

Fonte: Autores (2023)

A partir desses trabalhos, realizou-se uma análise qualitativa para determinar quais os critérios e os subcritérios mais relevantes a serem considerados na escolha do modelo de implantação da computação em nuvem.

3.3 Coleta de dados

Os dados são coletados por meio de entrevistas com a equipe de TI, composta pelo diretor e oito servidores da Diretoria de Tecnologia da Informação e Comunicação de uma instituição de ensino pública.

Os colaboradores possuem familiaridade com o tema, pois atuam na área de computação, porém, para garantir o entendimento pleno dos critérios, é realizada uma explicação técnica de cada um deles, dos subcritérios, assim como também das alternativas.

Por fim é aplicado o questionário constituído pelas perguntas elaboradas para comparar em pares os critérios, subcritérios e as alternativas, respondidas de forma *on-line* por meio do *software AHP Online System*.

Na Figura 4, podem ser observadas as perguntas do questionário da comparação entre pares dos critérios de primeiro nível.

Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando o método de análise multicritério AHP

Bruno de Azevedo Ramos, José Elias da Silva Justo

Figura 4. Comparação entre pares dos critérios de primeiro nível

Com relação a Computação em Nuvem, qual critério é mais importante, e quanto mais em uma escala de 1 a 9?											
Escala AHP: 1- Mesma importância, 3- Moderada, 5- Alta, 7- Muito alta, 9 -Extrema importância											
	Critérios		Igual	Quanto mais?							
1	<input type="radio"/> Segurança	<input type="radio"/> Custo	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
2	<input type="radio"/> Segurança	<input type="radio"/> Disponibilidade	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
3	<input type="radio"/> Segurança	<input type="radio"/> Escalabilidade	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
4	<input type="radio"/> Custo	<input type="radio"/> Disponibilidade	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
5	<input type="radio"/> Custo	<input type="radio"/> Escalabilidade	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
6	<input type="radio"/> Disponibilidade	<input type="radio"/> Escalabilidade	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9

Fonte: Autores (2023). Adaptado do *software* AHP-OS desenvolvido por Goepel (2018)

Da mesma forma é feita a comparação entre pares com cada um dos subcritérios em relação ao seu critério, conforme exemplificado na Figura 5.

Figura 5. Comparação entre pares dos subcritérios de segundo nível

Com relação a Segurança, qual subcritério é mais importante, e quanto mais em uma escala de 1 a 9?											
Escala AHP: 1- Mesma importância, 3- Moderada, 5- Alta, 7- Muito alta, 9 -Extrema importância											
	Subcritérios		Igual	Quanto mais?							
1	<input type="radio"/> Privacidade dos dados	<input type="radio"/> Confiabilidade do provedor	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
2	<input type="radio"/> Privacidade dos dados	<input type="radio"/> Backup e recuperação	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
3	<input type="radio"/> Confiabilidade do provedor	<input type="radio"/> Backup e recuperação	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9

Fonte: Autores (2023). Adaptado do *software* AHP-OS desenvolvido por Goepel (2018)

Após estabelecer as prioridades dos critérios e subcritérios, é feita a comparação entre cada subcritério em relação às alternativas, conforme o exemplo da Figura 6.

Figura 6. Comparação entre as alternativas

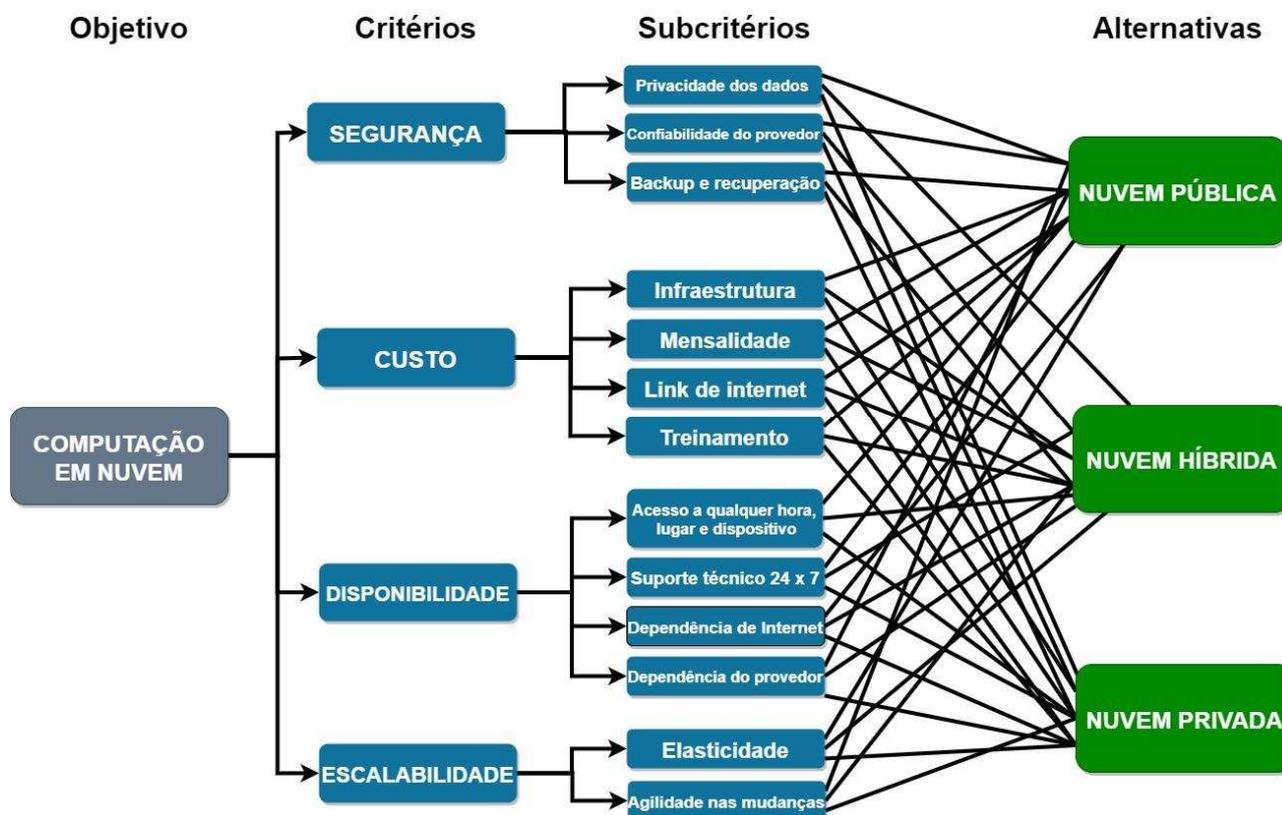
Com relação a Mensalidade, qual alternativa se encaixa melhor, e quanto mais em uma escala de 1 a 9?											
Escala AHP: 1- Mesma importância, 3- Moderada, 5- Alta, 7- Muito alta, 9 -Extrema importância											
	Subcritérios		Igual	Quanto mais?							
1	<input type="radio"/> Nuvem Pública	<input type="radio"/> Nuvem Híbrida	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
2	<input type="radio"/> Nuvem Pública	<input type="radio"/> Nuvem Privada	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
3	<input type="radio"/> Nuvem Híbrida	<input type="radio"/> Nuvem Privada	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9

Fonte: Autores (2023). Adaptado do *software* AHP-OS desenvolvido por Goepel (2018)

4 Resultados

De acordo com a literatura, baseado nos trabalhos selecionados e conhecimento empírico dos autores, foram definidos os critérios e subcritérios considerados mais relevantes, assim como as alternativas: nuvem pública, privada ou híbrida. O modelo nuvem comunitária não será considerada neste artigo, pois apesar de ser apresentada na classificação do NIST, Petkovic (2010) explica que o tipo nuvem privada já engloba as características e inclui as definições da nuvem comunitária. Sendo assim, estabeleceu-se a estrutura hierárquica do método multicritério AHP aplicada (Figura 7).

Figura 7. Hierarquia definida com objetivo, critérios, subcritérios e alternativas



Fonte: Autores (2023)

Os trabalhos selecionados foram analisados qualitativamente em relação aos parâmetros abordados em seus estudos. Na Tabela 1 pode-se observar quais critérios e subcritérios foram aplicados pelos respectivos artigos analisados.

Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando o método de análise multicritério AHP

Bruno de Azevedo Ramos, José Elias da Silva Justo

Tabela 1. Critérios e subcritérios utilizados pelos trabalhos selecionados

Autor (es)	Critérios																
	Segurança				Custo				Disponibilidade				Escalabilidade				
	Segurança	Custo	Disponibilidade	Escalabilidade	Privacidade dos dados	Confiabilidade do provedor	Backup e Recuperação	Infraestrutura	Mensalidade	Link de internet	Treinamento	Acesso a qualquer hora, local, dispositivo	Suporte 24 x 7	Dependência da internet	Dependência do provedor	Elasticidade	Agilidade nas mudanças
(OLIVEIRA, 2011)	X	X	X	X		X		X	X	X	X		X	X		X	X
(LEE; TANG; SUGUMARAN, 2012)	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	
(RAMACHANDRAN <i>et al.</i> , 2014)	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X			X	X
(FERREIRA; MARTINS; SALGADO, 2015)	X	X	X	X					X		X	X	X	X		X	
(INDRIANI <i>et al.</i> , 2016)	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	
(BASU; GHOSH, 2018)	X	X	X	X	X	X		X		X		X	X			X	X
(GARG, 2022)		X	X	X				X	X			X		X		X	X

Fonte: Autores (2023)

Os critérios compõem o primeiro nível da estrutura, os subcritérios o segundo nível e as alternativas o último nível. A seguir uma breve descrição desses critérios.

Segurança: representa a necessidade de manter os dados da instituição e dos usuários íntegros, autênticos e seguros. Zayat *et al.* (2023) mencionam que, devido à distribuição geográfica dos *data centers* em nuvem, uma série de ameaças de segurança são geradas, com destaque para as violações de dados, a apropriação de contas, credenciais comprometidas e problemas de autenticação. Com isso reforçam a importância de considerar cuidadosamente a segurança como um critério primordial garantindo a proteção dos dados confidenciais e a mitigação dessas ameaças. Neste critério são avaliados três subcritérios:

- i. privacidade dos dados: capacidade de manter a autenticidade dos acessos, confidencialidade e integridade dos dados;
- ii. confiabilidade do provedor: a equipe deve ter um elevado nível de confiança em relação aos métodos pelos quais os prestadores de serviços tratam a questão da segurança e proteção dos dados;
- iii. *backup* e recuperação: capacidade de recuperação do estado anterior dos dados/sistemas em caso de falha ou incidente.

*Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando o método de análise multicritério AHP*Bruno de Azevedo Ramos, José Elias da Silva Justo

Custo: Este critério objetiva avaliar os aspectos financeiros entre manter a infraestrutura tradicional ou migrar para computação em nuvem. Segundo Zheng *et al.* (2020), o critério de custo é importante, pois pode afetar significativamente os custos de transação da empresa. Além disso, a estrutura de custos da empresa é um dos fatores que influenciam a decisão de adotar um modelo de implantação de nuvem específico. Portanto, a avaliação dos custos é fundamental para garantir que a empresa escolha o modelo de implantação de nuvem mais adequado às suas necessidades e recursos.

Nesse aspecto serão analisados quatro subcritérios relacionados ao custo operacional:

- i. infraestrutura: engloba os investimentos com aquisição de *hardware* (servidores, roteadores, *nobreaks*, entre outros), instalação (custo com energia elétrica, climatização), armazenamento e *software* (licenças). A infraestrutura já existente na instituição deve ser considerada para avaliar a possibilidade de migração para o serviço em nuvem;
- ii. mensalidade: custos recorrentes com pagamento mensal ao provedor de acordo com o contrato e a demanda utilizada. Em caso de nuvem pública e híbrida, o prestador de serviço é externo, já na nuvem privada, a infraestrutura é de propriedade da instituição ou de parceiros;
- iii. *link* de Internet: necessidade de uma conexão estável e de alta performance para gerenciar e acessar os serviços. Normalmente, utiliza-se mais de um *link* empresarial com diferentes provedores para se obter redundância, aumentando significativamente o custo com provedores de Internet;
- iv. treinamento: necessidade de capacitação da equipe de trabalho para atuar com as tecnologias da computação em nuvem.

Disponibilidade: avalia a capacidade dos serviços estarem sempre disponíveis (alta disponibilidade). Ahuja *et al.* (2022) relatam que esse critério deve assegurar que os serviços e dados necessários estejam prontamente acessíveis quando necessários, garantindo a continuidade e o desempenho das operações de negócios. Enfatizam ainda que a interrupção ou inacessibilidade de recursos na nuvem podem ter sérias implicações para as organizações.

Quatro aspectos são considerados na avaliação desse critério:

- i. acessível a qualquer hora, lugar e dispositivo: os serviços devem estar disponíveis dentro e fora da rede da instituição, a qualquer momento (24 horas por dia, 7 dias por semana) e compatível com diversos dispositivos (*desktop*, *notebook*, *tablet* e *smartphone*);
- ii. suporte técnico 24x7: disponibilidade de apoio ao cliente pelo fornecedor do serviço de nuvem a todo tempo;
- iii. dependência de Internet: em caso de indisponibilidade da Internet, o gerenciamento e o acesso aos serviços ficam comprometidos. Dependendo do modelo de nuvem adotado não há acesso pela rede local;

Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando o método de análise multicritério AHP

Bruno de Azevedo Ramos, José Elias da Silva Justo

- iv. dependência do provedor: em caso de falha do provedor, há a possibilidade de perder o controle dos dados e gerenciamento dos serviços, além do fator aprisionamento tecnológico, que se refere a ficar dependente da tecnologia implementada pelo provedor. Deve-se considerar e avaliar o custo de mudança.

Escalabilidade: Para Saha *et al.* (2023), refere-se ao aumento (ou diminuição) de recursos para atender aos picos de demanda, ou seja, capacidade de adaptar, expandir ou diminuir os recursos de acordo com a necessidade, sem perder desempenho. Para avaliar esse critério, são analisados dois subcritérios:

- i. elasticidade: capacidade de provisionar recursos sob demanda, podendo aumentar ou diminuir instantaneamente. Objetiva evitar a subutilização de recursos, pagando somente pelo que é realmente utilizado;
- ii. agilidade nas mudanças: capacidade da computação em nuvem de ter uma gama de tecnologias disponíveis, que geram facilidades na implementação de novos serviços de forma rápida e sem demandar muito esforço.

Com a estrutura hierárquica definida, os entrevistados responderam os questionários e obteve-se o peso dos parâmetros elencados na árvore de decisão indicando a importância de cada um deles. Em relação aos critérios de primeiro nível, a equipe considera o fator segurança como o mais importante com 44,2%, seguido da disponibilidade com 28,5%. A escalabilidade está na terceira posição com 13,8% e, por último, o fator custo é avaliado como o menos importante com 13,5%. A classificação pode ser observada na Figura 8.

Figura 8. Prioridades consolidadas dos critérios de primeiro nível

Índice de Consistência: 2,1%		
Critério	Prioridade	Classificação
Segurança	44,20%	1
Custo	13,50%	4
Disponibilidade	28,50%	2
Escalabilidade	13,80%	3

Fonte: Autores (2023). Adaptado do *software* AHP-OS desenvolvido por Goepel (2018)

Na avaliação dos subcritérios, em relação ao critério segurança, a privacidade dos dados é o mais relevante, representando 49,4%; *backup* e recuperação ficam em segundo com 32,2% e a confiabilidade do provedor em último com 18,4%. Referente aos subcritérios de disponibilidade, o acesso a qualquer hora, lugar e dispositivo é classificado na primeira posição com 36,2%; em segundo o suporte técnico 24x7 com 26,4%; em terceiro, a dependência da Internet com 23,7% e, em quarto, a dependência do provedor com 13,6%. Quanto ao critério escalabilidade, a elasticidade é o subcritério mais importante com 59,9%, seguido de agilidade nas mudanças com 40,1%. Já o critério custo tem como maior prioridade o subcritério infraestrutura com 43,5%, em segundo o *link* de Internet com 29,1%, seguido de mensalidade com 14,9% e o treinamento é a menor prioridade com 12,5%.

Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando o método de análise multicritério AHP

Bruno de Azevedo Ramos, José Elias da Silva Justo

A hierarquia com as prioridades consolidadas de cada critério e seus respectivos subcritérios pode ser visualizada no Quadro 2.

Quadro 2. Hierarquia com as prioridades locais consolidadas

Hierarquia de decisão			
Nível 0	Nível 1	Nível 2	
Computação em Nuvem	Segurança: 44,2%	Privacidade dos dados	49,40%
		Confiabilidade do provedor	18,40%
		Backup e recuperação	32,20%
	Custo: 13,5%	Infraestrutura	43,50%
		Mensalidade	14,90%
		Link de Internet	29,10%
		Treinamento	12,50%
	Disponibilidade: 28,5%	Acesso a qualquer hora lugar e dispositivo	36,20%
		Suporte Técnico 24x7	26,40%
		Dependência da Internet	23,70%
		Dependência do provedor	13,60%
	Escalabilidade: 13,8%	Elasticidade	59,90%
		Agilidade nas mudanças	40,10%

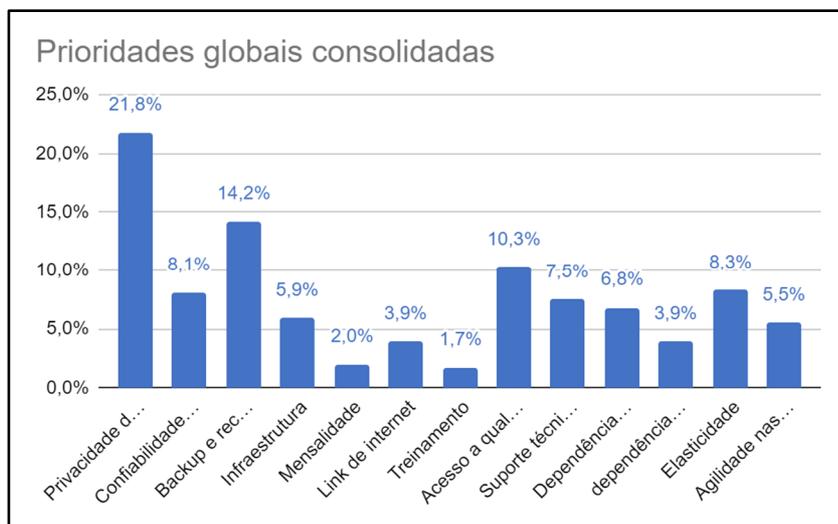
Fonte: Autores (2023). Adaptado do *software* AHP-OS desenvolvido por Goepel (2018)

Nas prioridades globais, destaca-se que a privacidade dos dados é o fator mais relevante para o objetivo geral, representando 21,8%; e o segundo fator é o *backup* e recuperação de dados com 14,2%. Ambos estão diretamente relacionados ao critério segurança. O terceiro elemento mais importante, com 10,3%, é o acesso a qualquer hora, lugar e dispositivo referente a alta disponibilidade, seguido da elasticidade com 8,3%, que está associado ao critério escalabilidade. As prioridades globais são apresentadas na Figura 9.

Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando o método de análise multicritério AHP

Bruno de Azevedo Ramos, José Elias da Silva Justo

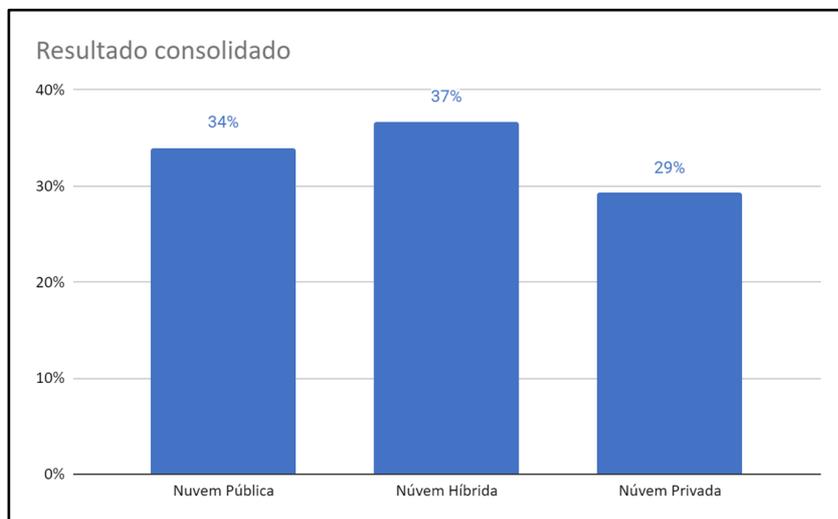
Figura 9. Prioridades globais consolidadas



Fonte: Autores (2023). Adaptado do *software* AHP-OS desenvolvido por Goepel (2018)

Com a análise das alternativas, o resultado demonstrou que o modelo de implantação de computação em nuvem mais adequado para a diretoria de TIC que compõe o estudo deste artigo é a nuvem híbrida com 37% (Figura 10).

Figura 10. Resultado consolidado das alternativas



Fonte: Autores (2023). Adaptado do *software* AHP-OS desenvolvido por Goepel (2018)

Considerando as análises, infere-se que a escolha desse modelo de nuvem está associada ao fato de a instituição possuir infraestrutura própria de *datacenter* consolidada, podendo mantê-la e implementar a nuvem privada, até que haja a necessidade de comprar novos servidores ou realizar *upgrades* dos equipamentos instalados. A partir deste ponto, torna-se viável a contratação de serviços em nuvem pública, agregando vantagens como pagamento e uso sob demanda, diminuição de custos, aumento da capacidade, disponibilidade e facilidade de implementar futuras demandas; resultando então no modelo de implantação de nuvem híbrida.

5 Discussão

A alternativa identificada neste artigo como a opção mais assertiva é a nuvem híbrida.

Oliveira (2011) também obteve esse resultado avaliando a federação das indústrias do Rio Grande do Norte. Ele verificou que esse modelo de implantação é o ideal para se iniciar na computação em nuvem. Considerando que a camada de *Infrastructure as a Service* - IaaS (processamento e armazenamento) deve ser dividida entre a nuvem pública e a nuvem privada, a camada de *Platform as a Service* - PaaS (desenvolvimento e teste de *softwares*) teve preferência pela nuvem privada, e a camada de *Software as a Service* - SaaS (*e-mails* e aplicativos) se dividiu, com *e-mails* na nuvem pública e os aplicativos na nuvem privada.

Em um trabalho mais recente, Basu e Ghosh (2018) concordam com a escolha da alternativa de nuvem híbrida. Eles aplicam o método de tomada de decisão multicritério para encontrar o melhor fornecedor de serviços e escolher o modelo de implementação de acordo com os requisitos, obtendo como resultado a seguinte classificação: 1º híbrido, 2º público, 3º privado. Neste caso, a melhor alternativa de nuvem é a híbrida. É importante ressaltar que o artigo de Basu e Ghosh (2018) foi aplicado para selecionar a nuvem adequada para uma organização que está adotando a nuvem a partir da arquitetura local, o que se assemelha à situação atual do presente artigo.

Outros autores chegaram a resultados distintos. Ramachandran *et al.* (2014) selecionaram a nuvem privada em uma instituição acadêmica, porque acreditavam que proporciona maior economia de custos, além de prover a segurança necessária para manter informações confidenciais, tais como detalhes dos estudantes, notas, entre outros. No presente artigo, o critério segurança também foi considerado o de maior peso na tomada de decisão, sendo o subcritério privacidade dos dados o de maior prioridade global da hierarquia; porém a equipe avaliadora considerou, ao contrário dos autores, a nuvem híbrida como ideal para esse subcritério.

Ferreira, Martins e Salgado (2015) também apontam em seu artigo a nuvem privada como a mais indicada para empresas juniores. Eles relatam que os envolvidos priorizaram os atributos de segurança, disponibilidade e suporte técnico. Optaram por esse modelo devido ao tráfego de dados estar sob controle direto da organização, de forma centralizada e com recursos computacionais dedicados. Apesar de o resultado ser divergente da alternativa selecionada no presente estudo, a prioridade dos critérios se assemelha, já que segurança e disponibilidade são os critérios com maior peso. Porém, em relação à disponibilidade, os avaliadores da Diretoria de TIC preferem a nuvem pública para os subcritérios acesso a qualquer hora, lugar e dispositivo, além de suporte técnico 24x7; e a nuvem privada para dependência do provedor e da Internet.

Indriani *et al.* (2016) indicam que o modelo mais adequado para o Ministério dos Negócios Estrangeiros da Indonésia, em uma abordagem realista para órgãos governamentais, é o modelo de nuvem privada que, segundo os autores, devem considerar os aspectos segurança e privacidade, custo de mudança, governança e conformidade legal. A questão da legislação é um ponto que Indriani *et al.* (2016) trazem para discussão, mas que não foi abordado diretamente no presente trabalho. Esse critério pode ter alguma relevância, pois a Diretoria de TIC objeto da pesquisa pertence a uma instituição de ensino pública.

Já Garg (2022) obteve como resultado da sua pesquisa a decisão por adotar o modelo nuvem pública para a sua organização acadêmica. É importante ressaltar que, conforme o autor, a principal implicação do estudo é que os resultados obtidos no *ranking* do modelo de implantação de nuvens não podem ser generalizados para outras organizações acadêmicas. O autor enfatiza que o processo de decisão é altamente dependente da experiência do decisor, das preferências e dos parâmetros de decisão considerados na avaliação e, por isso, a decisão de seleção do modelo de implantação de nuvens pode variar de instituição para instituição.

6 Considerações finais

Com base no que foi apresentado, o objetivo de selecionar o modelo de implantação de computação em nuvem mais adequado para a Diretoria de Tecnologia da Informação e Comunicação da instituição de ensino pública foi alcançado. Com auxílio do método de análise multicritério AHP, foi possível analisar os critérios propostos e obter como resultado a nuvem híbrida como a mais indicada.

O método AHP se mostrou bastante eficiente para avaliação da complexidade que envolve os diversos critérios que impactam na tomada de decisão, pois facilita a análise de forma objetiva e, de certo modo, permite transformar as opiniões em números na forma de pesos e importâncias, refletindo em um resultado mais preciso. O *software AHP Online System* se mostrou muito útil para aplicação do método AHP, permitindo e facilitando a implementação de todo o processo e a análise dos resultados em forma de gráficos e com as informações claras.

Ao se comparar o resultado com os trabalhos relacionados na literatura, conclui-se que a seleção do melhor modelo de implantação de computação em nuvem depende do cenário (setor, empresa, local, segmento, já possuir ou não infraestrutura própria, capacidade de investimento, entre outros). Portanto, a decisão não pode ser taxativa, pois os três modelos são viáveis e possuem suas vantagens e desafios, devendo os responsáveis observarem os fatores para fazerem a escolha mais assertiva.

A pesquisa apresenta algumas limitações que devem ser reconhecidas. Primeiramente, não foram considerados os critérios relacionados aos requisitos de legislação e regulamentação. Como a pesquisa foi aplicada em uma instituição pública, a conformidade com a legislação desempenha um papel importante. A falta de consideração desses critérios pode limitar a generalização dos resultados.

Além disso, a pesquisa enfrentou a limitação de não abordar outros critérios igualmente importantes, como desempenho, compatibilidade de sistemas operacionais, governança, poder de processamento, entre outros. A decisão de focar em um conjunto específico de critérios foi tomada levando em consideração a especificidade do ambiente em que a pesquisa foi realizada e para evitar a complexidade excessiva na análise multicritério, pois a inclusão de um grande número de critérios poderia tornar o processo de tomada de decisão demasiadamente complexo e difícil de gerenciar. No entanto, reconhecemos que esses critérios não abordados também desempenham um papel relevante em ambientes de computação em nuvem e podem influenciar as escolhas de implantação.

Tendo em vista a questão legal, como trabalho futuro, sugere-se um estudo sobre os regulamentos e legislações vigentes para a contratação de serviços de nuvem em órgãos públicos no Brasil.

Referências

AHUJA, M. *et al.* MCDA Framework for Edge-Aware Multi-Cloud Hybrid Architecture Recommendation. *In: ASE, 22., IEEE/ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTOMATED SOFTWARE ENGINEERING, 37., 10 Oct. 2022, Rochester, MI, USA. Proceedings [...].* New York, NY: ACM, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1145/3551349.3559501>. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3551349.3559501>. Acesso em: 13 out. 2023.

*Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando o método de análise multicritério AHP*Bruno de Azevedo Ramos, José Elias da Silva Justo

AKHROUF, M.; DERGHOU, M. Use of a multi-criteria decision support model based on the AHP method for the selection of health infrastructure projects. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, v. 15, n. 1, 9 mar. 2023. DOI: <https://doi.org/10.13033/ijahp.v15i1.1040>. Disponível em: <https://www.ijahp.org/index.php/IJAHP/article/download/1040/842>. Acesso em: 13 out. 2023.

ARAÚJO, C. J. M. **Tomada de decisão multicritério em infraestruturas como serviço em nuvem: uma abordagem baseada em modelos de dependabilidade, performabilidade e custo**. 2019. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 5 abr. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/33690>. Acesso em: 13 out. 2023.

BASU, A.; GHOSH, S. Implementing Fuzzy TOPSIS in Cloud Type and Service Provider Selection. **Advances in Fuzzy Systems**, v. 2018, p. 1-12, 15 nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/2503895>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/afs/2018/2503895/>. Acesso em: 13 out. 2023.

FERREIRA, M. M.; MARTINS, J. M.; SALGADO, E. G. Aplicação do método Analytic Hierarchy Process para a adoção de computação em nuvem em empresas juniores. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão Tecnológica**, v. 5, n. 1, p. 51-70, 2015. Disponível em: <http://periodicos.unifacel.com.br/resiget/article/view/975>. Acesso em: 13 out. 2023.

GARG, R. MCDM-Based Parametric Selection of Cloud Deployment Models for an Academic Organization. **IEEE Transactions on Cloud Computing**, v. 10, n. 2, p. 863-871, abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1109/TCC.2020.2980534>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9035390>. Acesso em: 13 out. 2023.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOEPEL, K. D. Implementation of an Online Software Tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, v. 10, n. 3, 6 dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.13033/ijahp.v10i3.590>. Disponível em: <https://ijahp.org/index.php/IJAHP/article/view/590>. Acesso em: 13 out. 2023.

INDRIANI, W. *et al.* Selection of cloud deployment model for Ministry of Foreign Affairs using Benefit, Cost, Opportunity, and Risk (BCOR) Analysis and Analytic Hierarchy Process (AHP). *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATICS AND COMPUTING (ICIC)*, Oct. 2016, Mataram, Indonesia. **Proceedings [...]**. Mataram: IEEE, 2016. pp. 447-452. DOI: <https://doi.org/10.1109/iac.2016.7905761>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7905761>. Acesso em: 13 out. 2023.

LEE, Y.-C.; TANG, H.; SUGUMARAN, V. A Deployment Model for Cloud Computing using the Analytic Hierarchy Process and BCOR Analysis. *In: AMERICAS CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS, ACIS*, 18., 9-12 August 2012, Seattle, Washington, USA. **Proceedings [...]**. Disponível em: <https://aisel.aisnet.org/amcis2012/proceedings/EnterpriseSystems/18>. Acesso em: 17 jun. 2022.

Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando o método de análise multicritério AHP

Bruno de Azevedo Ramos, José Elias da Silva Justo

MELL, P.; GRANCE, T. **The NIST Definition of Cloud Computing**. Special Publication (NIST SP), 2011. DOI: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-145>. Disponível em: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>. Acesso em: 13 out. 2023.

MICROSOFT AZURE. **Guia de introdução para operadores de TI do Azure**. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/azure/guides/operations/azure-operations-guide>. Acesso em: 10 out. 2022.

OLIVEIRA, A. A. D. **Aplicação do método de análise hierárquica na tomada de decisão para adoção de computação em nuvem**: Um estudo de caso na federação das indústrias do RN. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/15011>. Acesso em: 13 out. 2023.

OLIVEIRA, M. S. *et al.* Integrated data envelopment analysis, multi-criteria decision making, and cluster analysis methods: Trends and perspectives. **Decision Analytics Journal**, v. 8, p. 100271, set. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100271>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277266222300111X?via%3Dihub>. Acesso em: 13 out. 2023.

PETKOVIC, I. CRM in the cloud. *In*: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTELLIGENT SYSTEMS AND INFORMATICS, SISY 2010, 8., Sep. 2010, Subotica, Servia. **Proceedings** [...]. Subotica: IEEE, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1109/SISY.2010.5647402>. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5647402/>. Acesso em: 18 jun. 2022.

RAMACHANDRAN, N. *et al.* Selecting a suitable Cloud Computing technology deployment model for an academic institute: A case study. **Campus-Wide Information Systems**, v. 31, n. 5, p. 319-345, 1 Jan. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1108/CWIS-09-2014-0018>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/CWIS-09-2014-0018/full/html>. Acesso em: 13 out. 2023.

SAATY, T. L. **Multicriteria decision making**: the analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. 2th. ed. with new material added ed. New York: McGraw-Hill, 1988.

SAHA, M. *et al.* An efficient composite cloud service model using multi-criteria decision-making techniques. **The Journal of Supercomputing**, v. 79, n. 8, p. 8754-8788, 1 maio 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11227-022-05013-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11227-022-05013-1>. Acesso em: 13 out. 2023.

SILVA, E.; MENEZES, E. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

THAKKAR, H. K. *et al.* (ed.). **Predictive Analytics in Cloud, Fog, and Edge Computing**: Perspectives and Practices of Blockchain, IoT, and 5G. Cham: Springer International Publishing, 2023.

*Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando o método de análise multicritério AHP*Bruno de Azevedo Ramos, José Elias da Silva Justo

THAKUR, N.; SINGH, A.; SANGAL, A. L. Cloud services selection: A systematic review and future research directions. *Computer Science Review*, v. 46, p. 100514, nov. 2022. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2022.100514>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S157401372200048X?via%3Dihub>. Acesso em: 13 out. 2023.

VARGAS, R. V. Using the analytic hierarchy process (AHP) to select and prioritize projects in a portfolio. *PMI Global Congress*, v. 32, n. 3, p. 1-22, 2010.

ZAYAT, W. *et al.* Application of MADM methods in Industry 4.0: A literature review. *Computers & Industrial Engineering*, v. 177, p. 109075, mar. 2023. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109075>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835223000992>. Acesso em: 13 out. 2023.

ZHENG, Q. *et al.* Impact of a firm's physical and knowledge capital intensities on its selection of a cloud computing deployment model. *Information & Management*, v. 57, n. 7, p. 103259, nov. 2020.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.im.2019.103259>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378720617307231?via%3Dihub>. Acesso em: 13 out. 2023.

COMO CITAR (ABNT): RAMOS, B. A.; JUSTO, J. E. S. Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando método de análise multicritério AHP. *Vértices (Campos dos Goitacazes)*, v. 25, n. 3, e25319044, 2023. DOI: <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v25n32023.19044>. Disponível em: <https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/19044>.

COMO CITAR (APA): Ramos, B. A., & Justo, J. E. S. (2023). Seleção de modelo de implantação de computação em nuvem usando método de análise multicritério AHP. *Vértices (Campos dos Goitacazes)*, 25(3), e25319044. <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v25n32023.19044>.