

---

**ESTUDO SOBRE A CONVERGÊNCIA DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM NO AMBIENTE DA MEDICINA RESULTANTE NO PARADIGMA HEALTHCARE 5.0**

**STUDY ABOUT THE CONVERGENCE OF CLOUD COMPUTING IN THE MEDICINE ENVIRONMENT RESULTING IN THE HEALTHCARE 5.0 PARADIGM**

Maria Cecília Molonha<sup>1</sup>  
Anderson Yoshiaki Iwazaki<sup>2</sup>

**RESUMO**

A convergência da tecnologia com a medicina tem impulsionado uma revolução no paradigma de cuidado à saúde. Este novo paradigma tem como principal característica a centralização do paciente, fazendo com que a medicina tenha um atendimento personalizado e muitos desses atendimentos têm como apoio principal tecnologias como a computação em nuvem. A adoção de tais tecnologias têm impulsionado este novo conceito de paradigma denominado *Healthcare 5.0*. No entanto, a implementação da computação em nuvem no contexto *Healthcare 5.0* tem sido um desafio, principalmente em questões relacionadas à segurança e manipulação de um grande volume de dados. Identificar de modo abrangente as complexidades envolvidas e desenvolver estratégias e práticas eficazes pode garantir o sucesso da implementação da computação em nuvem no contexto do *Healthcare 5.0*. Assim, o principal objetivo deste trabalho é realizar uma análise da computação em nuvem no contexto do *Healthcare 5.0*, identificando os desafios, oportunidades e melhores práticas. Para isso, duas etapas serão realizadas. Durante a primeira etapa, foi conduzido um mapeamento sistemático para obter uma visão geral da computação em nuvem no modelo *Healthcare 5.0*. Na segunda etapa, foi realizado um *survey* para identificar políticas e estratégias que permitirão a adoção da computação em nuvem dentro do *Healthcare 5.0*. Como resultado, observou-se que a computação em nuvem será uma grande aliada no que diz respeito a cuidados médicos no geral, porém para que isso aconteça é necessário implementar estratégias que lidam com desafios como segurança e infraestrutura dos dados, e a integração com sistemas legados.

56

**Palavras-chave:** computação; nuvem; *healthcare 5.0*; tecnologia em saúde; *e-Health*.

**ABSTRACT**

The convergence of technology and medicine has driven a revolution in the healthcare paradigm. This new paradigm has as its main characteristic the centralization of the

---

<sup>1</sup> Aluna: Maria Cecília Molonha do curso de Engenharia de Software do Centro Universitário Filadélfia - Unifil. E-mail: mariacecilia@edu.unifil.br

<sup>2</sup> Orientador: Anderson Yoshiaki Iwazaki do curso de Engenharia de Software do Centro Universitário Filadélfia - Unifil. E-mail: anderson.iwazaki@unifil.br

patient, making medicine a personalized service, and many of these services are mainly supported by technologies such as cloud computing. The adoption of such technologies has driven this new paradigm concept called Healthcare 5.0. However, the implementation of cloud computing in the Healthcare 5.0 context has been a challenge, especially in issues related to security and handling a large volume of data. Comprehensively identifying the complexities involved and developing effective strategies and practices can ensure the successful implementation of cloud computing in the context of Healthcare 5.0. Therefore, the main objective of this work is to carry out an analysis of cloud computing in the context of Healthcare 5.0, identifying challenges, opportunities and best practices. To achieve this, two steps will be carried out. During the first stage, a systematic mapping will be conducted to obtain an overview of cloud computing in the Healthcare 5.0 model. In the second stage, a survey will be conducted to identify policies and strategies that will allow the adoption of cloud computing within Healthcare 5.0. As a result, it was observed that cloud computing will be a great ally in medical care in general, but for this to happen, it is necessary to implement strategies to address challenges such as data security and infrastructure, and the integration with legacy systems.

**Keywords:** computing; cloud; healthcare 5.0; health technology; e-Health.

## 1 INTRODUÇÃO

57

A constante transformação da medicina tem sido impulsionada pela adoção de tecnologias inovadoras que redefinem a forma como a saúde é gerenciada e prestada. Essa recente forma de gerenciamento (conhecida como *Healthcare 5.0*) provê um paradigma que abre portas para uma nova forma de como a medicina é vista (Wazid *et al.*, 2022). A adoção do *Healthcare 5.0* abre um leque de possibilidades para a saúde, impulsionando a eficiência, a qualidade, a acessibilidade dos serviços e aumentando a personalização e conveniência dos cuidados médicos de modo que possibilite uma redefinição dessa área (Wazid *et al.*, 2022).

Dentre diversas características da *Healthcare 5.0*, a computação em nuvem se destaca como ferramenta crucial, pois ela oferece uma infraestrutura flexível e escalável para atender às crescentes demandas de armazenamento, processamento e análise de dados na área da saúde (Wazid *et al.*, 2022). Além disso, a computação em nuvem facilita a implementação de soluções como telemedicina, análise de imagens médicas, suporte a decisões terapêuticas e sistemas operacionais clínicos, permitindo o compartilhamento de recursos e a colaboração entre diferentes hospitais e regiões, com significativa redução de custos e manutenção de uma infraestrutura

digital moderna (Putzier et al., 2024).

Um exemplo da nuvem, e tendo a utilização de ferramentas como Machine Learning, é o estudo de Bhat, George e Malik (2015). Os autores propuseram uma ferramenta inovadora para o diagnóstico precoce do câncer de mama, utilizando a teoria da ressonância adaptativa, um algoritmo de *Machine Learning*. Esta ferramenta (viabilizada pela computação em nuvem) proporcionou resultados promissores para possibilitar sua utilização em unidades de saúde primária (Bhat; George; Malik, 2015).

Outro bom exemplo da utilização da computação em nuvem que está relacionada a linha de frente dos hospitais e ambientes médicos é o dispositivo desenvolvido por Radogna *et al.* (2018) conhecido como *Smart Breath Analyzer*. Este dispositivo realiza o telemonitoramento do ar em pacientes com insuficiência respiratória crônica, de modo que todos os dados do monitoramento passe por meio de uma plataforma em nuvem a fim de verificar continuamente a eficácia da terapia e/ou qualquer estado de exacerbação da doença (Radogna *et al.*, 2018).

Embora a computação em nuvem traga benefícios significativos para a *Healthcare 5.0*, como escalabilidade, acessibilidade e eficiência, sua implementação também apresenta desafios consideráveis, principalmente em relação à segurança e privacidade dos dados dos pacientes (Wazid *et al.*, 2022). Abordar esses desafios é crucial para garantir o sucesso da adoção da computação em nuvem neste setor. Um dos principais riscos da computação em nuvem está relacionado diferentes ameaças tais como: ataques de espionagem, análise de tráfego, ataque de negação de serviço (do inglês *Denial of Service DoS*), ataque *man-in-the-middle* (MiTM) e outros tipos de ataques passivos/ativos (Wazid *et al.*, 2022). Estes obstáculos requerem uma compreensão abrangente das complexidades envolvidas e o desenvolvimento de estratégias e práticas eficazes para garantir o sucesso da implementação da computação em nuvem no contexto do *Healthcare 5.0*.

Diante deste cenário, este trabalho tem como objetivo identificar os principais desafios da computação em nuvem na *Healthcare 5.0* relacionados a segurança e privacidade de dados, assim como a integração com sistemas legados. Para isso, duas etapas foram conduzidas. Na primeira etapa, foi realizado um mapeamento sistemático que forneceu uma visão abrangente da evolução e estabelecimento da *Healthcare 5.0* e das lacunas existentes no contexto deste paradigma relacionado a

computação em nuvem. E na segunda etapa, foi realizado um *survey* com o objetivo de identificar as políticas e estratégias mais eficazes para impulsionar essa transformação na medicina, além de destacar as principais preocupações associadas a esse assunto.

Como resultado, foi possível analisar aspectos como a segurança dos dados, estratégias e políticas envolvendo a computação em nuvem no ambiente médico, sob a perspectiva de especialistas, bem como suas opiniões sobre a adoção dessa tecnologia na *Healthcare 5.0*, proporcionando uma visão mais abrangente e realista do tema.

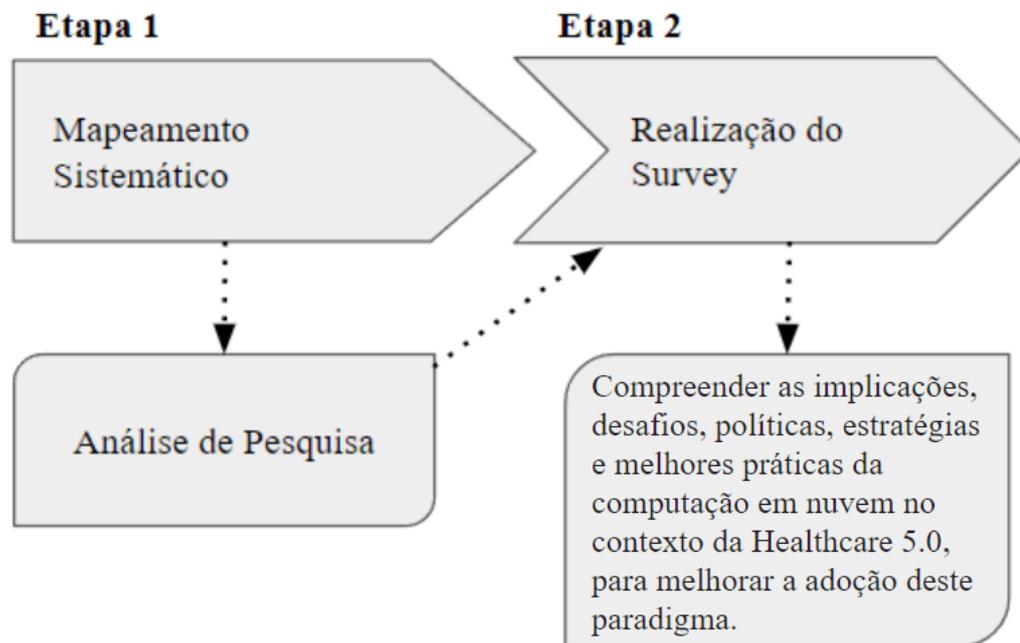
O restante deste documento está organizado em 5 seções. Na Seção 2, são descritas as evidências de pesquisa e a metodologia utilizada para o desenvolvimento. Na Seção 3, é apresentada a condução de um mapeamento sistemático para identificar e coletar dados sobre a computação em nuvem na *Healthcare 5.0*. Na Seção 4 serão descritos os resultados obtidos nos *surveys*, trazendo as políticas, estratégias e melhores práticas na adoção da computação em nuvem na medicina. Na Seção 5, é feita uma discussão sobre o tema e os resultados obtidos durante a pesquisa. E, por fim, na Seção 6, são concluídas as ideias principais do tema, apresentando as evidências sobre a cloud no ambiente médico.

59

## **2 METODOLOGIA**

Conforme dito anteriormente, este trabalho propõe uma metodologia abrangente para abordar os conceitos e desafios da integração da computação em nuvem na *Healthcare 5.0*, com foco na segurança de dados, privacidade, e na migração de sistemas legados. Neste contexto, duas principais etapas foram executadas, conforme ilustrado na Figura 1.

**Figura 1 – Metodologia de Pesquisa**



Fonte: Autoria própria

- **Etapa 1: Mapeamento Sistemático** – Durante esta primeira etapa, um mapeamento sistemático foi executado seguindo as diretrizes fornecidas por Kitchenham e Charters (2007) e também por Nakagawa et al. (2017). Este mapeamento teve como objetivo fornecer uma visão abrangente das tendências, lacunas e desafios na integração da computação em nuvem na *Healthcare 5.0*. Para isso, duas Questões de Pesquisas (QP) foram elaboradas:

- **QP 1** – Como ocorreu a evolução e estabelecimento do conceito de *Healthcare 5.0*?
- **QP 2** – Quais são as lacunas e desafios existentes na integração de sistemas de saúde com a computação em nuvem?

As duas perguntas forneceram uma base essencial para a obtenção de informações específicas sobre os desafios, lacunas e oportunidades relacionados à integração de sistemas legados com a computação em nuvem na *Healthcare 5.0*. A primeira pergunta visou entender como o conceito de *Healthcare 5.0* evoluiu e se estabeleceu ao longo do tempo. Já a segunda pergunta buscou identificar as lacunas

e desafios existentes na integração de sistemas de saúde com a computação em nuvem. Ao abordar esses aspectos, foi possível obter uma compreensão mais completa do cenário atual e das necessidades futuras nesse campo.

- **Etapa 2: Realização de Survey** – A etapa consistiu na realização de um *survey* com especialistas em computação em nuvem, analistas de dados, desenvolvedores, entre outros *stakeholders* relevantes. Utilizando o *Google Forms*, foi possível criar a pesquisa e distribuí-la por meios eletrônicos, como o *LinkedIn* ou por e-mails. Este *survey* teve como objetivo identificar políticas, estratégias e melhores práticas para impulsionar a adoção da computação em nuvem na *Healthcare 5.0*. Foram levantadas informações sobre as necessidades, preocupações e perspectivas dos participantes em relação à segurança de dados, integração de sistemas legados e outros aspectos relevantes. Esta etapa foi dividida em cinco subetapas (KITCHENHAM; PFLEEGER, 2008).

- **Etapa 2.1: Definição da pesquisa** – Durante esta fase, foram definidos quatro objetivos principais (O) para guiar a coleta de informações dos participantes:

**O1:** Identificar políticas e estratégias para a adoção da computação em nuvem no contexto de *Healthcare 5.0*.

**O2:** Avaliar as preocupações sobre a segurança de dados na implementação da computação em nuvem no setor da saúde.

**O3:** Identificar as melhores práticas para a integração de sistemas legados com soluções de computação em nuvem na *Healthcare 5.0*.

**O4:** Obter perspectivas dos *stakeholders* relevantes quanto à adoção da computação em nuvem na área da saúde.

- **Etapa 2.2: Desenvolvimento do instrumento de pesquisa** – Ao longo desta etapa, foi desenvolvido um questionário no *Google Forms* de modo a obter informações essenciais para identificar a adoção da computação em nuvem no contexto da *Healthcare 5.0*. Este questionário foi dividido em quatro seções: (i) Consentimento (uma pergunta); (ii) Perfil do *stakeholder* (duas perguntas); (iii) Computação em nuvem na *Healthcare 5.0* (nove perguntas contemplando o O1, O2 e O3); e (iv) Impressões dos participantes (uma questão para

contemplar o O4 do *survey*), e está disponível no link a seguir<sup>3</sup>.

- **Etapa 2.3: Avaliação do instrumento de pesquisa** – Nesta etapa, foi realizado um pré-teste do questionário com uma participante, professora e profissional da área de computação em nuvem, de modo que possibilite identificar problemas de entendimento nas perguntas, clareza das opções de resposta e relevância dos itens. Com base no *feedback* obtido pela participante, ajustes foram realizados no questionário para garantir a sua eficácia na coleta de dados.
- **Etapa 2.4: Coleta de dados** – Após a avaliação e ajustes do instrumento de pesquisa, foi realizada a coleta de dados com um total de 17 *stakeholders* da área de computação em nuvem, garantindo a confidencialidade das respostas. O questionário foi distribuído por meios eletrônicos, como *LinkedIn* e *e-mails*, assegurando a diversidade e representatividade da amostra.
- **Etapa 2.5: Resultados** – Após a conclusão da coleta de dados, foi realizada a análise dos resultados obtidos. Vale destacar que métodos estatísticos foram adotados de modo que possibilitou realizar a análise das respostas dos participantes em relação aos objetivos estabelecidos (O1 a O4). Os resultados estão apresentados de forma clara e objetiva na seção 4 desta documentação, destacando as principais descobertas em relação às políticas, preocupações, melhores práticas e perspectivas identificadas durante o estudo.

62

A execução destas etapas possibilitaram realizar a análise e a sintetização dos dados, de modo a produzir um relatório completo dos principais desafios, tendências e recomendações para a integração bem-sucedida da computação em nuvem na *Healthcare 5.0*. Esta pesquisa proporcionou uma contribuição significativa para o avanço do conhecimento e práticas nesse campo em constante evolução.

### **3 IDENTIFICAÇÃO DO ESTADO DA ARTE NO CONTEXTO DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM NA HEALTHCARE 5.0**

Conforme mencionado anteriormente, foi realizado um mapeamento sistemático e, segundo Kitchenham e Charters (2007), ele é definido como um método

---

<sup>3</sup> Disponíveis no link: [Questionário Survey](#)

para identificar técnicas e ferramentas sobre um tópico de pesquisa de um modo mais amplo. Assim como na revisão sistemática da literatura, um mapeamento sistemático segue três diretrizes principais: o planejamento, a condução e o reporte de resultados (Kitchenham; Charters, 2007; Nakagawa *et al.*, 2017), conforme será descrito a seguir.

### 3.1 Planejamento do Mapeamento Sistemático

Durante a etapa de planejamento, a elaboração do protocolo de pesquisa foi realizado. No protocolo, itens como as questões de pesquisas, os critérios de seleção dos estudos foram gerados. Estes passos foram fundamentais para a obtenção do maior número de estudos relevantes sobre o tema abordado. Neste contexto, durante a elaboração deste mapeamento, duas Questões de Pesquisa (QP) foram identificadas, conforme destacados na Tabela 1.

**Tabela 1 – Questões de Pesquisa**

QP1	Como ocorreu a evolução e estabelecimento do conceito de <i>Healthcare 5.0</i> ?	Esta questão de pesquisa tem como objetivo entender como o conceito de <i>Healthcare 5.0</i> evoluiu e se estabeleceu ao longo do tempo.
QP2	Quais são as lacunas e desafios existentes na integração de sistemas de saúde com a computação em nuvem?	Esta questão de pesquisa tem como objetivo buscar e identificar as lacunas e desafios existentes na integração de sistemas de saúde com a computação em nuvem.

63

**Fonte:** Autoria própria

Durante a seleção de estudos, foram realizados os seguintes procedimentos: (i) definição da *string* de busca; (ii) seleção de base de dados; e (iii) elaboração dos critérios de inclusão e exclusão.

Durante a elaboração da *string* de busca, três etapas foram executadas. Na primeira etapa, foram definidos os termos principais das áreas fundamentais deste tópico de pesquisa: “*Cloud Computing*” e “*Healthcare*”. Na segunda etapa, foi identificado os sinônimos dos termos principais: *Cloud* e *e-Health*. Por fim, esses sinônimos foram conectados pelo operador booleano OU (*OR* em inglês) e, os dois principais sinônimos, foram conectados pelo operador booleano E (*AND* em inglês). Neste contexto, a *string* final para a condução deste mapeamento sistemático foi: (“*Cloud Computing*” *OR* “*Cloud*”) *AND* (“*e-Health*” *OR* “*Healthcare*”).

Para este estudo, duas bases de dados foram adotadas: *Google Scholar* e *IEEE Xplorer*. Tais bases foram selecionadas para que possam abranger tanto pesquisas acadêmicas quanto artigos técnicos relevantes para o tema em questão, garantindo assim uma ampla cobertura das fontes de informação disponíveis. Vale destacar que, para cada uma das bases, a *string* de busca foi adaptada de modo que possibilite o retorno do maior número de estudos possíveis para este mapeamento sistemático.

Por fim, dois Critérios de Inclusão (CI) e cinco Critérios Exclusão (CE) deste mapeamento sistemático foram elaborados, conforme detalhado na Tabela 2.

**Tabela 2** – Critérios de Inclusão e Exclusão

CI 1	O estudo está relacionado a <i>cloud computing</i> usado na área da saúde
CI 2	O estudo está relacionado com <i>Healthcare 5.0</i>
CE 1	O estudo foi publicado somente como um <i>abstract</i>
CE 2	O estudo não esta acessível
CE 3	O estudo não estar em inglês ou português
CE 4	O estudo não está relacionado a <i>cloud computing</i> usado na área saúde
CE 5	O estudo não está relacionado com <i>Healthcare 5.0</i>

64

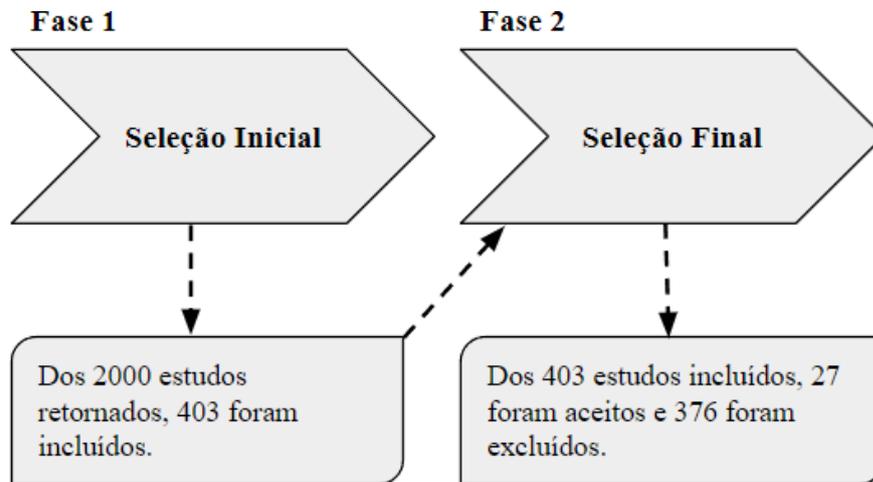
Fonte: A autoria própria

A elaboração deste protocolo possibilitou a definição clara dos passos a serem seguidos durante o mapeamento sistemático, fornecendo uma estrutura sólida para a condução da pesquisa. Ao estabelecer as QPs, a *string* de busca e os CI/CE, foram utilizadas as ferramentas *Google Scholar* e *IEEE Xplorer*, coletando-se 2000 estudos, sendo 90 do *Google Scholar* e 1910 do *IEEE Xplorer*. Isso trouxe informações essenciais sobre a *Healthcare 5.0*, um termo recente na área da saúde que exige uma busca extensiva por informações relevantes, e sobre a computação em nuvem, que está envolvida em todo esse contexto.

### 3.2 Seleção de Estudos do Mapeamento Sistemático

Conforme detalhado na Figura 2, duas fases foram realizadas durante o processo de seleção dos estudos.

**Figura 2 – Seleção dos estudos**



Fonte: Autoria própria

- **Seleção Inicial:** Durante a seleção inicial dos estudos, os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados na leitura do título e resumo de cada estudo. Neste contexto, dos 2000 estudos retornados, 403 foram incluídos.
- **Seleção final:** Após a inclusão dos estudos através da leitura do título e do resumo, foi realizada uma leitura mais profunda dos estudos incluídos. Assim, dos 403 estudos incluídos durante a seleção inicial, 27 foram incluídos durante esta fase e 376 foram excluídos.

65

Estes estudos passaram por um processo de extração de dados, de modo que possibilite obter uma compreensão sobre todo o contexto existente na narrativa da computação na nuvem dentro do paradigma da *Healthcare 5.0*. Tais resultados deste processo de extração são destacados na seção a seguir.

### 3.3 Resultados do Mapeamento Sistemático

Com base nos resultados da categorização realizada, foi possível responder às duas questões de pesquisa deste estudo com base em 12 estudos dos 27 selecionados, discutidas a seguir <sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Disponíveis no link: [Estudos Selecionados](#)

- **Como ocorreu a evolução e estabelecimento do conceito de *Healthcare* 5.0?**

Conforme demonstrado na Figura 3, o sistema de saúde passou por quatro fases antes de chegar ao conceito de *Healthcare* 5.0. Seu processo de criação, originou-se no estabelecimento do conceito de *Healthcare* 1.0 em 1970 e estendeu-se até o ano de 1990. Este conceito focava na qualidade e na sobrevivência dos pacientes. Transpassado o conceito 1.0, iniciou o *Healthcare* 2.0 (1991 até 2005) que aprimorou a cadeia de valor e a cobertura dos serviços. Percebendo-se a necessidade de automação e eficiência na saúde, iniciou-se então a evolução do conceito de *Healthcare* originando a versão 3.0 (2006 até 2015). Com o início do processo de digitalização e o aprimoramento do modelo de negócio, a *Healthcare* 4.0 surgiu no período de 2016 e estendeu-se até o ano de 2019, onde iniciou-se a nova fase da medicina mais voltada para a personalização com foco no modelo do cliente, denominada *Healthcare* 5.0 (Wazid *et al.*, 2022).

Este novo paradigma tem chamado a atenção de pesquisadores, como apontado em quatro (E1, E2, E5 e E7) dos 12 estudos, que destacam o papel de tecnologias avançadas, como a computação em nuvem, na personalização dos cuidados de saúde e na melhoria dos resultados para os pacientes. Os avanços tecnológicos estão impulsionando essa evolução, tornando o *Healthcare* 5.0 uma referência importante no desenvolvimento de um sistema de saúde mais ágil, eficiente e centrado nas necessidades individuais dos pacientes.

66

**Figura 3 - Fases do Sistema de Saúde**



Fonte: Autoria Própria

Este conceito inovador, enraizado na ideia de parceria duradoura e bem-estar do cliente, é crucial em um cenário onde a tecnologia revoluciona a prestação de cuidados de saúde. Um exemplo é a utilização de técnicas de inteligência artificial e

*blockchain* que permite prever doenças e garantir a integridade e confidencialidade dos dados. O *Healthcare 5.0* não só facilita a prestação de cuidados de saúde remotos (especialmente durante crises como a pandemia COVID-19) mas também fortalece a confiança entre pacientes e profissionais de saúde, fundamentando-se em parcerias sólidas e compromissos mútuos com a qualidade de vida (Wazid *et al.*, 2022). Com a utilização destas tecnologias, os pacientes tendem a ser monitorados por dispositivos inteligentes e, ao mesmo tempo, a transmissão de dados tendem a ser instantâneos para os profissionais de saúde (Chi; Domingues; Zhu; Li; Kozuyuki e Radwan, 2023). Neste sentido, identificar as principais lacunas existentes dentro do conceito de *Healthcare 5.0*, torna-se primordial para a melhoria e qualidade de um atendimento de qualidade. Tais desafios são identificados na questão a seguir.

- **Quais são as lacunas e desafios existentes na integração de sistemas de saúde com a computação em nuvem?**

Conforme demonstrado na Tabela 3, dos 12 estudos selecionados seis (E3, E5, E6, E9, E10 e E12) destacam que uma das principais lacunas existentes da inclusão da computação em nuvem dentro de sistemas voltados para a saúde é a segurança dos dados. Uma das principais causas da existência desta lacuna é a falta de protocolos robustos de criptografia e autenticação para garantir a integridade e confidencialidade dos dados armazenados e transmitidos na infraestrutura de computação em nuvem, informação destacada nos estudos E5, E6 e E12 dentre os 12 selecionados.

67

**Tabela 3** – Principais lacunas e desafios na integração de sistemas de saúde com a computação na nuvem.

<b>Lacunas e Desafios</b>	<b>Estudos</b>
Segurança de dados	E3, E5, E6, E9, E10 e E12
Falta de protocolos de criptografia e autenticação	E5, E6 e E12
Manipulação de grande volume de dados	E4, E8 e E11

**Fonte:** Autoria própria

Também foi identificado como um desafio significativo na integração da

computação em nuvem com sistemas de saúde a manipulação de grande volume de dados, mencionado nos estudos E4, E8 e E11 do total selecionado. Este desafio aborda a gestão dos dados provenientes de diversas fontes, como sensores e câmeras, além dos dados gerados pelos usuários. Essa gestão não se limita apenas ao armazenamento, mas também engloba o acesso aos dados, a transferência entre provedores, a realização de operações computacionais sobre os dados e a qualidade de serviço e custos, como destacado pelos pesquisadores Alamri (2019).

#### **4 IDENTIFICANDO AS POLÍTICAS, ESTRATÉGIAS E MELHORES PRÁTICAS PARA IMPULSIONAR A ADOÇÃO DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM NA HEALTHCARE 5.0**

Como citado anteriormente, após a realização do mapeamento sistemático, foi conduzido um *survey* para obter dados sobre a adoção da computação em nuvem na *Healthcare 5.0*, a partir da perspectiva de diversos *stakeholders*. Durante a execução do *survey*, foram realizadas cinco etapas: definição da pesquisa, desenvolvimento do instrumento de pesquisa, avaliação do instrumento de pesquisa, coleta de dados e resultados, conforme detalhado na seção 2 Metodologia.

Com a coleta de dados concluída, os resultados obtidos foram analisados conforme os objetivos previamente estabelecidos (O1 ao O4). A pesquisa contou com a participação de 17 *stakeholders*, entre eles desenvolvedores, professores, pesquisadores, gestores e outros profissionais da área da computação. A escolha dos participantes foi feita através da leitura de seus artigos postados no *Google Scholar*, ou pelo conhecimento próximo de sua atuação na área, e para contatá-los foram utilizados meios como *e-mails* ou mensagens.

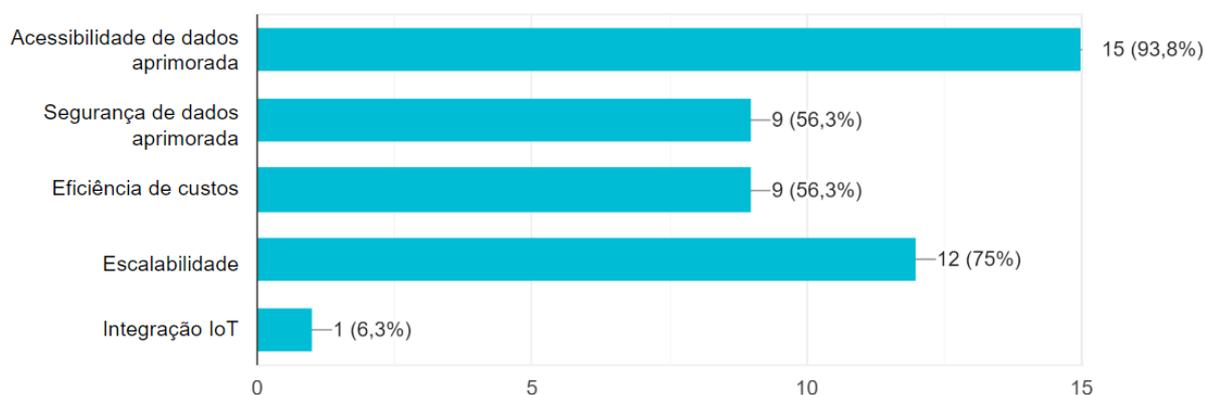
Vale ressaltar que, 93% dos *stakeholders* concordam com a adoção da computação em nuvem dentro do contexto da medicina. Eles destacam que os principais benefícios que essa adoção pode trazer para a área da saúde são:

- Acessibilidade de dados aprimorada (15 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 4, linha 1), uma vez que esses dados podem ser acessados remotamente por qualquer dispositivo com conexão à internet, facilitando o trabalho de médicos e profissionais da saúde;

- Escalabilidade (12 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 4, linha 4) de modo que a infraestrutura pode ser ajustada conforme a demanda, sem a necessidade de grandes investimentos em *hardware* físico;
- Segurança de dados aprimorada (9 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 4, linha 2), visto que é um item prioritário em soluções de computação em nuvem, com criptografia avançada e políticas de acesso;
- Eficiência de custos (9 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 4, linha 3), uma vez que a computação em nuvem reduz os custos com infraestrutura física e manutenção, permitindo que os hospitais paguem apenas pelos recursos utilizados como pontuado no tópico de escalabilidade;

**Gráfico 4** – Gráfico principais benefícios

Quais são os principais benefícios da adoção da computação em nuvem no ambiente médico?



69

**Fonte:** Autoria própria

Somente um dos 17 participantes destacou a importância da integração da Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things IoT*) no contexto da computação em nuvem dentro da medicina. Isso deve ao fato de que este componente não vem como ponto principal de benefício quando falamos da computação em nuvem, levando em consideração que pontos como segurança e acessibilidade são mais lembrados e relevantes.

Além disso, alguns *stakeholders* ressaltaram na questão em aberto desta pergunta que, embora a computação em nuvem seja promissora, é necessário estar

atento à dependência de serviços de *internet*, especialmente para serviços críticos à vida, onde redundâncias locais são essenciais. Também foi mencionado que essa tecnologia poderia tornar tratamentos mais acessíveis para pessoas menos favorecidas. Dessa forma, é possível observar que a utilização da computação em nuvem no ambiente médico é vista como promissora, no entanto é necessário um equilíbrio entre segurança, confiabilidade e praticidade.

Relacionado ao O1, foi formulada uma questão abordando as políticas e estratégias necessárias para a implementação da computação em nuvem na área da saúde, os *stakeholders* escolheram como principais políticas e estratégias:

- **Implementação de medidas robustas de segurança de dados** (12 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 5, linha 2).
- **Garantia da conformidade regulatória** (11 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 5, linha 1).
- **Treinamento e capacitação de profissionais de saúde** (11 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 5, linha 4).
- **Avaliação e selecionamento de provedores de nuvem confiáveis** (11 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 5, linha 5).
- **Desenvolvimento de um Plano de Continuidade de Negócios** (5 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 5, linha 3).

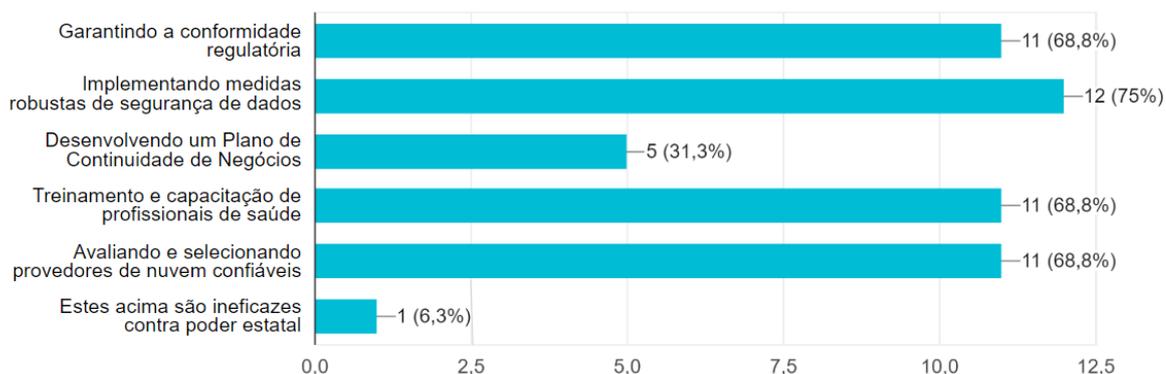
70

Vale destacar que durante a análise desta pergunta, foi incluída a opção: **Estes acima são ineficazes contra o poder estatal**. Esta opção, permitiu que os *stakeholders* pudessem acrescentar uma resposta que não fora contemplada pelas opções disponibilizadas nesta questão. Apenas 1 dos 17 *stakeholders* assinalou essa opção e destacou que, embora os benefícios sejam evidentes, a computação em nuvem pode enfrentar limitações significativas quando confrontada com a intervenção ou poder estatal.

Ao analisar as respostas obtidas na sessão em aberto desta pergunta, alguns participantes enfatizaram que políticas claras de uso e acesso devem ser definidas para evitar erros causados por usuários e a escolha de tecnologias seguras deve ser constantemente revisada, já que a evolução tecnológica é rápida e cada caso tem suas particularidades.

**Gráfico 5 – Gráfico políticas e estratégias**

Quais políticas e estratégias você vê como necessárias quando falamos de implementar computação na nuvem no ambiente médico?



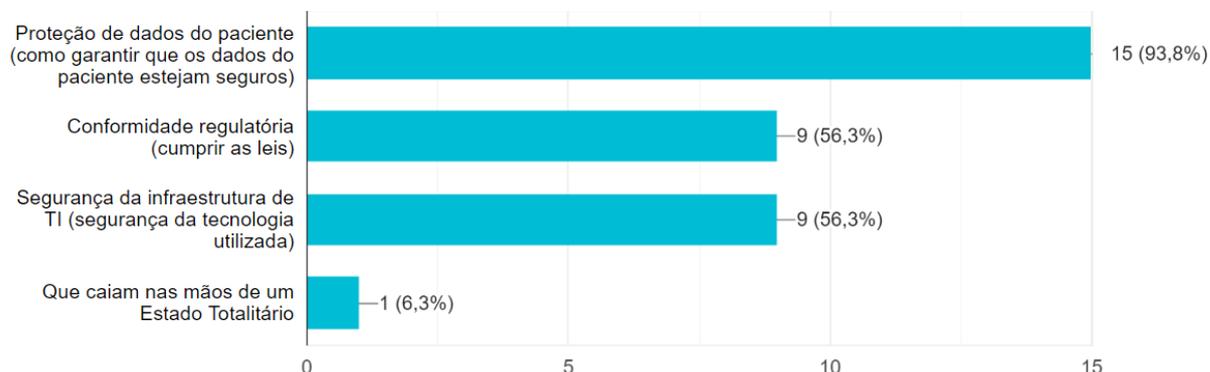
Fonte: Autoria própria

Para a análise do O2, duas perguntas foram desenvolvidas. A primeira pergunta abordou as principais preocupações de segurança de dados ao usar a computação em nuvem na área da saúde. Dentre os principais pontos de destaques durante esta análise foram:

- **Proteção de dados do paciente** (15 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 6, linha 1).
- **Cumprir as leis** (9 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 6, linha 2).
- **Segurança da infraestrutura de TI** (9 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 6, linha 3).
- **Que caíam nas mãos de um Estado Totalitário** (1 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 6, linha 4). Sendo esta uma opção a parte na pergunta para adicionar uma resposta que faça sentido ao *stakeholder*.

**Gráfico 6** – Gráfico principais preocupações com segurança de dados

Quais são as principais preocupações relacionadas a segurança de dados ao utilizar a computação em nuvem na área da saúde?



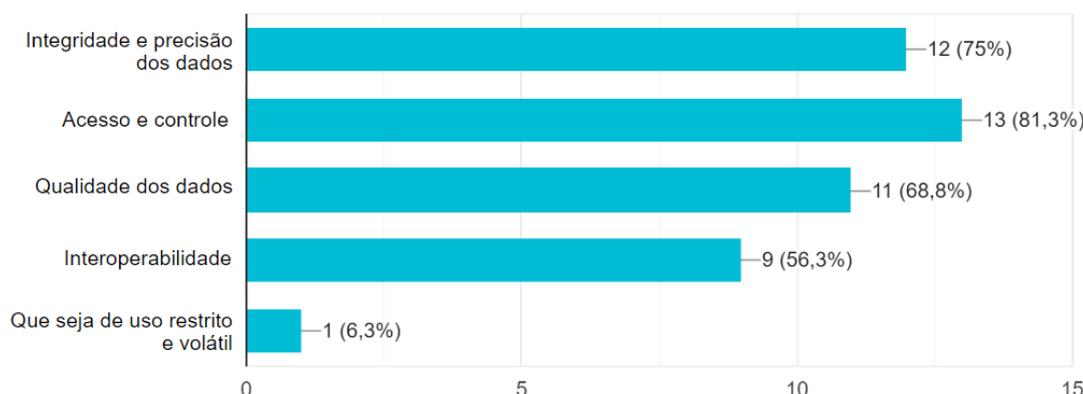
Fonte: Autoria própria

Em contrapartida, a segunda pergunta abordou as principais preocupações relacionadas à manipulação de dados na área da saúde. Neste sentido, as opções disponibilizadas pelos *stakeholders* foram analisadas e, permitiu identificar que as principais preocupações relacionadas a manipulação de dados na área da saúde foram:

- **Acesso e controle** (13 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 7, linha 2).
- **Integridade e precisão dos dados** (12 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 7, linha 1).
- **Qualidade dos dados** (11 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 7, linha 3).
- **Interoperabilidade** (9 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 7, linha 4).
- **Que seja de uso restrito e volátil** (1 de 17 *stakeholders*, veja Gráfico 7, linha 5). Sendo esta uma opção a parte na pergunta para adicionar uma resposta que faça sentido ao *stakeholder*.

**Gráfico 7 – Gráfico principais preocupações com manipulação de dados**

Quais são as principais preocupações relacionadas à manipulação de dados no contexto da computação em nuvem na área da saúde?



Fonte: Autoria própria

Durante a análise do O3, uma pergunta aberta foi elaborada para que os *stakeholders* pudessem escrever seus pontos. Esta pergunta aborda quais seriam as melhores práticas para integrar sistemas legados com a computação em nuvem. Dentre as respostas obtidas, 11 dos 17 *stakeholders* mencionaram a adoção de tecnologias avançadas. Um exemplo comentado em uma das respostas foi o *Google Remote Procedure Call* (gRPC). Esta tecnologia permite a transferência segura de dados uma vez que ela utiliza ferramentas como criptografia e SSL (*Secure Sockets Layer*), uma tecnologia de segurança padrão que estabelece um *link* criptografado entre um servidor e um cliente, assim melhorando a segurança dos dados durante a sua transferência. Outro ponto também comentado, foi a priorização de estudos prévios para mapear os dados e suas relações. Além disso, 5 dos 17 *stakeholders* também destacaram a importância de uma equipe especializada para o uso de Interface de Programação de Aplicação (do inglês *Application Programming Interface API*) com modelos de segurança robustos e a necessidade de considerar a integridade dos dados durante a migração. Este fator deve-se ao fato de que dados corrompidos podem ser um risco comum para a integridade dos sistemas no contexto da computação em nuvem na área da saúde.

Para a obtenção de uma análise mais detalhada dos objetivos O1 e O3, foi elaborada mais uma pergunta aberta destacando algumas estratégias para garantir a segurança e a continuidade do cuidado durante a integração de sistemas legados com

a computação em nuvem. Dos 17 *stakeholders*, 12 deles destacaram algumas estratégias que poderiam ser adotadas durante a integração de sistemas legados com a computação em nuvem. Durante a análise das respostas, foram observados que as principais estratégias poderão ser:

- **Realização de *backups* regulares** – Tal prática visa garantir a recuperação de dados em casos de falhas no sistema, perdas ou ataques.
- **Fonte Única da Verdade** – Uma vez que essa prática visa centralizar as informações em um único local confiável, evitando discrepâncias e garantindo a integridade dos dados.
- **Logs completos de acessos e eventos** – Esta prática visa garantir a rastreabilidade e auditoria das atividades realizadas no sistema.
- **Implementação de autenticação segura e níveis de acesso bem definidos** – Esta prática tem como principal característica garantir que apenas usuários autorizados tenham acesso aos recursos apropriados, utilizando mecanismos de *authentication* e *authorization* robustos.

Vale destacar ainda que a criação de uma infraestrutura que atenda às demandas dos sistemas envolvidos e o uso de ferramentas avançadas para monitoramento e testes também foram apontados como fundamentais para garantir uma integração segura e eficaz. Este tipo de prática poderá auxiliar no aumento da confiabilidade dos sistemas, na redução de falhas operacionais e na otimização dos processos de integração.

Outra pergunta adicional para obter uma melhor compreensão dos objetivos O2 e O3 foi adicionada. Esta pergunta visa obter uma visão mais detalhada dos *stakeholders* relacionadas à segurança. Dentre os pontos obtidos desta análise, destaca-se que os problemas de segurança de dados, manipulação de dados e integração com sistemas legados na computação em nuvem afetam não apenas o setor de saúde, mas também outras áreas. Tais problemas são uma preocupação para a computação em nuvem, uma vez que podem comprometer a confidencialidade dos dados sensíveis e a continuidade dos serviços críticos. Neste sentido, a geração de soluções que possam garantir a privacidade, a conformidade regulatória e a interoperabilidade são essenciais em diferentes contextos industriais.

Por fim, para a análise do objetivo O4 foi formulada uma questão aberta que

delineava as impressões, sugestões e melhorias relacionados ao tópico de computação em nuvem na área da saúde discutido na pesquisa. Foi possível observar que das 14 respostas obtidas a inclusão da Inteligência Artificial (como *machine learning*) pode ser uma possível solução para a melhoria da área, uma vez que ela irá possibilitar uma melhor análise dos dados dentro da saúde. Além disso, outro ponto de melhoria destacada pelos *stakeholders*, foi a adoção de políticas de segurança rigorosas para acesso e a criação de senhas do sistema e a adoção de dados brutos criptografados para proteger os dados dos pacientes contra vazamento.

Tais pontos de melhoria são vistas como promissoras para os *stakeholders* uma vez que ela possibilitará realizar a integração com sistemas governamentais (como o sistema de vacinação e registro de doenças crônicas) como destacado pelo respondente: "*Uma coisa interessante poderia ser a integração com os sistemas do governo. ... aqui no Brasil o governo já tem um sistema próprio de cartão de vacinação, alergias, doenças crônicas, assim como documento de veículos, carteira de habilitação, etc. Tudo pode ser acessado pelo próprio cidadão, à partir de um sistema centralizado criado e mantido pelo governo*" e aumentaria a confiança dos usuários em relação a ética no uso dos dados e a necessidade de um *Business Continuity Plan* (BCP) para garantir a continuidade dos serviços em caso de falhas sistêmicas.

75

## **5 DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos neste estudo reforçam a relevância da computação em nuvem para o paradigma *Healthcare 5.0*, podendo se alinhar como um ponto importante para a evolução do ambiente médico. A análise do mapeamento sistemático e dos resultados do survey permitiram identificar os principais benefícios e desafios associados à adoção dessa tecnologia, trazendo uma visão mais real do assunto. O consenso entre os *stakeholders* quanto à acessibilidade aprimorada, escalabilidade e eficiência de custos como principais benefícios valida a importância da nuvem em promover um ambiente de saúde mais integrado e eficiente.

Os achados indicam que a maioria dos *stakeholders* vê a computação em nuvem como uma solução promissora para lidar com as demandas do setor de saúde, porém algumas preocupações ainda precisam ser consideradas. A dependência de serviços de *internet* e a necessidade de redundâncias locais para serviços críticos à

vida foram mencionadas como pontos de atenção, especialmente em regiões com infraestrutura limitada. Além disso, a conformidade regulatória e a implementação de políticas de segurança foram destacadas como áreas fundamentais para garantir o sucesso da adoção da nuvem.

O mapeamento sistemático trouxe resultados que se alinham aos obtidos nos surveys, evidenciando que a computação em nuvem se adapta de forma flexível a diversos cenários de serviços de saúde, com tecnologias emergentes mostrando grande potencial para atender às crescentes demandas de Tecnologia da Informação (TI) em cuidados colaborativos e coordenados (Javaid *et al.*, 2022). Nesse contexto, a nuvem se consolida como peça-chave para a implementação do *Healthcare 5.0* (Wazid *et al.*, 2022). No entanto, ainda existem desafios, especialmente quanto à segurança dos dados gerados por fontes diversas, como sensores, câmeras e usuários. Esses desafios envolvem a proteção e propriedade dos dados, qualidade dos serviços e mobilidade (Agapito; Cannataro, 2023). Além disso, a computação em nuvem, assim como outras áreas da TI, enfrentam ameaças como análise de tráfego, ataques de repetição, *man-in-the-middle*, negação de serviço (do inglês *Denial of Service DoS*), *malware*, ataques a bancos de dados e roubo de dispositivos físicos, como aponta Wazid *et al.* (2022).

76

Assim podemos ver que uma das questões mais pontuadas no estudo em geral (tanto no mapeamento sistemático, quanto no *survey*) foi a preocupação com a segurança dos dados dos pacientes, especialmente no que diz respeito à manipulação e ao controle dessas informações sensíveis. A confiança no tratamento seguro dos dados é vista como um fator crucial para a adesão total à computação em nuvem no setor da saúde. A adoção de tecnologias avançadas, como o *gRPC* e práticas como a realização de *backups* regulares e a implementação de autenticação segura, foram identificadas como melhores práticas para mitigar esses riscos.

Do ponto de vista da integração de sistemas legados com soluções em nuvem, o estudo revelou que a principal barreira está na compatibilidade entre tecnologias antigas e novas. A adoção de *APIs* e a priorização da segurança durante a migração são vistas como estratégias promissoras para garantir uma transição eficaz.

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, os trabalhos futuros devem se

concentrar na exploração da integração de IA com o uso de *Machine Learning* na análise de dados médicos em ambientes de nuvem. A IA pode oferecer soluções mais eficazes para a personalização do atendimento e otimização de recursos. Além disso, estudos mais aprofundados sobre a criação de políticas de segurança de dados e a implementação de infraestruturas resilientes também são necessários para superar as limitações atuais e garantir uma adoção mais ampla da computação em nuvem na saúde.

Outro ponto a ser destacado são algumas ameaças à validade que foram encontradas durante a condução deste estudo. Durante a condução do MS, é possível destacar a inacessibilidade de alguns estudos que foram incluídos no processo de seleção. Para isso, foram realizadas buscas adicionais em bases de dados alternativas e consultas a especialistas na área. Por outro lado, durante a execução do questionário, diversas ameaças foram encontradas, como a dificuldade em estruturar as perguntas, a dificuldade em reunir *stakeholders* para participar e o baixo número de respondentes. Tais ameaças à validade foram tratadas por meio da revisão das perguntas com feedback por uma professora e profissional da área de computação em nuvem e da ampliação das amostras de respondentes, sendo para pessoas do mundo inteiro. Vale destacar ainda que, apesar do baixo número de respondentes, os resultados obtidos foram essenciais para a construção de conclusões relevantes e para o entendimento aprofundado do tema abordado, tendo vários pontos de vista sobre o assunto.

77

Em síntese, os resultados obtidos mostram que, embora a computação em nuvem seja vista como uma ferramenta transformadora, desafios importantes relacionados à segurança e infraestrutura precisam ser resolvidos para que ela possa ser amplamente adotada na *Healthcare 5.0*.

## **6 CONCLUSÃO**

Com o decorrer do tempo, a adoção da computação em nuvem dentro da medicina tem emergido como uma ferramenta fundamental para a nova era da saúde. Foi possível observar que esta tecnologia vem como uma grande aliada para a *Healthcare 5.0*, podendo ver o quanto ela trará flexibilidade e uma "facilidade" nos tratamentos, assim como mostrado em exemplos no próprio resultado do

mapeamento sistemático, sobre ferramentas e dispositivos que através da utilização da computação em nuvem junto a outras tecnologias avançadas trouxeram um resultado promissor.

No entanto, desafios ainda são encontrados para integrar tal tecnologia dentro da medicina, tais como a segurança dos dados e a manipulação do volume crescente de informações geradas. A investigação de como mitigar tais desafios de modo que se assegure a privacidade, a confidencialidade e a integridade das informações dos pacientes ainda é necessária. Neste contexto, este estudo tenta delinear as principais estratégias para superar essas barreiras, analisando soluções tecnológicas e práticas regulatórias que possam garantir um ambiente seguro e eficiente para a computação em nuvem na saúde. Por isso, como trabalhos futuros, foi pontuado sobre a exploração do uso de IA para análise de dados médicos em ambientes em nuvem e também estudos mais aprofundados sobre normas de segurança e infraestruturas resilientes.

Assim, conclui-se que, embora a computação em nuvem ofereça um enorme potencial, a gestão adequada dos riscos associados à segurança de dados e integração com sistemas legados é imprescindível para o sucesso pleno de sua implementação dentro do paradigma *Healthcare 5.0*. Nesse sentido, diferentes técnicas já utilizadas podem ser uma possível solução, como a realização de *backups* regulares, *logs* completos de acessos e eventos, a implementação de mecanismos de autenticação segura e a definição clara de níveis de acesso e a inclusão de tecnologias avançadas, como a inteligência artificial (especialmente com o uso de *machine learning*), podendo aprimorar ainda mais a segurança e a eficiência dos sistemas.

78

## REFERÊNCIAS

AGAPITO, G.; CANNATARO, M. An overview on the challenges and limitations using cloud computing in healthcare corporations. **Big Data and Cognitive Computing**, MDPI, v. 7, n. 2, p. 68, 2023.

ALAMRI, A. Big data with integrated cloud computing for prediction of health conditions. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLOUD COMPUTING TECHNOLOGY AND SCIENCE (CloudCom)*, 2019, Coreia. **Proceedings [...]**. Coreia: IEEE, 2019.

AREFIN, M. S. *et al.* Smart health care system for underdeveloped countries. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL ENGINEERING AND INFORMATION COMMUNICATION TECHNOLOGY (ICEEICT)*, 4., Bangladesh 2017. **Proceedings** [...]. Bangladesh: IEEE, 2017.

BHAT, J. A.; GEORGE, V.; MALIK, B. Cloud computing with machine learning could help us in the early diagnosis of breast cancer. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN COMPUTING AND COMMUNICATION ENGINEERING (ICACCE)*, 2., 2015, Índia. **Proceedings** [...]. Índia: IEEE, 2015. p. 644–648.

CHI, Hao Ran; DOMINGUES, M. F.; ZHU, H.; LI, C.; KOZUYUKI, K.; RADWAN, A. Healthcare 5.0: In the Perspective of Consumer Internet-of-Things-Based Fog/Cloud Computing. **IEEE Transactions on Consumer Eletronics**, v. 69, nov. 2023.

JAVAID, M. *et al.* Evolutionary trends in progressive cloud computing based healthcare: Ideas, enablers, and barriers. **International Journal of Cognitive Computing in Engineering**, v. 3, p. 124–135, 2022. ISSN 2666-3074.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Durham: [S.I.], 2007.

KITCHENHAM, B.; PFLEEGER, S. Personal opinion surveys. *In: GUIDE to Advanced Empirical Software Engineering*. Berlim: Springer, 2008. p. 63–92.

NAKAGAWA, E. Y. *et al.* **Revisão sistemática da literatura em engenharia de software**: teoria e prática. Elsevier Brasil, 2017.

PUTZIER, M. *et al.* Implementation of cloud computing in the german healthcare system. **NPJ Digital Medicine**, v. 7, p. 12, 2024.

RADOGNA, A. V. *et al.* A smart device for supporting mechanical ventilo-therapy. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON IC DESIGN AND TECHNOLOGY (ICICDT)*, 14., 2018, Itália. **Proceedings** [...]. Itália: IEEE, 2018.

WAZID, M. *et al.* Healthcare 5.0 security framework: Applications, issues and future research directions. **IEEE Access**, v.10, dez. 2022.