

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E  
SISTEMAS  
NÍVEL MESTRADO**

**MURILO MARTINS GATRINGER**

**HEALTHCARE 4.0 – DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A IMPLANTAÇÃO  
DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM AMBIENTES HOSPITALARES**

**São Leopoldo**

**2022**

MURILO MARTINS GATRINGER

**HEALTHCARE 4.0 – DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A IMPLANTAÇÃO  
DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM AMBIENTES HOSPITALARES**

Dissertação de Mestrado apresentada  
como requisito parcial para obtenção do  
título de Mestre, pelo Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia de Produção e  
Sistemas da Universidade do Vale do Rio  
dos Sinos - UNISINOS

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Débora Oliveira da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Sandro José Rigo

São Leopoldo

2022

## RESUMO

O interesse pela inteligência artificial tem aumentado nos últimos anos a partir de um evento que é conhecido por 4ª Revolução Industrial ou como também é denominado como Indústria 4.0. Na área da saúde não é diferente, sendo que a busca por ferramentas que utilizem tecnologias de inteligência artificial tem aumentado significativamente. Entender quais são os desafios e oportunidades para a aplicação da inteligência artificial em ambientes hospitalares é o objetivo deste trabalho. O presente estudo foi conduzido através de uma pesquisa aplicada, de caráter exploratório e abordagem qualitativa, baseada em uma revisão sistemática da literatura e também em um estudo de caso único, realizado em uma organização hospitalar, localizada na cidade de Porto Alegre, RS, através de entrevistas semiestruturadas com profissionais desta instituição. A partir dos resultados obtidos na revisão sistemática da literatura foi construído um quadro teórico que procura demonstrar quais são os desafios e as oportunidades, além de aplicações de inteligência artificial relatadas na literatura. Também foi proposta uma taxonomia, visando organizar tanto os desafios, quanto as oportunidades em etapas para a implantação da inteligência artificial. Os dados obtidos nas entrevistas com os profissionais da referida instituição hospitalar foram comparados com os resultados provenientes da revisão sistemática da literatura, além de serem confrontados com a referida taxonomia proposta. Os resultados apontam que existe consonância na maioria dos aspectos analisados entre os achados na literatura e o vivenciado pelos profissionais da instituição objeto de análise. Porém, em alguns aspectos, como por exemplo os dados, os entrevistados divergiram quanto a relevância do desafio. Isto se deve ao fato de a instituição utilizar sua própria base de dados, o que pode mitigar problemas de formato de dados, além desta instituição dispor de estrutura de TI robusta, capaz de armazenar e processar grandes volumes de dados, suprimindo este tipo de dificuldades.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial, Desafios, Oportunidades, Hospital, Serviços de saúde.

## **ABSTRACT**

Interest in artificial intelligence has increased in recent years from an event that is known as the 4th Industrial Revolution or as it is also known as Industry 4.0. The health area is different, and the search is not for tools that use significantly increased artificial intelligence technologies. Understanding what are the challenges and opportunities for the application of artificial intelligence in hospital environments is the objective of this work. The present study was carried out through an organization based on the literature of an applied research, based on a single survey in Porto Alegre, in a hospital organization, located in the Porto Alegre literature of semi-structured interviews with professionals from this institution. From the results obtained in the systematic review of the literature, a theorist was built that seeks to demonstrate the challenges, opportunities, and artificial intelligence applications reported in the literature. A taxonomy was also proposed, aiming to organize both challenges and opportunities in stages for the implementation of artificial intelligence. The reviews obtained in the interviews with the professional data of the hospital institution were compared with the results from the systematic literature, in addition to being confronted with a proposed taxonomy. The results indicate that there is consonance in most aspects analyzed between the findings in the literature and by the professionals of the institution object of analysis.

Keywords: Artificial Intelligence, Challenges, Opportunities, Hospital, Healthcare.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Nuvem de Palavras - Desafios.....	27
Figura 2 - Desafios – taxonomia proposta.....	36
Figura 3 – Nuvem de Palavras - Oportunidades .....	47
Figura 4 – taxonomia proposta.....	50
Figura 5 - Método de trabalho da pesquisa.....	55
Figura 6 – Desafios – Entrevistas.....	72
Figura 7 - Desafios – Entrevistas .....	73

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Artigos sobre Inteligência Artificial publicados nos últimos anos .....	16
---	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação da pesquisa .....	54
Quadro 2 - Evolução do processo de análise da literatura .....	57
Quadro 3 – Perfil dos entrevistados .....	58
Quadro 4 - Roteiro de Coleta de Dados .....	59
Quadro 5 - Quadro teórico.....	92

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Busca nas bases de dados Scopus e Web of Science .....	16
Tabela 2 - Codificação dos Desafios .....	25
Tabela 3 - Incidências dos Desafios - Literatura .....	28
Tabela 4 - Codificação das Oportunidades .....	39
Tabela 5 - Incidências das Oportunidades - Literatura .....	43
Tabela 6 - Incidências - Desafios .....	62
Tabela 7 - Incidências - Oportunidades.....	67



## LISTA DE SIGLAS

AG	Algoritmos Genéticos
CAD	Desenho Assistido por Computador
IA	Inteligência Artificial
IOT	<i>Internet of Things</i> (Internet das Coisas)
MRI	Imagens por Ressonância Magnética
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
RES	Registros Eletrônicos de Saúde
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
TI	Tecnologia da Informação
UTI	Unidade de Tratamento Intensivo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 Definição do Problema.....	13
1.2 Objetivos .....	15
1.3 Justificativa.....	15
1.4 Delimitação do Estudo.....	18
1.5 Estrutura .....	19
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
2.1 Inteligência Artificial .....	20
2.2 Aplicações da IA na área de saúde.....	21
2.3 Síntese do referencial teórico e apresentação do quadro teórico.....	24
2.4 Desafios para a aplicação da IA em ambientes hospitalares .....	25
2.5 Oportunidades para a aplicação da IA em ambientes hospitalares .....	39
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>53</b>
3.1 Método de Pesquisa.....	53
3.2 Método de Trabalho .....	55
3.2.1 Construção do Referencial Teórico .....	56
3.2.2 Coleta de Dados.....	57
3.2.3 Análise dos dados .....	60
<b>4 ANÁLISE E DISCUSSÃO</b> .....	<b>61</b>
4.1 Apresentação do estudo.....	61
4.2 Desafios .....	62
4.3 Oportunidades .....	67
4.3 Discussão .....	74
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>78</b>
5.1 Limitações da Pesquisa.....	79
5.2 Sugestão para Trabalhos Futuros .....	80
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>81</b>
<b>APÊNDICE A - ARTIGOS LIDOS</b> .....	<b>87</b>
<b>APÊNDICE B - PROTOCOLO DE REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA</b> ...	<b>91</b>
<b>APÊNDICE C – QUADRO TEÓRICO</b> .....	<b>92</b>
<b>APÊNDICE D – ARTIGO SUBMETIDO</b> .....	<b>108</b>

**APENDICE E – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DE ARTIGO .....144**

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de bens antes da primeira revolução industrial caracterizava-se pelo trabalho em pequenas escalas, basicamente utilizando dois sistemas, o sistema doméstico e as corporações de ofício. No século XVIII, na Inglaterra, houve uma grande mudança na matriz produtiva, através da utilização de máquinas, principalmente na indústria têxtil, o que permitiu a ampliação da produção. Essa mudança impulsionou as atividades industriais, basicamente pelo advento do motor a vapor, criado por James Watt no ano de 1765, e ficou conhecida como a Primeira Revolução Industrial (WALLACE, et al., 2013).

Já a Segunda Revolução Industrial (ocorrida entre o século XIX e o século XX) caracterizou-se pela utilização da energia elétrica, pela produção industrial em massa, ampliação do fornecimento de petróleo, produção de veículos (RIFKIN, 2012). Nessa época foi possível melhorar índices de produtividade, aumentar a velocidade de produção, qualidade, diminuir custos de produção, e por consequência, aumentar as margens de lucro (SOUZA MUNHOZ, et al., 2008).

A Terceira Revolução Industrial teve seu início na década de 1960, sendo baseada na utilização de computadores (servidores), computadores pessoais e difusão da internet (SCHWAB, K., 2019). O advento do microprocessador proporcionou uma grande evolução no processamento e armazenamento de dados, além de facilitar o acesso às informações. Além disso, foi nesta época que as organizações passaram a aplicar o planejamento estratégico e promover maiores investimentos em gestão (FINKELSTEIN; NEWMAN, 1984).

O termo Indústria 4.0 foi adotado em 2011, na Feira de Hannover, referindo-se ao que hoje pode ser considerada como a 4ª Revolução Industrial. Basicamente se refere à introdução de tecnologias de internet na indústria (DRATH; HORCH, A.; 2014). A Indústria 4.0 possui algumas características tais como Sistemas Ciberfísicos, Realidade Virtual e Aumentada, Computação na Nuvem, Big Data, Internet das Coisas, Inteligência Artificial, entre outros (MUHURI et al., 2018).

A inteligência artificial (IA), no que se refere ao campo da ciência da computação, procura simular, estender e expandir a inteligência humana com objetivo de solucionar problemas com maior rapidez e precisão (MCCARTHY, 1959). Na indústria, a IA pode ser aplicada em diferentes áreas, com as mais variadas

finalidades. Somente na Gestão da Cadeia de Suprimentos temos diversas aplicações da IA, como em processos de compra de materiais, logística, estoque, inventário, dentre outras (AHUMADA; GABRIEL, 2016).

Segundo Oke (2008), podemos implantar a IA utilizando algumas tecnologias, tais como mineração de dados, lógica difusa ou *fuzzy*, redes neurais, ontologia, árvore de decisão, agentes inteligentes e algoritmos genéticos, sendo esta última a mais utilizada atualmente. Os algoritmos genéticos (AG) podem ser utilizados como ferramenta de apoio para tomada de decisão referente à localização de fábricas, visando mínimo custo (WANG; HSU, 2010), planejamento de produção (CHEN; LIN, 2009), redução de custo logístico (CHESHMEHGAZ; DESA; WIBOWO, 2013), centros de distribuição logísticos utilizando “*cross-dock*” (KONUR; GOLIAS, 2013), sendo esses alguns poucos exemplos da sua utilização.

A indústria manufatureira utiliza a inteligência artificial em diversos setores. Na indústria têxtil aplica-se a IA em diferentes áreas tais como a integração do sistema de desenho assistido por computador (CAD) com softwares de IA, com o objetivo de propor soluções de *design* de padrão, problemas de cores, qualidade de costuras e avaliação de vestuário (GUO et al., 2011).

Na indústria petrolífera existem várias aplicações da IA, que vão desde previsões e estimativas de funções objetivas, como taxas de produção de petróleo, até a localização do poço e a caracterização do reservatório (RAHMANIFARD; PLAKSINA, 2018).

Em relação aos prestadores de serviços, temos diversas aplicações da inteligência artificial. Em empresas de tecnologia financeira (*FinTechs*), a IA é aplicada para realizar negociações por algoritmos, análises de *blockchain*, detecção de fraudes, além de ser utilizada para atendimento automatizado ao cliente através de *chatbots* (RIIKKINEN et al., 2018).

Nos serviços de saúde a Inteligência Artificial consiste em utilizar computadores para analisar uma grande quantidade de dados e, a partir de algoritmos pré-estabelecidos, e sugerir soluções para problemas médicos (LOBO, 2017). A inteligência artificial vem assumindo um importante papel na medicina clínica, podendo contribuir na tomada de decisão e em processos operacionais (PARKES; WELLMAN, 2015).

Existem muitas aplicações da IA nos serviços de saúde, como a sua utilização no auxílio ao diagnóstico por imagem, utilizando o reconhecimento de padrões (GERMANO, 2015). Outras especialidades médicas fazem uso da IA, tais como a neurologia (TACCHELLA et al., 2018), a dermatologia (OLSEN et al., 2018), etc.

Conforme a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2012), hospitais são peças fundamentais para o sistema de saúde, proporcionando serviços de forma permanente para situações extremas e complexas. O hospital possui funções inerentes aos seus processos, sendo elas divididas em Funções Técnicas (diretamente relacionadas ao tratamento e diagnóstico dos pacientes), como enfermagem, serviços médicos, farmácia, e Funções de Apoio (funções administrativas de assistência indireta) como hotelaria, lavanderia, contabilidade. (GONÇALVES, 1983).

A inteligência artificial já tem sido utilizada em ambientes hospitalares em diversas áreas. Todavia, se mostra necessário evidenciar as dificuldades e as oportunidades para sua implantação. Esta pesquisa se insere neste cenário.

## **1.1 Definição do Problema**

Algumas das barreiras para a implantação da IA na prática hospitalar consistem basicamente no fato de que os dados não se encontram em um formato próprio para o aprendizado de máquina, sejam eles imagens médicas, dados de prontuários eletrônicos, sistemas de patologia, dentre outros. Acrescente-se a isto uma importante questão que é, em muitas situações, os dados não estarem disponíveis por serem armazenados em bancos de dados seguros, ou seja, não podem ser disponibilizados para estudos ou desenvolvimento de soluções (KELLY, et al., 2019).

Outro fator importante diz respeito ao fluxo de dados em relação às normas de armazenamento de dados, confidencialidade, direito de exclusão, etc. Um fator importante a ser levado em consideração é o direito à privacidade, conforme o artigo 12 da Declaração Universal dos Direitos Humanos (Organizações das Nações Unidas - ONU, 2018). Sendo assim, as organizações deverão promover para seus colaboradores treinamentos adequados sobre a importância e responsabilidades em relação à privacidade dos dados (RANCINE; BOEHLEN; SAMPLE, 2019).

No Brasil, a lei 13.709/2018, denominada Lei Geral de Proteção de Dados, em seu artigo 5º, inciso XI, referente à anonimização, considera a “utilização de meios técnicos razoáveis e disponíveis no momento do tratamento, por meio dos quais um dado perde a possibilidade de associação, direta ou indireta, a um indivíduo.”

Porém, a enorme quantidade de dados pessoais e uma vasta opção de fontes de dados tem ampliado a possibilidade de re-identificação, através da vinculação de informações (LOVIS, 2019). Através de dados genômicos, dados médicos tradicionais e até mesmo dados demográficos, é possível que haja a re-identificação do paciente através do cruzamento de informações com um banco de dados genômico identificável (KULYNYCH; GREELY, 2017).

Além disso, como a aplicação da IA em um ambiente hospitalar pressupõe a integração do sistema com as pessoas, existe mais uma dificuldade a ser superada que é a questão do estereótipo criado sobre a utilização da IA na medicina. A tecnologia ainda tem contra si um preconceito cultural sobre sua utilização na área da medicina e é considerada por muitas pessoas “perigosa” (ILIASHENKO, 2018).

Também deve ser considerada a existência de uma lacuna sobre IA em relação ao ensino médico. Ainda são poucas as escolas de medicina que oferecem disciplinas relacionadas a IA para seus estudantes da área de saúde (LOVIS, 2019).

Internações e cuidados médicos são as maiores fontes de despesas no contexto da saúde. Reduzir internações potencialmente evitáveis pode ser possível através de um atendimento ambulatorial adequado e eficaz, resultando numa diminuição dos custos e melhorando a qualidade do atendimento (JIANG, et al., 2007). Neste caso existe uma oportunidade de utilização da IA, contribuindo para a redução dos custos referidos anteriormente.

Diante destas características peculiares à implantação da inteligência artificial no contexto hospitalar, este trabalho tem como questão de pesquisa: **Quais são os desafios e as oportunidades para a implantação da inteligência artificial em organizações hospitalares?**

## 1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é **verificar quais são os desafios e as oportunidades para a implantação da inteligência artificial em organizações hospitalares.**

Para dar suporte a este objetivo, apresentam-se os seguintes objetivos específicos:

1º) Identificar na literatura desafios e oportunidades de aplicações da IA em ambientes hospitalares por meio de uma revisão sistemática;

2º) Identificar desafios e oportunidades para a aplicação da IA a partir de casos reais.

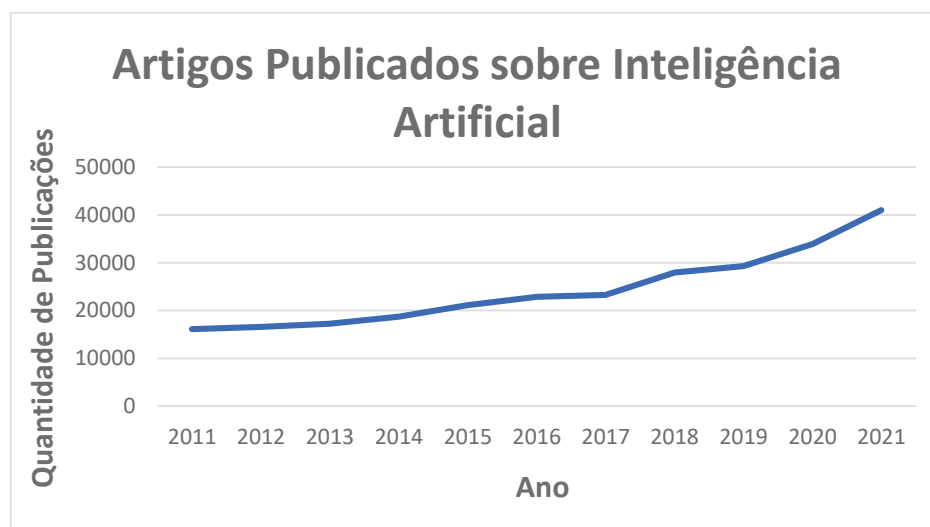
3º) Comparar os achados identificados na literatura com os achados dos casos reais, apontando os principais desafios e oportunidades para implantação da inteligência artificial em organizações hospitalares;

## 1.3 Justificativa

Estudos sobre a inteligência artificial tem tido um crescimento exponencial. Para dimensionarmos tal situação, na base de dados Scopus temos 1091 artigos sobre IA publicados, que foram criados no período do início da década de 1950 até o início da década de 1980. Já no período de 1980 até o ano de 2010, temos 142.227 artigos produzidos que foram publicados na base de dados supracitada. Estes dados sugerem que o interesse por esse assunto tem crescido muito nos últimos anos, sendo que 227.045 artigos foram publicados entre os anos de 2011 e 2021, apenas na base de dados Scopus. No gráfico 1 podemos notar essa evolução no decorrer dos últimos anos, em uma busca realizada na base de dados Scopus em janeiro de 2022.



Gráfico 1 - Artigos sobre Inteligência Artificial publicados nos últimos anos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a análise da literatura existente foram efetuadas buscas nas bases de dados Scopus (Elsevier) e Web of Science (WOS), em abril de 2020, sendo atualizada em janeiro de 2022, focando na aplicação da inteligência artificial (IA) em ambientes hospitalares. Inicialmente foram encontrados 15.316 artigos. Após o refinamento através da adição de outros termos de busca, houve uma redução na quantidade de artigos relacionados ao assunto, conforme representado na Tabela 01. A partir destes resultados foi realizada a revisão sistemática da literatura (RSL), que está detalhada no Capítulo 3, que traz a metodologia de pesquisa empregada neste estudo. O protocolo desta RSL consta no Apêndice B.

Tabela 1 - Busca nas bases de dados Scopus e Web of Science

TERMOS DE BUSCA	TOTAL SCOPUS	TOTAL WOS
artificial intelligence AND ("hospital*" OR "healthcare")	11.165	4.151
artificial intelligence AND ("hospital*" OR "healthcare" OR "ehealth")	11.423	4.231
artificial intelligence AND ("hospital*" OR "healthcare" OR "ehealth" OR "precision medicine")	12.168	4.620
artificial intelligence AND ("hospital*" OR "healthcare" OR "ehealth" OR "precision medicine") AND ("barrier*" OR "opportunit*")	959	505
artificial intelligence AND ("hospital*" OR "healthcare" OR "ehealth" OR "precision medicine") AND ("barrier*" OR "opportunit*" AND "challenge*")	393	312
<b>TOTAL</b>		<b>705</b>

Fonte: elaborado pelo autor.

Entre os artigos selecionados após o processo de análise da literatura, alguns tratam das oportunidades para a aplicação da IA em ambientes hospitalares, como Chan, Reddy, Myers, et al. (2020), que identificaram aplicações de IA na área de dermatologia. Também na área de imagens médicas, mais precisamente imagens cardíacas, Petersen, Abdulkareem e Leiner (2019), destacam o desenvolvimento nesta área, na qual os autores acreditam que estamos na fronteira para difusão de diversas aplicações de IA em imagens cardíacas, trazendo benefícios a todo o sistema de saúde.

No que se refere a aplicação da IA em organizações hospitalares, algumas oportunidades e alguns desafios foram identificados na literatura, mas nenhuma delas no âmbito do Brasil, tão pouco no Rio Grande do Sul. Neste contexto, o presente trabalho pode contribuir para verificar se estes desafios e oportunidades identificados nos estudos estão tendo aplicação prática no cenário regional e/ou nacional.

Em relação aos desafios, Ajmera e Jain (2019) elencaram alguns aspectos que devem ser levados em conta para a adoção da IA em ambientes hospitalares, que vão desde a perda de empregos humanos, passando pela questão da confidencialidade dos dados, infraestrutura de tecnologia da informação (TI), dentre outros. Já Wiljer e Hakim (2019), trazem dois fatores importantes a serem considerados, que são: o nível de maturidade das ferramentas de IA, que em grande parte ainda não foi alcançado a ponto de ser utilizado em serviços de saúde e o fato de que muitas organizações de saúde não possuem dados suficientes para utilização de IA.

No âmbito acadêmico as contribuições desse trabalho podem ser fundamentadas tendo em vista que, a quantidade de pesquisas sobre IA envolvendo a área da saúde tem crescido, porém, são poucas as aplicações que tem tido êxito na prática médica (KELLY, et al., 2019). Sendo assim, entender quais são os desafios e quais as oportunidades para tal aplicação se mostra oportuno no atual cenário acadêmico.

Contudo, como foi citado anteriormente, é pequena a quantidade de estudos que tratam diretamente sobre aspectos relevantes sobre os desafios e as oportunidades da aplicação da IA em ambientes hospitalares, sendo mais um aspecto que justifica a realização dessa pesquisa.

As contribuições no segmento empresarial se justificam pelo quadro atual apresentar uma diminuição gradual da quantidade de leitos hospitalares disponíveis.

Em 2009 no Brasil o número de leitos hospitalares era de 1,87 por mil habitantes. No período até 2017 esse número caiu para 1,72 leitos hospitalares por mil habitantes, sendo que a Portaria GM/MS 1101/2002 estabelece que o ideal seja de 2,5 a 3,0 leitos hospitalares por mil habitantes. (FIOCRUZ, 2019). O uso da IA na área da saúde pode agilizar o processo de diagnóstico, além de minimizar erros, reduzir tempo de internação, reorganizar a fila de atendimento (triagem) com base na complexidade dos casos. (FIGUEROA, 2018).

Sobre os aspectos pessoais o presente trabalho se enquadra com os interesses do Projeto Minha Saúde Digital, o qual este pesquisador é participante. O Projeto CAPES Telemedicina e Análise de Dados Médicos – Minha Saúde Digital: Modelo Inteligente de *Blockchain* para Informações de Saúde e Interação com Pacientes no âmbito da COVID-19 tem por objetivo desenvolver modelos inteligentes que propiciem a interação remota entre provedores de saúde e os pacientes de pandemia.

#### **1.4 Delimitação do Estudo**

O presente trabalho buscou compreender os aspectos que são relevantes relativos à implantação da inteligência artificial em hospitais, sejam eles impeditivos ou outorgantes. Compará-los com os critérios adotados pelas indústrias para implantação da IA, se faz necessário pela expertise que estas empresas possuem nesta prática, podendo contribuir para sua aplicação na área de serviços hospitalares.

Oportunidades para aplicação de IA integrando diferentes áreas no ambiente hospitalar foram abordadas, considerando a legislação vigente, aspectos técnicos, éticos e financeiros, levando em conta uma estrutura hospitalar que contemple as atividades passíveis de adoção dessa tecnologia.

O estudo se limitou a abordar as barreiras e oportunidades, bem como critérios que são considerados para a aplicação da IA em uma organização hospitalar na cidade de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul. Não foram discutidos critérios de seleção de tecnologias ou ferramentas de IA, bem como o processo de implantação destas. Assim como não foram abordados temas relacionados ao desenvolvimento de ferramentas de IA, nem as tecnologias empregadas para tal.

## 1.5 Estrutura

No Capítulo 1, que tem seu término aqui, foram apresentadas a introdução da dissertação, o tema, a definição do problema, os objetivos, geral e específicos, a definição do problema, aspectos que justificam a pesquisa, a delimitação e estrutura do estudo.

No capítulo 2 é apresentada a revisão de literatura que trouxe os conceitos relevantes para o entendimento do tema proposto, bem como a apresentação de um quadro conceitual que foi desenvolvido a partir de uma revisão sistemática da literatura. Também está presente nesta seção a taxonomia proposta em relação aos desafios e oportunidades para a aplicação de IA em ambientes hospitalares, classificando-os quanto ao desenvolvimento, implementação e operação.

O capítulo 3 apresenta a metodologia de pesquisa adotada neste estudo, detalhando a abordagem metodológica e o método de trabalho, bem como a construção do referencial teórico, a coleta de dados em campo, bem como a análise dos dados coletados em campo.

O quarto capítulo apresenta a análise e discussão, a apresentação do estudo, bem como os desafios e as oportunidades identificados nas entrevistas. Fechando o capítulo, são apresentadas as discussões comparando os resultados obtidos em campo com os achados na literatura a partir da RSL, os quais estão alinhados com os objetivos desta pesquisa.

O capítulo 5 apresenta a considerações finais, sendo a última parte do presente trabalho. Nesta seção se dá o fechamento do trabalho, trazendo as contribuições, limitações e sugestões para estudos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será apresentado o referencial teórico que serviu de base para a construção deste trabalho, que foi dividido em 3 (três) partes. As subseções tratam da conceituação da inteligência artificial (seção 2.1), aplicações da inteligência artificial na área da saúde (seção 2.2) e por fim, um resumo do capítulo e a apresentação do quadro teórico (seção 2.3).

### 2.1 Inteligência Artificial

Inteligência Artificial (IA) é uma nomenclatura dada por John McCarthy na década de 50, em uma conferência no Dartmouth College (RUSSEL, NORVIG, P.; 2010). É um sistema capaz de receber, interpretar e aprender com dados, exibindo comportamentos e ações que atinjam objetivos específicos ao longo do tempo (LAMBERTI et al., 2019).

Para Grant e McParland (2019), a inteligência artificial proporciona que computadores simulem o comportamento humano. No campo da ciência de dados, a inteligência artificial utiliza sistemas capazes de aprender com dados e interagir com o mundo humano (FERRANTE; et al., 2020). A IA trabalha com algoritmos muito diferentes dos métodos empregados em pesquisa operacional ou programação restrita, estando mais voltada para a neurocomputação, inferência estatística, reconhecimento de padrões, mineração de dados, descoberta de conhecimento e aprendizado de máquina (GRUSON; et al., 2019).

A inteligência artificial tem contribuído para o processo de inovação na área da saúde (AL BADI, 2021). A inteligência artificial pode auxiliar no diagnóstico e diagnóstico precoce, autocuidado, prevenção, apoio à decisão clínica e cuidados crônicos (FERRANTE; et al., 2020). Utilizar sistemas de IA pode ser mais eficiente, confiável e operar por longos períodos de tempo, possibilitando solucionar problemas de falta de pessoal ou de restrições financeiras por parte de instituições de saúde (ARORA, 2020), além de ter o potencial de transformar a prática médica, no apoio ao diagnóstico e interpretação de dados complexo (BEN-ISRAEL; et al., 2020).

Apesar de ainda haver incertezas sobre a adoção da inteligência artificial na área da saúde, existem indicações de que é possível melhorar o desempenho das

instituições em relação aos cuidados de saúde (HAZARIKA, 2020). Além disso, a inteligência artificial pode ampliar o acesso aos cuidados de saúde, minimizando os problemas relacionados a escassez de mão de obra nesta área (WEISSGLASS, 2021).

## 2.2 Aplicações da IA na área de saúde

A IA tem sido utilizada em diversas áreas da saúde, sendo que nos 79 artigos selecionados, o maior número de aplicações foi relatada pelos autores na área de diagnósticos por imagens. Temos o exemplo do modelo *Inception-V3*, que através de aprendizagem profunda, analisa imagens buscando identificar casos de retinopatia diabética (WANG, F., PREININGER, A., 2019). Porém, alguns autores citaram possibilidades de aplicações de IA, como na detecção de tumores, retinopatia diabética, detecção de câncer, neuroimagem, radiografia para detectar osteoartrite e detecção de doenças cardiovasculares, mas sem apresentar exemplos práticos de sua implementação (TIWARI, A., CHAUDHARI, M., RAI, A., 2019; KELLY, CJ; et al., 2019). O programa *CMR SmartHeart: Next Generation* integra informações cardíacas de relatórios de pacientes utilizando IA, através da aquisição integrada de imagens, reconstrução, análise e aprendizagem (PETERSEN, S.E., ABDULKAREEM, M., LEINER, T., 2019). Já Chen, et al. (2019) apresentaram um microscópio de realidade aumentada, que utiliza a IA para detecção de câncer de mama metastático em nódulos linfáticos e a identificação do câncer de próstata.

A área de oncologia também teve aplicações citadas pelos autores. O Hospital Apollo, na Índia, utiliza o *IBM Watson* em 10 de seus centros (AGARWAL, et al., 2020). O *CANSAR*, utiliza dados genéticos e clínicos, combinando-os com dados científicos para auxiliar no combate ao câncer (RACINE, E., BOEHLEN, W., SAMPLE, M., 2019). É uma base de conhecimento que utiliza combinações de inúmeros dados experimentais para fornecer previsões de descoberta de medicamentos. Temos o exemplo do *CancerLinQ*, que é um sistema que armazena dados para a aprendizagem sobre oncologia (POTTER, D., et al.; 2020), e analisa grandes volumes de dados de pacientes e pode orientar médicos em tratamentos personalizados (MARCUS, LG; BOYD, C; BEZAK, E. 2019). Pesquisadores utilizaram o *Inception V3*, que trata-se de um *software* de reconhecimento de imagens do *Google*, para

reconhecimento de câncer de pulmão (SEYHAN, AA; CARINI, C., 2019). Este é um software normalmente utilizado para reconhecimento facial, sendo que neste caso os autores deram uma nova utilização a ferramenta, demonstrando que ferramentas prontas de IA podem ser adaptadas para diferentes propósitos.

Aplicações nas organizações de saúde ou envolvendo seus profissionais foram relatadas, como a iniciativa do Hospital Royal Free, de Londres, de promover a utilização da IA para qualificar o atendimento de seus pacientes com lesão renal aguda, mas que falhou pela falta de controle de dados (WILJER, D., HAKIM, Z., 2019). Em Indiana, EUA, a utilização do painel de opióides da HC1 permite que profissionais, através da utilização de grande conjunto de dados, possam identificar abusos e medir impacto de tratamentos e programas de prevenção (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017). Também relacionadas às organizações de saúde, porém com viés gerencial, foram apresentadas aplicações da IA na gestão de recursos, gerenciamento de dados, como o *IBM Watson Care Manager*, que auxilia no gerenciamento de custos e recursos gerenciais, além de delinear planos de saúde individuais (RACINE, E., BOEHLEN, W., SAMPLE, M., 2019). Também foi apresentado o *Qventus*, dos Estados Unidos da América, que é uma plataforma de software que otimiza decisões em tempo real, visando redução de custos e melhoria no atendimento, podendo ser utilizada em toda a organização de saúde (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019).

Outras possibilidades de aplicações da IA na área da saúde que foram apresentadas pelos autores dizem respeito a sua utilização no auxílio à prevenção/diagnóstico de doenças, apesar de Lau e Staccini (2019) não citarem exemplos práticos de utilização, bem como Ben-Israel (2020).

Genômica/fenótipos são aplicações citadas em 3 artigos, (AGARWAL, et al., 2020). Slavkin (2020) relata oportunidades de aplicação da IA na genômica para cuidados de saúde oral, porém não cita nenhuma aplicação prática, assim como Frey (2019), que relatou aplicações de técnicas de aprendizagem profunda em genômica, sem citar a organização de saúde em questão ou sistema de IA implementado. Agarwal, et al. (2020) apresentaram a aplicação do Hospital Apollo nas áreas de genômica e oncologia em parceria com a *IBM (Watson)*.

Outra importante área da saúde que teve aplicações de IA citadas foi a área da cardiologia. No Hospital Apollo, na Índia, já é utilizada uma aplicação de IA fornecida



pela *Microsoft*, que através de um sistema de pontuação permite aos médicos prever o risco de doença cardiovascular (AGARWAL, et al., 2020). Kelly (2019) relata aplicação de sistemas de IA em estudos desenvolvidos pela Apple para utilização de seu relógio na detecção de fibrilação atrial.

Também foram apresentadas pelos autores aplicações relacionadas a medicina de precisão, como o *Ventana Panel MMR IHC*, utilizado para detecção de biomarcadores em pacientes diagnosticados com câncer de colo retal (Seyhan, AA; CARINI, C., 2019) e telemedicina (WAN, SH; GU, ZH; NI, Q. 2020), sendo que os autores citaram oportunidades, mas não apontaram exemplos práticos de aplicação.

Aplicações nas áreas de análises de dados clínicos (RACINE, E., BOEHLEN, W., SAMPLE, M., 2019;) e registros eletrônicos de saúde (WANG, F., PREININGER, A., 2019). O modelo *RETAIN* é um exemplo de aplicação de IA na análise de dados estruturados de registros eletrônicos de saúde (RES) na previsão de risco de insuficiência cardíaca congestiva (WANG, F., PREININGER, A., 2019).

Os autores apresentaram também aplicações de IA no atendimento utilizando *chat bots*, sendo possível através dos dados coletados direcionar o paciente a um médico adequado (AGARWAL, et al., 2020). No auxílio a pacientes a manterem hábitos saudáveis, foi citado o *Gymfitty*, um aplicativo para telefone celular, que utiliza a IA para monitorar o desempenho em atividades físicas e adaptar o treino a partir dos dados coletados (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019).

Processos laboratoriais (GRUSON, D; et al., 2019), pesquisas farmacêuticas e literatura biomédica (WANG, F., PREININGER, A., 2019). No caso de pesquisas farmacêuticas os autores Wang e Preininger (2019) citam um exemplo de ensaio clínico para desenvolvimento de medicamentos, sem nominar o projeto. Já em relação à literatura biomédica é citado o *DNorm*, que através de aprendizado de máquina, busca classificar e normalizar este material (WANG, F., PREININGER, A., 2019). Na área de patologia digital, Madabhushi e Lee (2016) citaram aplicações de IA utilizando aprendizagem profunda para detectar câncer de cólon, porém o autor não nominou o projeto ou instituição que utiliza tal ferramenta. Gruson, et al (2019) sugerem que a IA pode ser aplicada em processos laboratoriais na otimização e gerenciamento de tarefas, auxiliando em atividades repetitivas e de rotina, porém sem citar exemplos práticos de sua implementação. Por exemplo, o *DNorm* é um método automatizado



que utiliza aprendizado de máquina, com o objetivo normalizar doenças citadas na literatura biomédica (WANG, F., PREININGER, A., 2019).

Os autores também relataram aplicações da IA em psicoterapia, como no relato da equipe *Aifred Health*, da *IBM Watson AI XPRIZE*, situada no Canadá, que desenvolveu uma ferramenta que utiliza aprendizado profundo para auxiliar médicos na recomendação de melhores tratamentos relacionados à saúde mental (TAN, J; et al., 2019). Em departamentos de emergência temos a utilização do *e-triage*, que auxilia na triagem dos pacientes, fazendo previsão de gravidade, apresentando resultados expressivos em sua aplicação (GRANT, K; MCPARLAND, A., 2019).

### **2.3 Síntese do referencial teórico e apresentação do quadro teórico**

Ao final das buscas às bases de dados e posterior a aplicação dos critérios de refino destes resultados, foram encontrados 79 trabalhos diretamente relacionados com o tema, conforme apresentado no Apêndice C. Este quadro teórico foi dividido em sete itens, sendo eles: Código (COD), Autor, Título, Ano, Desafios, Oportunidades e Aplicação. O item “Código” trata da classificação que foi dada no *software Atlas.TI*, aos artigos selecionados na revisão sistemática da literatura, assim como os itens “Autor”, “Título” e “Ano” são informações complementares destas publicações. Os itens “Desafios”, “Oportunidades” e “Aplicação” correspondem às informações que foram identificadas na literatura.

É possível observar que a discussão em relação às oportunidades e desafios da IA na área da saúde está realmente concentrada no período em que surgiram estudos sobre a indústria 4.0, uma vez que todos os trabalhos selecionados foram publicados depois de 2011, o ano em que surgiu o paradigma indústria 4.0. O maior índice de documentos está centrado no ano de 2021, o que reforça a informação de crescimento no interesse pelo tema ao longo dos últimos anos.

A partir da construção deste quadro teórico foi possível dividir tanto os desafios, quanto às oportunidades em categorias e até mesmo subcategorias. Isto será descrito nas próximas seções onde serão apresentados os desafios e as oportunidades identificadas na literatura, respectivamente.

## 2.4 Desafios para a aplicação da IA em ambientes hospitalares

Ao identificar os desafios para a aplicação da IA em ambientes hospitalares, estes foram divididos em categorias, utilizando o *software Atlas.TI* como ferramenta de apoio. Os desafios foram codificados no referido *software* da seguinte forma: o código inicia com o termo “DE”, que identifica a categoria como desafio, seguido de um número, que segue de forma crescente de 1 até 19, que foi a quantidade de categorias identificadas referentes ao tema nos artigos selecionados. Na tabela 02 podemos observar como foi efetuada categorização, além de conter comentários, descrevendo a que se refere cada categoria e a qual grupo de códigos ela pertence.

A partir desta categorização, utilizou-se o *software* supracitado para associar os códigos aos textos selecionados, o que permitiu a análise dos dados, que será apresentada na seção 3.3.4.

Tabela 2 - Codificação dos Desafios

<b>Código</b>	<b>Comentários</b>	<b>Grupo de Códigos</b>
DE. 1 - Éticos ou Legais	Desafios éticos e legais, como caixa preta do algoritmo, legislação do país.	Gp1 - Desafios
DE. 1.1 - Responsabilidade pelo Uso do Sistema	Quem é responsável pelo sistema? Desenvolvedor, hospital, médico?	Gp1 - Desafios
DE. 2 - Algoritmo	Desafios relacionados ao algoritmo	Gp1 - Desafios
DE. 2.1 - Limitações do Algoritmo	Limitações técnicas do algoritmo	Gp1 - Desafios
DE. 2.2 - Viés do Algoritmo	Viés intencional ou não fazer (caixa preta)	Gp1 - Desafios
DE. 2.3 - Generalização	Generalização dos dados médicos	Gp1 - Desafios
DE. 2.4 - Interpretabilidade	Explicabilidade algorítmica	Gp1 - Desafios
DE. 2.5 - Problema de atualização	Problemas relacionados a atualização da ferramenta de IA	Gp1 - Desafios
DE. 3 - Mudança de Paradigma	Mudança na forma como a IA é vista pelos profissionais de saúde e pela população em geral (preconceito)	Gp1 - Desafios
DE. 4 - Treinamento e Qualificação	Necessidade de qualificação em relação às novas tecnologias (IA)	Gp1 - Desafios
DE. 4.1 - Redução de Habilidades dos Médicos	O uso de tecnologias pode diminuir a capacidade dos profissionais de saúde	Gp1 - Desafios
DE. 5 - Governança e Regulação	Leis, regras, regulamentos que variam de país para país	Gp1 - Desafios
DE. 6 - Financeiro - Alto Custo	Alto custo para desenvolvimento e aplicação de IA	Gp1 - Desafios
DE. 7 - Responsabilidade Social	Perdas de empregos	Gp1 - Desafios
DE. 7.1 - IA Centrada no Homem	IA desenvolvida com o ser humano em mente	Gp1 - Desafios
DE. 7.2 - Viés contextual	Direcionamento dado (intencional ou não) relacionado ao ambiente, região onde está sendo desenvolvido o algoritmo	Gp1 - Desafios

DE. 8 - Dados	Desafios relacionados aos dados médicos	Gp1 - Desafios
DE. 8.1 - Formato de Dados	Incompatibilidade de dados médicos entre sistemas e IA	Gp1 - Desafios
DE. 8.2 - Segurança de Dados	Desafios para garantir a segurança dos dados do paciente contra intrusão, perda, acesso não autorizado	Gp1 - Desafios
DE. 8.3 - Confiabilidade dos Dados	Confiabilidade de que os dados são de qualidade, não produzindo resultados falsos	Gp1 - Desafios
DE. 8.4 - Processamento de Dados	Desafio no processamento de uma quantidade de dados devido ao tamanho, formato, estrutura computacional	Gp1 - Desafios
DE. 8.5 - Privacidade de Dados	Preocupação com o uso indevido de dados do paciente	Gp1 - Desafios
DE. 8.5.1 - Consentimento do Paciente	O paciente deve autorizar o uso de seus dados	Gp1 - Desafios
DE. 8.6 - Volume de Dados	Dificuldade em usar grandes quantidades de dados	Gp1 - Desafios
DE. 8.7 - Propriedade de Dados/Propriedade Intelectual	Questões como patentes, direitos autorais e licenciamento	Gp1 - Desafios
DE. 8.8 - Qualidade de Dados	Desafio em garantir o uso de dados de entrada de qualidade	Gp1 - Desafios
DE. 8.9 - Dados Retrospectivos	Dificuldades de utilização de dados retrospectivos (formato, quantidade)	Gp1 - Desafios
DE. 8.10 - Disponibilidade de Dados	Dificuldades na disponibilidade de dados de pacientes, oriundos de outras instituições. Não há integração de bancos de dados.	Gp1 - Desafios
DE. 9 - Técnicos	Dificuldades técnicas em relação a estrutura, equipamentos, algoritmo	Gp1 - Desafios
DE. 9.1 - Integração de Sistemas	Dificuldades de compatibilidade entre sistemas médicos existentes e IA	Gp1 - Desafios
DE. 9.2 - Processamento de Imagens	Limitações de <i>softwares</i> e <i>hardwares</i> para processar imagens de exames médicos	Gp1 - Desafios
CH. 9.3 - Interrupção do Sistema	Falhas no sistemas, interrupção no fornecimento de energia elétrica, paradas não programadas do sistema de IA.	Gp1 - Desafios
DE. 10 - Infraestrutura de TI	Limitações de infraestrutura	Gp1 - Desafios
DE. 10.1 - Internet Confiável	Internet com oscilações na velocidade, interrupções não esperadas no fornecimento do serviço de internet, áreas não cobertas	Gp1 - Desafios
DE. 11 - Período de Implementação	Tempo para desenvolvimento, implementação de IA	Gp1 - Desafios
DE. 12 - Sistema	Desafios relacionados ao sistema	Gp1 - Desafios
DE. 12.1 - Viés de Automação	Considere apenas sugestões do sistema	Gp1 - Desafios
DE. 12.2 - Validação do Sistema	Dificuldades na validação do sistema	Gp1 - Desafios
DE. 12.2.1 - Integração de Fluxos de Trabalho Clínicos	Dificuldades em integrar fluxos de trabalhos existentes com as ferramentas de IA	Gp1 - Desafios
DE. 13 - Idioma	Desafios relacionados a idiomas, dialetos	Gp1 - Desafios
DE. 13.1 - "Caixa Preta" Semântica	Conceitos usados e/ou produzidos pelos algoritmos de IA	Gp1 - Desafios
DE. 14 - Modelo de Negócio	Definição do modelo a ser adotado, seja comprando um sistema pronto ou desenvolvendo você mesmo	Gp1 - Desafios
DE. 15 - Integração de Pessoal	Integração de equipes de TI, médicos, outros funcionários	Gp1 - Desafios

DE. 16 - Novas Metodologias de Trabalho	Novos métodos de trabalho que devem mudar da coleta de sinais para o diagnóstico	Gp1 - Desafios
DE. 16.1 - Replicabilidade e Reprodutibilidade dos Resultados	Sequenciamento, processamento de dados, análise e interpretação	Gp1 - Desafios
DE. 17 - Triagem de Pacientes	Triagem de pacientes para gravidade, tipo de tratamento	Gp1 - Desafios
DE. 18 - Gestão de Medicamentos	Gestão de prescrições de medicamentos	Gp1 - Desafios
DE. 18.1 - Medicina em Microbolhas	São bolhas cheias de gás de tamanho nanométrico, utilizadas em diagnósticos clínicos	Gp1 - Desafios
DE. 19 - Utilidade Clínica	Ferramenta de IA deve ter comprovadamente utilidade clínica	Gp1 - Desafios

Fonte: Elaborado pelo autor.

No que se refere aos desafios para a implantação da Inteligência Artificial na área da saúde, foi possível identificar que grande parte destas dificuldades estão relacionadas aos dados ou às ferramentas (algoritmos) utilizadas. Dos 79 artigos selecionados na revisão sistemática da literatura, 51 artigos tiveram essa abordagem. Isto pode ser confirmado na figura 01, que traz a nuvem de palavras, que extraiu as expressões mais utilizadas dentre os desafios, onde se destacam principalmente os termos “AI” (sigla de inteligência artificial em inglês) e “Data” (dados em inglês).

Figura 1 - Nuvem de Palavras - Desafios



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os principais desafios identificados estão relacionados aos dados, como a preocupação com a confidencialidade, confiabilidade, privacidade ou segurança dos dados, que pode ser observado na tabela 03. Quanto à confiabilidade dos dados, utilizar um sistema de IA fornecido por um desenvolvedor de outro país pode trazer problemas no que diz respeito às características de cada região, produzindo erros imprevistos e falsos resultados (AGARWAL, et al., 2020), sendo necessária a padronização dos registros médicos utilizados pelas organizações de saúde (GRANT, K; MCPARLAND, A, 2019). Também existe uma dificuldade em utilizar dados pretéritos devido à falta de informações ou imprecisões, ou até mesmo a forma em que estes dados estão registrados, muitas vezes em papel (TRANTER-ENTWISTLE, et al., 2020).

Tabela 3 - Incidências dos Desafios - Literatura

<b>Código</b>	<b>Frequência Absoluta</b>	<b>Frequência Relativa</b>	<b>Documentos</b>
DE. 5	47	8,78%	D2 (3), D3, D9, D17, D18, D21, D23, D24, D25 (2), D27, D28, D30, D33, D34 (2), D37, D39, D40 (3), D44, D46, D49 (2), D58, D59, D60 (2), D61, D62 (2), D66, D67 (2), D68, D70, D72, D73, D75, D76 (2), D78 (2), D79
DE. 2.2	46	8,60%	D3 (3), D4 (4), D5, D11, D12, D15, D17, D18, D22, D23 (3), D24, D30 (2), D33, D34, D35, D37, D39 (2), D41, D42 (2), D45 (2), D48, D49, D50, D53, D58, D60, D61, D62, D65, D66, D72, D73, D77, D78 (2)
DE. 1	44	8,22%	D3 (4), D4, D6, D12, D13, D14, D17, D18, D25 (2), D28, D30, D33 (3), D35, D37 (2), D41, D42, D49, D56, D58, D59, D60, D61, D62, D67 (2), D70, D72, D73 (3), D74, D76 (3), D78 (2), D79
DE. 8.5.1	40	7,48%	D1, D2, D3, D4, D5, D7, D12, D14, D15, D16, D18, D20, D24, D25, D28, D30, D31, D33 (2), D35, D37, D42, D45, D46, D49, D50, D55, D57, D60 (2), D62, D64, D66, D67, D70, D72, D73, D74, D78, D79
DE. 8.7	36	6,73%	D12, D16, D18, D24 (2), D27, D28 (3), D29, D30, D32 (2), D33, D35, D41, D46, D47, D48, D49, D51, D53, D60 (2), D63, D64, D66 (2), D72 (2), D73 (2), D76, D77, D79 (2)
DE. 4	30	5,61%	D2 (2), D3, D4, D9, D12, D17 (2), D21, D23, D28, D33, D34 (2), D39 (4), D45, D46 (2), D50, D55 (2), D62, D70, D72, D74, D77, D79
DE. 3	29	5,42%	D2, D3, D9 (2), D13, D14, D18, D20, D23, D30, D34, D35 (2), D39, D40, D46, D47, D49, D55, D59 (2), D60, D61, D62, D67 (2), D72, D73, D79
DE. 6	27	5,04%	D1, D2, D4 (2), D9, D20, D22, D34 (3), D39, D40, D45, D58, D59, D62, D66, D69 (2), D70 (2), D72, D73 (2), D76, D77, D78
DE. 2.1	25	4,67%	D5, D7, D11, D12, D23, D24, D28 (2), D35, D36, D40, D45 (2), D46, D49, D53, D61, D62, D64, D71, D73, D76 (2), D78, D79

DE. 9.1	24	4,48%	D3, D8, D12, D20, D23, D28, D31, D32, D39, D40, D44, D45, D46, D49, D50 (2), D56, D61, D70, D71, D72, D73, D75, D77
DE. 8.3	21	3,92%	D1, D3, D11, D20, D23, D24, D28, D31, D34 (2), D35, D39, D45, D46, D50, D57, D60, D62, D67, D70, D74
DE. 10	18	3,36%	D2 (2), D4 (2), D12, D18, D20, D25, D28, D34, D39, D46, D50, D66, D70, D73, D75, D76
DE. 8.9	17	3,17%	D3 (2), D5, D22, D30, D42, D44, D45, D49, D58, D60, D63, D64, D66, D69, D72, D78
DE. 9	15	2,80%	D19 (3), D27 (2), D34 (2), D35, D40, D51, D56, D59, D62, D64, D73
DE. 7	14	2,61%	D1 (2), D2, D3, D20, D22, D40, D55, D60, D68, D70, D73, D76, D79
DE. 8.1	12	2,24%	D1, D4, D13, D23, D28 (2), D35, D36, D60, D61, D73, D79
DE. 8.8	10	1,87%	D2 (2), D12, D37, D45, D46, D47, D57, D67, D73
DE. 8.4	8	1,49%	D1, D11, D17, D18, D23, D49 (2), D74
DE. 2.4	7	1,30%	D44, D61, D66, D69, D71, D74, D78
DE. 12.1	7	1,30%	D3, D9, D61, D74, D76, D78, D79
DE. 1.1	4	0,74%	D55, D60, D67, D68
DE. 2.3	4	0,74%	D23, D69, D71, D78
DE. 8.5	4	0,74%	D1, D17, D39, D73
DE. 8.6	4	0,74%	D12, D33, D57, D67
DE. 12.2	4	0,74%	D34 (2), D62, D64
DE. 14	4	0,74%	D25, D39, D40, D73
DE. 16.1	4	0,74%	D60, D61, D69, D73
DE. 7.2	3	0,56%	D58, D61, D65
DE. 11	3	0,56%	D4, D24, D39
DE. 2.5	2	0,37%	D76, D79
DE. 7.1	2	0,37%	D30 (2)
DE. 8	2	0,37%	D46, D73
DE. 8.2	2	0,37%	D67, D79
DE. 10.1	2	0,37%	D70, D72
DE. 15	2	0,37%	D23, D39
DE. 17	2	0,37%	D52, D78
DE. 2	1	0,18%	D46
DE. 4.1	1	0,18%	D18
DE. 8.10	1	0,18%	D49
DE. 12.2.1	1	0,18%	D61
DE. 13	1	0,18%	D22
DE. 13.1	1	0,18%	D65
DE. 16	1	0,18%	D47
DE. 18.1	1	0,18%	D56
DE. 19	1	0,18%	D69
<b>Totais</b>	<b>534</b>	<b>100%</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação à confidencialidade e privacidade dos dados, além do desafio de conscientizar a população sobre a importância da utilização dos dados médicos (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019), existe outra barreira no que se refere aos pacientes decidirem por retirar o consentimento sobre o



compartilhamento desses dados, tendo em vista a dificuldade de se retirar um único conjunto de dados de um algoritmo (PETERSEN, S.E., ABDULKAREEM, M., LEINER, T., 2019).

Por outro lado, é importante estruturar o sistema que atenda aos requisitos técnicos e legais no que tange ao compartilhamento de dados clínicos, inoperabilidade de sistemas e responsabilização clínica quando ocorrerem erros (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017), tornando fundamental que as organizações de saúde evoluam nesse aspecto (WILJER, D; HAKIM, Z, 2019). Também é importante desenvolver técnicas que garantam a anonimização dos dados, pois apenas a exclusão de dados pessoais, tais como números de documentos, números de telefone ou dados de previdência, não são mais suficientes para assegurar a privacidade. Técnicas de triangulação de dados permitem a detecção de padrões, possibilitando a identificação de pacientes (THESMAR, D.; et al., 2019). A conscientização dos desenvolvedores em relação à importância dos dados pessoais dos pacientes é fundamental para a pesquisa e o desenvolvimento de ferramentas tecnológicas, respeitando a propriedade dos dados, segurança dos dados e autonomia dos usuários (ROWE, LESTER, 2020). A responsabilidade sobre o compartilhamento de dados é de todas as organizações envolvidas e durante todo o processo, sendo que todos os dados do paciente deverão ser protegidos, incluindo imagens médicas (CHAN, et al., 2019).

Outro aspecto importante é a segurança dos dados, visto que, além do sistema ser suficientemente seguro em não permitir que dados de pacientes sejam acessados, deve também impedir ataques cibernéticos que, em uma situação mais extrema, pode ocasionar até mesmo mortes, caso diagnósticos ou recomendações de medicamentos sejam alterados (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019; WANG, F., PREININGER, A., 2019; KELLY, C.J.; et al., 2019). Isto posto, são necessárias medidas de segurança cibernética visando a proteção dos dados de pacientes (AJMERA, P; JAIN, V, 2019), adoção de políticas que regulem a utilização e compartilhamento desses dados (MARCUS, LG; BOYD, C; BEZAK, E, 2019), o que pode tornar mais lento o processo de adoção de IA (GRUSON, D; et al., 2019). É importante encontrar o equilíbrio entre a segurança e privacidade dos dados, para que não tenham aplicações indevidas, e a utilização destes dados para pesquisa, treinamento e o desenvolvimento da IA, (Al Badi, et al., 2021), ou seja, o interesse da saúde pública (HAMDY, DARWISH, HASSANIEN, 2021).

Outra barreira que foi elencada refere-se ao formato ou padronização dos dados recebidos, sendo citada em vários artigos dentre os selecionados. Na Índia, por exemplo, muitos médicos ainda utilizam receituários escritos à mão, o que dificulta a padronização necessária em um sistema que utilize IA (AGARWAL, et al., 2020). Problemas de interoperabilidade ocorrem quando dois sistemas ou organizações não conseguem comunicar-se de forma eficiente e irrestrita (VARGHESE, J., 2020). Esta falta de padrões de dados tem dificultado a implantação de IA por parte de pequenos hospitais (AJMERA, P; JAIN, V, 2019; KALYANAKRISHNAN, S; et al., 2018), bem como a transferência de dados ou implantação de modelos entre instituições de saúde (TANG, et al., 2020). Em relação aos exames por imagem, também existe falta de padronização nos dados compartilhados (TIWARI, A., CHAUDHARI, M., RAI, A., 2019), tendo em vista que a sistemas de IA trabalham com arquiteturas muito diferentes do que é utilizado habitualmente (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019).

Com o atual volume de informações médicas disponíveis e atualizações constantes do conhecimento médico, não é aceitável que a tomada de decisão seja responsabilidade exclusiva de profissionais, dependendo do seu conhecimento ou memória (HAZARIKA, I., 2020). Para que a IA obtenha sucesso em sua aplicação na área de saúde é necessário que sejam criados métodos que permitam a integração de um grande volume de dados (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017; KELLY, CJ; et al., 2019, GRANT, K; MCPARLAND, A, 2019; FREY, LJ, 2019), gerando dados de pacientes em tempo real (BEN-ISRAEL, D.; et al., 2020). Governos, órgãos internacionais de saúde devem trabalhar na regulamentação de padrões de estrutura de dados (MARCUS, LG; BOYD, C; BEZAK, E, 2019).

Também foram identificados artigos que apresentaram como um desafio o viés do algoritmo ou o que é chamado de “caixa preta da IA”. Via de regra algoritmos de *Machine Learning* baseados em modelos refletem o que lhes foi treinado (ROWE, LESTER, 2020). Há um debate se a interpretabilidade do algoritmo é necessária (WANG, F., PREININGER, A., 2019). Considerando-se que os grandes desenvolvedores de IA encontram-se nos EUA, seus modelos não levariam em conta apenas aspectos da sociedade norte americana (CATH, C., 2018)? Além da limitação existente pelo tamanho do conjunto de dados que pode ser pequeno, fatores demográficos podem estar presentes no algoritmo (SINGH, R., et al., 2020). Existe a



preocupação de como o algoritmo toma suas decisões (CHAUDHARI, et al., 2020), bem como uma dificuldade dos profissionais em entender e explicar esta situação (TANG, et al., 2020). Agências reguladoras têm trabalhado para que os sistemas sejam cada vez mais confiáveis e seguros, o que provavelmente permitirá que os algoritmos sejam mais explicáveis no futuro (SINGH, R., et al., 2020). Atualmente a dificuldade está em entender em quais dados o algoritmo se baseia, se há influência política, social, religiosa, étnica, etc. sobre suas tomadas de decisão, se o algoritmo pode assumir um viés discriminatório (KELLY, CJ; et al., 2019; PETERSEN, SE, ABDULKAREEM, M, LEINER, T, 2019; HUESO, M; et al., 2018) ou a possibilidade de ocorrer sub-representação de minorias, o que prejudica a generalização de resultados (TAN, J; et al., 2019).

Além disso, podem ocorrer situações em que o algoritmo gere informações que não são úteis aos médicos ou aos outros profissionais de saúde (GRANT, K; MCPARLAND, A, 2019). O viés do algoritmo se dá na entrada dos dados, a partir de três aspectos: seja por preconceito humano, preconceito inserido ao algoritmo (intencional ou não) ou nas abordagens que os sistemas de saúde aplicam aos dados (Al Badi, et al., 2021). Explicar como a Inteligência Artificial toma suas decisões é um aspecto muito importante para aumentar a confiança tanto dos profissionais de saúde quanto da população que pode utilizar destas ferramentas (MESKÓ, GÖRÖG, 2020).

Sobre a ferramenta (algoritmo) existem barreiras relacionadas a confiabilidade do sistema em relação aos erros ou interrupções no funcionamento (AJMERA, P; JAIN, V., 2019; GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017). Além disso, existem dificuldades relacionadas a falta de acesso a ferramentas de IA para detecção de imagens (TIWARI, A., CHAUDHARI, M., RAI, A., 2019), ou falta de ferramentas que acessem os dados de maneira assertiva (WILJER, D; HAKIM, Z, 2019).

Apesar da personalização de ferramentas de IA melhor atender às necessidades das organizações, algumas dificuldades podem aparecer ao adotar esse modelo de sistema. A falta de pessoal qualificado para desenvolver e manter este tipo de sistemas pode ser um grande desafio a ser enfrentado pelas organizações (SINGH, R., et al., 2020).

Em relação aos dados, alguns autores elencaram dificuldades de acesso (TIWARI, A., CHAUDHARI, M., RAI, A., 2019), desafios em armazenar e acessar grande volume de dados (PETERSEN, S.E., ABDULKAREEM, M., LEINER, T., 2019;

MARCU, LG; BOYD, C; BEZAK, E, 2019) ou até mesmo a falta de dados para aplicação da IA (WILJER, D., HAKIM, Z., 2019; TAN, J; et al., 2019).

Outra barreira diz respeito ao compartilhamento de dados (no sentido de transmissão de dados) ou problemas com a banda de dados, sendo que a velocidade de processamento de dados é fundamental em aplicações de IA (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019). Aplicações personalizadas de IA cada vez exigem mais em relação a transmissão de dados (WAN, SH; GU, ZH; NI, Q., 2020).

Problemas com armazenamento de dados também são desafios a serem enfrentados. Existem opções de armazenamento em servidores próprios ou em nuvens, o que deverá ser definido pelas organizações de acordo com suas necessidades (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019). A maneira como os dados são armazenados também é um fator de extrema importância, sendo necessária a padronização de um modelo de armazenamento, definindo o tipo e a estrutura de dados a serem armazenados (MARCU, LG; BOYD, C; BEZAK, E., 2019), ou seja, é fundamental a adoção de práticas de gerenciamento de dados (NEBEKER, C; TOROUS, J; ELLIS, RJB., 2019). Quanto mais dados as organizações tiverem armazenados, maior será o potencial das descobertas médicas (FREY, LJ, 2019).

Desafios éticos/regulamentação também foram citados como barreiras por alguns autores. Quanto a regulamentação, cabe salientar que um sistema baseado em IA requer toda a rotina de aprovação tal qual um dispositivo médico (VARGHESE, J., 2020). Quanto aos fatores éticos, cabe a instituição de saúde educar todos os profissionais envolvidos no processos de IA, para que estes ajam de maneira desejável, responsável e ética no manuseio dos dados de pacientes (WILJER, D., HAKIM, Z., 2019). Existe um desafio a ser enfrentado que diz respeito a responsabilidade no caso de erro médico utilizando sistemas de IA. Quem é o responsável? O desenvolvedor do sistema, o hospital que encomendou o sistema e forneceu suas especificações, bem como tratou de toda a implementação ou o médico responsável pelo tratamento? Estas são considerações importantes a serem discutidas e esclarecidas (LEE, YOON, 2021).

A maneira como o algoritmo toma suas decisões (caixa preta de IA) é uma preocupação importante, tendo em vista que pode conter algum viés na maneira como a ferramenta atua (PETERSEN, S.E., ABDULKAREEM, M., LEINER, T., 2019; RACINE, E., BOEHLEN, W., SAMPLE, M., 2019; KELLY, CJ; et al., 2019; GRUSON,

D; et al., 2019), podendo ser influenciado por interesses de grandes corporações (CATH, C., 2018). Também é possível que operadoras de planos de saúde utilizem previsões de IA para calcular descontos, valores de mensalidades ou até mesmo negar pedidos de convênios, baseadas em previsões de doenças (THESMAR, D.; et al., 2019). Existe a necessidade de que os órgãos reguladores deem o direcionamento adequado sobre questões éticas, avaliação de riscos, usabilidade e impacto da utilização da tecnologia de IA (NEBEKER, C; TOROUS, J; Ellis, RJB., 2019).

Também foram apresentados nos artigos selecionados desafios relacionados à resistência/adaptação de profissionais e pacientes em relação a utilização da IA (PETITGAND, et al., 2020). Muitos profissionais ainda utilizam receituários escritos à mão (AGARWAL, et al., 2020) além da barreira relacionada ao paradigma dos médicos acreditarem nas recomendações da IA nas práticas cotidianas (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017). Por isso é importante que os profissionais que atuarão com o auxílio de IA tenham treinamento e acompanhamento constante, bem como a definição de quais competências e quais qualificações cada profissional deverá receber (GRUSON, D; et al., 2019). Também não é crível que achemos que a população vai aceitar facilmente que seus dados sejam compartilhados (PETERSEN, S.E., ABDULKAREEM, M., LEINER, T., 2019), até porque grande parte da população não compreende qual a necessidade da utilização da IA na saúde (LAU, A.Y.S., STACCINI, P., 2019). Os pacientes aceitarão um diagnóstico que foi realizado por um sistema de computador (SINGH, R., et al., 2020)? Ou seja, para que a IA atinja maturidade na área médica é necessário o envolvimento de médicos e pacientes (SEYHAN, AA; CARINI, C., 2019), sendo que os médicos além de continuarem tendo o poder de decisão, são fundamentais no papel de transmitir sensação de conforto, algo improvável de se conseguir através de máquinas (HUESO, M; et al., 2018.).

Problemas relacionados à estrutura/equipamentos das instituições de saúde foram considerados em alguns artigos. Não possuir dados suficientes ou *Big Data*, pode ser uma barreira importante (WILJER, D., HAKIM, Z., 2019; PETERSEN, SE; ABDULKAREEM, M; LEINER, T., 2019). A falta de equipamentos ou até mesmo limitações técnicas destes pode ser considerado um grande desafio. Na patologia, por exemplo, a falta de *scanners* 3D ou as limitações dos *scanners* na detecção de cores é um impeditivo (MADABHUSHI, A., LEE, G., 2016). A falta de médicos qualificados (KALYANAKRISHNAN, S; et al., 2018) e de outros profissionais capacitados para

operar os equipamentos também é uma importante barreira (CHEN, PHC; et al., 2019).

Outra barreira apresentada está relacionada ao custo de implementação e de manutenção da IA. Custos de equipamentos para implementação de telemedicina oftalmológica, por exemplo, são muito elevados, tornando-se um impeditivo para muitas clínicas (J. -P. O. LI, et al., 2020). Acessar grande volume de dados pode ter um custo elevado dependendo da maneira como são feitas as cargas de trabalho (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019). Sensores são essenciais para que os sistemas de IA reconheçam o comportamento humano. Entretanto, seus custos ainda são muito elevados (WAN, SH; GU, ZH; NI, Q., 2020). De um modo geral, implantar tecnologias *Health 4.0* requerem um investimento inicial elevado (AJMERA, P; JAIN, V., 2019). Além do custo, um grande desafio em relação aos biomarcadores é a capacidade de reprodução de imagens médicas quantitativas, bem como a sensibilidade destes recursos (IBRAHIM, et al., 2020).

Outros fatores relacionados em alguns artigos como desafios são: disponibilidade da IA para pessoas de baixa renda, tendo em vista os altos custos e disponibilidade para esta população (SLAVKIN, HC., 2020). Também deve-se levar em conta as dificuldades técnicas devido à grande quantidade de dados gerados (SEYHAN, AA; CARINI, C., 2019), problemas de generalização de resultados, que pode ser prejudicada pela falta de dados (TAN, J; et al., 2019). Questões sociais também foram abordadas, como a possibilidade da perda de empregos (MOHANTY, et al., 2021), que é uma percepção por parte dos profissionais de saúde (KHEMASUWAN, SORENSEN, COLT, 2020), além de barreiras relacionadas ao idioma, como por exemplo na Índia onde são faladas mais de 700 línguas e o sistema de IA precisa estar preparado para identificar termos médicos em diferentes idiomas (KALYANAKRISHNAN, S; et al., 2018).

A partir da análise dos dados encontrados na literatura, foi possível propor a categorização dos desafios identificados de acordo com o estágio em que se apresentam: (i) desafios para o desenvolvimento da ferramenta; (ii) desafios para implementação; (iii) e desafios para a operação de IA em ambientes hospitalares. A figura 02 apresenta esta classificação, que tem o intuito de contribuir para a análise dos atores envolvidos, permitindo a visualização dos desafios que poderão ser encontrados para a aplicação desta tecnologia.

Figura 2 - Desafios – taxonomia proposta



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta taxonomia proposta, os desafios foram classificados de acordo com a etapa da implantação da ferramenta, podendo ocorrer durante o processo de desenvolvimento, implementação ou operação. Na etapa de desenvolvimento foram listadas as dificuldades que desenvolvedores de sistemas de IA possam enfrentar durante este período, conforme demonstrado na figura 2. Os desafios identificados nesta etapa foram: Éticos ou legais, onde há preocupações éticas e legais quanto ao compartilhamento de dados, inoperabilidade de sistemas e responsabilidade clínica que devem ser consideradas no uso destes sistemas (GUPTA, K.; KUMARI, R., 2017). Desafios relacionados ao algoritmo, podendo ocorrer pela ausência de estruturas de avaliação quanto ao desenvolvimento e desempenho dos algoritmos (BEN-ISRAEL, D.; et al., 2020). Também é importante verificar a questão do viés do algoritmo, que segundo Al Badi; et al. (2021), é um fator crítico para os dados de treinamento. Os

desafios técnicos podem se apresentar em diferentes aspectos, como na interpretação computacional de imagens de *slides* digitais. Problemas com variações de cores nos tecidos, preparação de lâminas, ou até mesmo o *scanner* adequado para utilização (MADABHUSHI, A., LEE, G., 2016) devem ser considerados no desenvolvimento das ferramentas. Outro desafio identificado no período de desenvolvimento da ferramenta de IA está relacionado com a governança e regulação, onde se faz necessária uma estrutura regulatória robusta para o desenvolvimento seguro e eficaz de algoritmos de IA (KELLY, CJ; et al., 2019). Os órgãos reguladores de cada país devem possuir medidas de controle adequadas para estas questões (MARCU, LG; BOYD, C; BEZAK, E., 2019). Quanto ao modelo de negócio é fundamental decidir o modelo de negócio que será adotado pelas organizações de saúde, dada a importância de escolher entre adquirir uma ferramenta de IA e ficar “aprisionado” ao fornecedor ou desenvolver sua própria ferramenta (LEINER, et al., 2021). Em países onde existem diversos idiomas ou dialetos, este fator pode ser uma barreira à comunicação ou acesso a informação (KALYANAKRISHNAN, S; et al., 2018). Este aspecto deve ser levado em conta na aquisição de ferramentas de IA de outras localidades. Responsabilidade social foi outro desafio identificado na etapa de desenvolvimento, sendo que a utilização da IA pode ocasionar a perda de empregos à medida em que ela assume tarefas do cotidiano (AGARWAL, et al., 2020). Tecnologias de automatização e robóticas pode levar a substituição de funcionários (AJMERA, P; JAIN, V, 2019), gerando um impacto social (AL BADI, et al., 2021). Por fim, quanto à utilidade clínica da ferramenta os autores ressaltaram que resolver as questões de acesso à grandes volumes de dados é fundamental para que a ferramenta de IA apresente utilidade clínica (BAXI, V; et al., 2022).

Assim como no período de desenvolvimento, foram relacionados os desafios referentes à implementação de ferramentas de IA. Foram destacadas as barreiras que podem se apresentar no momento da implementação dos sistemas de IA. Quanto aos dados, Agarwal, et al. (2020) salienta que o sucesso dos sistemas de IA depende dos dados utilizados para treinamento dos algoritmos. Já os algoritmos de IA podem apresentar algumas limitações, como por exemplo problemas fora do período de treinamento, ou em mudanças do conjunto de dados (RAMAN, et al., 2021). Os desafios técnicos de implementação podem ocorrer devido a incompatibilidade de *hardware*, *software* ou *firmware* com algoritmos desenvolvidos por fabricantes



externos (CHEN, PHC; et al., 2019). A implementação de sistemas de IA requer uma infraestrutura de TI robusta (AJMERA, P; JAIN, V, 2019), o que pode ser uma barreira pois algumas instituições de saúde ainda possuem estrutura de TI antiga, inadequada (ARORA, 2021). A implementação de tecnologias para saúde digital exige um considerável investimento em infraestrutura e equipamentos por parte das organizações de saúde (AJMERA, P; JAIN, V, 2019). O ambiente na área de saúde por ser complexo e estar em constante evolução pode tornar a validação de sistemas um grande desafio, para que estas atendam às necessidades técnicas e clínicas deste ambiente (OLIVIA LI, et al., 2020). Incorporar a IA aos métodos atuais de cuidados de saúde pode levar tempo, devido ao processamento de dados e modelo de tomada de decisão médica. Sendo assim, o período de implementação torna-se um importante desafio (KHEMASUWAN, SORENSEN, COLT, 2020).

Na etapa de operação os desafios são relativos aos problemas que podem ocorrer em relação à ferramenta de IA, quando ela já estiver em funcionamento, já implantada. Os dados frequentemente são armazenados de forma desordenada, necessitando de padronização (AUNG, Y.; WONG, D.; TING, D., 2021), além de problemas relacionados confidencialidade e a segurança dos dados, que são desafios que podem surgir na operação de sistemas de IA (KHEMASUWAN, SORENSEN, COLT, 2020). Quanto aos desafios relacionados com os algoritmos, eles podem gerar resultados ruins, prejudicando a generalização (KELLY, CJ; et al., 2019), bem como apresentar problemas de interpretabilidade, que é a maneira com que o algoritmo apresenta os resultados a partir da conexão com os dados de entrada (MORALES, S.; ENGAN, K., NARANJO, V., 2021). Existem outros desafios na operação que foram relatados nesta proposta de taxonomia, como dificuldades técnicas (desafios técnicos) para aplicação de IA para interpretar dados e imagens (DWIVEDI, K. et al., 2021), mudança de paradigma, que é a necessidade de que os médicos confiem nas decisões dos sistemas de IA (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017), além da população em geral mudar o preconceito existente de que a tecnologia de IA é perigosa (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019). Com a adoção de tecnologias de IA a exigência quanto às habilidades e conhecimentos dos profissionais exigirão treinamento e qualificação das equipes, o que é um desafio a ser superado (HAZARIKA, I., 2020). A avaliação técnica deve ser constante para verificar se os sistemas de IA seguem desempenhando suas funções com precisão

(JI-PENG, et al., 2020). Outro desafio destacado foi a integração dos profissionais (integração de pessoal) para que a construção do sistema de IA seja bem-sucedida (SINGH, R., et al., 2020), devido às novas metodologias inseridas aos processos de trabalho por estas tecnologias (BIOT J., 2019). E por fim, o desafio destacado nesta taxonomia está relacionado com a triagem de pacientes, que consiste em dar o encaminhamento correto ao paciente de acordo com a urgência e severidade do caso (TANG, et al., 2020).

## 2.5 Oportunidades para a aplicação da IA em ambientes hospitalares

Da mesma forma como foram identificados os desafios, devidamente descritos na seção anterior, para identificar as oportunidades de aplicação da IA em ambientes hospitalares, também foi utilizado o *software Atlas.TI* como ferramenta de apoio. As oportunidades foram codificadas no referido *software* da seguinte forma: o código inicia com o termo “OP”, que identifica a categoria como desafio, seguido de um número, que segue de forma crescente de 1 até 21, quantidade de categorias referentes às oportunidades, identificadas nos artigos selecionados. Na tabela 04 podemos observar como foi efetuada categorização, além de conter comentários que facilitam o entendimento descrevendo a que se refere cada categoria e a qual grupo de códigos ela pertence.

Tabela 4 - Codificação das Oportunidades

<b>Código</b>	<b>Comentário</b>	<b>Grupos de Códigos</b>
OP. 1 - Triagem de pacientes	Triagem de pacientes por gravidade, tipo de tratamento	Gp2 - Oportunidades
OP. 1.1 - Pares Doador-Recebedor	Seleção de pares doador-receptor	Gp2 - Oportunidades
OP. 1.2 - Retinopatia Diabética	Triagem de pacientes com Retinopatia Diabética	Gp2 - Oportunidades
OP. 1.3 - Retinopatia da Prematuridade	Detectar doenças a partir de imagens retinianas	Gp2 - Oportunidades
OP. 1.4 - Glaucoma	Triagem automatizada de glaucoma	Gp2 - Oportunidades
OP. 1.5 - Degeneração Macular Relacionada à Idade (DMRI)	Triagem da DMRI e nos sistemas de monitoramento remoto	Gp2 - Oportunidades
OP. 1.6 - Miopia	Deteção de miopia a partir de fotografias de fundo de olho	Gp2 - Oportunidades
OP. 1.7 - Catarata	Deteção de catarata em tarefas de três etapas	Gp2 - Oportunidades
OP. 2 - Cuidados de Saúde	Apoio aos cuidados de saúde	Gp2 - Oportunidades
OP. 2.1 - Monitoramento Clínico	Monitoramento por dispositivos	Gp2 - Oportunidades



OP. 2.2 - Gestão de Medicamentos	Gestão de horários, quantidades	Gp2 - Oportunidades
OP. 2.2.1 - Medicina em Microbolhas	Melhoria da entrega de drogas direcionadas, direcionamento de tumores, imagens de ultrassom e liberação de drogas intracelulares	Gp2 - Oportunidades
OP. 2.3 - Desenvolvimento de Medicamentos	Assistência no desenvolvimento de medicamentos	Gp2 - Oportunidades
OP. 2.4 - Suporte ao Paciente	Escolhas e decisões mais saudáveis	Gp2 - Oportunidades
OP. 2.5 - Saúde Pública	AI ajudando a melhorar os sistemas de saúde pública	Gp2 - Oportunidades
OP. 2.6 - Aumento de Produtividade	AI melhorando a produtividade de clínicas, hospitais	Gp2 - Oportunidades
OP. 3 - Telemedicina	AI systems supporting distance medicine	Gp2 - Oportunidades
OP. 3.1 - Telecomunicações de 5ª Geração (5G)	Melhores sistemas de IA utilizando 5G	Gp2 - Oportunidades
OP. 4 - Medicina de Precisão	Diagnósticos, tratamentos personalizados	Gp2 - Oportunidades
OP. 4.1 - Tratamentos Personalizados	Diagnósticos, tratamentos personalizados	Gp2 - Oportunidades
OP. 4.1.1 - Oncologia de Radiação	AI apoiando o diagnóstico de câncer	Gp2 - Oportunidades
OP. 4.2 - Biomarcadores	Biomarcadores utilizando IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 4.3 - Fornecer Estimativas Precisas	Fornecer estimativas precisas do risco de um paciente experimentar uma série de resultados	Gp2 - Oportunidades
OP. 4.3.1 - Análise Preditiva	Ajudar na entrega de tratamentos oncológicos em ensaios clínicos para os quais é difícil aplicar medicina baseada em evidências	Gp2 - Oportunidades
OP. 5 - Financeiro - Redução de Custos	Redução de custos	Gp2 - Oportunidades
OP. 6 - Melhoria dos Serviços Médicos	IA para melhorar os serviços médicos	Gp2 - Oportunidades
OP. 6.1 - Registro Eletrônico de Saúde	Registros pessoais de saúde podem vincular dados longitudinais	Gp2 - Oportunidades
OP. 6.2 - Prescrição de Medicamentos	Auxílio na validação de prescrições	Gp2 - Oportunidades
OP. 6.2.1 - Redução de Tempo das Atividades	Redução do tempo de atividades repetitivas	Gp2 - Oportunidades
OP. 6.2.2 - Redução de Erros	Auxílio na redução de erros humanos	Gp2 - Oportunidades
OP. 6.3 - Redução de Erros Médicos	Auxílio na redução de erros médicos	Gp2 - Oportunidades
OP. 6.4 - Prescrição de Medicamentos	Auxílio na prescrição de medicamentos	Gp2 - Oportunidades
OP. 7 - Auxílio Diagnóstico e Planos de Tratamento	AI apoiando diagnósticos e planos de tratamento	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.1 - Diagnóstico por Imagem	AI suportando imagens de diagnóstico	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.1.1 - Tomografia Computadorizada	Tomografia utilizando IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.1.2 - Imagens Radiológicas	Radiologia utilizando IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.1.3 - Imagem Cardíaca	Exames cardíacos usando IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.1.4 - Ressonância Magnética	Ressonância magnética utilizando IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.1.5 - Radiômica	Radiomic utilizando IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.1.6 - Ultrassom	Ultrassom utilizando IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.1.7 - Histopatológica Digital	Combinação de imagens de histopatológica digital e IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.2 - Previsão de Eventos de Saúde	Previsão de doenças e outros eventos	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.3 - Dispositivos vestíveis	IA usando dispositivos sem fio	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.4 - Diagnóstico de Doenças	IA no apoio ao diagnóstico	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.4.1 - Aprendizado de Máquina	ML com suporte para diagnóstico por imagem	Gp2 - Oportunidades

OP. 7.4.1.1 - Aprendizado Profundo	DL com suporte para diagnóstico por imagem	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.4.2 - Oncologia	AI apoiando o diagnóstico por imagem na detecção de câncer	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.4.2.1 - Câncer de Mama Metastático	AI apoiando o diagnóstico por imagem na detecção do câncer de mama	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.4.2.2 - Câncer de Próstata	AI apoiando o diagnóstico por imagem no câncer na detecção da próstata	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.4.3 - SARS-CoV-2	AI apoiando o diagnóstico por imagem no COVID-19	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.4.4 - Retinopatia Diabética	Detecção de retinopatia diabética utilizando IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.4.5 - Reconhecimento Facial	Rastreamento automatizado de contatos	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.4.6 - Glaucoma	Detecção de glaucoma usando IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.4.7 - Radiografia com IA	Detecção de doenças a partir de raio X utilizando IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.4.7.1 - Detecção de Tuberculose	Apoio na detecção de tuberculose	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.4.8 - Imagens de TC com IA	Apoio ao diagnóstico utilizando IA em tomografia computadorizada	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.4.9 - Impressão 3D	Criação de peças críticas, compartilhamento <i>on line</i> de <i>designs</i>	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.4.10 - Robôs	Utilização de robôs para coleta de dados, e outras aplicações que dispensariam o humano em situações de pandemia	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.4.10.1 - Comunicações Digitais	Coleta e transmissão de dados utilizando IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.5 - Diagnóstico Precoce	AI apoiando o diagnóstico precoce	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.6 - Fibrose Pulmonar	Detecção de fibrose pulmonar utilizando IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.7 - Obstrução Pulmonar Crônica (OPC)	Apoio ao diagnóstico de OPC utilizando IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 7.8 - Redução do Tempo de Diagnósticos	Redução do tempo em diagnósticos clínicos	Gp2 - Oportunidades
OP. 8 - Dados	Uso de dados pela IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 8.1 - Processamento de Dados	Oportunidades para processar grandes volumes de dados, dados de diferentes formatos	Gp2 - Oportunidades
OP. 8.1.1 - Organização de Dados Não Estruturados	Organização de dados não estruturados	Gp2 - Oportunidades
OP. 8.1.2 - Expansão da Capacidade de Dados	Gerar dados de alto conteúdo	Gp2 - Oportunidades
OP. 8.2 - Padronização de Dados	Padronização dos dados pode facilitar a interoperabilidade de dados de pacientes	Gp2 - Oportunidades
OP. 8.3 - Armazenamento de Dados Médicos	Ajudar a simplificar processos e melhorar a eficiência	Gp2 - Oportunidades
OP. 9 - Medicina Genômica	Medicina genômica	Gp2 - Oportunidades
OP. 10 - Classificação de Doenças	IA no auxílio à classificação de doenças	Gp2 - Oportunidades
OP. 10.1 - Oncologia	AI no auxílio à classificação do câncer	Gp2 - Oportunidades
OP. 10.2 - Tumores de Mama	AI no auxílio de classificação de tumores de mama	Gp2 - Oportunidades
OP. 10.3 - Doença do enxerto versus hospedeiro	AI no auxílio de classificação da doença do enxerto versus hospedeiro	Gp2 - Oportunidades
OP. 10.4 - Eczema	AI no auxílio de classificação de eczema	Gp2 - Oportunidades

OP. 10.5 - Alergia Alimentar	AI no auxílio à classificação de alergia alimentar	Gp2 - Oportunidades
OP. 10.6 - Doenças Alérgicas Respiratórias	AI no auxílio de classificação alérgica respiratória	Gp2 - Oportunidades
OP. 11 - Tarefas Administrativas	A IA aumenta a produtividade em tarefas administrativas	Gp2 - Oportunidades
OP. 11.1 - Elaboração de Escalas de Trabalho	Ferramenta para confecção de escalas de trabalho utilizando IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 11.2 - Redução de Tempo das Atividades	Redução do tempo de atividades administrativas	Gp2 - Oportunidades
OP. 12 - Treinamento e Qualificação	Oportunidades de treinamento e qualificação em sistemas de IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 13 - Redução do Viés Humano	Oportunidades para reduzir o preconceito humano na IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 13.1 - IA explicável	Busca maneiras de rastrear as decisões através das camadas da rede, tornando as decisões mais transparentes	Gp2 - Oportunidades
OP. 14 - Fenômica	Medicina Fenômica	Gp2 - Oportunidades
OP. 15 - IA centrada no ser humano	Melhorar a interação entre humanos e computadores	Gp2 - Oportunidades
OP. 16 - Integração de Sistemas	Integração de sistemas médicos com sistemas de IA	Gp2 - Oportunidades
OP. 17 - Responsabilidade Social	Melhorando a vida das pessoas usando IA, gerando empregos	Gp2 - Oportunidades
OP. 17.1 - Novos Empregos	A IA pode criar novos empregos, novas profissões	Gp2 - Oportunidades
OP. 18 - Dados Multiômicos	Os dados multiômicos referem-se ao processo biológico em que diferentes dados ômicos	Gp2 - Oportunidades
OP. 19 - Análise de Dados Comportamentais	Relação entre dados de comportamento e saúde	Gp2 - Oportunidades
OP. 20 - Estrutura Regulatória		Gp2 - Oportunidades
OP. 21 - Cirurgia Assistida por IA	Utilização de robôs em procedimentos cirúrgicos	Gp2 - Oportunidades
OP. 21.1 - Cirurgia Torácica	Utilização de robôs em procedimentos cirúrgicos	Gp2 - Oportunidades
OP. 21.1.1 - Realidade Virtual	Tecnologia que sobrepõe uma imagem gerada por computador à visão da vida real	Gp2 - Oportunidades
OP. 21.1.2 - Realidade Aumentada	Simulação artificial gerada por computador de um ambiente ou situação da vida real	Gp2 - Oportunidades
OP. 21.1.3 - Tecnologia Mista	Engloba Realidade Aumentada e Realidade Virtual criando uma mistura onde objetos digitais e físicos	Gp2 - Oportunidades
OP. 21.2 - Impressão 3D	Usa dados de imagens para reconstruir os vasos pulmonares	Gp2 - Oportunidades
OP. 21.3 - Exibição assistida por IA	IA na análise de vídeos de cirurgia torácica	Gp2 - Oportunidades

---

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto às oportunidades, foi constatado que grande parte dos autores citaram as possibilidades de aplicação da IA no encaminhamento médico, triagem e auxílio a diagnósticos complementares (TIWARI, A., CHAUDHARI, M., RAI, A., 2019; ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019) como por exemplo na radiologia e cardiologia (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017; PETERSEN, SE; ABDULKAREEM, M; LEINER, T, 2019), detecção de tumores (MADABHUSHI, A., LEE, G., 2016). Slavkin (2020) ressaltou a possibilidade da aplicação de IA na medicina de precisão oral, auxiliando no diagnóstico de câncer oral, doença periodontal, avaliação de cárie dentária, dentre outras doenças. Na triagem em departamentos de emergência a IA pode ser aplicada visando melhorar o fluxo de pacientes, redução do tempo de espera, na otimização da utilização dos recursos, bem como numa melhor classificação de risco dos pacientes (GRANT, K; MCPARLAND, A., 2019). Esta aplicação pode ser possível utilizando o processamento de linguagem natural e dados de texto livre não estruturados (TANG, et al., 2020).

Tabela 5 - Incidências das Oportunidades - Literatura

<b>Código</b>	<b>Frequência Absoluta</b>	<b>Frequência Relativa</b>	<b>Artigos</b>
OP. 6	31	8,06%	D1 (2), D14 (2), D16, D17 (2), D21, D22, D26, D30, D31, D34, D40, D52, D53, D55 (3), D58, D61, D64, D69, D70 (2), D71, D75, D76 (2), D78, D79
OP. 7	22	5,72%	D1 (2), D9, D12, D14 (2), D15, D16, D17, D20, D21 (3), D23, D26, D28, D30, D31, D42, D55, D56, D64
OP. 7.2	22	5,72%	D4, D9, D10, D14, D16 (2), D18, D21, D22, D24, D26, D31, D32, D41, D42, D50, D52 (2), D59, D61, D75, D79
OP. 7.1	16	4,16%	D8, D10, D11, D12, D20, D21, D25, D27, D35, D43 (3), D56, D60, D61, D64
OP. 2.3	14	3,64%	D10, D14, D16, D21, D29 (2), D30, D38 (3), D45, D56, D60, D64
OP. 1	13	3,38%	D11, D26, D30, D34 (3), D50, D52, D54, D62 (2), D68, D78
OP. 4	13	3,38%	D12, D14, D15, D27, D28, D30, D38 (2), D45, D47, D48, D56, D61
OP. 4.1	12	3,12%	D1, D7, D10, D12, D21, D28 (2), D35, D38, D41, D50, D51
OP. 5	12	3,12%	D1, D8, D15, D26, D34, D40, D48, D55, D61, D62, D75, D78
OP. 4.2	10	2,60%	D9, D12, D15, D19, D25, D38 (3), D51, D69
OP. 6.1	10	2,60%	D9, D26, D30, D33, D34 (2), D45, D60, D64, D68
OP. 7.4.5	9	2,34%	D15, D16, D24, D34 (2), D64, D70, D75, D77
OP. 12	9	2,34%	D8, D40, D61, D64, D70, D71 (2), D75, D78
OP. 2.1	8	2,08%	D11, D15, D31, D34 (2), D45, D54, D56
OP. 2.6	8	2,08%	D17 (3), D25, D34, D52, D68, D79

OP. 3	8	2,08%	D4, D14, D21, D26, D30, D34, D39, D54
OP. 7.4.1	8	2,08%	D15, D16, D29, D38, D41, D45, D49, D77
OP. 2.2	7	1,82%	D10, D14, D18, D20, D31, D38, D42
OP. 7.1.2	7	1,82%	D14, D25, D28, D43, D53, D55, D73
OP. 9	7	1,82%	D4, D21, D38, D48, D60, D61, D69
OP. 11	7	1,82%	D12, D26, D42, D52, D55, D68, D79
OP. 2.5	6	1,56%	D4, D13, D14, D24, D26, D41
OP. 7.4	6	1,56%	D9 (2), D26, D60, D77 (2)
OP. 7.4.2	6	1,56%	D54 (6)
OP. 7.1.4	5	1,30%	D25, D28, D43, D53 (2)
OP. 7.3	5	1,30%	D15, D18, D26, D38, D59
OP. 7.4.1.1	5	1,30%	D16, D34, D41, D45, D53
OP. 7.4.2.2	5	1,30%	D24, D27, D43, D55, D69
OP. 10.1	5	1,30%	D10, D12, D21, D61, D69
OP. 16	5	1,30%	D15, D25, D53, D64, D66
OP. 7.1.1	4	1,04%	D11, D43, D45, D72
OP. 10	4	1,04%	D21 (2), D28, D69
OP. 2.4	3	0,78%	D14, D17 (2)
OP. 7.1.3	3	0,78%	D35, D43, D45
OP. 7.4.8	3	0,78%	D16, D64, D70
OP. 7.5	3	0,78%	D12, D15, D16
OP. 10.2	3	0,78%	D21, D73, D79
OP. 15	3	0,78%	D50, D55, D78
OP. 4.3	2	0,52%	D61 (2)
OP. 7.1.7	2	0,52%	D66, D69
OP. 7.4.2.1	2	0,52%	D15, D54
OP. 7.4.10	2	0,52%	D16, D71
OP. 8.1.1	2	0,52%	D10, D61
OP. 14	2	0,52%	D38, D48
OP. 17.1	2	0,52%	D55, D58
OP. 1.1	1	0,26%	D32
OP. 1.2	1	0,26%	D78
OP. 1.3	1	0,26%	D62
OP. 1.4	1	0,26%	D62
OP. 1.5	1	0,26%	D62
OP. 1.6	1	0,26%	D62
OP. 1.7	1	0,26%	D62
OP. 2.2.1	1	0,26%	D56
OP. 3.1	1	0,26%	D34
OP. 4.1.1	1	0,26%	D28
OP. 4.3.1	1	0,26%	D61
OP. 6.3	1	0,26%	D79
OP. 7.1.5	1	0,26%	D28
OP. 7.1.6	1	0,26%	D43
OP. 7.4.3	1	0,26%	D8
OP. 7.4.4	1	0,26%	D8
OP. 7.4.6	1	0,26%	D34
OP. 7.4.7	1	0,26%	D16
OP. 7.4.7.1	1	0,26%	D34
OP. 7.4.9	1	0,26%	D70
OP. 7.4.10.1	1	0,26%	D54
OP. 7.6	1	0,26%	D24
OP. 7.7	1	0,26%	D75

OP. 8.1	1	0,26%	D21
OP. 8.1.2	1	0,26%	D69
OP. 8.2	1	0,26%	D61
OP. 8.3	1	0,26%	D69
OP. 10.3	1	0,26%	D32
OP. 10.4	1	0,26%	D9
OP. 10.5	1	0,26%	D9
OP. 10.6	1	0,26%	D9
OP. 13	1	0,26%	D42
OP. 13.1	1	0,26%	D66
OP. 17	1	0,26%	D58
OP. 18	1	0,26%	D45
OP. 19	1	0,26%	D45
OP. 20	1	0,26%	D61
OP. 21.1	1	0,26%	D71
OP. 21.1.1	1	0,26%	D71
OP. 21.1.2	1	0,26%	D71
OP. 21.1.3	1	0,26%	D71
OP. 21.2	1	0,26%	D71
OP. 21.3	1	0,26%	D71
<b>Total</b>	<b>384</b>	<b>100%</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Também foi citada a oportunidade de aplicação da IA no auxílio ao diagnóstico por imagem (GRUSON, D; et al., 2019), auxiliando a interpretar as imagens (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019), além de possibilitar a detecção de risco de doenças através da análise patológica de *slides* (MADABHUSHI, A., Lee, G., 2016). Na área de ressonância magnética é possível utilizar algoritmos baseados em *Deep Learning* (DL) para avaliação das imagens ao invés de utilizar o humano para esta atividade, o que requer treinamento para a análise da qualidade de imagem (CHAUDHARI, et al., 2020). Incorporar conhecimento prévio ao modelo de DL pode otimizar ao processo de reconstrução de imagens. Identificar padrões em imagens cardíacas é outra oportunidade de aplicação de IA (PETERSEN, SE; ABDULKAREEM, M; LEINER, T., 2019). Já Chen et al. (2019) propuseram a utilização de um microscópio de realidade aumentada, integrado a um sistema de IA para detecção de câncer. Também existe a possibilidade da IA ser utilizada para melhoria na integração, análise e aprendizagem de imagens médicas cardíacas (WILJER, D., HAKIM, Z., 2019), bem como na classificação de imagens médicas (WANG, F., PREININGER, A., 2019).

Aplicar a Inteligência Artificial na capacitação dos profissionais/instituições de saúde foi outra oportunidade citada pelos autores. Atualizações curriculares são

necessárias, incluindo o uso de ferramentas de IA, robótica, análise de dados na qualificação dos profissionais de saúde (HAZARIKA, I., 2020). Em países em desenvolvimento como a Índia, é fundamental que treinamentos focados em IA sejam incentivados (KALYANAKRISHNAN, S; et al., 2018). A organização de um modelo de educação habilitadora de IA deve passar necessariamente pela conscientização e capacitação, processo de aprendizagem, criação de parcerias estratégicas e compartilhamento de conhecimento entre os profissionais de saúde (WILJER, D., HAKIM, Z., 2019). Através da IA aplicada em Imagens por Ressonância Magnética (MRI), por exemplo, é possível treinar os médicos em novas descobertas (TIWARI, A., CHAUDHARI, M., RAI, A., 2019). A utilização da IA na área da saúde busca a melhoria na eficiência e qualidade dos serviços médicos e aumento da quantidade de pacientes atendidos (AGARWAL, et al., 2020).

Os autores também relataram a telemedicina como uma oportunidade de aplicação da IA. Um problema enfrentado na área de saúde é a falta de médicos qualificados dispostos a atender fora dos grandes centros (KALYANAKRISHNAN, S; et al., 2018). Neste tipo de situação a telemedicina poderia amenizar estes déficits de pessoal, pois o profissional poderia prestar o atendimento sem sair de sua cidade. Algumas aplicações de IA tem a capacidade de coletar dados através de sensores, respostas escritas ou por reconhecimento de voz, fornecendo recomendações ou encaminhando as informações para o médico (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019). É promissora a ideia de utilizar tecnologias inovadoras como Internet das Coisas (IOT- *Internet of Things*) e IA para coletar e processar dados de sensores ambientais e vestíveis no monitoramento de saúde dos pacientes (MONGELLI, et al., 2020). A personalização dos cuidados de saúde é uma tendência e as ferramentas de IA podem contribuir relevantemente para este crescimento (ROWE, LESTER, 2020). Também é possível que, através de aplicativos, seja oferecida consultoria de IA médica, utilizando informações de conhecimento médico e histórico médico do paciente (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017).

Também foram citadas oportunidades de aplicar a IA na previsão do aparecimento de doenças, detecção de doenças raras ou subnotificadas, além de proporcionar diagnósticos mais precisos (THESMAR, D.; et al., 2019; FREY, LJ, 2019). Oportunidades para a aplicação de IA no auxílio na redução de readmissões hospitalares (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017), na possibilidade de prever cenários







oportunidades de aplicação da IA no combate ao COVID-19, no que se refere a identificação de pessoas infectadas a partir de medição de temperatura, ferramentas de reconhecimento facial, identificação e prevenção de surtos, bem como no desenvolvimento de vacinas (HAMDY, DARWISH, HASSANIEN, 2021).

Outras oportunidades foram apresentadas pelos autores, tais como: gestão administrativa e alocação de recursos (GRANT, K; MCPARLAND, A., 2019). Através de um sistema de IA, toda a gestão de custos e auxílio na tomada de decisões gerenciais teriam este auxílio, permitindo ao hospital focar nos cuidados aos pacientes (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019). A IA também pode ser utilizada no auxílio à gestão técnica hospitalar (THESMAR, D.; et al., 2019), no desenvolvimento de um novo modelo de prestação de contas (CATH, C., 2018), em um sistema habilitador de IA (WILJER, D; HAKIM, Z., 2019), na inovação do modelo de negócios (AGARWAL, et al., 2020) e na criação de estratégias de IA (RACINE, E., BOEHLEN, W., SAMPLE, M., 2019). A utilização de IA de maneira mais ampla poderia contribuir na melhoria dos diagnósticos médicos, auxiliar na prevenção de doenças, aumentar a precisão com atendimentos personalizados, o que impactaria na redução dos custos no setor de saúde (LEE, YOON, 2021).

Oportunidades para a aplicação de IA também foram relatadas em relação ao apoio à tomada de decisões médicas (WANG, F., PREININGER, A., 2019), na integração de exames clínicos (GRUSON, D; et al., 2019), como na oportunidade de desenvolver algoritmos que integrem medições radiológicas, histológicas e moleculares (MADABHUSHI, A., Lee, G., 2016). É possível que Departamentos Acadêmicos de Radiologia contribuam demonstrando funcionalidades de AI que possam otimizar os fluxos de trabalho e mitigar a variabilidade no diagnóstico entre radiologistas (CHAN, et al., 2019). Avançar no desenvolvimento de diagnósticos e medicamentos personalizados (SEYHAN, AA; CARINI, C., 2019; ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019), também é uma lacuna a ser trabalhada.

Existem possibilidades de aplicação da IA no desenvolvimento de dispositivos de diálise (HUESO, M; et al., 2018), na utilização de robôs em cirurgias (WAN, SH; GU, ZH; NI, Q., 2020), no suporte ao tratamento de câncer (MARCUS, LG; BOYD, C; BEZAK, E., 2019), na redução de custos de testes patológicos (MADABHUSHI, A., LEE, G., 2016), em algoritmos que identificam biomarcadores (VIDYASAGAR, M.,

2015). Também existem possibilidades de validação externa através de assinaturas radiômicas como biomarcadores clínicos (IBRAHIM, et al., 2020).

Desenvolver sistemas que regulamentem e fiscalizem os algoritmos e suas atualizações é uma excelente oportunidade para aumentar o grau de confiança nas ferramentas, bem como facilitaria a implementação por parte dos desenvolvedores (MESKÓ, GÖRÖG, 2020). O atual cenário mostrou ser fundamental a validação técnica e clínica destes sistemas de forma rigorosa e transparente (J. -P. O. LI, et al., 2020).

A análise das oportunidades identificadas na literatura permitiu propor uma nova categorização das mesmas, considerando os seguintes fatores: (i) oportunidades em relação ao desenvolvimento de ferramentas ou software de IA; (ii) oportunidades para aplicações médicas; (iii) e oportunidades relacionadas à parte operacional da IA em ambientes hospitalares. A Figura 04 mostra a classificação proposta. O objetivo desta proposição foi contribuir para organizações que pretendam implementar alguma ferramenta ou software que utilize IA, disponibilizando de forma organizada as oportunidades dessas aplicações que foram encontradas na literatura, e que poderão servir de subsídio para superar os desafios identificados.

Figura 4 – taxonomia proposta



Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim como para os desafios, na taxonomia proposta, as oportunidades também foram classificadas de acordo com a etapa da implantação da ferramenta, sendo elas desenvolvimento, implementação ou operação. Na etapa de desenvolvimento foram destacadas oportunidades referentes aos dados, que podem surgir em relação à estruturação de dados médicos (FILIPP, F., 2019), expansão dos recursos de dados (BAXI, V; et al., 2022) e padronização dos dados (CHUA; et al., 2021). O desenvolvimento de ferramentas de IA apresenta a oportunidade de tornar os projetos centrados ao ser humano, amigáveis ao usuário final (RAMAN, et al., 2021). Outra oportunidade destacada foi a de integração de sistemas, tendo em vista que sistemas de IA normalmente tem arquiteturas diferentes de aplicativos tradicionais (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019). Quanto a responsabilidade social, é uma oportunidade destacada no sentido de que ferramentas de IA podem ser desenvolvidas no sentido de amenizar a falta de profissionais da área de saúde (WEISSGLASS, 2021). Desenvolver ferramentas de IA que analisem dados

comportamentais e traçam a relação destes com a saúde é outra oportunidade destacada na taxonomia proposta. Também foi destacada a oportunidade de estabelecer-se uma estrutura regulatória robusta, garantindo a qualidade e a segurança das ferramentas de IA (CHUA; et al., 2021).

Referente a implementação, a triagem virtual antes do atendimento presencial é uma oportunidade de aplicação de ferramentas de IA (OLIVIA LI, et al., 2020). Em relação aos cuidados de saúde há oportunidades como por exemplo: monitoramento clínico (GRANT, K; MCPARLAND, A, 2019), gerenciamento de medicamentos (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017) e suporte ao paciente (HAZARIKA, I., 2020). A telemedicina foi outra oportunidade destacada, e teve acelerada sua implementação, principalmente pela pandemia do COVID-19 (ARORA, 2021). Outra oportunidade diz respeito à medicina de precisão, que tem potencial para revolucionar o diagnóstico e a tomada de decisão médica (HAICK, H., TANG N., 2021). A IA pode ser implantada de forma a melhorar os serviços médicos, conforme destacaram Gupta e Kumari, (2017). Também foi destacada a oportunidade de auxílio ao diagnóstico e planos de tratamento, que trariam impacto direto ao paciente (FERRANTE, et al., 2020). A implementação de IA pode acelerar descobertas na medicina genômica, contribuindo para uma melhor compreensão entre variação genômica e doenças (GULFFDAN; BEKLEN; ARGHA, 2021) e também na medicina fenômica (SEYHAN, AA; CARINI, C , 2019). Outra oportunidade listada é a classificação de doenças, sendo que a IA pode auxiliar na especificação e estadiamento de tumores (BAXI, V; et al., 2022). Existem oportunidades de implementação de tecnologias de IA para a utilização em simulações e cirurgias de tecnologias de realidade virtual e realidade aumentada (CHEN, ZX; et al., 2021), bem como impressão 3D, que utiliza tecnologias de IA no apoio à reconstrução de vasos pulmonares e brônquios (CHEN, ZX; et al., 2021).

Quanto à etapa de operação das ferramentas de IA, existem oportunidades como a triagem de pacientes em departamentos de emergência afeta drasticamente fatores como tempo de espera, alocação de recursos, análise de riscos (GRANT, K; MCPARLAND, A, 2019). Também foi destacada a oportunidade de redução de custos por parte das instituições hospitalares utilizando ferramentas de IA, através de diagnósticos precisos e oportunos (CARLIN, C.; et al., 2021), cirurgias robóticas que aumentam o número de procedimentos realizados, melhorando o custo efetivo (AGARWAL, et al., 2020). Quanto aos dados, existem oportunidades como no

armazenamento de dados médicos (BAXI, V; et al., 2022). Também há oportunidades de utilizar a IA para realização de tarefas administrativas, algumas destas repetitivas e de baixa cognição (AUNG, Y.; WONG, D.; TING, D., 2021). Foram relatadas oportunidades para treinamento e qualificação de profissionais da área de saúde utilizando a IA como ferramenta de ensino (CHEN, PHC; et al., 2019). Outra oportunidade é a interpretação de imagens médicas utilizando ferramentas de IA, no combate ao COVID-19 (ALHASAN, M., HASANEEN, M., 2021).

Apresentada a taxonomia proposta neste estudo, o capítulo seguinte tratará da metodologia utilizada nesta pesquisa.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado o método de pesquisa adotado no desenvolvimento deste estudo. Posteriormente, apresenta-se o método de trabalho empregado, no qual são descritas as etapas para construção do estudo, a saber: (i) construção do referencial teórico, (ii) coleta de dados, e (iii) análise de dados.

#### 3.1 Método de Pesquisa

A atividade de pesquisa é exercida com o objetivo de gerar novos conhecimentos (FIGUEIREDO, 2008), concomitantemente à composição de metodologia, fundamentações, organização de resultados, determinando seu próprio caminho, desprezando ou até mesmo criando outras vias (ARAGÃO; BARROS; OLIVEIRA, 2005). Segundo Gil (2017), a definição de pesquisa parte um processo racional e sistemático que visa solucionar os problemas propostos.

Para Diehl e Tatim (2004) as pesquisas podem ser classificadas conforme suas bases lógicas de investigação, sua abordagem do problema, seus objetivos, conforme seu propósito e segundo seus procedimentos técnicos. Os autores ressaltam que esta é uma classificação flexível, sendo que determinadas pesquisas podem ter outro tipo de enquadramento.

A inteligência artificial tem sido utilizada em ambientes hospitalares nas mais diferentes áreas. Porém, conforme citado no capítulo anterior, não foram apresentados os critérios utilizados, no que tange a verificação da viabilidade ou não para a implantação da IA em diferentes organizações hospitalares. Também foi constatado que poucos estudos na literatura disponível tratam diretamente das barreiras e das oportunidades para a aplicação da IA na área da saúde.

Para Gil (2017), quando uma pesquisa busca compreender melhor o problema com a intenção de torná-lo mais cristalino ou até mesmo construir hipóteses, suas características, quanto ao objetivo geral, são de pesquisa exploratória. Segundo Matias-Pereira (2010), uma pesquisa exploratória carece de levantamento bibliográfico, entrevistas, análises de exemplos práticos, com o intuito de facilitar o entendimento.

Além disso, esta pesquisa se enquadrou em aspectos apresentados por Uwe (2012), que recomenda uma abordagem qualitativa em casos em que possa haver carências de estudos na literatura. Seguindo esta linha de raciocínio, Diehl e Tatim (2004) salientaram que em uma pesquisa de abordagem qualitativa é necessário que haja, dentre outros aspectos, originalidade, o que é característica do presente trabalho.

Quanto ao procedimento técnico da pesquisa, o presente estudo se caracterizou por buscar respostas na literatura existente, no que se refere aos aspectos que são relevantes sobre a viabilidade da adoção ou não da inteligência artificial em ambientes hospitalares. Neste contexto, segundo Diehl e Tatim (2004), o mais adequado é a pesquisa bibliográfica, pelo fato da pesquisa se desenvolver utilizando-se de material existente, tais como livros e artigos científicos. A classificação da presente pesquisa pode ser observada no Quadro 3, conforme segue:

Quadro 1 – Classificação da pesquisa

Segundo a abordagem do problema	Quantitativa <b>Qualitativa</b>
Segundo o objetivo geral (tipo de pesquisa)	<b>Aplicada</b> Avaliação de resultados Proposição de planos Diagnóstico
Segundo o procedimento técnico da pesquisa	<b>Bibliográfica</b> Documental <i>Ex-post-facto</i> Levantamento <b>Estudo de Caso</b> Pesquisa-ação Pesquisa participante

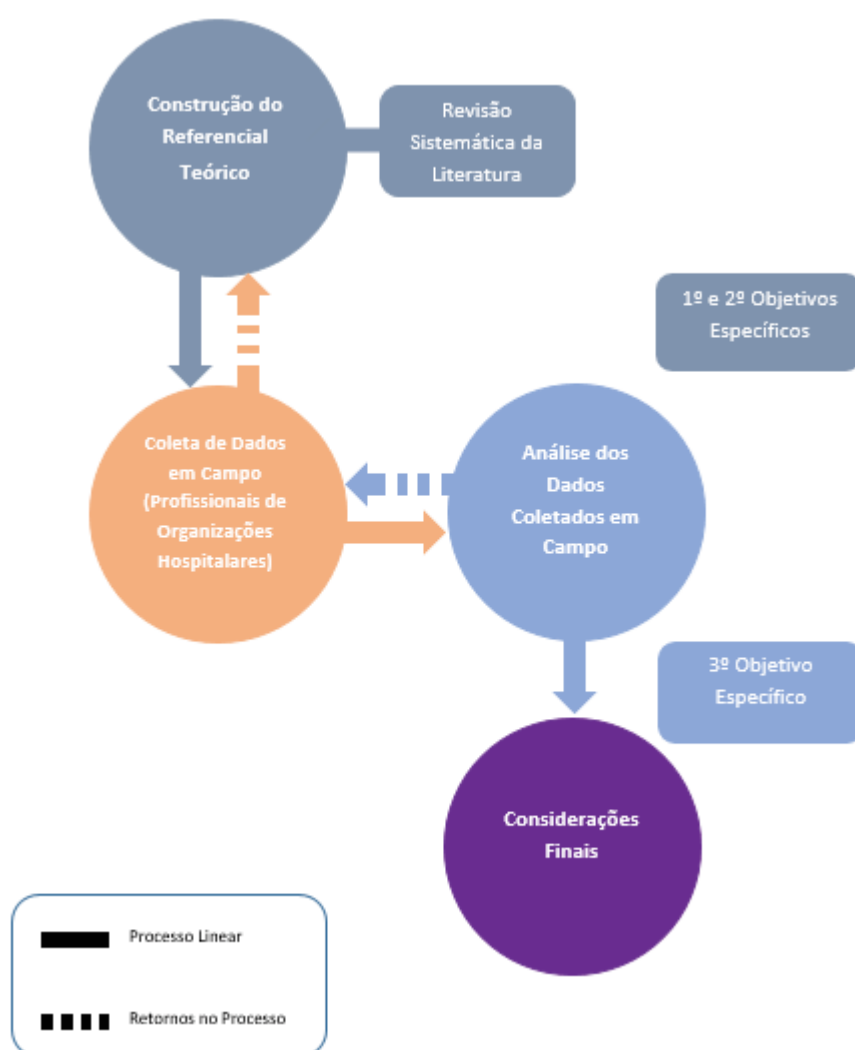
Fonte: Elaborado pelo autor com base em Diehl e Tatim (2004).

Portanto, o presente trabalho foi conduzido através de uma pesquisa aplicada, de caráter exploratório e abordagem qualitativa, baseada em uma revisão sistemática da literatura e também em um estudo de caso único, realizado em uma organização hospitalar, localizada na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, que será devidamente descrito no método de trabalho (seção 3.2). Na próxima seção será apresentado o método de trabalho que deu suporte para a realização desta pesquisa.

### 3.2 Método de Trabalho

Este trabalho está fundamentado em quatro pilares, sendo eles: (I) a construção do referencial teórico, através de uma revisão sistemática da literatura (RSL); (II) coleta de dados em campo, (III) análise dos dados coletados em campo e discussões e, finalmente, (IV) as considerações finais. Estes passos estão ilustrados abaixo na Figura 5:

Figura 5 - Método de trabalho da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.



### 3.2.1 Construção do Referencial Teórico

A construção do referencial se deu a partir da realização de uma revisão sistemática da literatura. A revisão sistemática da literatura respalda toda a fundamentação teórica que servirá de base para a pesquisa (MATIAS-PEREIRA, 2010), além de auxiliar na formulação do problema de pesquisa qualitativa (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013). Esta revisão sistemática da literatura originou um artigo, conforme está apresentado no Apêndice D. O referido artigo foi submetido ao *Journal Artificial Intelligence in Medicine* e encontra-se em fase de avaliação pelos revisores.

A definição das palavras-chave se deu a partir da leitura de 03 artigos científicos relacionados ao tema da IA aplicada a ambientes hospitalares. Observando as palavras-chave utilizadas nestes artigos, efetuou-se uma busca nas bases de dados Scopus e Web of Science, com o intuito de verificar se os artigos científicos encontrados teriam relação com o tema proposto. Posteriormente foram realizadas novas buscas nas bases de dados supracitadas, incorporando novos termos, tais como barreiras, oportunidades, desafios, objetivando direcionar a busca ao problema de pesquisa, conforme mostrou a Tabela 1.

Após esta etapa, foram aplicados filtros, limitando a busca apenas para artigos científicos revisados por pares, nos idiomas inglês e português. O próximo passo foi refinar ainda mais os resultados de pesquisa, verificando os títulos repetidos nas duas bases de dados. Dos 705 artigos selecionados nas duas bases de dados (Scopus e *Web of Science*), tivemos a exclusão de 168 artigos pelo critério citado anteriormente, restando 536 artigos para serem analisados na próxima etapa.

Posteriormente, utilizou-se o critério de leitura dos títulos dos artigos, verificando quais deles tem relação direta com o assunto que é objeto desse estudo, ou seja, se o título tratava de IA aplicada à medicina ou ambientes hospitalares. O artigo que não contemplou esses critérios foi excluído do portfólio. Do total de 536 artigos analisados nas duas bases de dados escolhidas, foram selecionados 255 artigos.

Em seguida foi utilizado o critério de leitura dos resumos para confirmar que os artigos tinham relevância para o estudo. Alguns artigos foram excluídos por não tratarem das barreiras, dificuldades, bem como, de oportunidades ou desafios para a

aplicação da IA na medicina ou em ambientes hospitalares. Após essa análise, 79 artigos foram selecionados para o estudo. A evolução do processo de análise da literatura pode ser acompanhada a seguir, no quadro 3.

Quadro 2 - Evolução do processo de análise da literatura

ANÁLISE DA LITERATURA	
ARTIGOS ANALISADOS	705
APÓS VERIFICAÇÃO DE ARTIGOS REPETIDOS	536
APÓS LEITURA DE TÍTULOS	255
APÓS LEITURA DOS RESUMOS	79

Fonte: Elaborado pelo autor.

A realização destes processos de filtragem resultou na constituição do corpus de análise, composto por 79 artigos. Todos estes artigos foram lidos integralmente e se alinharam com o propósito desta pesquisa, sendo utilizados na construção do quadro teórico, apresentado no capítulo 2. Foram identificados desafios e oportunidades para aplicações da Inteligência Artificial em ambientes hospitalares.

### 3.2.2 Coleta de Dados

A coleta de dados se deu a partir de entrevistas semiestruturadas com profissionais da área da saúde, que atuam numa instituição hospitalar da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, que será devidamente apresentada na próxima seção deste trabalho. A escolha por esta instituição se justifica por ela possuir um dos mais modernos complexos hospitalares do Brasil, sendo considerada referência nacional pela qualidade de seus serviços. Outro aspecto relevante para a escolha desta instituição foi o fato dela possuir três ferramentas de IA já em operação, sendo que estas possuem finalidades bem distintas, o que contribuiu para enriquecer esta pesquisa.

A instituição hospitalar onde foram realizadas as entrevistas está situada na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. É uma instituição privada de caráter filantrópico, que atua em diversas especialidades médicas, disponibilizando serviços de consultas ambulatoriais, além de serviços auxiliares de diagnóstico e tratamento, procedimentos cirúrgicos e obstétricos, internações hospitalares, clínicas e cirúrgicas,

sendo referência em diagnóstico e tratamento de doenças e procedimentos de alta complexidade.

Estas entrevistas foram realizadas de forma remota, via aplicativo de vídeo conferência, tendo em vista que na época da realização do presente trabalho vivemos a pandemia de Coronavírus, inviabilizando entrevistas no formato presencial. As entrevistas foram realizadas entre novembro de 2021 e março de 2022, e cada entrevista teve aproximadamente trinta minutos de duração. Os entrevistados foram selecionados a partir de sua experiência com as ferramentas de IA utilizadas pela organização hospitalar selecionada para este estudo. Foi considerado aspecto fundamental para a escolha dos entrevistados a sua atuação direta em pelo menos uma das etapas da aplicação de IA em ambientes hospitalares (em consonância com a taxonomia proposta), sendo elas: desenvolvimento, implementação ou operação das ferramentas de IA. Foi solicitada a permissão dos entrevistados para que as entrevistas fossem gravadas, o que permitiu a análise das informações, utilizando o software *Atlas.TI*, que será apresentada na próxima seção deste trabalho.

De maneira a garantir o sigilo das identidades dos entrevistados, estes foram nominados pela letra “E”, seguido de um número, que varia de 1 até 8, representando cada um dos participantes das entrevistas. Cabe salientar que o número atribuído aos entrevistados não representa a ordem em que foram realizadas as entrevistas, nem a ordem em que são exibidos no Quadro 04.

Quadro 3 – Perfil dos entrevistados

Área de Formação	Cargo	Tempo de Empresa
Engenharia de Produção	Coordenador de Inovação	2 anos
Enfermagem	Gestor Assistencial de Enfermagem	5 anos
Farmácia	Farmacêutico Clínica	6 anos
Farmácia	Farmacêutico Clínica	9 anos
Farmácia	Gestor de farmácia	9 anos
Medicina	Diretor Médico Adjunto	4 anos
Enfermagem	Gestor Unidades de Internação	15 anos
Enfermagem	Gestor Enfermagem	8 anos

Fonte: elaborado pelo autor

As entrevistas foram conduzidas de maneira que os entrevistados discorressem sobre suas experiências com as ferramentas de Inteligência Artificial que a instituição

utiliza, identificando os desafios e as oportunidades para o desenvolvimento, a implantação ou operação, dependendo da área de atuação de cada participante. No momento das entrevistas era observado se as questões pré-estabelecidas estavam sendo respondidas através da narrativa do entrevistado. Caso necessário, os entrevistados eram questionados sobre o tema que não havia sido abordado.

Para condução das entrevistas foi elaborado um roteiro de coleta de dados semiestruturado, com base no referencial teórico elaborado, conforme quadro 06.

Quadro 4 - Roteiro de Coleta de Dados

Item de Interesse	Referência	Roteiro de Entrevista
Seleção	A seleção de projetos de P&D normalmente é tratada como um problema multicritério de elevada complexidade com objetivos conflitantes, competem pelos mesmos escassos recursos, não estão claramente identificados e, por serem tanto qualitativos como quantitativos, requerem conhecimentos especiais para sua mensuração (ENSSLIN et al., 2001).	- Como são selecionados os projetos de IA na instituição?
		- Qual(is) aplicação(ões) de IA foi(ram) implantada(s) na instituição?
		- Existem projetos que a organização não implantou por não superar alguma barreira? Se sim, qual foi a barreira?
		- Existem projetos em andamento para futuras implantações?
Avaliação de Tecnologias de Saúde	Alguns critérios de avaliação de tecnologias de saúde devem ser considerados, tais como: relevância, aplicabilidade, validade, oportunidade, acessibilidade, eficiência e equidade (Novaes HMD, Elias FTS; 2013).	- Como é feita a avaliação e o acompanhamento dos projetos de IA na instituição?
		- Quais as dificuldades que a instituição enfrentou para fazer a implantação da IA?
		- Quais as dificuldades que a instituição enfrentou após a implantação da IA?
		- Quais as dificuldades que você enfrentou para utilização da ferramenta de IA?
		- Você identificou vantagens ao utilizar a ferramenta de IA em relação aos processos utilizados anteriormente?
		- Você identificou desvantagens ao utilizar a ferramenta de IA em relação aos processos utilizados anteriormente?
		- Você identificou alguma oportunidade de utilização de IA em substituição a algum processo atual?

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.2.3 Análise dos dados

Foram realizadas entrevistas com profissionais da organização hospitalar anteriormente referida, que participaram ou participam de algumas das etapas da aplicação de IA, sendo elas: desenvolvimento, implementação e operação. As informações obtidas nas entrevistas possibilitaram confrontar os achados na literatura com a realidade da instituição hospitalar, objeto deste estudo, atendendo ao terceiro objetivo específico do presente trabalho.

Posteriormente foram analisadas as gravações das referidas entrevistas, utilizando o *software Atlas.TI*, como ferramenta de apoio. O *software* possibilita a tabulação dos dados, utilizando as categorias e subcategorias já definidas anteriormente na análise dos dados obtidos na RSL, bem como permitiu a inserção de novas categorias, quando citadas pelos entrevistados. A partir destas tabulações o próprio *software* possibilitou a análise dos dados, através de recursos que ele disponibiliza para a elaboração de diagramas e tabelas.

Na próxima seção serão apresentadas as análises e discussões das informações coletadas em campo, verificando convergências ou divergências com os achados na revisão sistemática da literatura.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO

Nesta seção, serão apresentadas as análises e discussões, bem como a apresentação do estudo, os desafios e oportunidades relatados oriundos da comparação dos achados do caso com a literatura.

### 4.1 Apresentação do estudo

O estudo foi realizado em uma instituição hospitalar de grande porte, da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, sendo um dos mais modernos complexos hospitalares do Brasil. Possui duas unidades de hospitais gerais (uma para atendimento de adultos e outra pediátrica) e outras cinco unidades especializadas em cardiologia, neurocirurgia, pneumologia, oncologia e transplantes. Também possui duas unidades em outras cidades do estado do Rio Grande do Sul.

Para esta pesquisa foram entrevistados 8 (oito) profissionais da área da saúde que atuam com inteligência artificial, seja no desenvolvimento, implementação ou operação. Os profissionais entrevistados atuam em diferentes unidades do complexo, o que contribuiu para o enriquecimento do trabalho, pois cada um pode trazer pontos de vistas diferentes, devido ao contexto díspar em que estão inseridos.

A instituição tem 3 (três) ferramentas de IA implementadas, sendo elas: Robô Laura, *Stargrid* e *NoHarm*. Existem outras ferramentas de IA que a instituição está testando, mas ainda estão em fase de homologação ou contratação e por este motivo não participaram deste estudo.

O Robô Laura é uma ferramenta de IA utilizada para identificação de riscos de deterioração clínica dos pacientes, atenção primária à saúde, gestão de protocolos e processos de hospitais e perfil epidemiológico. Na instituição hospitalar, unidade de análise deste estudo a ferramenta é utilizada como apoio no monitoramento dos sinais vitais e resultados de exames de pacientes, emitindo alertas caso o paciente apresente quadro de sepse.

A ferramenta *Stargrid* utiliza a inteligência artificial para auxiliar na elaboração de escalas de trabalho. Tendo em vista que a instituição possui muitos funcionários das mais diferentes funções, existem muitas variáveis e restrições para a definição destas escalas. A ferramenta de IA calcula estas escalas de trabalho, indicando os

dias a serem trabalhados, as folgas dos colaboradores, considerando todas estas variáveis, respeitando a legislação trabalhista.

Já a ferramenta *NoHarm* é utilizada para a validação farmacêutica, priorização de prescrições fora do padrão e identificação de pacientes críticos, indicando possíveis erros em prescrições, evitando desperdícios e contribuindo para redução de custos. Aumenta a segurança na emissão de prescrições de medicamentos, bem como contribui para o aumento da produtividade da área de farmácia clínica.

## 4.2 Desafios

Com apoio do *software Atlas.TI* foram analisados os dados obtidos a partir das entrevistas realizadas, confrontando-os com os achados na literatura, conforme será apresentado a seguir. A tabela 06 apresenta a incidência dos desafios para a aplicação da Inteligência Artificial no hospital estudado, a partir do relato dos entrevistados.

Tabela 6 - Incidências - Desafios

<b>Código</b>	<b>Frequência Absoluta</b>	<b>Frequência Relativa</b>	<b>Entrevistados</b>
DE. 4	6	14,63%	E1, E3, E4, E5, E8 (2)
DE. 3	5	12,19%	E1, E3, E4, E7, E8
DE. 9.1	5	12,19%	E3, E4, E5, E6, E8
DE. 12.2	4	9,75%	E1, E4 (2), E8
DE. 2.1	4	9,75%	E3, E4, E6, E7
DE. 9	3	7,31%	E3, E4, E7
DE. 11	2	4,87%	E6, E8
DE. 2.5	2	4,87%	E7, E8
DE. 1	1	2,43%	E8
DE. 10	1	2,43%	E5
DE. 10.1	1	2,43%	E7
DE. 15	1	2,43%	E4
DE. 5	1	2,43%	E8
DE. 6	1	2,43%	E8
DE. 8.1	1	2,43%	E6
DE. 8.5	1	2,43%	E8
DE. 8.6	1	2,43%	E4
DE. 9.3	1	2,43%	E7
<b>Totais</b>	<b>41</b>	<b>100%</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A maior incidência de desafios relatados pelos entrevistados diz respeito a problemas técnicos, onde a categoria “DE. 9” evidenciou-se em 7,31%, a categoria

“DE. 9.1” em 12,19% das citações e a categoria “DE. 9.3” em 2,43%, somando 21,95% das aparições. A categoria “DE. 9” abrange os desafios técnicos, sendo desmembrada em subcategorias, como a “DE. 9.1” fala da integração dos sistemas utilizados pelas organizações de saúde com a ferramenta de IA e a “DE 9.3” que se refere aos problemas de interrupção do sistema.

Alguns problemas técnicos, que se enquadram na categoria “DE. 9”, foram relatados pelos entrevistados, como por exemplo, desaparecimento de dados do sistema no período de implementação, relatado pelos entrevistados E3 e E7, ou falsa comunicação de urgências, devido a problemas com parametrizações, como foi citado pelo entrevistado E4. Neste sentido, Olivia Li et al. (2020) ressaltam a importância de efetuar a avaliação técnica como o primeiro passo para a validação da ferramenta, verificando se a tecnologia desempenha suas funções com precisão e robustez.

Validar estas ferramentas é um desafio contemporâneo, tendo em vista a complexidade do contexto, que envolve médicos, profissionais de saúde, pacientes e órgão de regulação, como reforçam os autores Olivia Li et al. (2020). Estes problemas também foram identificados pelos entrevistados, apresentando uma incidência significativa, como mostra a tabela 06, reforçada pela fala do entrevistado E1:

E1: Uma das maiores dificuldades que tivemos foi validar a ferramenta, no momento de treinar o algoritmo, verificando se as sinalizações do sistema estavam corretas ou não, indicando para a ferramenta os parâmetros corretos.

Também citaram dificuldades na validação da ferramenta os entrevistados E4 e E8, principalmente em relação às parametrizações do sistema, preenchimento de tabelas, no momento da implementação do sistema de IA.

As organizações de saúde devem estar preparadas para integrar os sistemas de IA com suas aplicações, o que contribuirá para melhorias nos processos clínicos (AL BADI, et al., 2021). O entrevistado E3, citou que a integração da ferramenta de IA, que auxilia na elaboração de escalas de trabalho, com o sistema ERP da instituição não foi efetuada em sua plenitude, sendo uma barreira muito importante a ser transposta ainda. Os entrevistados E4 e E5 relataram que ainda existem tarefas que são executadas manualmente devido à falta de integração entre os sistemas. Já o



entrevistado E6 relatou problemas de inconsistências entre parâmetros dos sistemas, que acabaram gerando transtornos no período de implementação, o que também foi relatado pelo entrevistado E8. Quanto a categoria “DE. 9.3”, que trata da interrupção do sistema, o entrevistado E6 relatou preocupação para que haja alternativas para manter os serviços clínicos no caso de falta de energia elétrica ou problemas nos sistemas de IA que ocasionem falhas no serviço.

Na sequência, a segunda maior incidência de desafios para a aplicação de IA observada nas entrevistas refere-se a treinamento e capacitação dos colaboradores da instituição objeto deste estudo. Foram citadas dificuldades para utilização da ferramenta de IA, conforme relatado pelos entrevistados E1, E4 e E5, que chamaram a atenção para problemas de interpretação de funcionalidades da ferramenta. Isto vem ao encontro do que foi relatado pelo entrevistado E8, que chamou a atenção para algumas ferramentas de IA que não eram amigáveis (*user friendly*). Nesta mesma linha, o entrevistado E3 citou dificuldades por partes dos usuários em utilizar novas tecnologias, sendo unânime entre estes entrevistados a ideia de que estas barreiras ocorreram por necessidade de treinamento e qualificação das equipes. A importância do treinamento e qualificação para utilização de tecnologias de IA são salientadas por Ajmera (2019), que destaca a necessidade das organizações hospitalares disponibilizarem treinamento para as equipes de trabalho. É fundamental manter programas de treinamento contínuos, que possibilitem o uso e interpretação de ferramentas de IA (FERRANTE, et al., 2020).

Em relação às ferramentas, limitações nos algoritmos podem gerar desafios importantes a serem superados. Estes desafios (categoria “DE. 2.1”) representam 14,634% das incidências reportadas pelos entrevistados. Algoritmos com pequenas quantidades de entradas de dados, podem gerar recomendações de saída errôneas (KHEMASUWAN, SORENSEN E COLT, 2020). O entrevistado E3 afirmou que a ferramenta de IA que ele utiliza para elaboração de escalas de trabalho apresentou algumas dificuldades para executar todas as tarefas a qual foi projetada, o que foi considerado por ele uma limitação do algoritmo. Além disso, os algoritmos deverão ser regularmente atualizados, seja por avanços no conhecimento médico ou aumento da base dados (JEAN-CHRISTOPHE, 2021), o que está alinhado com o relato do entrevistado E8, quando ele afirma que as atualizações são essenciais para a melhoria contínua das ferramentas de IA.

Outro desafio relatado pelos entrevistados foi em relação a mudança de paradigma, ou seja, transformar a maneira como as ferramentas de IA são vistas por alguns profissionais da área da saúde, bem como por boa parte da população. Segundo Iliashenko, Bikkulova e Dubgorn (2019), espera-se que haja algum tipo de preconceito quanto aos sistemas de IA, devido à imagem já preestabelecida da “IA perigosa”. A confiança nas informações sugeridas pela ferramenta foi um desafio citado pelos entrevistados E1, E3, E7 e E8. O entrevistado E4 corroborou esta informação, quando afirmou que alguns médicos não confiam nos diagnósticos sugeridos pelas ferramentas de IA.

Já em relação aos dados, existem desafios a serem superados quanto ao formato de dados, dificuldade que ocorre normalmente importação ou exportação de dados entre sistemas diferentes, o que foi relatado pelo entrevistado E6. Além disso, a disponibilidade de dados ainda é uma barreira a se transpor, devido à falta de dados em relação ao volume, o que auxilia a ferramenta a tomar decisões referentes a generalizações, tendo sido citado pelo entrevistado E4. Também existe uma preocupação muito grande com a privacidade de dados de pacientes e profissionais de saúde, para que não haja o uso indevido destas informações, além de que, existem limitações impostas pela Lei de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), conforme relatou o entrevistado E8:

E8: Existem limitações, como por exemplo, uma ferramenta que estava sendo testada, que solicitava o nome do médico para acessar a agenda, bem como os nomes dos pacientes da agenda. Como demonstrar esta agenda se a LGPD não permite acesso a estas informações?

Para a implementação de sistemas de IA é necessário que haja uma robusta infraestrutura de TI (HUESO, et al., 2018), que seja capaz de processar e armazenar grande volume de dados (MARCUS, BOYD E BEZAK, 2019). O entrevistado E5 reforçou a necessidade de uma estrutura de TI robusta para implementação de ferramentas de IA. Já o entrevistado E6 citou a dificuldade encontrada em alguns locais específicos onde não há cobertura de sinal de internet (áreas de sombra), ocasionando mal funcionamento ou até interrupção do sistema de IA em

equipamentos portáteis como celulares ou *palmtops*. Este desafio foi citado na literatura quando (WUNI, BOTWE, AKUDJEDU, 2021) expuseram a dependência que a IA tem de uma internet rápida, confiável e acessível.

O período de implementação é uma etapa importante que deve considerar o contexto das organizações (ARORA, 2020), e incorporar IA aos processos clínicos pode demandar muito tempo (KHEMASUWAN, SORENSEN E COLT, 2020). O entrevistado E6 relatou que durante o período de implementação foram efetuadas diversas alterações de parâmetros do sistema, conforme foram sendo descobertas inconformidades com a exigências do cotidiano. Já o entrevistado E8 citou que foram necessárias algumas integrações no sistema no período de implementação, justamente pelo fato da ferramenta de IA não estar completamente pronta para o contexto encontrado na instituição hospitalar, objeto deste estudo.

Quanto aos desafios éticos e legais Gunasekeran, et al. (2021) afirmou que existe uma preocupação com a implantação de ferramentas em relação a questões éticas e de privacidade, o que foi relatado pelo entrevistado E8:

E8: Já houve casos na instituição de ferramentas que não tiveram autorização para implementação ou com performance comprometidas, por estarem em desacordo com a LGPD, no que diz respeito às questões éticas.

Outro desafio citado está relacionado com a integração de equipes, que foi relatado apenas pelo entrevistado E4, que salientou a importância da integração de equipes multidisciplinares, nas quais todos possam contribuir com a implementação da ferramenta de IA. Isto vem ao encontro do que afirmam Singh, et al. (2020), que ressaltam a necessidade da integração de especialistas e líderes de negócio para que haja uma construção bem-sucedida de um sistema de IA.

A adoção de novas tecnologias, na maioria das vezes trazem consigo um alto custo (VERVOORT, TAM e WIJEYSUNDERA, 2022). Com a IA não tem sido diferente, segundo o entrevistado E8, que afirmou que é um fator relevante no momento da prospecção destas ferramentas, sendo muitas vezes decisivo para a tomada de decisão sob o aspecto de viabilidade do projeto. Após a apresentação dos desafios

oriundos das entrevistas em campo, na próxima seção serão demonstradas as oportunidades que foram relatadas pelos entrevistados.

### 4.3 Oportunidades

Os entrevistados também foram questionados sobre as oportunidades que eles vislumbram quanto ao uso de ferramentas de IA, em suas atividades cotidianas e que ainda não estão sendo atendidas por esta tecnologia. A tabela 07 apresenta a incidência das oportunidades relatadas pelos entrevistados.

Tabela 7 - Incidências - Oportunidades

Código	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Entrevistados
OP. 16	9	18,74%	E1 (2), E2, E3, E4, E5 (2), E8
OP. 6	7	14,58%	E2, E4, E5 (2), E6, E7, E8
OP. 5	5	10,41%	E1, E2, E3, E6, E8
OP. 12	4	8,33%	E5, E6, E7 (2)
OP. 6.2.1	3	6,24%	E2, E3, E6
OP. 6.2	2	4,16%	E1, E6
OP. 6.2.2	2	4,16%	E1, E2
OP. 6.3	2	4,16%	E1, E2
OP. 7.8	2	4,16%	E4, E7
OP. 11	2	4,16%	E3, E5
OP. 11.1	2	4,16%	E3, E5
OP. 2.6	2	4,16%	E1, E8
OP. 6.1	1	2,08%	E5
OP. 2.1	1	2,08%	E5
OP. 7	1	2,08%	E4
OP. 7.1	1	2,08%	E4
OP. 7.4.3	1	2,08%	E5
OP. 11.2	1	2,08%	E5
<b>Totais</b>	<b>48</b>	<b>100%</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor.

As principais oportunidades mencionadas pelos entrevistados dizem respeito à melhoria dos serviços médicos que as ferramentas de IA podem proporcionar. Estas oportunidades estão relacionadas com as categorias “OP. 6”, “OP. 6.1”, “OP. 6.2”, “OP. 6.2.1”, “OP. 6.2.2”, e “OP. 6.3”, que totalizaram 35,411% das incidências registradas com o apoio do *software Atlas.TI*.

Assim como em outras áreas, a inteligência artificial pode melhorar a prática médica (WEISSGLASS, 2021), aumentando a precisão diagnóstica e reduzindo as

incertezas (CHUA, et al., 2021), oportunizando melhorias no sistema de saúde (JEAN-CHRISTOPHE, 2021). O entrevistado E2, ressaltou o fato de que a ferramenta de IA que ele utiliza permitiu uma gama maior de recursos, como alguns filtros que antes não existiam, melhorando a precisão das prescrições de medicamentos, por exemplo. Já o entrevistado E4 citou a importância das ferramentas de IA na assistência médica:

E4: Eu entendi que as ferramentas de IA auxiliam diretamente na assistência médica, na equipe do médico e da enfermeira, contribuindo para a melhoria destes serviços.

Os entrevistados E2 e E6 afirmaram que a melhoria nos serviços médicos também se dá pela redução do tempo das atividades (OP. 6.2.1), propiciado pela ferramenta de IA utilizada para análise de prescrições, na instituição objeto deste estudo. Isto se dá através do acompanhamento de pacientes, ou até mesmo dos médicos, evoluções farmacêuticas, alertas e sinalizações que otimizam as tarefas dos profissionais. Além disso, também há redução de erros (OP. 6.2.2), que foi um aspecto citado pelos entrevistados E1 e E2, constatado por eles nas prescrições de medicamentos a partir da adoção da ferramenta de IA. O entrevistado E3 corroborou esta ideia de redução de tempo das atividades, porém, na ferramenta de IA que auxilia na elaboração de escalas de trabalho, diminuindo muito o tempo para esta atividade, tempo este que pode ser utilizado em outras tarefas.

Também foi relatado pelo entrevistado E5 a oportunidade da aplicação de IA em prontuários eletrônicos, o que pode agilizar o diagnóstico, pelo fato de o histórico clínico do paciente estar disponível com maior facilidade. Como consequência, haveria uma significativa redução de custos em relação a possíveis solicitações de exames médicos que muitas vezes são realizados pelo fato de o médico não ter acesso às informações completas dos pacientes.

Uma oportunidade de aplicação de IA em ambientes hospitalares diz respeito à integração destas ferramentas com sistemas de apoio clínico já existentes. Integrar a IA em tarefas cotidianas da área médica como: reconstrução de imagens médicas, triagem de doenças, segmentação radiográfica, avaliação computadorizada de COVID-19, tiveram uma aceitação muito grande dos especialistas (ALHASAN,

HASANEEN, 2021). Em relação às oportunidades de integração de sistemas, os entrevistados E1 e E2 afirmaram:

E1: Em relação às prescrições de medicamentos, o farmacêutico também ganha no sentido de não precisar utilizar vários aplicativos, sendo que anteriormente ele teria que abrir um sistema para verificar o resultado de um exame, abrir outro sistema para verificar a prescrição e com a ferramenta de IA é possível realizar tudo isto em um só aplicativo.

E2: Com a ferramenta de IA utilizada na instituição não é mais preciso acessar várias “abas”, várias telas, para fazer a validação das prescrições.

O entrevistado E5 citou o ganho de agilidade a partir da integração dos sistemas, sendo que anteriormente era necessário que os técnicos em enfermagem verificassem os sinais vitais dos pacientes, se deslocassem até um computador e lançassem os dados no sistema. Com a ferramenta de IA integrada ao sistema da instituição, o técnico lança no *palmtop* e imediatamente os dados dos pacientes já estão disponíveis neste sistema.

Outra oportunidade de aplicação de IA é a sua utilização em tarefas administrativas realizadas por profissionais de saúde, no sentido de automatizar tarefas repetitivas (LIN, et al., 2019). São tarefas de baixa complexidade, que seriam facilmente absorvidas por sistemas que utilizam inteligência artificial (AUNG, WONG, TING, 2021). O entrevistado E3 citou que houve considerável redução das atividades administrativas, antes realizadas manualmente, com a adoção de ferramentas de IA para execução destes processos. Também houve redução do tempo empregado nestas atividades, conforme relatou o entrevistado E5, que utiliza uma ferramenta de IA para elaboração de escalas de trabalho.

Quanto à melhoria no diagnóstico clínico, os entrevistados relataram oportunidades de utilização de ferramentas de IA em exames de imagem, como foi citado pelo entrevistado E4. Também no apoio ao diagnóstico do COVID-19, possibilitando além de maior precisão, mais velocidade na identificação de infectados,

conforme relato do entrevistado E5. Neste sentido, Haick e Tang (2021) apontaram alguns fatores que podem ter melhorias com a adoção de ferramentas de IA, como: prevenção e detecção de doenças, bem como acompanhamento da progressão da doença e processos de tratamento.

Provedores de saúde estão buscando formas mais econômicas de prestar os serviços de saúde. Alterar o modelo atual, que está focado em diagnóstico e tratamento, passando para um modelo centrado no indivíduo, analisando fatores de risco, diagnósticos e prevenção precoces (HAICK; TANG, 2021). Os entrevistados E1, E2 e E6 perceberam que há redução de custos relacionados às prescrições de medicamentos, porém, a ferramenta utilizada pela instituição ainda não disponibiliza os indicadores econômico-financeiros para comprovar tal percepção. Eles relataram que com o controle de dosagem e frequência de medicamentos, acompanhamento da evolução do paciente exista a possibilidade de que a ferramenta ofereça indicadores que vinculem estas informações ao benefício clínico do paciente, bem como também resultando em redução de custos para a instituição.

Já o entrevistado E3 citou a redução de custos que foi obtida a partir da implementação da ferramenta de IA para a elaboração de escalas, devido ao fato de que atualmente não são mais realizadas as impressões deste material, o que diminuiu o consumo de papel e custos com impressão. Também foi salientado pelo entrevistado que a redução do tempo destas atividades possibilitou que os colaboradores pudessem se dedicar a outras atividades, aumentando a produtividade da equipe. Nesta linha de raciocínio, o entrevistado E8 citou que esta ferramenta aumentou em oito vezes a produtividade, que é possível verificar a partir dos indicadores que esta ferramenta oferece.

Para utilização de ferramentas de inteligência artificial as instituições de saúde devem investir em treinamento e qualificação de suas equipes de trabalho. Diversas oportunidades são citadas na literatura em diferentes áreas da medicina, como: utilizar a realidade aumentada para treinamento de estudantes (CHEN; et al., 2019), treinamentos em radiologia (STROHM; et al., 2020), oncologia (CHUA; et al., 2021), apenas para citar algumas destas oportunidades. O entrevistado E5 falou sobre a importância da equipe estar preparada para utilizar os recursos que as ferramentas de IA oferecem, sabendo interpretar as informações disponibilizadas, oferecendo a melhor resposta na velocidade que a situação exige. Os entrevistados E6 e E7

reforçaram esta ideia de que é essencial que a equipe esteja apta a utilizar a ferramenta de IA, o que pode contribuir para o aumento da qualidade dos serviços prestados.

A inteligência artificial pode trazer um aumento na produtividade no que se refere aos cuidados de saúde, conforme a fala do entrevistado E2:

E2: A inteligência artificial já agiliza nossos processos, sendo que o maior ganho está na agilidade, demonstrado pelos nossos indicadores, sendo que o aumento do rendimento da nossa equipe é um dos nossos maiores ganhos, resultando numa maior segurança aos nossos pacientes.

Comparando a taxonomia proposta a partir dos achados na literatura com os dados obtidos na pesquisa, percebeu-se algumas diferenças em relação aos desafios e oportunidades destacados pelos entrevistados, como demonstra a figura 06.

Em relação aos desafios para desenvolvimento de ferramentas de IA, os entrevistados destacaram fatores éticos e legais, técnicos e de governança e regulação. Na literatura foram destacados, além destes fatores, outros desafios como: algoritmo, modelo de negócio, idiomas e dialetos, responsabilidade social e utilidade clínica.

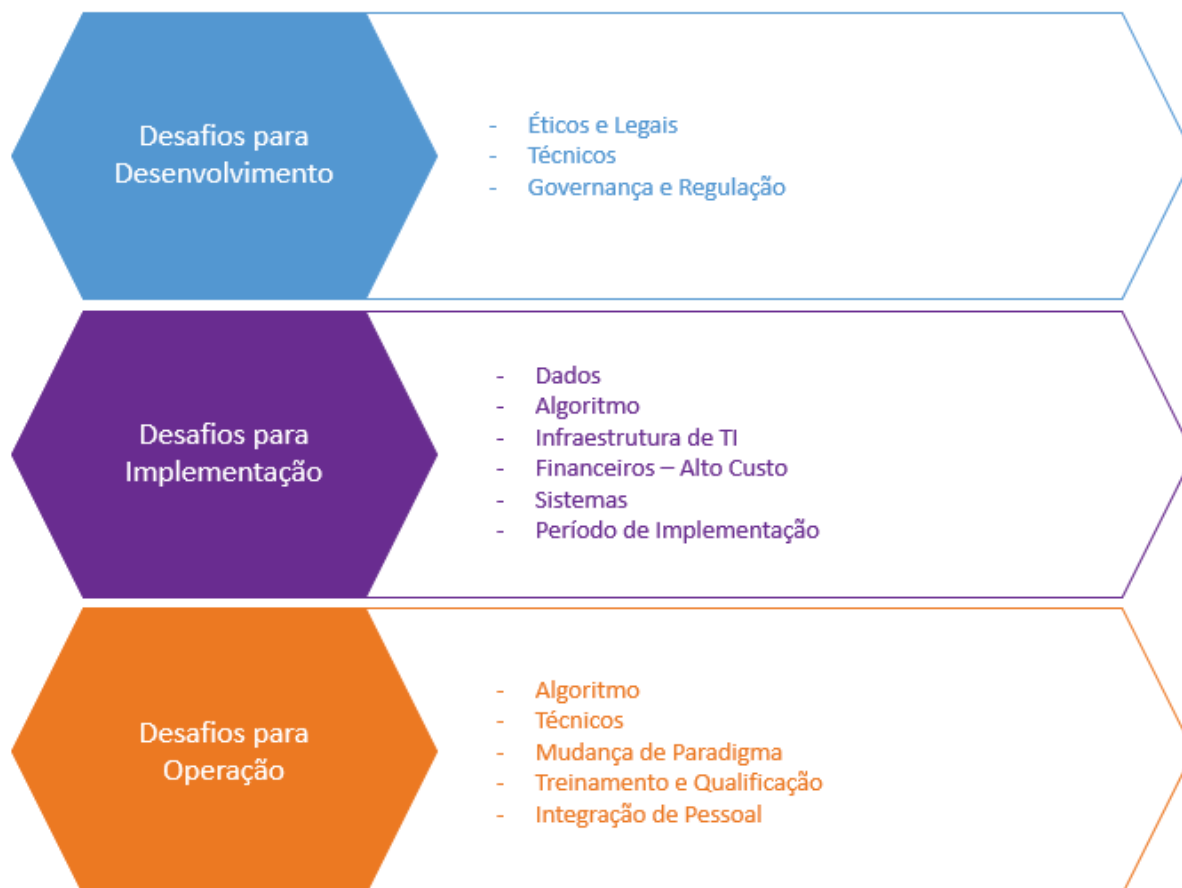
Entretanto, em relação aos desafios para implementação de ferramentas de IA, quase todos os fatores destacados na literatura foram citados pelos entrevistados. Nas entrevistas foram destacados os desafios relacionados à dados, algoritmo, infraestrutura de TI, financeiros (alto custo), desafios relacionados a sistemas e período de implementação. Apenas os desafios técnicos relatados na literatura não foram citados pelos entrevistados, o que demonstra o alinhamento entre as dificuldades encontradas no cotidiano com os achados teóricos demonstrados neste estudo.

Quanto à operação foram destacados pelos entrevistados alguns desafios como: algoritmo, técnicos, mudança de paradigma, treinamento e qualificação e integração de pessoal, o que mostra consonância com a literatura exposta anteriormente. Comparando com os achados teóricos, quatro desafios não foram



citados pelos entrevistados, sendo eles: dados, sistemas, novas metodologias de trabalho e triagem de pacientes.

Figura 6 – Desafios – Entrevistas



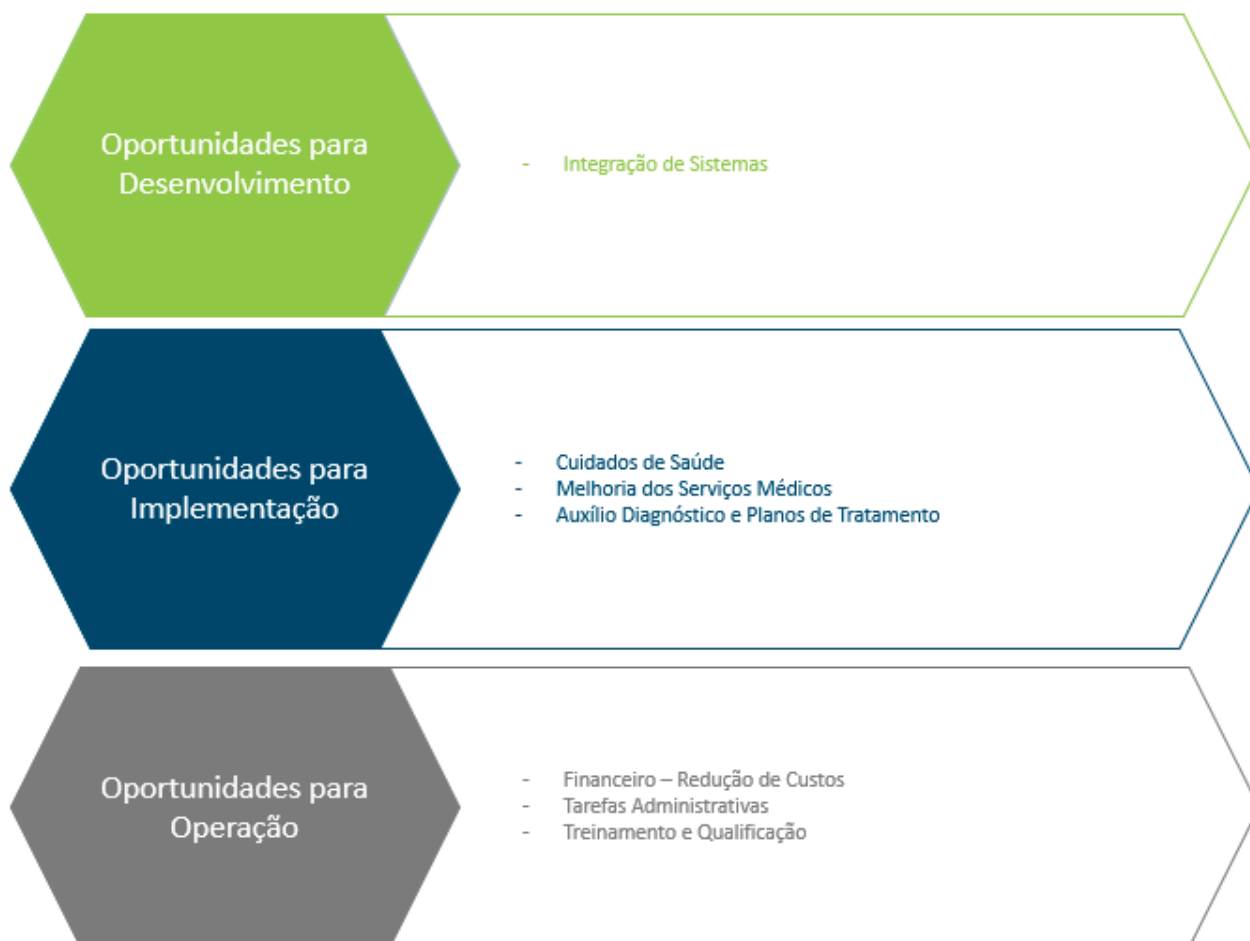
Fonte: Elaborado pelo autor.

A mesma comparação foi feita em relação às oportunidades destacadas na taxonomia proposta e os relatos dos entrevistados, como pode ser observado na figura 07.

Analisando as oportunidades para desenvolvimento de ferramentas de IA, verificou-se uma diferença significativa entre o que os entrevistados citaram e os achados na literatura. Apenas o desafio relacionado à integração de sistemas foi relatada pelos entrevistados, enquanto na literatura foram destacados os desafios referentes a dados, redução de viés humano, IA centrada no homem, responsabilidade social, análise de dados comportamentais, estrutura regulatória e integração de sistemas, sendo esta última o único item em comum. Isto pode demonstrar que a participação dos entrevistados no processo de desenvolvimento das

ferramentas de IA nesta instituição hospitalar não é muito efetiva ou que realmente existe diferença entre o que está relatado na literatura e a realidade enfrentada no cotidiano. Se faz necessário uma pesquisa mais aprofundada com mais entrevistados ou até mesmo com mais instituições hospitalares para sanar esta dúvida.

Figura 7 - Desafios – Entrevistas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os entrevistados também relataram oportunidades de melhoria dos serviços médicos, a partir da implementação de ferramentas de IA, reduzindo tempo das atividades, aumentando a assertividade das prescrições de medicamentos, reduzindo erros médicos. No item apoio ao diagnóstico e planos de tratamento, os entrevistados citaram oportunidades de implementação de IA para redução no tempo de diagnóstico, diagnóstico por imagem e diagnóstico de COVID-19. Já em relação ao item cuidados de saúde, foram apontadas oportunidades para monitoramento clínico de pacientes.

As oportunidades para operação também foram relatadas pelos entrevistados, como no item financeiro (redução de custos), treinamento e qualificação, bem como no item de tarefas administrativas. Neste último item foi citada a oportunidade de utilização da ferramenta de elaboração de escalas de trabalho que otimiza esta tarefa administrativa.

Posterior a análise dos dados provenientes das entrevistas, na próxima seção serão apresentadas as discussões sobre o tema, comparando os resultados do estudo de campo com a revisão sistemática da literatura, no que tange aos desafios e as oportunidades para a aplicação da inteligência artificial em ambientes hospitalares.

### 4.3 Discussão

A inteligência artificial no contexto dos ambientes hospitalares apresenta muitos desafios e também muitas oportunidades para sua implementação. A partir dos resultados obtidos na revisão sistemática da literatura e dos dados coletados em campo foi possível distribuir esses desafios e essas oportunidades em categorias e subcategorias. Ao todo identificou-se 148 códigos, distribuídos em 19 categorias relacionadas aos desafios e 21 categorias referentes às oportunidades para a aplicação da IA em ambientes hospitalares. Analisando os artigos selecionados e também os dados das entrevistas, foram destacadas 953 citações sobre o tema, indicando a relevância do tema proposto neste estudo.

Quanto aos desafios identificados na literatura, a maior parte dos relatos dos autores estava relacionada aos dados, totalizando 29,36% das incidências. Porém, nas entrevistas realizadas estas preocupações não foram relatadas pelos entrevistados. Isto se deve ao fato de que a instituição hospitalar, objeto de análise, utiliza o seu próprio banco de dados, o que minimiza ou até mesmo elimina problemas quanto à formato de dados, confiabilidade nos dados e qualidade dos dados, subcategorias que na literatura foram destacadas pelos autores.

Em relação aos entrevistados, o desafio mais citado diz respeito a problemas de ordem técnica, como integração de sistemas e interrupções dos sistemas, que somados tiveram uma incidência de 21,95%. Quanto a integração de sistemas, Chen, ZX; et al. (2019) já haviam relatado que dificuldades poderiam ser encontradas devido a incompatibilidade de *hardware*, *software* ou *firmware*.

Os entrevistados também falaram sobre a preocupação em relação ao treinamento e qualificação dos profissionais da instituição, sendo relatada a necessidade que eles perceberam que os profissionais saibam utilizar a pleno todos os recursos que as ferramentas de IA oferecem. Isto foi pontuado por Ajmera, P; Jain, V. (2019), que reforçaram a necessidade de treinamento especializado para a equipe de trabalho.

Assim como na literatura, onde os autores Wiljer, D., Hakim, Z. (2019) citaram a relevância dos desafios relacionados aos algoritmos, os entrevistados também fizeram este relato. Os entrevistados corroboram as afirmações de Ben-Israel, D., et al. (2020) e Bélisle-Pipon, et al. (2021) em relação a limitações dos algoritmos e problemas com a atualização do algoritmo, respectivamente.

Ao contrário da literatura onde desafios éticos e legais tiveram incidências relevantes, nas entrevistas este desafio foi citado apenas uma vez. Isto pode demonstrar que não há dificuldades em cumprir os requisitos éticos ou de legislação, ou que a participação dos entrevistados no desenvolvimento das ferramentas de IA (que a instituição analisada utiliza) não abordou de forma tão profunda tais temas.

Mudança de paradigma foi um desafio muito citado tanto nas entrevistas como na literatura, o que demonstra que consonância sobre a necessidade de superar este desafio, tendo em vista a necessidade de mudar a forma como a inteligência artificial é vista, tanto pelos profissionais da área de saúde, quanto pela população em geral. Por parte dos profissionais de saúde é necessário que eles entendam como a ferramenta de IA toma suas decisões e confiem em suas recomendações (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017), assim como deve ser trabalhada a confiança sobre a ferramenta no restante da população (CHATTERJEE, S., DOHAN, MS., 2021).

Outro desafio citado na literatura e que houve apenas um registro nas entrevistas diz respeito ao alto custo para desenvolvimento e implantação de tecnologias de inteligência artificial. Isto se explica pelo fato de que nem todos os entrevistados tem acesso a estas informações ou por não participarem dos processos de tomadas de preços ou de avaliação de custos.

Problemas de infraestrutura de TI se apresentaram de forma expressiva, tanto na literatura, quanto nas entrevistas realizadas. Conforme afirmou Hueso, M; et al. (2018), infraestrutura de TI apropriada é pré-requisito para implementação de sistemas de IA. Outro desafio importante a ser superado é a questão da internet, que

é fundamental para a comunicação dos sistemas de IA. Países em desenvolvimento enfrentam a dificuldade em disponibilizar um serviço de internet rápido e confiável (WUNI, AR; BOTWE, BO; AKUDJEDU, TN, 2021), enquanto nas entrevistas o relato foi que, apesar da instituição hospitalar supracitada possuir internet com alta velocidade, existem áreas de “sombra de sinal” que podem prejudicar o funcionamento das ferramentas de IA.

Também em concordância com a literatura, os entrevistados citaram o desafio referente à validação de sistemas. A validação de sistemas se torna um desafio relevante, devido à complexidade dos ambientes hospitalares, constantes mudanças e necessidade clínicas que devem ser atendidas (OLIVIA LI, et al., 2020).

No que se refere aos desafios, a maior incidência de relatos na literatura diz respeito à apoio ao diagnóstico e planos de tratamento (39,54%), enquanto a maior incidência de desafios citados pelos entrevistados trata da melhoria dos serviços médicos (37,46%). A instituição hospitalar objeto de análise utiliza três ferramentas de IA, sendo que destas, duas delas acabam interferindo diretamente na melhoria dos serviços médicos, é natural que os entrevistados tenham esta percepção, diferente do que foi encontrado na literatura. Porém, nas entrevistas também foram citadas as oportunidades de utilização da IA em relação ao apoio ao diagnóstico e planos de tratamento, representando 10,40% do total de incidências de oportunidades. A integração de sistemas foi outra oportunidade citada pelos entrevistados. Integrar ferramentas de IA com a finalidade de interpretar imagens médicas, pode auxiliar no combate ao COVID-19 (ALHASAN, M., HASANEEN, M., 2021).

A redução de custos também foi relatada nas entrevistas. Em concordância com os achados na literatura, os entrevistados citaram a oportunidade de aplicar a IA, o que pode resultar na redução de custos, o que foi corroborado por Agarwal, et al. (2020), quando afirmam que os prestadores de serviços de saúde poderão obter benefícios reduzindo custos associados à otimização de tempo e espaço, redução de atendimentos presenciais, além de ganhos com a alocação mais eficiente dos recursos humanos.

Também emergiram nas entrevistas oportunidades de utilização da IA para realização de tarefas administrativas, o que também apareceu nas buscas na literatura. A IA pode ser utilizada na realização de atividades como verificação de elegibilidade, solicitações de seguro saúde, autorizações prévias, cobranças,

relatórios e análises (LIN S.Y., MAHONEY M.R., SINSKY C.A., 2019). A instituição hospitalar objeto de análise utiliza uma ferramenta de IA para elaboração de escalas de trabalho, que segundo relatado nas entrevistas, resultaram em redução significativa de tempo destinado a estas atividades, permitindo uma melhor alocação de recursos humanos para outras atividades.

Outra oportunidade citada nas entrevistas foi em referente à utilização de IA em treinamento e qualificação dos profissionais. Os autores Chen, ZX; et al. (2021) citaram a oportunidade de utilizar a IA em treinamentos e simulações de cirurgias, utilizando tecnologias de realidade aumentada e realidade virtual.

Por fim, foram relatadas pelos entrevistados oportunidades de utilização da IA em cuidados de saúde, como monitoramento clínico e aumento da produtividade. O monitoramento clínico já é realizado pela instituição através do Robô Laura, apresentado anteriormente. Já o aumento de produtividade foi reconhecido pelos entrevistados a partir da utilização das ferramentas de IA para elaboração de escalas de trabalho (Stargrid) e a ferramenta de apoio as prescrições de medicamentos NoHarm).

Observou-se que grande parte dos desafios e das oportunidades relatados pelos entrevistados convergem com os achados na literatura. Outros aspectos de divergência, em parte, têm a ver com o contexto hospitalar, sendo que a instituição objeto de análise atualmente utiliza apenas três ferramentas de IA, em comparação com a amostra bem maior encontrada na revisão sistemática da literatura.

Ao término deste capítulo atende-se a o terceiro objetivo específico desta pesquisa. No próximo capítulo serão apresentadas as considerações finais, limitações desta pesquisa e sugestões para futuros trabalhos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi identificar os desafios e as oportunidades para aplicação de inteligência artificial em ambientes hospitalares. Foi necessário superar algumas etapas para que este objetivo fosse alcançado, como por exemplo a construção de um quadro teórico, a partir de uma revisão sistemática da literatura, conforme foi apresentado no Capítulo 2, bem como no Apêndice C. Neste quadro teórico foram organizados os achados da literatura de forma que os desafios, as oportunidades e as aplicações de IA ficaram dispostos de forma a atender ao primeiro objetivo específico desta pesquisa.

Posteriormente, os desafios e oportunidades foram separados em categorias e subcategorias, o que possibilitou a análise destes dados. Após estas análises os desafios e as oportunidades foram organizados em relação ao seu enquadramento quanto ao desenvolvimento, implementação ou operação de ferramentas ou tecnologias de IA, conforme foi apresentado no capítulo 2. Quanto ao desenvolvimento, a proposta desta taxonomia foi classificar os desafios e as oportunidades que podem ser encontrados pelos profissionais nesta fase, desde a sua concepção, passando pela programação propriamente dita. Da mesma forma, buscou-se evidenciar estes aspectos na fase de implementação da ferramenta, que é o momento da instalação, da validação do sistema de IA. Por fim, na fase de operação na taxonomia proposta também foram classificados desafios e oportunidades, que são as possibilidades de utilização das ferramentas de IA, bem como as barreiras que podem surgir nesta etapa.

A partir disto, foi possível construir uma estrutura de conhecimento para realização das entrevistas com os profissionais da área da saúde, da instituição hospitalar unidade de análise. Com o roteiro de entrevistas elaborado, a próxima etapa foi a definição do contexto hospitalar, ou seja, foi definida a instituição onde foi realizada a coleta de dados a partir de entrevistas semiestruturadas. Em seguida foram realizadas as entrevistas com os profissionais da área da saúde, onde foi possível identificar os desafios enfrentados por eles para a implantação de IA, bem como as oportunidades de aplicações que eles vislumbram, respondendo ao segundo objetivo específico desta pesquisa.

Após a realização das entrevistas, partiu-se para a análise dos dados obtidos em campo, comparando-os com os achados na literatura, o que atende ao terceiro objetivo específico desta pesquisa. Parte dos resultados obtidos em campo vêm ao encontro dos achados na literatura, no que diz respeito tanto em relação aos desafios que são enfrentados para aplicação de IA, seja na fase de desenvolvimento, implementação ou operação, quanto nas oportunidades que foram identificadas sob esta mesma ótica.

Em relação aos desafios, notou-se que aspectos técnicos relacionados à ferramenta foram os principais problemas enfrentados pela instituição para a aplicação de IA. Diferentemente do que foi proposto na literatura, os entrevistados não trataram como tão relevantes os desafios relacionados aos dados. Isso se deve pelo fato de que a instituição utiliza sua própria base de dados, o que minimiza ou até mesmo elimina problemas de formato de dados, além de possuir estrutura de TI capaz de armazenar e processar grandes volumes de dados, suprimindo este tipo de dificuldades.

Em relação as oportunidades, os relatos dos entrevistados também vêm ao encontro do que está proposto na literatura, na qual a melhoria dos serviços médicos é vista como um vasto campo a se explorar. Além disso, apesar de também ser um desafio, os entrevistados viram como uma grande oportunidade integrar os sistemas da instituição estudada com as ferramentas de TI, o que pode promover um serviço muito mais ágil e assertivo.

Foi possível perceber que existe um potencial de pesquisa muito grande ainda no que se refere a inteligência artificial aplicada à ambientes hospitalares, que serão apresentados na seção 5.2.

## **5.1 Limitações da Pesquisa**

Verificou-se que ainda não existem muitos trabalhos que tratem dos desafios e oportunidades para a aplicação de inteligência artificial com uma perspectiva mais específica. O desenvolvimento de trabalhos com esta perspectiva pode contribuir para ampliação do conhecimento teórico sobre o tema, contestando ou não os resultados obtidos neste estudo.



Esta pesquisa foi realizada com oito profissionais de saúde de uma instituição hospitalar da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. O cenário de pandemia do COVID-19 dificultou o acesso a mais profissionais de saúde, sendo que ampliar o número de entrevistados poderia contribuir para ampliar a discussão.

## **5.2 Sugestão para Trabalhos Futuros**

Após a realização deste trabalho foi possível identificar possibilidades de estudos futuros, incluindo diferentes elementos a fim de complementar a literatura sobre o tema. Sendo assim, segue abaixo as sugestões de pesquisa:

- Aplicar a pesquisa a outras instituições hospitalares, de diferentes portes, buscando evidenciar similaridades ou diferenças entre os casos;
- Buscar correlações entre desafios e oportunidades a partir do porte da instituição hospitalar;

## REFERÊNCIAS

AGARWAL, Yashasvi et al. Delivering high-tech, AI-based health care at Apollo Hospitals. **Global Business and Organizational Excellence**, 2020.

AJMERA, Puneeta; JAIN, Vineet. Modelling the barriers of Health 4.0—the fourth healthcare industrial revolution in India by TISM. **Operations Management Research**, v. 12, n. 3, p. 129-145, 2019.

ARAGAO, Elisabeth Maria; BARROS, Maria Elisabeth Barros de; OLIVEIRA, Sonia Pinto de. **Falando de metodologia de pesquisa**. Estud. pesqui. psicol., Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, p. 18-28, dez. 2005

BEN-ISRAEL, David et al. The impact of machine learning on patient care: a systematic review. **Artificial Intelligence in Medicine**, p. 101785, 2019.

BRAGA, Ana Vitória et al. Machine learning: O Uso da Inteligência Artificial na Medicina/Machine learning: The Use of Artificial Intelligence in Medicine. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 16407-16413, 2019.

CATH, Corinne. Governing artificial intelligence: ethical, legal and technical opportunities and challenges. 2018.

CHEN, Po-Hsuan Cameron et al. An augmented reality microscope with real-time artificial intelligence integration for cancer diagnosis. **Nature medicine**, v. 25, n. 9, p. 1453-1457, 2019.

CHESHMEHGAZ, Hossein Rajabalipour; DESA, Mohamad Ishak; WIBOWO, Antoni. A flexible three-level logistic network design considering cost and time criteria with a multi-objective evolutionary algorithm. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 24, n. 2, p. 277-293, 2013.

DE LA CRUZ FIGUEROA, Luis Felipe; FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, Ricardo; GONZÁLEZ RANGEL, Miguel Ángel. Hacia herramientas de inteligencia artificial en la enseñanza médica. Enfoque preliminar. **Revista Cubana de Informática Médica**, v. 10, n. 1, p. 68-75, 2018.

DIEHL, A.; TATIM, D.C. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

ERMEL, A. P. **Literature Grounded Theory: método de pesquisa para investigação sobre o conhecimento científico e tecnológico**. 2020. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G. N.; NORONHA, S. M. **Apoio à Decisão: Metodologias para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas**. Florianópolis: Ed. Insular, p. 187 e 241, 2001.

FIGUEIREDO, N. M. A. **Método e metodologia na pesquisa científica**. São Caetano do Sul: Yendis, 2008.

GERMANO, G. SP0042 **Artificial Intelligence in Medicine**. 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2017.

GUPTA, Rajiv Kumar; KUMARI, Rashmi. Artificial intelligence in public health: Opportunities and challenges. **JK Science**, v. 19, n. 4, p. 191-192, 2017.

HSU, Yin-Hsin et al. The effects of taping on scapular kinematics and muscle performance in baseball players with shoulder impingement syndrome. **Journal of electromyography and kinesiology**, v. 19, n. 6, p. 1092-1099, 2009.

ILIASHENKO, Oksana; BIKKULOVA, Zilia; DUBGORN, Alissa. Opportunities and challenges of artificial intelligence in healthcare. In: E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2019. p. 02028.

JOHNSON, Kipp W. et al. Artificial intelligence in cardiology. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 71, n. 23, p. 2668-2679, 2018.

KELLY, Christopher J. et al. Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence. **BMC medicine**, v. 17, n. 1, p. 195, 2019.

KIPPER, L. et al. Scopus scientific mapping production in industry 4.0 (2011–2018): a bibliometric analysis. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 6, p. 1605-1627, 2020.

KONUR, D; GOLIAS, M. Cost-stable truck scheduling at a cross-dock facility with unknown truck arrivals: A meta-heuristic approach. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 49, n. 1, p. 71-91, 2013.

LAU, YS et al. Artificial Intelligence in Health: New Opportunities, Challenges, and Practical Implications. **Yearbook of medical informatics**, v. 28, n. 01, p. 174-178, 2019.

LAMBERTI, M. J., WILKINSON, M., DONZANTI, B. A., WOHLHIETER, G. E., PARIKH, S., WILKINS, R. G., & GETZ, K.. A study on the application and use of Artificial Intelligence to support drug development. **Clinical Therapeutics**, 41(8), 1414–1426, 2019.

LOBO, Luiz Carlos. Inteligência artificial e medicina. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 41, n. 2, p. 185-193, 2017.

MADABHUSHI, Anant; LEE, George. Image analysis and machine learning in digital pathology: Challenges and opportunities. 2016.

MATIAS-PEREIRA, J. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. São Paulo: Atlas, 2010.

MCCARTHY, J. J.; MINSKY, M. L.; ROCHESTER, N. **Artificial intelligence**. Research Laboratory of Electronics (RLE) at the Massachusetts Institute of Technology (MIT), 1959.

MIGUEL, P. A. C., et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MUHURI, Pranab K.; SHUKLA, Amit K.; ABRAHAM, Ajith. Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview. **Engineering applications of artificial intelligence**, v. 78, p. 218-235, 2019.

NOVAES, Hillegonda Maria Dutilh; ELIAS, Flávia Tavares Silva. Uso da avaliação de tecnologias em saúde em processos de análise para incorporação de tecnologias no Sistema Único de Saúde no Ministério da Saúde. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 29, p. s7-s16, 2013.

OKE, S. A. A literature review on artificial intelligence. **International journal of information and management sciences**, v. 19, n. 4, p. 535-570, 2008.

OLSEN, Daniel S.; KREBS, Caitlyn L. **Display screen or portion thereof with graphical user interface**. U.S. Patent Application n. 29/572,784, 2 jan. 2018.

PARKES, David C.; WELLMAN, Michael P. Economic reasoning and artificial intelligence. **Science**, v. 349, n. 6245, p. 267-272, 2015.

PETERSEN, Steffen Erhard; ABDULKAREEM, Musa; LEINER, Tim. Artificial intelligence will transform cardiac imaging—opportunities and challenges. **Frontiers in cardiovascular medicine**, v. 6, p. 133, 2019.

PIEN, Homer. **The Promise of Clinical AI: An Adaptive Future**. 2018.

POTTER D, et al. **Development of CancerLinQ, a Health Information Learning Platform From Multiple Electronic Health Record Systems to Support Improved Quality of Care.** JCO Clin Cancer Inform. 2020 Oct;4:929-937. doi: 10.1200/CCI.20.00064. PMID: 33104389; PMCID: PMC7608629, 2020.

RACINE, Eric; BOEHLEN, Wren; SAMPLE, Matthew. Healthcare uses of artificial intelligence: Challenges and opportunities for growth. In: **Healthcare Management Forum.** Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2019. p. 272-275.

RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial Intelligence: A Modern Approach.** New Jersey, Prentice-Hall: 2010.

RIIKKINEN, Mikko et al. Using artificial intelligence to create value in insurance. **International Journal of Bank Marketing**, 2018.

SAMPIERI, R. H; COLLADO, C.F.; LUCIO, P. B. **Metodologia de Pesquisa.** Porto Alegre: Penso, 2013.

SLAVKIN, Harold C. From high definition precision healthcare to precision public oral health: opportunities and challenges. **Journal of Public Health Dentistry**, v. 80, p. S23-S30, 2020.

THESMAR, David et al. Combining the power of artificial intelligence with the richness of healthcare claims data: Opportunities and challenges. **PharmacoEconomics**, v. 37, n. 6, p. 745-752, 2019.

THUEMMLER, Christoph; BAI, Chunxue. Health 4.0: Application of industry 4.0 design principles in future asthma management. In: Health 4.0: How virtualization and big data are revolutionizing healthcare. **Springer**, Cham, 2017. p. 23-37.

TIWARI, Abhishek; CHAUDHARI, Manisha; RAI, Ankita. Multidisciplinary Approach of Artificial Intelligence over Medical Imaging: A Review, Challenges, Recent

Opportunities for Research. In: 2019 **Third International conference on I-SMAC** (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC). IEEE, 2019. p. 237-242.

VIDYASAGAR, Mathukumalli. Identifying predictive features in drug response using machine learning: opportunities and challenges. **Annual review of pharmacology and toxicology**, v. 55, p. 15-34, 2015.

UWE, F. **Introdução à metodologia de pesquisa: um guia para iniciantes**. Porto Alegre: Penso, 2012.

WAN, Shaohua; GU, Zonghua; NI, Qiang. Cognitive computing and wireless communications on the edge for healthcare service robots. **Computer Communications**, v. 149, p. 99-106, 2020.

WANG, Fei; PREININGER, Anita. AI in Health: State of the Art, Challenges, and Future Directions. **Yearbook of medical informatics**, v. 28, n. 01, p. 016-026, 2019.

WILJER, David; HAKIM, Zaki. Developing an Artificial Intelligence–Enabled Health Care Practice: Rewiring Health Care Professions for Better Care. **Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences**, v. 50, n. 4, p. S8-S14, 2019.

## APÊNDICE A - ARTIGOS LIDOS

AUTOR	TÍTULO	PUBLICAÇÃO
Daley, et al.	mHealth apps for gestational diabetes mellitus that provide clinical decision support or artificial intelligence: A scoping review	2022
Pierce, R., Sterckx, S., Van Biesen, W.	A riddle, wrapped in a mystery, inside an enigma: How semantic black boxes and opaque artificial intelligence confuse medical decision-making	2022
Baxi, V; et al.	Digital pathology and artificial intelligence in translational medicine and clinical practice	2022
Al Badi, et al.	Challenges of AI Adoption in the UAE Healthcare	2021
Arora	Conceptualizing Artificial Intelligence as a Digital Healthcare Innovation: An Introductory Review	2021
Gunasekeran, et al.	Applications of digital health for public health responses to COVID-19: a systematic scoping review of artificial intelligence, telehealth and related technologies	2021
Haick, H., Tang N.	Artificial Intelligence in Medical Sensors for Clinical Decisions	2021
Hamdy, Darwish, Hassanien	Artificial Intelligence Strategy in the Age of Covid-19: Opportunities and Challenges	2021
Leiner, et al.	Bringing AI to the clinic: blueprint for a vendor-neutral AI deployment infrastructure	2021
McComb, Bies, Ramanathan	Machine learning in pharmacometrics: Opportunities and challenges	2021
Mohanty; et al.	Opportunities of Adopting AI-Powered Robotics to Tackle COVID-19	2021
Lee; Yoon	Application of Artificial Intelligence-Based Technologies in the Healthcare Industry: Opportunities and Challenges	2021
Akbar, et al.	Artificial intelligence and guidance of medicine in the bubble	2021
Weissglass	Contextual bias, the democratization of healthcare, and medical artificial intelligence in low- and middle-income countries	2021
Fei Xing, et al.	Socio-technical barriers affecting large-scale deployment of AI-enabled wearable medical devices among the ageing population in China	2021
Gulffdan; Beklen; Arga	Artificial Intelligence as Accelerator for Genomic Medicine and Planetary Health	2021
Chua; et al.	Artificial intelligence in oncology: Path to implementation	2021
Bakker, L; Aarts, J; (...); Redekop, K	How can we discover the most valuable types of big data and artificial intelligence-based solutions? A methodology for the efficient development of the underlying analytics that improve care	2021
Alhasan, M., Hasaneen, M.	Digital imaging, technologies and artificial intelligence applications during COVID-19 pandemic	2021
Morales, S.; Engan, K., Naranjo, V.	Artificial intelligence in computational pathology - challenges and future directions	2021
Chatterjee, S., Dohan, MS.	Artificial Intelligence for Healthcare in India: Policy Initiatives, Challenges, and Recommendations	2021



Lau, et al.	Needs Assessment Survey Identifying Research Processes Which may be Improved by Automation or Artificial Intelligence: ICU Community Modeling and Artificial Intelligence to Improve Efficiency (ICU-Comma)	2021
Wuni, AR; Botwe, BO; Akudjedu, TN	Impact of artificial intelligence on clinical radiography practice: Futuristic prospects in a low resource setting	2021
Chen, ZX; et al.	Artificial intelligence assisted display in thoracic surgery: development and possibilities	2021
Vervoort, D; Tam, D.; Wijeyesundera, H.	Health Technology Assessment for Cardiovascular Digital Health Technologies and Artificial Intelligence: Why Is It Different?	2021
Dwivedi, K. et al.	Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy	2021
Carlin, C.; et al.	Role for artificial intelligence in respiratory diseases-chronic obstructive pulmonary disease	2021
Bélisle-Pipon, et al.	What Makes Artificial Intelligence Exceptional in Health Technology Assessment?	2021
Krittanawong, C., Johnson, K.W., Glicksberg, B.S.	Opportunities and challenges for artificial intelligence in clinical cardiovascular genetics	2021
Raman, et al.	Using artificial intelligence for diabetic retinopathy screening: Policy implications	2021
Aung, Y.; Wong, D.; Ting, D.	The promise of artificial intelligence: a review of the opportunities and challenges of artificial intelligence in healthcare	2021
Agarwal, et al.	Delivering high-tech, AI-based health care at Apollo Hospitals	2020
Ben-Israel, D.; et al.	The impact of machine learning on patient care: A systematic review	2020
Blobel, et al.	Autonomous Systems and Artificial Intelligence in Healthcare Transformation to 5P Medicine – Ethical Challenges	2020
Ferrante, et al.	Artificial intelligence in the diagnosis of pediatric allergic diseases	2020
Hazarika, I.	Artificial intelligence: opportunities and implications for the health workforce	2020
Ibrahim, et al.	Radiomics for precision medicine: Current challenges, future prospects, and the proposal of a new framework	2020
Ishii, et al.	The advent of medical artificial intelligence: lessons from the Japanese approach	2020
Khemasuwan, Sorensen, Colt	Artificial intelligence in pulmonary medicine: computer vision, predictive model and COVID-19	2020
Meskó, Görög	A short guide for medical professionals in the era of artificial intelligence	2020
Mongelli, et al.	Challenges and Opportunities of IoT and AI in Pneumology	2020
Olivia Li, et al.	Digital technology, telemedicine and artificial intelligence in ophthalmology: A global perspective	2020
Petitgand, et al.	Investigating the Barriers to Physician Adoption of an Artificial Intelligence-Based Decision Support System in Emergency Care: An Interpretative Qualitative Study	2020
Singh, R., et al.	Current Challenges and Barriers to Real-World Artificial Intelligence Adoption for the Healthcare System, Provider, and the Patient	2020

Strohm, L., et al.	Implementation of artificial intelligence (AI) applications in radiology: hindering and facilitating factors	2020
Varghese	Artificial Intelligence in Medicine: chances and challenges for wide clinical adoption	2020
Tranter-Entwistle, et al.	The Challenges of Implementing Artificial Intelligence into Surgical Practice	2020
Rowe, Lester	Artificial Intelligence for Personalized Preventive Adolescent Healthcare	2020
Tang, et al.	Artificial Intelligence and Machine Learning in Emergency Medicine	2020
Chaudhari, et al.	Prospective Deployment of Deep Learning in MRI: A Framework for Important Considerations, Challenges, and Recommendations for Best Practices	2020
Ji-Peng, et al.	Digital technology, tele-medicine and artificial intelligence in ophthalmology: A global perspective	2020
Wan, SH; Gu, ZH; Ni, Q	Cognitive computing and wireless communications on the edge for healthcare service robots	2020
Ajmera, P; Jain, V	Modelling the barriers of Health 4.0-the fourth healthcare industrial revolution in India by TISM	2019
Chan, et al.	Artificial Intelligence in Radiology: Summary of the AUR Academic Radiology and Industry Leaders Roundtable	2019
Chen, PHC; et al.	An augmented reality microscope with real-time artificial intelligence integration for cancer diagnosis	2019
Filipp, F.	Opportunities for Artificial Intelligence in Advancing Precision Medicine	2019
Grant, K; McParland, A	Applications of artificial intelligence in emergency medicine	2019
Gruson, D; et al.	Data science, artificial intelligence, and machine learning: Opportunities for laboratory medicine and the value of positive regulation	2019
Iliashenko, O., Bikkulova, Z., Dubgorn, A.	Opportunities and challenges of artificial intelligence in healthcare	2019
Kelly, CJ;et al.	Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence	2019
Lin S.Y., Mahoney M.R., Sinsky C.A.	Ten Ways Artificial Intelligence Will Transform Primary Care	2019
Marcu, LG; Boyd, C; Bezak, E	Current issues regarding artificial intelligence in cancer and health care. Implications for medical physicists and biomedical engineers	2019
Nebeker, C; Torous, J; Ellis, RJB	Building the case for actionable ethics in digital health research supported by artificial intelligence	2019
Petersen, S.E., Abdulkareem, M., Leiner, T.	Artificial Intelligence Will Transform Cardiac Imaging—Opportunities and Challenges	2019
Racine, E., Boehlen, W., Sample, M.	Healthcare uses of artificial intelligence: Challenges and opportunities for growth	2019
Seyhan, AA; Carini, C	Are innovation and new technologies in precision medicine paving a new era in patients centric care?	2019
Tan, J; et al.	Primed for Psychiatry: The role of artificial intelligence and machine learning in the optimization of depression treatment	2019
Thesmar, D.; et al.	Combining the Power of Artificial Intelligence with the Richness of Healthcare Claims Data: Opportunities and Challenges	2019

Tiwari, A., Chaudhari, M., Rai, A.	Multidisciplinary Approach of Artificial Intelligence over Medical Imaging: A Review, Challenges, Recent Opportunities for Research	2019
Wang, F., Preininger, A.	AI in Health: State of the Art, Challenges, and Future Directions	2019
Wiljer, D., Hakim, Z.	Developing an Artificial Intelligence-Enabled Health Care Practice: Rewiring Health Care Professions for Better Care	2019
Biot J.	How will clinical practice be impacted by artificial intelligence?	2019
Frey, LJ	Artificial Intelligence and Integrated Genotype-Phenotype Identification	2019
Hueso, M; et al.	Artificial Intelligence for the Artificial Kidney: Pointers to the Future of a Personalized Hemodialysis Therapy	2018
Kalyanakrishnan, S; et al.	Opportunities and Challenges for Artificial Intelligence in India	2018
Muhsen, Elhassan, Hashmi	Artificial Intelligence Approaches in Hematopoietic Cell Transplantation: A Review of the Current Status and Future Directions	2018
Gupta, R.K., Kumari, R.	Artificial intelligence in public health: Opportunities and challenges	2017
Madabhushi, A., Lee, G.	Image analysis and machine learning in digital pathology: Challenges and opportunities	2016
Vidyasagar, M.	Identifying predictive features in drug response using machine learning: Opportunities and challenges	2015

## APÊNDICE B - PROTOCOLO DE REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

<b>1. Questão de Pesquisa:</b>	
Quais são os desafios e as oportunidades para a implantação da inteligência artificial em organizações hospitalares?	
<b>2. Objetivo da Revisão Sistemática da Literatura:</b>	
Identificar na literatura desafios e oportunidades de aplicações da IA em ambientes hospitalares.	
<b>3. Horizonte:</b>	
Não foi definido um período específico de pesquisa.	
<b>4. Termos de Busca:</b>	
artificial intelligence AND ("hospital*" OR "healthcare" OR "ehealth" OR "precision medicine") AND ("barrier*" OR "opportunit*" AND "challenge*")	
<b>5. Base de Dados:</b>	
Scopus and Web of Science	
<b>6. Abordagem de Pesquisa:</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> Pesquisa Direta	<input type="checkbox"/> Contato com especialistas
<input type="checkbox"/> Bola de neve	
<b>7. Critérios de Elegibilidade:</b>	
Critérios de Inclusão	Artigos em português e inglês foram incluídos, relacionados às áreas de medicina, engenharia e TI.
Critérios de Exclusão	Artigos que não tenham em seus títulos os termos "Artificial Intelligence", "Challenges", "Barriers", "Opportunities", "Hospitals", "Hospital Environments";
	Artigos em que, apesar dos termos mencionados acima em seus títulos, não se refiram a esses assuntos em seus resumos.

Fonte: Ermel, A., Lacerda, D., Morandi, M., Gauss, L. - adaptado pelo autor

## APENDICE C – QUADRO TEÓRICO

Quadro 5 - Quadro teórico

CÓD	AUTOR	TÍTULO	ANO	DESAFIOS	OPORTUNIDADES	APLICAÇÃO
D1	Agarwal, et al.	Delivering high-tech, AI-based health care at Apollo Hospitals	2020	Formato de dados, padronização das informações, confiabilidade, confidencialidade dos dados, resistência dos profissionais em adotar a tecnologia	Aumentar a produtividade dos profissionais da área médica, gerar novos empregos relacionados a ciência de dados, inovação do modelo de negócios	Oncologia, genômica, atendimento com <i>chat-bot</i> , cardiologia
D2	Ajmera, P; Jain, V	Modelling the barriers of Health 4.0-the fourth healthcare industrial revolution in India by TISM	2019	Risco de interrupção do trabalho, Grande exigência de capital, Requisito de força de trabalho exclusivo e qualificado, Problemas de segurança cibernética e privacidade, Infraestrutura de TI compacta e insuficiente, Usar questões de propriedade intelectual, Regulamentos não uniformes para troca de informações clínicas, Implicações legais em relação ao uso de dados externos, Sistema de suporte de manutenção inadequado, Político, Falta de aglomerados de P&D, Falta de estratégia digital e escassez de recursos, Falta de suporte da alta gerência, Dados clínicos fragmentados e não padronizados, Apreensão sobre a Internet das coisas	O artigo não citou oportunidades. Tratou apenas das barreiras ou desafios para adoção.	Adoção do Health 4.0 na Índia.
D3	Al Badi, et al.	Challenges of AI Adoption in the UAE Healthcare	2021	Viés do algoritmo, privacidade e segurança dos dados, barreiras éticas, interpretabilidade dos dados, regulamentação de IA	Não foram relatadas oportunidades neste artigo.	Auxiliar tomadores de decisão na implantação de IA na área de saúde nos Emirados Árabes Unidos.
D4	Arora	Conceptualising Artificial Intelligence as a Digital Healthcare Innovation: An Introductory Review	2021	Integração de ferramentas de IA com ferramentas tradicionais, segurança e privacidade dos dados, pouca colaboração multissetorial.	Medicina genômica, suporte ao diagnóstico por imagem, apoio ao diagnóstico/tratamento, desenvolvimento de drogas, cuidados de enfermagem, suporte cirúrgico.	Desenvolvimento de IA na área médica do Japão

D5	Ben-Israel, D.; et al.	The impact of machine learning on patient care: A systematic review	2020	Falta de dados estruturados, confiabilidade dos dados, ausência de estrutura robusta para monitorar os algoritmos de aprendizagem de máquina, possibilitar acesso em tempo real a dados clínicos	Publicizar o modo como os algoritmos tratam as informações de entrada e sugerem soluções	Machine Learning no contexto do atendimento ao paciente
D6	Blobel, et al.	Autonomous Systems and Artificial Intelligence in Healthcare Transformation to 5P Medicine – Ethical Challenges	2020	Desafios éticos como transparência do modelo, prestação de contas, controle e segurança dos dados, privacidade dos dados, assistência ao usuário	Aumento de capacidade e envolvimento para o prestador de cuidados e o paciente, melhoria da experiência da equipe e do paciente, melhoria dos processos, fluxos de trabalho, produtividade e redução de custos, apoio à tomada de decisão administrativa	Implantação de sistemas autônomos e inteligência artificial no apoio à mudança na área da saúde para a Medicina 5P.
D7	Chan, et al.	Artificial Intelligence in Radiology: Summary of the AUR Academic Radiology and Industry Leaders Roundtable	2019	Regulamentação da tecnologia, velocidade de novos desenvolvimentos (obsolescência), reembolso pelo uso clínico de IA, integração dos dados, confidencialidade e segurança dos dados.	Departamentos acadêmicos de radiologia e radiologistas podem ajudar os parceiros da indústria no desenvolvimento e teste de AI-algoritmos baseados, simplificação do fluxo de trabalho de radiologia e a diminuição da variabilidade entre os radiologistas, desenvolvimento de um algoritmo aplicado à interpretação de imagens radiológicas.	Aplicação de IA em radiologia
D8	Chen, PHC; et al.	An augmented reality microscope with real-time artificial intelligence integration for cancer diagnosis	2019	Digitalizações de imagens, habilidades técnicas para operar o software (algoritmo)	Utilizar o microscópio como ferramenta de ensino, auxílio na validação de algoritmos, análise de slides em outras aplicações de microscopia	Aplicação de microscópio de realidade aumentada na detecção de câncer de mama e câncer de próstata
D9	Ferrante, et al.	Artificial intelligence in the diagnosis of pediatric allergic diseases	2020	Recursos computacionais e estudos em Deep Learning em grande escala, segurança e armazenamento de dados, problemas de generalização por parte do algoritmo, educação de IA para profissionais da área da saúde.	Teste e interpretação de alergias, diagnósticos de Eczema, diagnóstico de alergias alimentares, diagnóstico de alergias respiratórias.	Aplicação de IA no diagnóstico de doenças alérgicas pediátricas
D10	Filipp, F.	Opportunities for Artificial Intelligence in Advancing Precision Medicine	2019	Classificação de imagens clínicas de exames patológicos	Previsão de eventos clínicos a partir de registros eletrônicos de saúde, oncologia de precisão, desenvolvimento de drogas	Aplicação de IA em medicina de precisão

D11	Grant, K; McParland, A	Applications of artificial intelligence in emergency medicine	2019	Confiabilidade dos dados, padronização dos sistemas de prontuários médicos eletrônicos, natureza dos algoritmos, confidencialidade dos dados, segurança dos dados, viés do algoritmo	Triagem de pacientes nos departamentos de emergência médica, melhorando tempo de espera, alocação de recursos, estratificação de risco	Departamentos de emergência médica
D12	Gruson, D; et al.	Data science, artificial intelligence, and machine learning: Opportunities for laboratory medicine and the value of positive regulation	2019	Privacidade de dados, considerações éticas, compartilhamento seguro de informações médicas, acompanhamento da adaptação dos profissionais de saúde.	Prever cenários, otimizar o gerenciamento de tarefas, melhorias na assertividade nas solicitações e diagnósticos de exames de imagem, integração de exames clínicos.	Processos laboratoriais, exames de imagem, mineração de dados em tempo real, curadoria e integração de dados, medicina de precisão.
D13	Gunasekaran, et al.	Applications of digital health for public health responses to COVID-19: a systematic scoping review of artificial intelligence, telehealth and related technologies	2021	Desafios éticos quanto à utilização de dados pessoais, resistência à adoção da ferramenta.	Detecção (triagem / diagnóstico), Triagem / estratificação de risco (predição de mortalidade, gravidade, duração da admissão), Desenvolvimento de tratamento (medicamentos novos ou reaproveitados ou vacinas), Desenvolvendo novos testes, Cuidados continuados para pacientes não COVID	Aplicações de inteligência artificial (IA), telessaúde e outras soluções de saúde digital relevantes para respostas de saúde pública na em meio a pandemia Covid-19.
D14	Gupta, R.K., Kumari, R.	Artificial intelligence in public health: Opportunities and challenges	2017	Mudança de paradigma, onde os médicos aceitem seguir recomendações de IA, possibilitar mais acesso aos dados por parte dos pacientes, segurança dos dados, explorar novas fontes de dados, integração de bancos de dados	Aumentar o número de pacientes atendidos, melhorar diagnóstico através da combinação de resultados laboratoriais, imagens radiológicas, prever complicações, readmissões hospitalares, reduzir tempo de espera	Organizações e profissionais de saúde
D15	Haick, H., Tang N.	Artificial Intelligence in Medical Sensors for Clinical Decisions	2021	Viés do algoritmo, privacidade dos dados.	Biomarcadores, monitoramento clínico, integração de sistemas, dispositivos vestíveis, comunicação digital, combate ao COVID-19, apoio ao diagnóstico e planos de tratamento, redução de custos, diagnóstico precoce, medicina de precisão.	Utilização de sensores médicos no apoio ao diagnóstico



D16	Hamdy, Darwish, Hassanien	Artificial Intelligence Strategy in the Age of Covid-19: Opportunities and Challenges	2021	Privacidade de dados, tratamento de dados, alto volume de dados para análise.	Utilização da IA no desenvolvimento de medicamentos e vacinas contra o Covid-19, utilização da IA em simulação do comportamento do vírus, aplicação de IA na criação de um modelo matemático de representação da pandemia, utilização da IA no auxílio ao diagnóstico por imagem, testes mais rápidos de Covid-19 utilizando IA, análise de danos causados pelo vírus utilizando IA.	Uso de técnicas de IA para entender, analisar e prever como e onde o vírus vai se propagar ou desacelerar.
D17	Hazarika, I.	Artificial intelligence: opportunities and implications for the health workforce	2020	O grande volume de informações, juntamente com restrições de tempo e limitações cognitivas, ultrapassou a capacidade dos cuidados de saúde, modelo de tomada de decisão por provedores individuais está ultrapassado, questões éticas e regulatórias, caixa preta de IA	Programas de educação e treinamento em IA para profissionais da área da saúde, apoio à decisão a partir do reconhecimento de padrões, automatização de tarefas repetitivas	Impactos da IA nos prestadores de serviços de saúde
D18	Hueso, M; et al.	Artificial Intelligence for the Artificial Kidney: Pointers to the Future of a Personalized Hemodialysis Therapy	2018	Interpretação incorreta de textos de registros eletrônicos de saúde, regulamentação de proteção de dados (União Europeia), interpretabilidade ou compreensibilidade dos modelos de dados gerados, necessidade de abertura da "caixa preta" da IA, envolvimento dos médicos na adoção de IA	Desenvolvimento de dispositivos de diálise inteligentes, sistema Hemo Control	Hemodiálise, controle da terapia da anemia
D19	Ibrahim, et al.	Radiomics for precision medicine: Current challenges, future prospects, and the proposal of a new framework	2020	A estabilidade e a reprodutibilidade da imagem quantitativa em diferentes parâmetros, a sensibilidade dos recursos de análise de imagem quantitativa à variações na segmentação dos ROI's, diferentes implementações de extração de recursos radiômicos pelas caixas de ferramentas	Desenvolvimento de ferramentas específicas de radiômica para harmonizar imagens médicas e facilitar a análise de imagens quantitativas significativas dos dados retrospectivos	IA aplicada à sistemas de apoio ao diagnóstico clínico.
D20	Iliashenko, O., Bikkulova, Z., Dubgorn, A.	Opportunities and challenges of artificial intelligence in healthcare	2019	Incompatibilidade de dados, estruturas de banda de dados, integração de processadores gráficos, indefinições sobre padrões de armazenamento de dados, alto custo de movimentação de dados, estereótipo de IA perigosa, segurança de dados, fatores éticos	Auxílio em atividades administrativas (documentação), sugestões individualizadas de medicamentos, auxílio ao diagnóstico, tele atendimento, auxílio no diagnóstico por imagem	Assistência ao diagnóstico, gestão de empresas de saúde, ferramenta para auxiliar usuários a manter estilo de vida saudável
D21	Ishii, et al.	The advent of medical artificial intelligence:	2020	Segurança e privacidade dos dados	Utilização do robusto ecossistema de IA em medicina	Estratégia de desenvolvimento de



		lessons from the Japanese approach				profissionais na área da IA médica no Japão
D22	Kalyanakrishnan, S; et al.	Opportunities and Challenges for Artificial Intelligence in India	2018	Quantidade de idiomas falados na Índia (mais de 700), torna-se uma barreira ao acesso à informação, falta de padronização de dados, escassez de médicos qualificados, baixa qualidade dos serviços de saúde, problemas com discriminação social	Criação de instrumentos de acesso à dados qualitativos, treinamento adequado para acesso às tecnologias de IA, planejamento e gerenciamento sobre as tecnologias de IA	Área da saúde na Índia
D23	Kelly, CJ;et al.	Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence	2019	Impossibilidade de aplicação fora do treinamento, tendência e fragilidade (ao erro), mudança no conjunto de dados, indefinição entre montagem acidental e sinal verdadeiro, generalização para novas populações e configurações, viés algoritmo, segurança de dados, dificuldade logística para implantação da IA, barreiras humanas à adoção da IA, regulamentação	Extração de informações clinicamente relevantes para prever em tempo real probabilidade de transferência para UTI, mortalidade hospitalar, risco de readmissão, tempo prolongado de permanência e alta, auxílio na tomada de decisões, como para a retirada de ventilação, manejo de sepse	Diagnósticos de câncer de mama, previsão de fatores de risco cardiovasculares, diagnóstico por imagem
D24	Khemasuwana, Sorensen, Colt	Artificial intelligence in pulmonary medicine: computer vision, predictive model and COVID-19	2020	Dados incorretos de entrada podem gerar sugestões errôneas por parte do algoritmo, viés social ou étnico do algoritmo, tamanho insuficiente do conjunto de dados, segurança e confidencialidade dos dados.	Detecção de nódulo pulmonar e predição de risco de malignidade, visão computacional e assinaturas moleculares para diagnóstico de fibrose pulmonar, modelos preditivos em hipertensão pulmonar, asma, infecções pleurais e função pulmonar, testes, IA como ferramenta de apoio ao Covid-19	Utilização da IA em medicina pulmonar
D25	Leiner, et al.	Bringing AI to the clinic: blueprint for a vendor-neutral AI deployment infrastructure	2021	Governança, controle de qualidade e aspectos éticos.	Reconstrução de imagens de RM e TC, pós processamento de dados de imagem, desenvolvimento e validação de biomarcadores de imagem, utilização da plataforma como interface de dados entre diferentes sistemas.	Proposta de plataforma de IA independente
D26	Lin S.Y., Mahoney M.R., Sinsky C.A.	Ten Ways Artificial Intelligence Will Transform Primary Care	2019	Entender o papel da IA para que a ferramenta não enfraqueça o papel do humano (médico ou paciente).	Aconselhamento médico e triagem, previsão e intervenção de risco, gestão da saúde, integração de dispositivos, melhoria no painel de ajustes de riscos e recursos, <i>Digital Health Coaching</i> , prontuário eletrônico, automação de tarefas administrativas repetitivas, apoio ao diagnóstico, melhoria no relacionamento médico/paciente.	Aplicação da Inteligência Artificial nos cuidados primários de saúde.

D27	Madabhushi, A., Lee, G.	Image analysis and machine learning in digital pathology: Challenges and opportunities	2016	Limitações dos scanners em captar as imagens de lâminas, limitações dos algoritmos interpretarem variações de cores de tecidos. Grande parte dos slides digitais ainda são gerados em 2D, sendo que exames patológicos se beneficiam de imagens em 3D.	Auxílio no diagnóstico primário a partir de imagens digitalizadas em slides, criação de diagnósticos complementares, redução nos custos de determinados testes patológicos, criação de algoritmos que possibilitem a integração entre exames radiológicos, histológicos e moleculares, para melhor identificação da doença.	Patologia digital
D28	Marcu, LG; Boyd, C; Bezak, E	Current issues regarding artificial intelligence in cancer and health care. Implications for medical physicists and biomedical engineers	2019	Coleta e registro de grande volume de dados, privacidade de dados, padronização de dados, identificação de dados relevantes, validação e garantia de qualidade, considerações éticas, poder computacional, armazenamento de grande volume de dados, algoritmos.	Fortalecer o atendimento multidisciplinar para o tratamento à pacientes com câncer.	Terapia de irradiação (Oncologia), ressonância magnética, tomografia computadorizada por emissão de pósitrons, cintilografia tomográfica de perfusão cerebral
D29	McComb, Bies, Ramanathan	Machine learning in pharmacometrics: Opportunities and challenges	2021	Identificação dos métodos mais adequados de Machine Learning para aplicações específicas, tamanho e formato de dados	Desenvolvimento de medicamentos e aplicações farmacológicas, aplicação da medicina de precisão no tratamento de sepse, anemia.	Aplicações de Machine Learning em ciências farmacêuticas.
D30	Meskó, Görög	A short guide for medical professionals in the era of artificial intelligence	2020	Preconceito com a utilização da tecnologia de IA, qualidade e quantidade de dados, privacidade dos dados, questões legais e de responsabilidade, viés do algoritmo.	Melhoria das consultas presenciais e online, melhoria na assistência à saúde e gestão de medicamentos, diagnóstico baseado em IA, registros médicos de mineração, elaboração de planos de tratamento, criação de drogas, ferramentas de triagem	Guia para utilização de IA por parte dos profissionais de saúde
D31	Mongelli, et al.	Challenges and Opportunities of IoT and AI in Pneumology	2020	Segurança e privacidade dos dados, coleta de dados, tratamento de dados	Através de algoritmos de IA executar o monitoramento de parâmetros funcionais e fisiológicos, registros eletrônicos de saúde	Monitoramento remoto de pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC).
D32	Muhsen, Elhassan, Hashmi	Artificial Intelligence Approaches in Hematopoietic Cell Transplantation: A Review of the Current Status and Future Directions	2018	O volume muito elevado de informações de prontuários eletrônicos pode atrapalhar a atuação dos médicos em relação ao real significado da medicina, falta de conjunto de dados para treinamento de algoritmos, validação de ferramentas de IA.	Apoio ao prognóstico médico em relação, melhorando a qualidade de vida de pacientes transplantados, algoritmos que auxiliam na seleção de doadores/receptores de órgãos para transplante, ferramentas que auxiliam na classificação de doenças.	Integração de tecnologias de IA no apoio ao transplante de células hematopoiéticas

D33	Nebeker, C; Torous, J; Ellis, RJB	Building the case for actionable ethics in digital health research supported by artificial intelligence	2019	Combinações de novas tecnologias, quantidade de dados, novas técnicas computacionais, falta de regulamentação	Desafios disciplinares/setoriais, alfabetização de tecnologias e dados, padrões atuais inconsistentes ou inexistentes para orientar o uso da IA na área da saúde	Governança na área da saúde
D34	Olivia Li, et al.	Digital technology, telemedicine and artificial intelligence in ophthalmology: A global perspective	2020	Falta de clareza de como o algoritmo toma suas decisões (caixa preta de IA), questões éticas, educação de IA nas escolas médicas, confiabilidade dos dados, desafios médicos legais, segurança e privacidade dos dados, interpretabilidade dos dados	Avaliação clínica de doenças oftálmicas, detecção de doenças como retinopatia diabética, auxílio ao diagnóstico de doenças, utilização de tecnologia 6G em realidade XR.	Aplicação da IA, telemedicina e tecnologias digitais em oftalmologia
D35	Petersen, S.E., Abdulkareem, M., Leiner, T.	Artificial Intelligence Will Transform Cardiac Imaging—Opportunities and Challenges	2019	Apoio do paciente e do público, acesso a volumes expressivos de dados, segurança dos dados, desafios éticos, padronização das ferramentas, necessidade de regulamentação	Melhorar a integração, análise e aprendizagem de imagens médicas cardíacas	Ressonância magnética cardiovascular, reconstrução de imagem para tomografia por emissão de pósitrons, ecocardiogramas, perfusão miocárdica
D36	Petitgand, et al.	Investigating the Barriers to Physician Adoption of an Artificial Intelligence-Based Decision Support System in Emergency Care: An Interpretative Qualitative Study	2020	Falta de conjuntos de dados de qualidade para treinar algoritmos, formato de dados, questões éticas, segurança e privacidade de dados, governança de IA.	Melhoria da qualidade e segurança dos algoritmos de IA	Sistema de apoio à decisão baseado em IA para departamentos de emergência médica
D37	Racine, E., Boehlen, W., Sample, M.	Healthcare uses of artificial intelligence: Challenges and opportunities for growth	2019	Desafios éticos, confidencialidade e confiabilidade de dados de pacientes	Desenvolver estratégia ética abrangente em IA	Planejamento e alocação de recursos em saúde, análise e identificação de padrões de dados, auxílio no diagnóstico, oferecer informações personalizadas sobre cuidados e diagnósticos de saúde, detecção precoce de surtos, epidemias e doenças infecciosas.

D38	Seyhan, AA; Carini, C	Are innovation and new technologies in precision medicine paving a new era in patients centric care?	2019	Complexidade do microambiente tumoral, resposta individual do sistema imunológico, perfil molecular, definição de quais sintomas de doenças captar e quais dispositivos utilizar, envolvimento de médicos e pacientes	Desenvolvimentos de diagnósticos e medicamentos personalizados, através de biomarcadores, estratificação de pacientes, apoio à tomada de decisão através de biomarcadores	Medicina de precisão, aplicação de biomarcadores em diagnósticos de câncer, diabetes, doenças inflamatórias, doenças cardíacas
D39	Singh, R., et al.	Current Challenges and Barriers to Real-World Artificial Intelligence Adoption for the Healthcare System, Provider, and the Patient	2020	Falta de fornecedores de plataformas de IA, produtos de IA iniciais necessariamente têm estreita utilidade clínica, falta de transparência em relação a quais recursos são utilizados para tomada de decisão pelo algoritmo (caixa preta de IA), regulamentação de IA, políticas de reembolso financeiro para telemedicina, privacidade e compartilhamento de dados, preconceito em relação a IA por parte de médicos e pacientes, viés do algoritmo.	Organizações desenvolverem suas próprias plataformas personalizadas de IA, monetização da plataforma de IA, treinamento de IA nas escolas de medicina, apoio ao diagnóstico e recomendações de tratamento.	Utilização de IA na oftalmologia
D40	Strohm, L., et al.	Implementation of artificial intelligence (AI) applications in radiology: hindering and facilitating factors	2020	Sensibilidade (número de falsos positivos) e especificidade (número de falsos negativos) dos algoritmos, planejamento e monitoramento de IA desestruturados, falta de evidências empíricas sobre o efeito da IA no trabalho radiológico, falta de financiamento, aceitação e confiabilidade por parte dos profissionais, problemas legais e regulatórios.	Melhoria da prática diagnóstica, diminuição da carga de trabalho, integração de sistemas de IA.	Aplicações de IA em radiologia
D41	Tan, J; et al.	Primed for Psychiatry: The role of artificial intelligence and machine learning in the optimization of depression treatment	2019	Necessidade de grande volume de dados, privacidade dos dados, sub-representação de minorias pode limitar a generalização de resultados, viés do algoritmo	Capacidade de processar dados de alta dimensão, capacidade de gerar dados ausentes, criação de altos níveis de dados sem estratificação do paciente, trabalhar sem engenharia manual de recursos	Tratamento personalizado de depressão, psicoterapia
D42	Thesmar, D.; et al.	Combining the Power of Artificial Intelligence with the Richness of Healthcare Claims Data: Opportunities and Challenges	2019	Generalização precipitada de dados, organização de dados subjacentes e dos resultados, segurança dos dados, administração de tarifas, descontos e premiações por parte de seguradoras de	Detecção de padrões complexos de doenças sub-diagnosticadas ou raras, utilização de algoritmos para prever o aparecimento futuro de doenças, detecção de efeitos adversos de tratamentos ou de medicamentos, aplicação de conhecimento	Gerenciamento de dados de hospitais, laboratórios, seguradoras de saúde, provedores e reguladores

				saúde, tendo acesso a dados de previsibilidade de doenças dos seus clientes	adquirido com IA para monitorar serviços, readmissões e doenças contraídas no local. Reduzir vieses dos médicos na prescrição de tratamentos ou medicamentos	
D43	Tiwari, A., Chaudhari, M., Rai, A.	Multidisciplinary Approach of Artificial Intelligence over Medical Imaging: A Review, Challenges, Recent Opportunities for Research	2019	Falta de dados, falta de padrão dos dados existentes, falta de ferramentas para utilização de IA, qualidade dos dados disponíveis	Auxílio no diagnóstico, melhorias na eficiência e qualidade, auxílio no aprendizado de profissionais em saúde	Imagens de recursos médicos, ultrassonografia obstétrica, radiologia, detecção de tumores, doenças cardiovasculares, osteoartrite, cânceres, problemas neurológicos
D44	Varghese	Artificial Intelligence in Medicine: chances and challenges for wide clinical adoption	2020	Aprovação regulatória, interpretabilidade dos dados, interoperabilidade entre sistemas, qualidade dos dados, formato de dados	Não foram relatadas oportunidades neste artigo.	IA para ampla adoção clínica
D45	Wang, F., Preininger, A.	AI in Health: State of the Art, Challenges, and Future Directions	2019	Integração de dados, segurança do modelo, transparência do modelo, confidencialidade de dados, vies do algoritmo, segurança de dados	Classificação de imagens médicas, suporte a tomada de decisão médica, orientação para diagnóstico e encaminhamento, triagem	Análise de dados clínicos, análise de imagens médicas, registros eletrônicos de saúde, dados fisiológicos, dados comportamentais, dados ambientais, pesquisa farmacêutica, dados da literatura biomédica
D46	Wiljer, D., Hakim, Z.	Developing an Artificial Intelligence-Enabled Health Care Practice: Rewiring Health Care Professions for Better Care	2019	Uma grande parte das instituições de saúde podem não estar preparadas para atuar utilizando ferramentas de IA. Confiabilidade das ferramentas de IA que podem apresentar bons resultados em testes, mas não é seguro que não apresentem problemas na prática. Muitas ferramentas de IA ainda estão em fase de pesquisa ou desenvolvimento. Falta de regulamentação para tecnologias emergentes de IA, garantia de segurança dos dados.	Capacitação de instituições e profissionais de saúde, visando a correta utilização das ferramentas de IA, gerenciamento seguro dos dados de pacientes	Organizações e profissionais de saúde

D47	Biot J.	How will clinical practice be impacted by artificial intelligence?	2019	Definições de novas doenças, ausência de comparadores, definição de público alvo, acesso à tecnologia, relação desfavorável entre tempo de coleta de dados e o tempo de consulta médica, propriedade dos dados, compartilhamento e segurança de dados.	Novas terapias de tratamento médico, como gene, célula e imunoterapia e integração de dados farmacoepidemiológicos em futuros sistemas de cuidados médicos.	Apoio ao diagnóstico e aumentar a relevância do diagnóstico médico.
D48	Frey, LJ	Artificial Intelligence and Integrated Genotype-Phenotype Identification	2019	Crescimento acelerado de dados, dados incompletos, imprecisões ou incompatibilidade de base dados.	Descoberta de novos tratamentos, identificar variantes causais de doenças, integrar genômica e dados fenômicos em diferentes escalas, melhorar a detecção do estado atual da doença	Integração de fenótipos computáveis a genótipos.
D49	Tranter-Entwistle, et al.	The Challenges of Implementing Artificial Intelligence into Surgical Practice	2020	Segurança, formato, confiabilidade, qualidade dos dados, capacidade técnica dos profissionais lidar com a IA, questões éticas, viés do algoritmo.	Personalização do modelo, atendendo especificidades clínicas, utilizar IA para prever pedras CBD	Detecção de cálculos do ducto biliar comum
D50	Rowe, Lester	Artificial Intelligence for Personalized Preventive Adolescent Healthcare	2020	Questões éticas e regulatórias quanto a privacidade dos dados dos adolescentes, segurança e propriedade dos dados, viés do algoritmo, problemas de generalização dos modelos, formato de dados.	Utilizar tecnologias de IA para realizar avaliação furtiva, criação de ambientes de aprendizagem inteligente, geração de narrativa interativa, modelagem de usuário.	Tecnologias adaptativas baseadas em IA para a saúde preventiva do adolescente
D51	Vidyasagar, M.	Identifying predictive features in drug response using machine learning: Opportunities and challenges	2015	Falta de confiabilidade e repetibilidade de dados biológicos para previsão de respostas a medicamentos	Desenvolver algoritmos que identifiquem biomarcadores altamente preditivos e biologicamente significativos	Tratamento de câncer
D52	Tang, et al.	Artificial Intelligence and Machine Learning in Emergency Medicine	2020	Natureza da " caixa preta " dos modelos de rede neural, limitações na transferibilidade e implantação de modelos de uma instituição de saúde para outra	IA para a previsão dos níveis de triagem do paciente, acuidade, disposição e na detecção de condições agudas, uso de IA em pacientes que aguardam atendimento médico	Gestão de emergência pré-hospitalar, acuidade, triagem e previsão de internações, previsão de doenças médicas e diagnóstico de condições médicas, gerenciamento de departamento de emergência



D53	Chaudhari, et al.	Prospective Deployment of Deep Learning in MRI: A Framework for Important Considerations, Challenges, and Recommendations for Best Practices	2020	Dificuldade dos usuários em entender como funcionam as classificações de imagens (caixa preta de IA), problemas de reprodutibilidade de imagens computacionais e imagens naturais, tamanho de dados para treinamento do algoritmo	Desenvolvimento de métricas quantitativas que estimam a qualidade da imagem, utilizar conceitos como gradientes integrados e mapas de saliência para resolver o problema de "caixa preta de IA",	Utilização de Deep Learning em ressonância magnética.
D54	Mohanty; et al.	Opportunities of Adopting AI-Powered Robotics to Tackle COVID-19	2021	Eficácia e eficácia das tecnologias mais recentes, conflitos potenciais com as origens culturais, morais e religiosas dos usuários	Impressão 3D de equipamentos de proteção individual, próteses, dispositivos médicos. Utilização de robôs na linha de frente (reduzir contágio de profissionais da saúde), comunicação digital, robôs controlados remotamente que auxiliam pacientes a manter condições básicas de saúde, utilização de robôs na cadeia de suprimentos médicos, na entrega de mercadorias, robôs sociais para epidemia e pandemia, sistema de telemedicina e monitoramento de pacientes, cirurgias robóticas, triagem e gerenciamento de risco.	Utilização de robôs orientados pela IA, visando a redução na contaminação do Covid-19.
D55	Lee; Yoon	Application of Artificial Intelligence-Based Technologies in the Healthcare Industry: Opportunities and Challenges	2021	Responsabilidade legal pelo sistema de IA, aceitação da tecnologia, segurança e privacidade dos dados, perda do controle gerencial, perda de empregos, falta de treinamento e aceitação dos profissionais da área da saúde.	Melhoria no tratamento de doenças, maior envolvimento e participação do paciente, redução de erros médicos e melhoria na qualidade do serviço médico, melhoria da eficiência operacional e redução do custo médico, aumento da produtividade e criação de novos empregos, redução de custos dos serviços de saúde.	Aplicação da IA nos serviços de atendimentos médicos e estratégias operacionais
D56	Akbar, et al.	Artificial intelligence and guidance of medicine in the bubble	2021	Limitações da aplicação do medicamento em bolhas a capacidade limitada de carregamento do medicamento e cavitação no campo de ultrassom, validação da ferramentas, problemas de ordem ética.	Utilização de IA em imagens médicas, monitoramento de pacientes, aplicação de medicamentos direcionados aos locais necessários, desenvolvimento de medicamentos.	Aplicação de medicamentos por microbolhas, integrando IA

D57	Daley, et al.	mHealth apps for gestational diabetes mellitus that provide clinical decision support or artificial intelligence: A scoping review	2022	Segurança dos dados, privacidade dos dados, consentimento do paciente quanto ao compartilhamento dos seus dados médicos, propriedade dos dados.	Não foram relatadas oportunidades neste artigo.	Apoio ao diagnóstico e tratamento de diabetes gestacional
D58	Weissglas s	Contextual bias, the democratization of healthcare, and medical artificial intelligence in low- and middle-income countries	2021	Superar o viés contextual, fatores éticos e legais, falta de dados locais de qualidade, alto custo de implementação, problemas de regulação da tecnologia.	Reduzir a escassez de mão de obra na área da saúde, aumentar a eficiência e eficácia dos serviços médicos.	Aplicação de IA no combate à malária
D59	Fei Xing, et al.	Socio-technical barriers affecting large-scale deployment of AI-enabled wearable medical devices among the ageing population in China	2021	Aceitação da tecnologia por parte da população (mudança de paradigma), desafios técnicos quanto às dimensões dos equipamentos vestíveis, alto custo, regulação dos equipamentos por parte dos órgãos competentes, desafios legais quanto às responsabilidades sobre esta tecnologia.	Dispositivos vestíveis, apoio ao diagnóstico, predição de condição de saúde de pacientes, alertas personalizados.	Dispositivos vestíveis para detecção e gerenciamento de doenças crônicas utilizando IA.
D60	Gulffdan; Beklen; Arga	Artificial Intelligence as Accelerator for Genomic Medicine and Planetary Health	2021	Quantidade e qualidade de dados para treinamento do algoritmo, desafios regulatórios quanto à segurança e privacidade dos dados, viés do algoritmo, replicabilidade e a reprodutibilidade dos resultados, responsabilidade social em relação ao uso malicioso de IA na área da saúde.	Imagens médicas, prontuários eletrônicos de saúde, medicina genômica, apoio ao diagnóstico de doenças.	Aplicação de IA na medicina genômica.
D61	Chua; et al.	Artificial intelligence in oncology: Path to implementation	2021	Propagação de padrões incorretos ou imprecisos (viés de automação), falta de padronização dos dados médicos, viés contextual, integração de sistemas existentes com ferramentas de IA, confiança dos profissionais médicos em relação aos resultados apresentados pela IA (mudança de paradigma), desafios de regulação e governança quanto ao desenvolvimento destas ferramentas.	Auxílio na soluções de problemas complexos de oncologia, redução de custos de tratamentos oncológicos, processamento e classificação de imagens médicas, redução da imprecisão dos diagnósticos clínicos, predição de eventos clínicos.	IA em apoio à oncologia.



D62	Ji-Peng, et al.	Digital technology, tele-medicine and artificial intelligence in ophthalmology: A global perspective	2020	Triagem de pacientes, detecção de retinopatia da prematuridade, triagem automatizada de glaucoma, triagem de degeneração macular relacionada à idade , miopia, catarata, redução de custos operacionais,	Desafios técnicos para a detecção de doenças oculares, alto custo de aquisição das ferramentas de IA, desafios relacionados à regulação das tecnologias de IA, aceitação da população em geral em relação utilização de tecnologias de IA, segurança e privacidade de dados de treinamento, desafios éticos, treinamento e qualificação da equipe de trabalho, limitações do algoritmo.	Aplicações de IA na detecção de doenças na oftalmologia, ROP-DL (ferramenta de IA para a detecção de retinopatia da prematuridade),
D63	Bakker, L; Aarts, J; (...); Re dekop, K	How can we discover the most valuable types of big data and artificial intelligence-based solutions? A methodology for the efficient development of the underlying analytics that improve care	2021	Volume de dados, qualidade dos dados	Não foram relatadas oportunidades neste artigo.	Melhorias nos cuidados de saúde
D64	Alhasan, M., Hasan een, M.	Digital imaging, technologies and artificial intelligence applications during COVID-19 pandemic	2021	Problemas técnicos podem impedir a comunicação dos sistemas de IA, limitações do algoritmo, privacidade de dados, validação dos sistemas de IA.	Detecção e diagnóstico remoto, desenvolvimento de vacinas, planos de tratamento no combate ao COVID-19, redução na escala de trabalho dos profissionais de saúde, treinamento e qualificação dos profissionais de saúde, integração de imagens médicas à sistemas de IA.	Aplicação de IA no combate ao COVID-19
D65	Pierce, R., Sterckx , S., Van Biesen, W.	A riddle, wrapped in a mystery, inside an enigma: How semantic black boxes and opaque artificial intelligence confuse medical decision-making	2022	Viés do algoritmo, "caixa preta" semântica de IA, viés contextual.	Não foram relatadas oportunidades neste artigo.	Apoio a tomada de decisão médica
D66	Morales, S.; Engan,	Artificial intelligence in computational	2021	Estrutura de TI, volume de dados, viés do algoritmo, alto custo financeiro, interpretabilidade dos resultados,	Histopatologia digital	Aplicação de IA em histopatologia digital

	K., Naranjo, V.	pathology - challenges and future directions		regulamentações de acesso a dados médicos, qualidade dos dados.		
D67	Chatterjee, S., Dohan, MS.	Artificial Intelligence for Healthcare in India: Policy Initiatives, Challenges, and Recommendations	2021	Desafios relacionados a governança e regulação quanto a propriedade dos dados, desafios éticos e legais, confiança da população quanto à ferramenta de IA (mudança de paradigma), responsabilidade do uso do sistema, consentimento do paciente em relação ao uso de seus dados.	Não foram relatadas oportunidades neste artigo.	Aplicação de IA no sistema de saúde da Índia
D68	Lau, et al.	Needs Assessment Survey Identifying Research Processes Which may be Improved by Automation or Artificial Intelligence: ICU Community Modeling and Artificial Intelligence to Improve Efficiency (ICU-Comma)	2021	Responsabilidade legal pelo sistema de IA, governança e regulação, responsabilidade social.	Triagem de pacientes, melhoria na produtividade, prontuário eletrônico de pacientes.	Aplicação de IA em Unidades de Tratamento Intensivo
D69	Baxi, V; et al.	Digital pathology and artificial intelligence in translational medicine and clinical practice	2022	Generalização dos resultados, qualidade dos dados médicos, alto custo financeiro, replicabilidade e reprodutibilidade dos resultados, interpretabilidade dos dados, utilidade clínica.	Armazenamento de dados médicos, melhoria dos serviços médicos, classificação de doenças, apoio no diagnóstico e tratamento oncológico, biomarcadores, histopatologia digital, medicina genômica.	Patologia digital
D70	Wuni, AR; Botwe, BO; Akudjedu, TN	Impact of artificial intelligence on clinical radiography practice: Futuristic prospects in a low resource setting	2021	Infraestrutura de TI, internet confiável, alto custo, falta de treinamento e qualificação, desafios éticos/legais, desafios de governança e regulação, segurança e privacidade dos dados, responsabilidade social.	Aplicações de radiografia utilizando IA, detecção de tuberculose, melhoria dos serviços médicos, treinamento e qualificação.	Radiografia clínica
D71	Chen, ZX; et al.	Artificial intelligence assisted display in thoracic surgery: development and possibilities	2021	Limitações do algoritmo, generalização, interpretabilidade dos resultados, integração de sistemas.	Tomografia computadorizada utilizando IA, cirurgias torácicas, reconstrução de vasos e brônquios com impressão 3D utilizando IA, treinamento e qualificação, realidade virtual, monitoramento assistido por IA, melhoria dos serviços médicos.	Cirurgias torácicas assistidas por IA

D72	Vervoort, D; Tam, D.; Wijeyesundera, H.	Health Technology Assessment for Cardiovascular Digital Health Technologies and Artificial Intelligence: Why Is It Different?	2021	Alto custo financeiro, volume de dados, integração de sistemas, mudança de paradigma, viés do algoritmo, qualidade dos dados, desafios de governança e regulação, internet confiável, treinamento e qualificação, privacidade de dados, desafios éticos e legais.	Tomografia computadorizada utilizando IA.	Tecnologias de saúde cardiovascular utilizando IA
D73	Dwivedi, K. et al.	Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy	2021	Desafios éticos e legais, governança e regulação, privacidade de dados, propriedade de dados, processamento de dados, volume de dados, integração de sistemas, replicabilidade e reprodutibilidade dos resultados, mudança de paradigma, formato de dados, modelo de negócio, alto custo financeiro, limitações do algoritmo, viés do algoritmo, infraestrutura de TI, desafios éticos e legais	Imagens radiológicas, triagem de câncer de mama	Imagens radiológicas
D74	Wan, SH; Gu, ZH; Ni, Q	Cognitive computing and wireless communications on the edge for healthcare service robots	2020	Alto custo de sensores especiais de reconhecimento de atividades humanas, tratamento de incertezas na tomada de decisão dos robôs, erros de sensores, mau funcionamento de comunicação	Utilização de robôs em cirurgias endovasculares,	Cirurgias assistidas por robôs
D75	Carlin, C.; et al.	Role for artificial intelligence in respiratory diseases-chronic obstructive pulmonary disease	2021	Infraestrutura de TI, integração de sistemas, desafios de governança e regulação.	Treinamento e qualificação, combate ao COVID-19, melhoria dos serviços médicos, redução de custos, predição de eventos de saúde.	Otimização dos cuidados de doença de obstrução pulmonar crônica, combate ao COVID_19
D76	Bélisle-Pipon, et al.	What Makes Artificial Intelligence Exceptional in Health Technology Assessment?	2021	Limitações do algoritmo, alto custo financeiro, viés de automação, desafios éticos e legais, responsabilidade social, desafios de governança e regulação, limitações do algoritmo, problemas de atualização, desafios éticos e legais, infraestrutura de TI, volume de dados.	Melhorias dos serviços médicos	IA aplicada ao sistema de saúde
D77	Krittanawong, C., Johnson, K.W., Glic	Opportunities and challenges for artificial intelligence in clinical cardiovascular genetics	2021	Volume de dados, viés do algoritmo, treinamento e qualificação, alto custo financeiro, integração de sistemas.	Diagnóstico de doenças, combate ao COVID-19	Apoio ao diagnóstico e terapias de doenças cardiovasculares

	ksberg, B.S.					
D78	Raman, et al.	Using artificial intelligence for diabetic retinopathy screening: Policy implications	2021	Limitações do algoritmo, generalização, viés do algoritmo, interpretabilidade, qualidade de dados, desafios de governança e regulação, viés de automação, desafios éticos e legais, alto custo financeiro, privacidade dos dados.	Triagem de pacientes, redução de custos, melhoria dos serviços médicos, treinamento e qualificação.	Triagem de retinopatia diabética
D79	Aung, Y.; Wong, D.; Ting, D.	The promise of artificial intelligence: a review of the opportunities and challenges of artificial intelligence in healthcare	2021	Disponibilidade de dados, volume de dados, problemas de atualização, limitações do algoritmo, formato de dados, viés de automação, desafios éticos e legais, treinamento e qualificação, responsabilidade social.	Melhoria dos serviços médicos, aumento da produtividade, tarefas administrativas, detecção de câncer de mama, predição de eventos de saúde.	Redução da carga de trabalho, apoio ao diagnóstico, triagem e interpretação de exames, redução de custos

Fonte: Elaborado pelo autor

**APENDICE D – ARTIGO SUBMETIDO****Application of Artificial Intelligence in Hospital Organizations: a Systematic Literature Review**

Murilo Gatringer, Débora Oliveira, Sandro Rigo

**Abstract**

Artificial intelligence (AI) has presented itself as a promise that can revolutionize medicine in many aspects, from the simplest tasks to the most complex health care. Understanding what are the challenges and what are the promising opportunities for the application of AI in hospital organizations is the objective of this study. For this, a systematic review of the literature was carried out, using the Method of Theory Based on Literature, to identify these barriers that must be overcome to provide opportunities for the application of different AI technologies in the health area. The results indicate that most of the challenges are related to the data, being: privacy (which was the biggest concern identified), data volume, data security, among others. It was also identified that most of the opportunities found in the literature are related to imaging tests, i.e., using Artificial Intelligence as a tool to support diagnostic imaging.

**Keywords**

Artificial Intelligence, Challenges, Barrier, Opportunities, Applications, Hospital, Medicine, Healthcare Ehealth, Precision Medicine.

**1. Introduction**

Artificial intelligence (AI), in the field of computer science, seeks to simulate, extend and expand human intelligence to solve problems more quickly and accurately (MCCARTHY, 1959). In health services, Artificial Intelligence consists of using computers to analyze a large amount of data and, from pre-established algorithms, suggest solutions to medical problems (LOBO, 2017).

Artificial Intelligence (AI) software learns from a data set rather than receiving programming as it is done in computer systems in general (AGARWAL, et al., 2020). This process makes it possible to continuously improve processes as new data is added to the base.

Thus, artificial intelligence has been assuming an important role in clinical medicine and may contribute to decision making and operational processes (PARKES; WELLMAN, 2015).

The development of AI systems in the health area has recently undergone a significant advance (AL BADI, et al., 2021). Nevertheless, there is potential for the evolution of these systems to make them more efficient, reliable, and fast (ARORA, 2021). This may contribute to physicians having a better interpretation of complex data of different formats (BEN-ISRAEL, D.; et al., 2020), considering that one of the objectives of AI in the health area is to transform patient data into successful therapies (FILIPP, F., 2019).

There are many applications of AI in health services. Germano (2015) cites the use of AI in aiding imaging diagnosis, using pattern recognition. Johnson et al. (2018) argue that in areas where medical decisions are based on data, such as cardiology, AI can enable access to more robust quantitative data, contributing to more appropriate decisions. Other medical specialties make use of AI, such as neurology (TACCHELLA et al., 2018), dermatology (OLSEN et al., 2018), among others.

Using AI in the area of health cannot be considered something new, but the use of these systems adequately can revolutionize medicine (HAZARIKA, I., 2020). Given these characteristics peculiar to the application of artificial intelligence in the hospital context, this work has as a research question: What are the challenges and opportunities for the implementation of artificial intelligence in hospital organizations? Identifying the challenges and opportunities of the application of Artificial Intelligence in hospital organizations is the objective of this article, which will be carried out from a systematic review of the literature, using the Literature Grounded Theory (LGT) method.

The article is structured as follows: Section 2 contains the method that was applied to initiate a systematic review of the literature, containing the search strategies in the databases and criteria for selecting the articles. In section 3, it is explained how a systematic review of the literature was performed until it resulted in the 55 articles that were selected for this study. Section 4 deals with content analysis, where the results of this systematic literature review are discussed. Finally, the last section brings some final observations as well as opportunities for future studies.

## **2. Method**

The Literature Grounded Theory (LGT) was developed in the 1960s, emerging in the work of Bernie Glaser and Anselm Strauss (1967), being a method commonly used in qualitative research in social sciences (CORBIN and STRAUSS, 2008). According to Cardoso Ermel, A. P., et al. (2021), as for the structure, the LGT is divided into six stages, which are:

- Design: definition of research objectives and strategies;
- Review: selection of reliable data for the review;
- Analysis: data organization and correlation verification;
- Synthesis: new "vision" and reorganization of the analyzed data;

- Results: presentation of discoveries from the review;
- Update: need to maintain the contemporaneity of the research.

### 2.1. Search strategy

For this systematic review of the literature, the preferred reporting items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines were used. The bibliographic research was carried out in the Scopus and Web of Science (WOS) databases, and on April 10, 2021, the last search was conducted. The research strategy consisted of the combination of search terms that addressed the desired topics: "artificial intelligence" AND ("hospital\*" OR "healthcare" OR "ehealth" OR "precision medicine") AND ("barrier\*" OR "opportunit\*" AND "challenge\*"). The purpose of this research was to identify barriers and opportunities for the application of Artificial Intelligence (AI) in hospital environments. The next step was to import this list of articles into a single file using the EndNote X8.2 software (Clarivate Analytics, Philadelphia, USA). Subsequently, duplicate articles were excluded from the databases using the same software, EndNote X8.2.

### 2.2. Selection criteria

Articles published in journals, conference editorials, in English and Portuguese, peer-reviewed and without restriction of publication period were considered. First, 446 articles were selected, and 172 articles were excluded by the criterion of duplicity in the databases surveyed. After this stage, more screening criteria were applied for the exclusion of articles not relevant to the study, such as reading the titles and reading the abstracts. Below are listed these screening criteria:

- Articles that do not have in their titles the terms "Artificial Intelligence", "Challenges", "Barriers", "Opportunities", "Hospitals", "Hospital Environments";
- Articles in which, even having in their titles the terms mentioned above, do refer these subjects in their abstracts. Reading the abstracts consisted of finding articles that dealt directly with challenges and opportunities for AI applications in hospital environments;
- Regarding the language, the search was restricted only to English and Portuguese languages, the latter of which no article was found;
- No restriction criteria were applied about the area or type of study.

The results of the literature system review will be presented below.

## 3. Systematic Literature Review

Figure 1 presents the PRISMA flowchart of the selection process of the articles. Of the 446 articles initially selected, 55 articles relevant to the study remained.

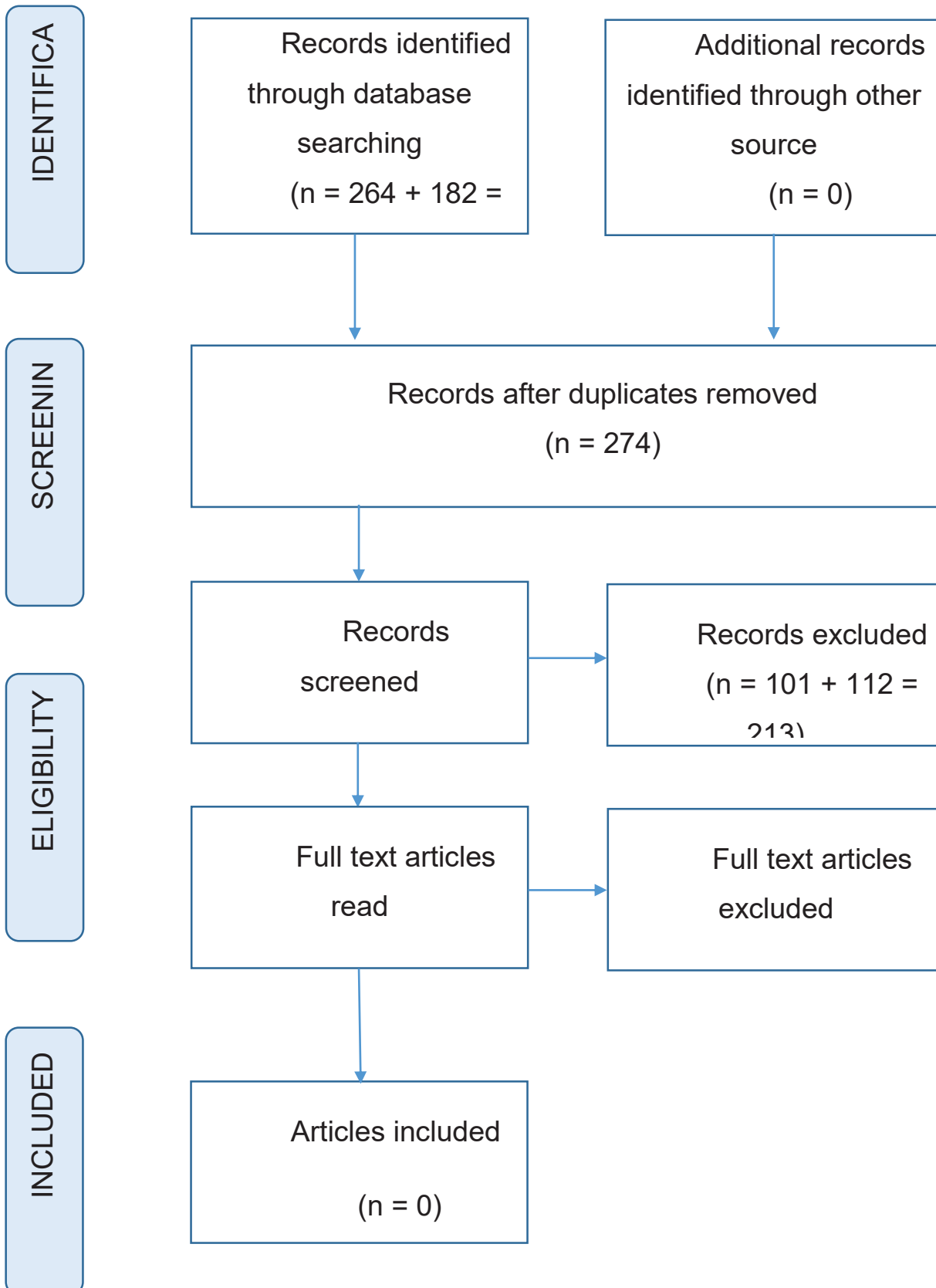




Fig. 1. Study selection process - PRISMA-flowchart

The 55 selected articles were coded as can be seen in table 1. The codes are sequential starting in D1 and ending in D55, using an Atlas.ti 9 for Windows software as a support tool. In the selected studies, most publications are concentrated between 2019 and 2021, which shows that researchers have grown interested in this subject. In Graph 1 we can verify this evolution over the time.



Gráfico 1 – Publicações selecionadas – evolução ao longo do tempo

Regarding the study area, in the articles selected in the Scopus database, we observed that most of the articles are related to medicine, followed by the areas of computer science and engineering, as can be seen in the graph below:

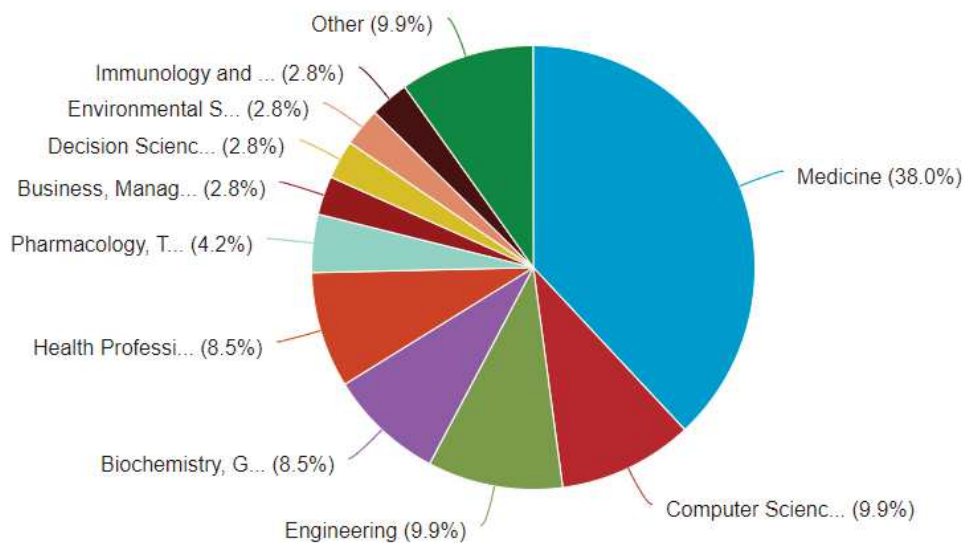


Gráfico 2 – Áreas de Estudo  
Fonte: Scopus

In the Web of Science database, we can also observe that most of the selected studies are related to the areas of medicine and engineering, demonstrated in the chart below.

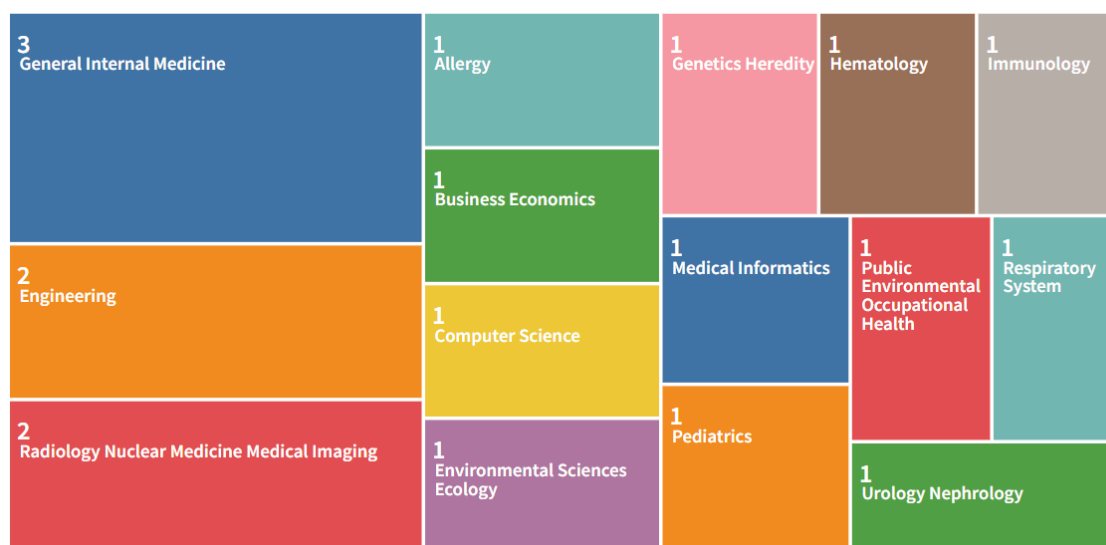


Gráfico 3 – Áreas de Estudo  
Fonte: Web of Science

Below we have the table demonstrating how the selected articles were coded:

Id.	Authors	Title	Year
D1	Agarwal, et al.	Delivering high-tech, AI-based health care at Apollo Hospitals	2020

<b>D2</b>	Ajmera, P; Jain, V	Modeling the barriers of Health 4.0-the fourth healthcare industrial revolution in India by TISM	2019
<b>D3</b>	Al Badi, et al.	Challenges of AI Adoption in the UAE Healthcare	2021
<b>D4</b>	Arora	Conceptualizing Artificial Intelligence as a Digital Healthcare Innovation: An Introductory Review	2021
<b>D5</b>	Ben-Israel, D.; et al.	The impact of machine learning on patient care: A systematic review	2020
<b>D6</b>	Blobel, et al.	Autonomous Systems and Artificial Intelligence in Healthcare Transformation to 5P Medicine – Ethical Challenges	2020
<b>D7</b>	Chan, et al.	Artificial Intelligence in Radiology: Summary of the AUR Academic Radiology and Industry Leaders Roundtable	2019
<b>D8</b>	Chen, PHC; et al.	An augmented reality microscope with real-time artificial intelligence integration for cancer diagnosis	2019
<b>D9</b>	Ferrante, et al.	Artificial intelligence in the diagnosis of pediatric allergic diseases	2020
<b>D10</b>	Filipp, F.	Opportunities for Artificial Intelligence in Advancing Precision Medicine	2019
<b>D11</b>	Grant, K; McParland, A	Applications of artificial intelligence in emergency medicine	2019
<b>D12</b>	Gruson, D; et al.	Data science, artificial intelligence, and machine learning: Opportunities for laboratory medicine and the value of positive regulation	2019
<b>D13</b>	D. V. Gunasekeran, et al.	Applications of digital health for public health responses to COVID-19: a systematic scoping review of artificial intelligence, telehealth, and related technologies	2021
<b>D14</b>	Gupta, R.K., Kumari, R.	Artificial intelligence in public health: Opportunities and challenges	2017
<b>D15</b>	Haick, H., Tang N.	Artificial Intelligence in Medical Sensors for Clinical Decisions	2021
<b>D16</b>	Hamdy, Darwish, Hassanien	Artificial Intelligence Strategy in the Age of Covid-19: Opportunities and Challenges	2021
<b>D17</b>	Hazarika, I.	Artificial intelligence: opportunities and implications for the health workforce	2020
<b>D18</b>	Hueso, M; et al.	Artificial Intelligence for the Artificial Kidney: Pointers to the Future of a Personalized Hemodialysis Therapy	2018
<b>D19</b>	Ibrahim, et al.	Radiomics for precision medicine: Current challenges, prospects, and the proposal of a new framework	2020
<b>D20</b>	Iliashenko, O., Bikkulova, Z., Dubgorn, A.	Opportunities and challenges of artificial intelligence in healthcare	2019
<b>D21</b>	Ishii, et al.	The advent of medical artificial intelligence: lessons from the Japanese approach	2020
<b>D22</b>	Kalyanakrishnan, S; et al.	Opportunities and Challenges for Artificial Intelligence in India	2018
<b>D23</b>	Kelly, CJ; et al .	Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence	2019
<b>D24</b>	Khemasuwan, Sorensen, Colt	Artificial intelligence in pulmonary medicine: computer vision, predictive model and COVID-19	2020
<b>D25</b>	Leiner, et al.	Bringing AI to the clinic: bluea print for a vendor-neutral AI deployment infrastructure	2021
<b>D26</b>	Lin S.Y., Mahoney M.R., Sinsky C.A.	Ten Ways Artificial Intelligence Will Transform Primary Care	2019

<b>D27</b>	Madabhushi, A., Lee, G.	Image analysis and machine learning in digital pathology: Challenges and opportunities	2016
<b>D28</b>	Marcu, LG; Boyd, C; Bezak, E	Current issues regarding artificial intelligence in cancer and health care. Implications for medical physicists and biomedical engineers	2019
<b>D29</b>	McComb, Bies, Ramanathan	Machine learning in pharmacometrics: Opportunities and challenges	2021
<b>D30</b>	Meskó, Görög	A short guide for medical professionals in the era of artificial intelligence	2020
<b>D31</b>	Mongelli, et al.	Challenges and Opportunities of IoT and AI in Pneumology	2020
<b>D32</b>	Muhsen, Elhassan, Hashmi	Artificial Intelligence Approaches in Hematopoietic Cell Transplantation: A Review of the Current Status and Future Directions	2018
<b>D33</b>	Nebeker, C; Torous, J; Ellis, RJB	Building the case for actionable ethics in digital health research supported by artificial intelligence	2019
<b>D34</b>	Olivia, et al.	Digital technology,telemedicine artificial intelligence in ophthalmology: A global perspective	2020
<b>D35</b>	Petersen, S.E., Abdulkareem, M., Leiner, T.	Artificial Intelligence Will Transform Cardiac Imaging—Opportunities and Challenges	2019
<b>D36</b>	Petitgand, et al.	Investigating the Barriers to Physician Adoption of an Artificial Intelligence-Based Decision Support System in Emergency Care: An Interpretative Qualitative Study	2020
<b>D37</b>	Racine, E., Boehlen, W., Sample, M.	Healthcare uses of artificial intelligence: Challenges and opportunities for growth	2019
<b>D38</b>	Seyhan, AA; Carini, C	Are innovation and new technologies in precision medicine paving a new era in ppatient centriccare?	2019
<b>D39</b>	Singh, R., et al.	Current Challenges and Barriers to Real-World Artificial Intelligence Adoption for the Healthcare System, Provider, and the Patient	2020
<b>D40</b>	Strohm, L., et al.	Implementation of artificial intelligence (AI) applications in radiology: hindering and facilitating factors	2020
<b>D41</b>	Tan, J; et al.	Primed for Psychiatry: The role of artificial intelligence and machine learning in the optimization of depression treatment	2019
<b>D42</b>	Thesmar, D.; et al.	Combining the Power of Artificial Intelligence with the Richness of Healthcare Claims Data: Opportunities and Challenges	2019
<b>D43</b>	Tiwari, A., Chaudhari, M., Rai, A.	Multidisciplinary Approach of Artificial Intelligence over Medical Imaging: A Review, Challenges, Recent Opportunities for Research	2019
<b>D44</b>	Varghese	Artificial Intelligence in Medicine: chances and challenges for wide clinical adoption	2020
<b>D45</b>	Wang, F., Preininger, A.	AI in Health: State of the Art, Challenges, and Future Directions	2019
<b>D46</b>	Wiljer, D., Hakim, Z.	Developing an Artificial Intelligence–Enabled Health Care Practice: Rewiring Health Care Professions for Better Care	2019
<b>D47</b>	Biot, J.	How will the clinical practice be impacted by artificial intelligence?	2019
<b>D48</b>	Frey, LJ	Artificial Intelligence and Integrated Genotype-Phenotype Identification	2019

<b>D49</b>	Tranter-Entwistle, et al.	The Challenges of Implementing Artificial Intelligence into Surgical Practice	2020
<b>D50</b>	Rowe, Lester	Artificial Intelligence for Personalized Preventive Adolescent Healthcare	2020
<b>D51</b>	Vidyasagar, M.	Identifying predictive features in drug response using machine learning: Opportunities and challenges	2015
<b>D52</b>	Tang, et al.	Artificial Intelligence and Machine Learning in Emergency Medicine	2020
<b>D53</b>	Chaudhari, et al.	Prospective Deployment of Deep Learning in MRI: A Framework for Important Considerations, Challenges, and Recommendations for Best Practices	2020
<b>D54</b>	Mohanty, et al.	Opportunities of Adopting AI-Powered Robotics to Tackle COVID-19	2021
<b>D55</b>	Lee, Yoon	Application of Artificial Intelligence-Based Technologies in the Healthcare Industry: Opportunities and Challenges	2021

#### 4. Content Analysis

Initially, the challenges and opportunities for the deployment of AI in hospital organizations were codified, also using an atlas.ti 9 for Windows software. Two large code groups were created to codify the challenges and opportunities for applying AI in hospital environments. For the challenges, codes started in successful CH of a numerical sequence were used and for the opportunities the initials OP also succeeded numerical sequence were used. In table 4, in the appendix, we have these codes, as well as comments that contribute to the understanding of the meanings of each of them. Later, within these two major groups, the main codes were created, which are topics of both challenges and opportunities, such as ethical, financial, technical, among others. At a level below these codes were created the subcodes, which are more specific codes on the said topic. From there, during the reading of the articles, the codes and subcodes were associated with the respective texts. The following each of these two groups will be detailed.

##### 4.1 – Artificial Intelligence in hospital environments

AI has been used in several health areas, and in the 55 selected articles, the largest number of applications was reported by the authors in the area of imaging diagnostics. Some authors have cited possibilities for AI applications, such as tumor detection, diabetic retinopathy, cancer detection, neuroimaging, radiography to detect osteoarthritis and detection of cardiovascular diseases, but without presenting practical examples of its implementation (TIWARI, A., CHAUDHARI, M., RAI, A., 2019; KELLY, CJ; et al., 2019). The CMR SmartHeart: Next Generation program aims to integrate cardiac information from patient reports using AI, through integrated image acquisition, reconstruction, analysis, and learning (PETERSEN, S.E., ABDULKAREEM, M., LEINER, T., 2019). Chen, et al. (2019) presented an augmented reality microscope, which uses AI to detect metastatic breast cancer in lymph nodes and the identification of prostate cancer.

The oncology area also had applications cited by the authors. Apollo Hospital in India uses IBM Watson in 10 of its centers (AGARWAL, et al., 2020). CANSAR uses genetic and

clinical data, combining them with scientific data to help fight cancer (RACINE, E., BOEHLEN, W., SAMPLE, M., 2019). We have the example of CancerLinQ, which analyzes large volumes of patient data and can guide physicians in personalized treatments (MARCU, LG; BOYD, C; BEZAK, E. 2019). Researchers used Inception V3, which is an image recognition software from Google, for lung cancer recognition (SEYHAN, AA; CARINI, C., 2019). This is a software commonly used for facial recognition, and in this case, the authors gave a new use to the tool, demonstrating that ready-made AI tools can be adapted for different purposes.

Applications in health organizations or involving their professionals have been reported, such as the initiative of the Royal Free Hospital, London, to promote the use of AI to qualify the care of their patients with acute kidney injury, but which failed due to lack of data control (WILJER, D., HAKIM, Z., 2019). In Indiana, the USA, the use of the opioid panel allows professionals, through the use of a large data set, to identify abuses and measure impact of treatments and prevention programs (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017). Also related to health organizations, but with managerial bias, applications of AI were presented in resource management, data management, such as IBM Watson Care Manager, which assists in the management of costs and management resources, in addition to declining individual health plans (RACINE, E., BOEHLEN, W., SAMPLE, M., 2019). Qventus, originally from the USA, was also presented, which is a software platform that optimizes decisions in real-time aiming at cost reduction and improvement in care, and can be used throughout the health organization (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019).

Other possibilities for health AI applications that have been presented by the authors concern its use in aiding the prevention/diagnosis of diseases, although Lau and Staccini (2019) do not cite practical examples of use, as well as Ben-Israel (2020) do not cite practical examples of use, as well as Ben-Israel (2020) do not cite practical examples of use, as well as Ben-Israel (2020) do not cite practical examples of use, as well as Ben-Israel (2020).

Genomics/phenotypes are applications cited in three articles (AGARWAL, et al., 2020). Slavkin (2020) reports opportunities for applying AI in genomics for oral health care, but does not mention any practical application, as did Frey (2019), who reported applications of deep learning techniques in genomics, without mentioning the health organization in question or AI system implemented. Agarwal, et al. (2020) presented the application of the Apollo Hospital in the areas of genomics and oncology in partnership with IBM (Watson).

Another area of health that had AI applications mentioned was cardiology. At Apollo Hospital in India, an AI application provided by Microsoft is already used, which through a scoring system allows doctors to predict the risk of cardiovascular disease (AGARWAL, et al., 2020). Kelly (2019) reports the application of AI systems in studies developed by Apple to use its watch in the detection of atrial fibrillation.

Applications related to precision medicine, such as Ventana Panel MMR IHC, used to detect biomarkers in patients diagnosed with rectal colorectal cancer (Seyhan, AA; CARINI, C., 2019) and telemedicine (WAN, SH; GU, ZH; NI, Q. 2020), and the authors cited opportunities but did not point out practical examples of application. Applications in the areas of clinical data analysis (RACINE, E., BOEHLEN, W., SAMPLE, M., 2019) and electronic health records (WANG, F., PREININGER, A., 2019).

The RETAIN model is an example of the application of AI in the analysis of structured data from electronic health records (RES) in the risk forecast of congestive heart failure (WANG, F., PREININGER, A., 2019).

The authors also presented applications of AI in care using chatbots, being possible through the collected data to direct the patient to an appropriate physician (AGARWAL, et al., 2020). In helping patients maintain healthy habits, Gymfitty, a cell phone application that uses AI to monitor performance in physical activities and adapt training from the collected data (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019) was cited.

Laboratory processes (GRUSON, D; et al., 2019), pharmaceutical research and biomedical literature (WANG, F., PREININGER, A., 2019). In the case of pharmaceutical research, authors Wang and Preininger (2019) cite an example of a clinical trial for drug development, without nominating the project. In relation to the biomedical literature, the DNorm is mentioned, which through machine learning seeks to classify and normalize this material (WANG, F., PREININGER, A., 2019). In the area of digital pathology, Madabhushi and Lee (2016) cited AI applications using deep learning to detect colon cancer, but the author did not name the project or institution that uses such a tool. Gruson, et al (2019) suggest that AI can be applied in laboratory processes in the optimization and management of tasks, assisting in repetitive and routine activities, but without citing practical examples of its implementation. For example, DNorm is an automated method that uses machine learning, with the aim of normalizing diseases cited in the biomedical literature (WANG, F., PREININGER, A., 2019).

The authors also reported applications of AI in psychotherapy, as in the report of the Aifred Health team, from IBM Watson AI XPRIZE, located in Canada, which developed a tool that uses deep learning to assist physicians in recommending better treatments related to mental health (TAN , J; et al., 2019). In emergency departments, we have the use of e-triage, which assists in the triage of patients, making a prediction of severity, presenting expressive results in its application (GRANT, K; MCPARLAND, A., 2019).

#### 4.2 - Challenges for the implementation of AI in hospital environments

Regarding the challenges for the implementation of Artificial Intelligence in hospital organizations, it was possible to identify that most of these difficulties are related to the data, which is equivalent to 31% of the selected challenges. Of these, the challenges most frequently mentioned by the authors were related to privacy (9.62%), volume (6.66%), and safety (5.18%) of patient data. Regarding the confidentiality and privacy of data, in addition to the challenge of making the population aware of the importance of using medical data (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019), there is another barrier to patients deciding to withdraw consent on the sharing of this data, given the difficulty of removing a single set of data from an algorithm (PETERSEN, S.E., ABDULKAREEM, M., LEINER, T., 2019).

**Table 2 - Incidence - Challenges**

Code	Frequency	Relative Freq.	Studies
CH. 1	17	6,29%	D3, D4, D6, D12, D13, D14, D17, D18, D25, D28, D30, D33, D35 D37, D41, D42, D49



---

<b>CH. 1.1</b>	1	0,37%	D55
<b>CH. 2</b>	1	0,37%	D46
<b>CH. 2.1</b>	14	5,18%	D5, D7, D11, D12, D23, D24, D28, D35, D36, D40, D45, D46, D49, D53
<b>CH. 2.2</b>	24	8,88%	D3, D4, D5, D11, D12, D15, D17, D18, D22, D23, D24, D30, D33, D34, D35, D37, D39, D41, D42, D45, D48, D49, D50, D53
<b>CH. 2.3</b>	1	0,37%	D23
<b>CH. 2.4</b>	1	0,37%	D44
<b>CH. 3</b>	17	6,29%	D2, D3, D9, D13, D14, D18, D20, D23, D30, D34, D35, D39, D40, D46, D47, D49, D55
<b>CH. 4</b>	16	5,92%	D2, D3, D4, D9, D12, D17, D21, D23, D28, D33, D34, D39, D45, D46, D50, D55
<b>CH. 4.1</b>	1	0,37%	D18
<b>CH. 5</b>	20	7,4%	D2, D3, D9, D17, D18, D21, D23, D24, D25, D27, D28, D30, D33, D34, D37, D39, D40, D44, D46, D49
<b>CH. 6</b>	10	3,7%	D1, D2, D4, D9, D20, D22, D34, D39, D40, D45
<b>CH. 7</b>	7	2,59%	D1, D2, D3, D20, D22, D40, D55
<b>CH. 7.1</b>	1	0,37%	D30
<b>CH. 8</b>	1	0,37%	D46
<b>CH. 8.1</b>	7	2,59%	D1, D4, D13, D23, D28, D35, D36
<b>CH. 8.2</b>	14	5,18%	D1, D3, D11, D20, D23, D24, D28, D31, D34, D35, D39, D45, D46, D50
<b>CH. 8.3</b>	6	2,22%	D1, D11, D17, D18, D23, D49
<b>CH. 8.4</b>	3	1,11%	D1, D17, D39
<b>CH. 8.5</b>	26	9,62%	D1, D2, D3, D4, D5, D7, D12, D14, D15, D16, D18, D20, D24, D25, D28, D30, D31, D33, D35, D37, D42, D45, D46, D49, D50, D55
<b>CH. 8.5.1</b>	2	0,74%	D12, D33
<b>CH. 8.6</b>	18	6,66%	D12, D16, D18, D24, D27, D28, D29, D30, D32, D33, D35, D41, D46, D47, D48, D49, D51, D53
<b>CH. 8.7</b>	6	2,22%	D2, D12, D37, D45, D46, D47
<b>CH. 8.8</b>	8	2,96%	D3, D5, D22, D30, D42, D44, D45, D49
<b>CH. 8.9</b>	1	0,37%	D49
<b>CH. 9</b>	6	2,22%	D19, D27, D34, D35, D40, D51
<b>CH. 9.1</b>	15	5,55%	D3, D8, D12, D20, D23, D28, D31, D32, D39, D40, D44, D45, D46, D49, D50
<b>CH. 10</b>	11	4,07%	D2, D4, D12, D18, D20, D25, D28, D34, D39, D46, D50
<b>CH. 11</b>	3	1,11%	D4, D24, D39
<b>CH. 12</b>	1	0,37%	D3
<b>CH. 12.1</b>	2	0,74%	D3, D9
<b>CH. 12.2</b>	1	0,37%	D34
<b>CH. 13</b>	1	0,37%	D22
<b>CH. 14</b>	3	1,11%	D25, D39, D40
<b>CH. 15</b>	2	0,74%	D23, D39
<b>CH. 16</b>	1	0,37%	D47
<b>CH. 17</b>	1	0,37%	D52
<b>Total</b>	270	100%	

---



There is also a concern about the reliability of the data, which corresponds to 2.22% of the challenges identified in the selected articles. An AI system can use data provided by a developer from another country, bringing problems with about characteristics of each region, producing unforeseen errors and false results (AGARWAL, et al., 2020), and it is necessary to standardize the medical records used by health organizations (GRANT, K; MCPARLAND, A, 2019). There is also a difficulty in using past data due to lack of information or inaccuracies, or even the way in which these data are recorded, often on paper (TRANTER-ENTWISTLE, et al., 2020).

On the other hand, it is important to structure the system that meets the technical and legal requirements regarding the sharing of clinical data (0.74% of the selected challenges), system inoperability (7.9%), and clinical accountability (0.37%) when errors occur (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017), making it fundamental for health organizations to evolve in this aspect (WILJER, D; HAKIM, Z, 2019). It is also important to develop techniques that ensure data anonymization, as only the deletion of personal data, such as document numbers, phone numbers or social security data, is no longer sufficient to ensure privacy. Data triangulation techniques allow the detection of patterns, enabling the identification of patients (THESMAR, D.; et al., 2019). The awareness of developers about the importance of patients' data is fundamental for the research and development of technological tools, respecting data ownership, data security, and user autonomy (ROWE, LESTER, 2020). The responsibility for data sharing is the responsibility of all organizations involved and throughout the process, and all patient data should be protected, including medical images (CHAN, et al., 2019).

Another important aspect is data security (corresponds to 5.18% of the selected challenges), since, in addition to the system being sufficiently safe in not allowing patient data to be accessed, it should also prevent cyber-attacks that, in a more extreme situation, can cause even deaths if diagnoses or recommendations of medications are changed (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019; WANG, F., PREININGER, A., 2019; KELLY, C.J.; et al., 2019). This said, cyber security measures are needed to protect patient data (AJMERA, P; JAIN, V, 2019), adoption of policies that regulate the use and sharing of this data (MARCUS, LG; BOYD, C; BEZAK, E, 2019), which may slow down the AI adoption process (GRUSON, D; et al., 2019). It is important to find the balance between data security and privacy so that they do not have improper applications, and the use of this data for research, training, and development of AI (Al Badi, et al., 2021), i.e. the public health interest (HAMDY, DARWISH, HASSANIEN, 2021).

Another barrier that was listed refers to the format or standardization of the data received, being equivalent to 2.59% of the challenges mentioned among the selected articles. In India, for example, many physicians still use handwritten prescriptions, which makes it difficult to standardize the necessary in a system that uses AI (AGARWAL, et al., 2020). Interoperability issues occur when two systems or organizations are unable to communicate efficiently and intensively (VARGHESE, J., 2020). This lack of data patterns has made it difficult for small hospitals to implement AI (AJMERA, P; JAIN, V, 2019; KALYANAKRISHNAN, S; et al., 2018), as well as data transfer or implementation of models between health institutions (TANG, et al., 2020). About imaging, there is also a lack of standardization in shared data (TIWARI, A., CHAUDHARI, M., RAI, A., 2019), considering that AI systems work with very different architectures from what is commonly used

(ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019). In the area of radiology, for example, there is a need for IT systems that are used by radiologists to integrate with the Picture Archiving and Communication System (PACS), which is the system of standardizing the storage and communication of medical images (STROHM, L., et al., 2020).

With the current volume of medical information available and constant updates of medical knowledge, it is not acceptable that decision-making is the sole responsibility of professionals, depending on their knowledge or memory (HAZARIKA, I., 2020). For AI to succeed in its application in the health area, it is necessary to create methods that allow the integration (5.55%) of a large volume of data (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017; KELLY, CJ; et al., 2019, GRANT, K; MCPARLAND, A, 2019; FREY, LJ, 2019), generating real-time patient data (BEN-ISRAEL, D.; et al., 2020). Governments, international health agencies should work on regulating data structure standards (MARCUS, LG; BOYD, C; BEZAK, E, 2019).

Articles that presented as a challenge were also the bias of the algorithm (8.88% of the selected challenges) or what is called the "black box of AI". As a rule, model-based machine learning algorithms reflect what they have been trained to do (ROWE, LESTER, 2020). There is debate as to whether algorithm interpretation is necessary (WANG, F., PREININGER, A., 2019). Considering that the big AI developers are in the USA, wouldn't their models take into account only aspects of American society (CATH, C., 2018)? In addition to the limitation existing by the size of the data set that can be small (5.18%), demographic factors may be present in the algorithm (SINGH, R., et al., 2020). The way the algorithm makes its decisions (AI black box) is an important concern, given that it may contain some bias in the way the tool operates (PETERSEN, S.E., ABDULKAREEM, M., LEINER, T., 2019; RACINE, E., BOEHLER, W., SAMPLE, M., 2019; KELLY, CJ; et al., 2019; GRUSON, D; et al., 2019), and maybe influenced by the interests of large corporations (CATH, C., 2018). It is also possible for health plan operators to use AI forecasts to calculate discounts, monthly fees, or even deny requests for health insurance based on disease forecasts (THESMAR, D.; et al., 2019). There is a need for regulatory bodies to provide appropriate direction on ethical issues, risk assessment, usability, and impact of the use of AI technology (NEBEKER, C; TOROUS, J; Ellis, RJB.,2019).

There is concern about how the algorithm makes its decisions (CHAUDHARI, et al., 2020), as well as a difficulty of professionals in understanding and explaining this situation (TANG, et al., 2020). Regulatory agencies have been working to make systems increasingly reliable and secure (6.29%), which is likely to allow algorithms to be more explainable in the future (SINGH, R., et al., 2020). Currently, the difficulty is in understanding what data the algorithm is based on, whether there is political, social, religious, ethnic influence. About their decision-making, whether the algorithm can assume a discriminatory bias (KELLY, CJ; et al., 2019; PETERSEN, SE, ABDULKAREEM, M, LEINER, T, 2019; HUESO, M; et al., 2018) or the possibility of under-representation of minorities, which impairs the generalization (0.37%) of results (TAN, J; et al., 2019).

In addition, situations may occur where the algorithm generates information that is not useful to physicians or other health professionals (GRANT, K; MCPARLAND, A, 2019). The bias of the algorithm takes place in the input of the data, from three aspects: either by human prejudice, prejudice inserted into the algorithm (intentional or not), or in the approaches that

health systems apply to data (Al Badi, et al., 2021). Explaining how Artificial Intelligence makes its decisions is a very important aspect to increase the confidence of both health professionals and the population that can use these tools (MESKÓ, GÖRÖG, 2020).

On the tool (algorithm) there are barriers related to system reliability in relation to errors or interruptions in operation (AJMERA, P; JAIN, V., 2019; GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017). In addition, there are difficulties related to the lack of tools that access the data assertively (WILJER, D; HAKIM, Z, 2019).

While customizing AI tools better meets the needs of organizations, some difficulties may appear when adopting this system model. The lack of qualified personnel – training and qualification correspond to 5.92% of the challenges – to develop and maintain this type of system can be a major challenge to be faced by organizations (SINGH, R., et al., 2020). In addition, the idea of an AI algorithm "bought in a supermarket" may not meet all the needs of the institution that is acquiring it. AI deployment platforms can solve this problem as well as minimize the risk of technology vendor dependency (LEINER, et al., 2021).

Ethical/regulatory challenges (6.29%) were also cited as barriers by some authors. There are ethical concerns also related to the privacy of patients that should be taken into account (D. V. GUNASEKERAN, et al., 2021). As for regulation, it should be noted that an AI-based system requires the entire approval routine such as a medical device (VARGHESE, J., 2020). Regarding ethical factors, it is up to the health institution to educate all professionals involved in AI processes, so that they act in a desirable, responsible, and ethical manner in the handling of patient data (WILJER, D., HAKIM, Z., 2019). There is a challenge to be faced with liability in the event of medical error using AI systems. To whom can liability be attributed? System developers, who ordered the system or who operates these systems that use AI? These are important considerations to be discussed and clarified (LEE, YOON, 2021).

Challenges related to resistance/adaptation of professionals and patients (6.29%) about the use of AI (PETITGAND, et al., 2020) were also presented in the articles. Many professionals still use handwritten prescriptions (AGARWAL, et al., 2020) in addition to the barrier related to the paradigm of physicians believing in ai recommendations in daily practices (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017). Therefore, professionals who will work with the aid of AI must have constant training and monitoring, as well as the definition of which competencies and qualifications each professional should receive (GRUSON, D; et al., 2019). It is also not believable that we think that the population will easily accept that their data be shared (PETERSEN, S.E., ABDULKAREEM, M., LEINER, T., 2019), because a large part of the population does not understand the need to use AI in health (LAU, A.Y.S., STACCINI, P., 2019). Will patients accept a diagnosis that was made by a computer system (SINGH, R., et al., 2020)? That is, for AI to reach maturity in the medical area, it is necessary to engage physicians and patients (SEYHAN, AA; CARINI, C., 2019), and physicians, in addition to continuing to have decision-making power, are fundamental in the role of transmitting a sense of comfort, something unlikely to be achieved through machines (HUESO, M; et al., 2018.). This is a relevant aspect in the application of health technologies, which is the issue of maintaining the issue of humanization in health care, in which technological tools serve as support for diagnosis or treatment, never completely replacing the important contribution of human intervention.

Problems related to the structure/equipment of health institutions were considered in 4.07% of the selected challenges. Not having enough data or Big Data can be an important barrier (WILJER, D., HAKIM, Z., 2019; PETERSEN, IF; ABDULKAREEM, M; LEINER, T., 2019). The lack of equipment or even technical limitations of these can be considered a great challenge. In pathology, for example, the lack of 3D scanners or the limitations of scanners in color detection is an impediment (MADABHUSHI, A., LEE, G., 2016). The lack of qualified physicians (KALYANAKRISHNAN, S; et al., 2018) and other professionals trained to operate the equipment is also an important barrier (CHEN, PHC; et al., 2019).

Another barrier presented is related to the cost of implementation and maintenance of AI. Costs of equipment for the implementation of ophthalmologic telemedicine, for example, are very high, making it an impediment for many clinics (J. -P. O. LI, et al., 2020). Accessing large data can have a high cost depending on how workloads are done (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019). Sensors are essential for AI systems to recognize human behavior. However, its costs are still very high (WAN, SH; GU, ZH; NI, Q., 2020). In general, deploying Health 4.0 technologies, which are industry 4.0 technologies integrated into the health area, requires a high investment (AJMERA, P; JAIN, V., 2019). In addition to cost, a major challenge about biomarkers is the ability to reproduce quantitative medical images, as well as the sensitivity of these resources (IBRAHIM, et al., 2020).

Another factor related in some articles as a challenge was the availability of AI for low-income people, in the view of given costs (3.7%). Technical difficulties due to the large amount of data generated (SEYHAN, AA; CARINI, C., 2019), problems of generalization of results, which may be affected by the lack of data (TAN, J; et al., 2019). Social issues were also addressed (2.59%), such as the possibility of job loss (MOHANTY, et al., 2021), which is a perception of health professionals (KHEMASUWAN, SORENSEN, COLT, 2020), in addition to language-related barriers (0.37%), as in India, where more than 700 languages are spoken and the AI system must be prepared to identify medical terms in different languages (KALYANAKRISHNAN, S; et al., 2018). Table 3 presents a summary of the incidence of the main codes in the selected articles. It is organized in descending order and explains how often the challenges were identified in these studies.

<b>Code</b>	<b>Frequency</b>	<b>Relative Freq.</b>
<b>CH. 8 - Data</b>	92	34,04%
<b>CH. 2 - Algorithm</b>	41	15,17%
<b>CH. 9 - Technical</b>	21	7,77%
<b>CH. 5 - Governance and Regulation</b>	20	7,40%
<b>CH. 1 - Ethical and Legal</b>	18	6,66%
<b>CH. 3 - Paradigm Shift</b>	17	6,29%
<b>CH. 4 - Training and Qualification</b>	17	6,29%
<b>CH. 10 - IT Infrastructure</b>	11	4,07%
<b>CH. 6 - Financial - High Cost</b>	10	3,70%
<b>CH. 7 - Social Responsibility</b>	8	2,96%
<b>CH. 12 - System</b>	4	1,48%
<b>CH. 11 - Implementation Period</b>	3	1,11%
<b>CH. 14 - Business Model</b>	3	1,11%
<b>CH. 15 - Staff Integration</b>	2	0,74%
<b>CH. 13 - Language</b>	1	0,37%

CH. 16 - New Work Methodology	1	0,37%
CH. 17 - Triaging of Patients	1	0,37%

It was observed that most of the challenges are directly related to data, which demonstrates a great concern with security, privacy, data traffic, among others. Much cited are also the challenges that must be overcome about the algorithm, about the understanding of how it makes its decisions or limitations currently existing. Technical, governance, and regulatory challenges, ethical or legal, paradigm shift, training, and qualification also appear as main difficulties to be faced in relation to the main selected codes.

From the data analysis, it was possible to propose the categorization of the identified challenges according to the stage in which they are presented: (i) challenges for the development of the tool; (ii) challenges for implementation; (iii) and challenges for AI operation in hospital organizations. This classification can contribute to the analysis of the actors involved in the decision-making about the feasibility or not of adopting this technology.

Figure 2 shows how the challenges for the application of AI in hospital organizations were arranged, according to this new proposed approach. Each of these three categories will be detailed below.

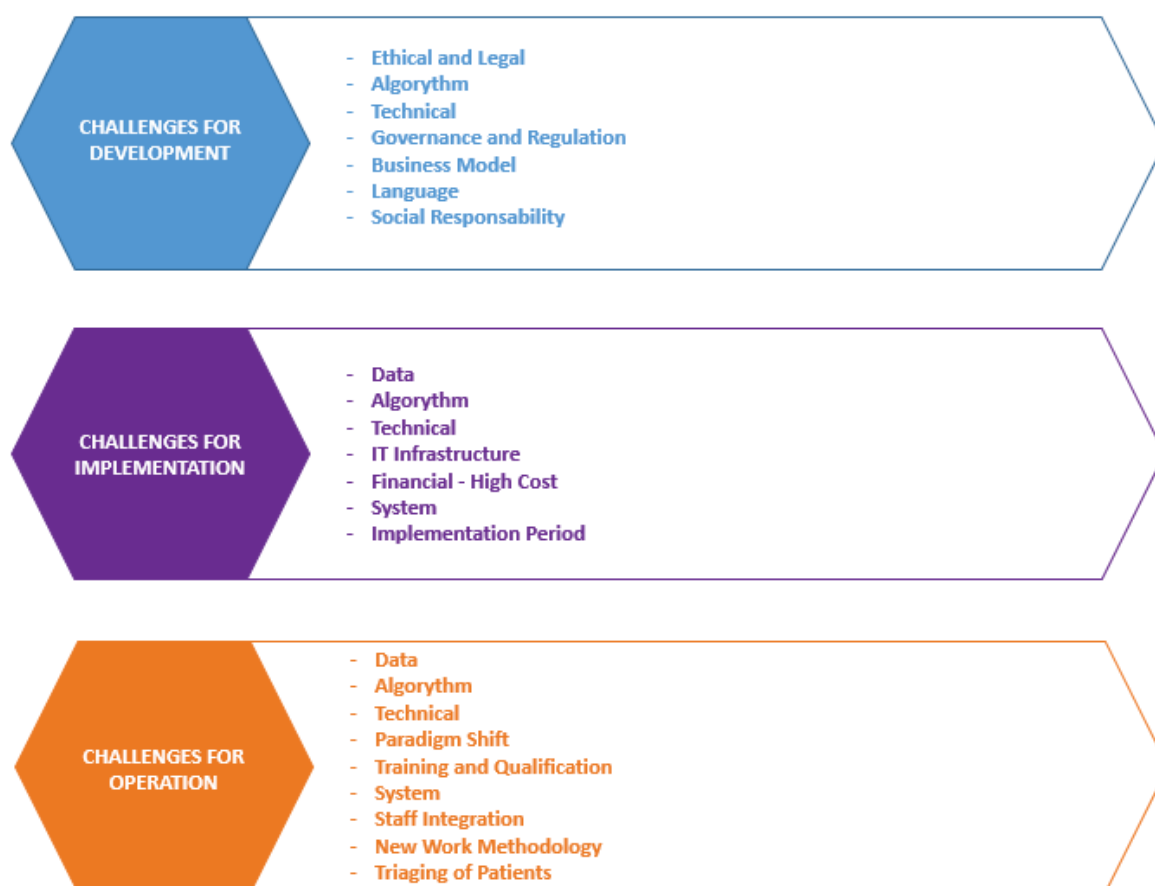


Fig. 2. Challenges - new classification proposal



In the development phase of AI tools or software, the following challenges were identified: ethical and legal, algorithm-related, technical, governance or regulatory challenges, business model, language and social.

Regarding the ethical and legal challenges in the development of AI tools, it is essential that there is a balance between technologies, individuals and society, that is, algorithms must take into account the laws in force in the way in which their decision-making is carried out decision, as well as considering local ethical factors in order to maintain the security of patient data and information.

As for the technical challenges, the system developed must necessarily be accurate and fulfill its purpose in order to be validated. Governance and regulation challenges concern the creation of fundamental requirements (by governments and control bodies) for the regulation of technologies to be adopted in the health area.

In the AI implementation phase, challenges related to: data, algorithm, technicians, IT infrastructure, financial factors, related to computer systems and implementation period were identified.

As for the operation, the challenges identified were: data, algorithm, technical challenges, paradigm shift, training and qualification, IT systems, team integration, new work methodologies and patient triage. It was noticed that most of the challenges are related to the operational issue, which suggests that this is a phase that demands greater attention and improvement.

After the proposed categorization, it was noticed that some of the challenges selected in the studies appeared in more than one category. This is due to the fact that these challenges have subdivisions that may have different approaches, falling into more than one category.

#### 4.3 - Opportunities for the implementation of AI in hospital environments

Regarding the opportunities, it was found that most of the authors mentioned the possibilities of applying AI in medical referral, screening (2.87%), and aid to complementary diagnoses (TIWARI, A., CHAUDHARI, M., RAI, A., 2019; ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019), reducing the possibility of errors (STROHM, L., et al., 2020), such as radiology and cardiology (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017; PETERSEN, IF; ABDULKAREEM, M; LEINER, T, 2019), tumor detection (MADABHUSHI, A., LEE, G., 2016). Slavkin (2020) highlights the possibility of applying AI in oral precision medicine, assisting in the diagnosis of oral cancer, periodontal disease, dental caries assessment, among other diseases. In screening in emergency departments, AI can be applied to improve patient flow, reduce waiting time, optimize resource utilization, as well as better patient risk classification (GRANT, K; MCPARLAND, A., 2019). This application may be possible using natural language processing and unstructured free text data (TANG, et al., 2020).

**Table 4 - Incidence - Opportunities**

Code	Frequency	Relative Freq.	Studies
OP. 1	7	2,87%	D11, D26, D30, D34, D50, D52, D54

---

<b>OP. 1.1</b>	1	0,41%	D32
<b>OP. 2</b>	1	0,41%	D15
<b>OP. 2.1</b>	6	2,46%	D11, D15, D31, D34, D45, D54
<b>OP. 2.2</b>	7	2,87%	D10, D14, D18, D20, D31, D38, D42
<b>OP. 2.3</b>	8	3,28%	D10, D14, D16, D21, D29, D30, D38, D45
<b>OP. 2.4</b>	2	0,82%	D14, D17
<b>OP. 2.5</b>	6	2,46%	D4, D13, D14, D24, D26, D41
<b>OP. 2.6</b>	4	1,64%	D17, D25, D34, D52
<b>OP. 3</b>	8	3,28%	D4, D14, D21, D26, D30, D34, D39, D54
<b>OP. 3.1</b>	1	0,41%	D34
<b>OP. 4</b>	10	4,10%	D12, D14, D15, D27, D28, D30, D38, D45, D47, D48
<b>OP. 4.1</b>	11	4,51%	D1, D7, D10, D12, D21, D28, D35, D38, D41, D50, D51
<b>OP. 4.1.1</b>	1	0,41%	D28
<b>OP. 4.2</b>	7	2,87%	D9, D12, D15, D19, D25, D38, D51
<b>OP. 5</b>	8	3,28%	D1, D8, D15, D26, D34, D40, D48, D55
<b>OP. 6</b>	14	5,74%	D1, D14, D16, D17, D21, D22, D26, D30, D31, D34, D40, D52, D53, D55
<b>OP. 6.1</b>	6	2,46%	D9, D26, D30, D33, D34, D45
<b>OP. 7</b>	16	6,56%	D1, D9, D12, D14, D15, D16, D17, D20, D21, D23, D26, D28, D30, D31, D42, D55
<b>OP. 7.1</b>	10	4,10%	D8, D10, D11, D12, D20, D21, D25, D27, D35, D43
<b>OP. 7.1.1</b>	3	1,23%	D11, D43, D45
<b>OP. 7.1.2</b>	6	2,46%	D14, D25, D28, D43, D53, D55
<b>OP. 7.1.3</b>	3	1,23%	D35, D43, D45
<b>OP. 7.1.4</b>	4	1,61%	D25, D28, D43, D53
<b>OP. 7.1.5</b>	1	0,41%	D28
<b>OP. 7.1.6</b>	1	0,41%	D43
<b>OP. 7.2</b>	16	6,56%	D4, D9, D10, D14, D16, D18, D21, D22, D24, D26, D31, D32, D41, D42, D50, D52
<b>OP. 7.3</b>	4	1,64%	D15, D18, D26, D38
<b>OP. 7.4</b>	2	0,82%	D9, D26
<b>OP. 7.4.1</b>	7	2,87%	D15, D16, D29, D38, D41, D45, D49
<b>OP. 7.4.1.1</b>	5	2,05%	D16, D34, D41, D45, D53
<b>OP. 7.4.2</b>	4	1,64%	D24, D27, D43, D55
<b>OP. 7.4.2.1</b>	1	0,41%	D8
<b>OP. 7.4.2.2</b>	1	0,41%	D8
<b>OP. 7.4.3</b>	4	1,64%	D15, D16, D24, D34
<b>OP. 7.4.3.1</b>	1	0,41%	D16
<b>OP. 7.4.3.2</b>	1	0,41%	D16
<b>OP. 7.4.3.3</b>	1	0,41%	D16
<b>OP. 7.4.3.4</b>	1	0,41%	D54
<b>OP. 7.4.3.5</b>	1	0,41%	D54
<b>OP. 7.4.3.6</b>	2	0,82%	D15, D54
<b>OP. 7.4.4</b>	1	0,41%	D34
<b>OP. 7.4.5</b>	1	0,41%	D34
<b>OP. 7.5</b>	3	1,23%	D12, D15, D16
<b>OP. 7.6</b>	1	0,41%	D24
<b>OP. 8</b>	1	0,41%	D21
<b>OP. 8.1</b>	1	0,41%	D21
<b>OP. 8.1.1</b>	1	0,41%	D10
<b>OP. 9</b>	4	1,64%	D4, D21, D38, D48
<b>OP. 10</b>	2	0,82%	D21, D28
<b>OP. 10.1</b>	3	1,23%	D10, D12, D21
<b>OP. 10.2</b>	1	0,41%	D21

---

<b>OP. 10.3</b>	1	0,41%	D32
<b>OP. 10.4</b>	1	0,41%	D9
<b>OP. 10.5</b>	1	0,41%	D9
<b>OP. 10.6</b>	1	0,41%	D9
<b>OP. 11</b>	4	1,64%	D12, D26, D42, D52
<b>OP. 12</b>	2	0,82%	D8, D40
<b>OP. 13</b>	1	0,41%	D42
<b>OP. 14</b>	2	0,82%	D38, D48
<b>OP. 15</b>	2	0,82%	D50, D55
<b>OP. 16</b>	3	1,23%	D15, D25, D53
<b>OP. 17</b>	1	0,41%	D55
<b>OP. 17.1</b>	1	0,41%	D55
<b>OP. 18</b>	1	0,41%	D45
<b>OP. 19</b>	1	0,41%	D45
<b>Total</b>	244	100%	

It was also mentioned the opportunity to apply AI in aid for imaging diagnosis – this being a relevant issue to be considered, considering that it is equivalent to 11.45% of the opportunities identified - (GRUSON, D; et al., 2019), helping to interpret the images (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019), besides enabling the detection of disease risk through pathological slide analysis (MADABHUSHI, A., Lee, G., 2016). In the area of magnetic resonance imaging it is possible to use algorithms based on Deep Learning (DL) for the evaluation of images instead of using human for this activity, which requires training for image quality analysis (CHAUDHARI, et al., 2020). Incorporating knowledge before DL model can optimize the image reconstruction process. Identifying patterns in cardiac images is another opportunity to apply AI (PETERSEN, SE; ABDULKAREEM, M; LEINER, T., 2019). Chen et al. (2019) proposed the use of an augmented reality microscope, integrated into an AI system for cancer detection. There is also the possibility of AI being used to improve the integration, analysis and learning of cardiac medical images (WILJER, D., HAKIM, Z., 2019), as well as in the classification of medical images (WANG, F., PREININGER, A., 2019).

The use of AI in the health area seeks to improve the efficiency and quality of medical services (5.74%) and increase the number of patients treated (AGARWAL, et al., 2020). Applying Artificial Intelligence in the training of health professionals/institutions (0.82%) was another opportunity cited by the authors. Curriculum updates are required, including the use of AI tools, robotics, data analysis in the qualification of health professionals (HAZARIKA, I., 2020). In developing countries such as India, it is essential that AI-focused training is encouraged, which could contribute to improving access to quality health care (KALYANAKRISHNAN, S; et al., 2018). The organization of an AI-enabling education model must necessarily involve awareness and training, learning process, creation of strategic partnerships and knowledge sharing among health professionals (WILJER, D., HAKIM, Z., 2019). Through AI applied in Magnetic Resonance Imaging (MRI), for example, it is possible to train physicians in discoveries (TIWARI, A., CHAUDHARI, M., RAI, A., 2019).

The authors also reported telemedicine (3.28% of the selected challenges) as an opportunity to apply AI. A problem faced in the health area is the lack of qualified physicians willing to attend outside the major centers (KALYANAKRISHNAN, S; et al., 2018). In this type of situation telemedicine could alleviate these personnel deficits because the professional



could provide care without leaving his city. Some AI applications can collect data through sensors, written responses, or voice recognition, providing recommendations or forwarding the information to the doctor (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019). The idea of using innovative technologies such as AI to collect and process data from environmental and wearable sensors in patient health monitoring (MONGELLI, et al., 2020) is promising. The personalization of health care (4.51%) is a trend and AI tools can contribute significantly to this growth (ROWE, LESTER, 2020). The development of personalized drugs (3.28%) is a promising application for AI. Through the integration of the AI system with the databases and automated systems of the laboratories it will be possible to develop these drugs (FILIPP, F., 2019). It is also possible that, through applications, medical AI consulting is offered, using medical knowledge information and patient medical history (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017).

Opportunities were also mentioned to apply AI in predicting the onset of diseases (6.56%), detection of rare or underreported diseases, besides providing more accurate diagnoses (THESMAR, D.; et al., 2019; FREY, LJ, 2019). Food allergies, for example, have become increasingly common in our daily lives, despite being complex and heterogeneous. AI through machine learning (ML) techniques can aid in a more accurate diagnosis (FERRANTE, et al., 2020).

Opportunities for the application of AI in aid in reducing hospital readmissions (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017), in the possibility of predicting real-time scenarios related to transfer to intensive care unit (ICU), ventilation removal, or sepsis management (KELLY, CJ; et al., 2019; GRUSON, D; et al., 2019), as well as in reducing waiting times in examination rooms (GUPTA, R.K., KUMARI, R., 2017) and hospitalization (KELLY, CJ; et al., 2019).

With the severe health crisis caused by COVID-19 (1.64%), many AI applications have had their implementations and studies accelerated. Some opportunities for using AI in Robots have been identified to perform the most distinct tasks on the front line of the fight against the pandemic. In addition to models of prediction and screening, AI can be used to assist in the diagnosis and treatment of infectious diseases, such as COVID-19 (KHEMASUWAN, SORENSEN, COLT, 2020). Data collection of infected patients can reduce the risk of contagion by health professionals, assist in the identification of patients, and support diagnosis. The use of drones (HAMDY, DARWISH, HASSANIEN, 2021) and robots in the medical supply chain is another reported opportunity, and this application can reduce errors in deliveries, whether in terms of description of supply as in quantities and locations, as well as reduce the exposure of professionals to the risk of contagion (MOHANTY, et al., 2021). There are also opportunities for the application of AI in the fight against COVID-19, about the identification of infected people from temperature measurement, facial recognition tools, identification and prevention of outbreaks, as well as in the development of vaccines (HAMDY, DARWISH, HASSANIEN, 2021).

Other opportunities were presented by the authors, such as: administrative management (1.64%) and allocation of resources (GRANT, K; MCPARLAND, A., 2019). Through an AI system, all cost management and management decision-making assistance would have this aid, allowing the hospital to focus on patient care (ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019). AI can also be used to assist hospital technical management (THESMAR, D.; et al., 2019), in the development of a new accountability model (CATH, C.,

2018), in an AI enabling system (WILJER, D; HAKIM, Z., 2019), business model innovation (AGARWAL, et al., 2020) and the creation of AI strategies (RACINE, E., BOEHLEN, W., SAMPLE, M., 2019). The use of AI more broadly could contribute to improving medical diagnoses, assist in disease prevention, increase accuracy with personalized care, which would impact cost reduction in the health sector (LEE, YOON, 2021).

Opportunities for the application of AI have also been reported in about pport for medical decision-making – cited by most authors, equivalent to 6.56% of the opportunities - (WANG, F., PREININGER, A., 2019), in the integration (1.23%) of clinical examinations (GRUSON, D; et al., 2019), as well as the opportunity to develop algorithms that integrate radiological, histological and molecular measurements (MADABHUSHI, A., Lee, G., 2016). Academic Departments of Radiology may contribute by demonstrating AI functionalities that can optimize workflows and mitigate the variability in diagnosis among radiologists (CHAN, et al., 2019). Advance in the development of diagnostics and personalized medicines (SEYHAN, AA; CARINI, C., 2019; ILIASHENKO, O., BIKKULOVA, Z., DUBGORN, A., 2019) is also a gap to be worked on.

There are possibilities for the application of AI in the development of dialysis devices (HUESO, M; et al., 2018), in the use of robots (0.41%) in surgeries (WAN, SH; GU, ZH; NI, Q., 2020), in support of cancer treatment, corresponding to 2.46% of the opportunities (MARCUS, LG; BOYD, C; BEZAK, E., 2019), in the cost reduction (3.28%) of pathological tests (MADABHUSHI, A., LEE, G., 2016), in algorithms that identify biomarkers - 2.87% - (VIDYASAGAR, M., 2015). There are also possibilities of external validation through radiomic signatures as clinical biomarkers (IBRAHIM, et al., 2020).

Developing systems that regulate and monitor algorithms and their updates is an excellent opportunity to increase the degree of confidence in tools, as well as facilitate implementation by developers (MESKÓ, GÖRÖG, 2020). The current scenario proved to be fundamental to the technical and clinical validation of these systems rigorously and transparently (J. -P. O. LI, et al., 2020).

Table 5 shows the incidence of opportunities perceived in the articles selected in this study.

<b>Code</b>	<b>Frequency</b>	<b>Relative Freq.</b>
OP. 7 - Diagnostic Aid and Treatment Plans	101	41,38%
OP. 2 - Health Care	34	13,94%
OP. 4 - Precision Medicine	29	11,89%
OP. 6 - Improvement of Medical Services	20	8,20%
OP. 10 - Disease Classification	10	4,10%
OP. 3 - Telemedicine	9	3,69%
OP. 1 - Triaging of Patients	8	3,28%
OP. 5 - Financial - Cost Savings	8	3,28%
OP. 9 - Genomic Medicine	4	1,64%
OP. 11 - Administrative Tasks	4	1,64%
OP. 8 - Data	3	1,23%
OP. 16 - Systems Integration	3	1,23%
OP. 12 - Training and Qualification	2	0,82%
OP. 14 - Phenomics	2	0,82%

---

OP. 15 - Human-Centered AI	2	0,82%
OP. 17 - Social Responsibility	2	0,82%
OP. 13 - Reducing Human Bias	1	0,41%
OP. 18 - Multi-omics Data	1	0,41%
OP. 19 - Behavioral Data Analysis	1	0,41%

---

About the opportunities, the highest incidence occurred about support for diagnosis and treatment plans, and their respective subcodes show us that most of these opportunities are concentrated in supporting the diagnosis by imaging. Opportunities in health care, precision medicine, and improvement of medical services were also widely mentioned, and these are the main topics mentioned where there are opportunities for the application of artificial intelligence.

The analysis of the identified opportunities made it possible to propose a new categorization of them, considering the predominantly affected stakeholders: (i) opportunities in relation to the development of AI tools or software; (ii) opportunities for medical applications; (iii) and opportunities related to the operational part of AI in hospital organizations. Figure 3 shows the proposed classification. The objective of this proposition is to contribute to organizations that intend to implement some tool or software that uses AI, making available in an organized way the opportunities of these applications that were found in the literature, which can serve as a subsidy to overcome the identified challenges. Next, each of these categories will be detailed.

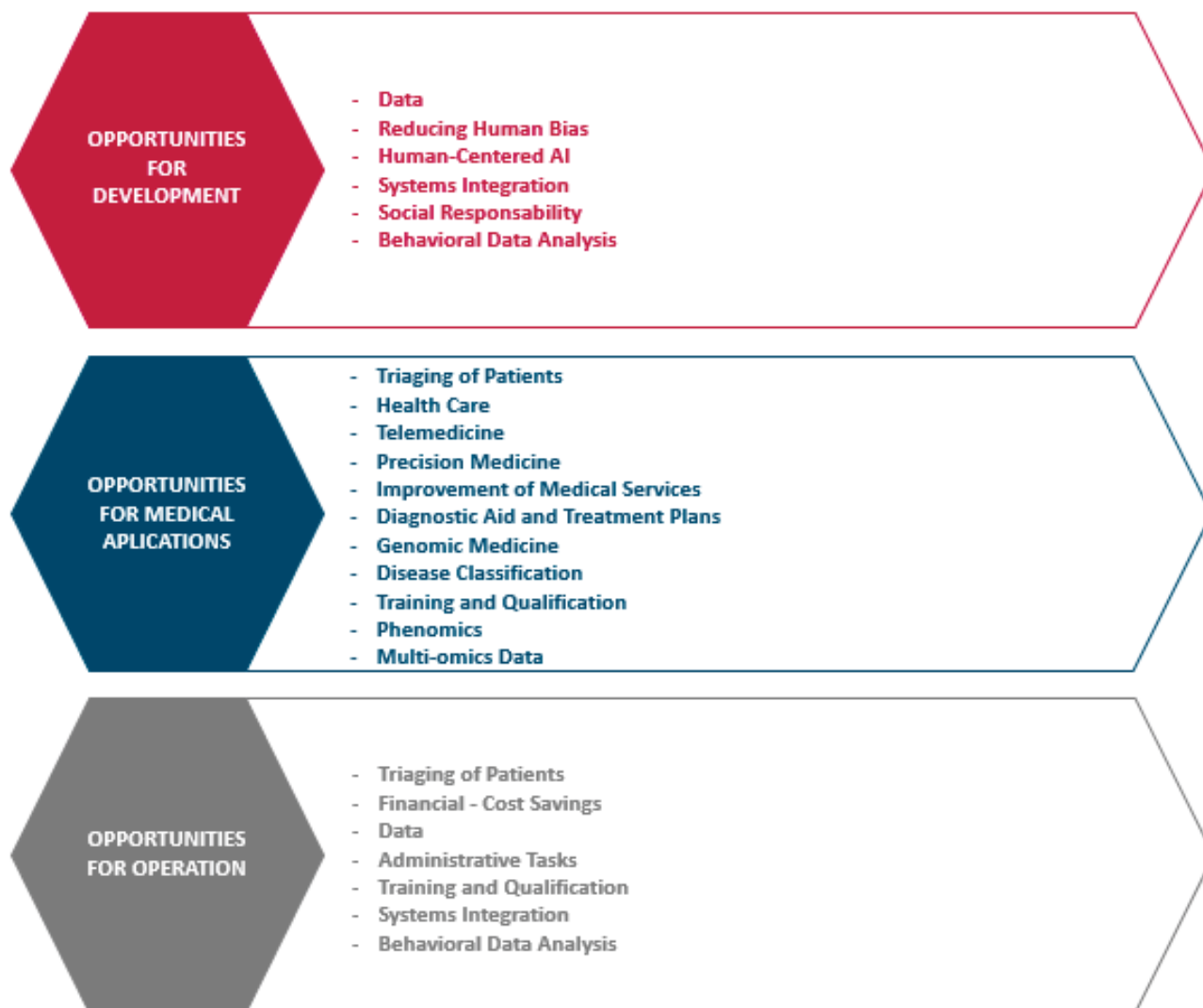


Fig. 3. Opportunities - new classification proposal

Regarding the development of AI tools or software, the following opportunities were listed: data, reduction of human bias (in the tool), human-centered AI development, integration of information systems, social responsibility (concern for jobs) and opportunities related to behavioral data analysis.

Most of the selected opportunities are related to medical applications, namely: patient screening, healthcare, telemedicine, precision medicine, improvement of medical services, aid in diagnosis and development of treatment plans, genomic medicine, disease classification, training and qualification, phenomic medicine and multi-omic data.

In the operational area, the following opportunities were identified: triage of patients, cost reduction, opportunities related to treatment, use of data, optimization of administrative tasks, training and qualification, integration of computer systems and analysis of behavioral data.

Here, it was also noted that some opportunities appear in more than one category, also with different approaches, as identified in the previous section that analyzed the challenges.

## Conclusions

A systematic review of the literature should contribute to the development of scientific knowledge in the area in which it proposes to study, producing a theoretical basis, indicating gaps and possible future approaches. This article sought to present the current state of the art, based on the Method of Grounded Theory in Literature (LGT), in which it was possible to identify the challenges and opportunities for the application of AI in hospital organizations.

Using atlas.ti software as a support tool it was possible to code these challenges (37 codes) and opportunities (67 codes). From these data, it was found that the use of AI in the health area has grown a lot in recent years, but still has a long way to go, presenting good prospects of consolidating in the health area.

From the proposal presented in the article that sought to classify both challenges and opportunities, it is expected to contribute to hospital organizations, demonstrating in a practical and organized way the situations that can be found in daily life.

About the challenges, the barriers that were identified in the literature about the development of AI tools or software were objectively separated, so that managers can previously evaluate the feasibility or not of the elaboration of a project using this technology. We also presented the difficulties that can be encountered at the time of ai implantation, which should also be considered in a project evaluation by decision-makers. Subsequently, challenges that can be found in the operation of this technology (AI) were selected, which can be used to prevent certain difficulties that may occur in the use itself.

There are some barriers to overcome, and this RSL has shown that currently, the biggest concern about AI concerns the security, privacy, and use of patient data. On the other hand, this study demonstrated that there are several opportunities for the application of AI, especially about medical applications, specifically linked to support for diagnostic imaging. Finally, it was found that the development of AI systems in the health area, as well as the integration with existing medical systems, can significantly improve the quality of health services provided.

## Conflicts of Interest

The authors declare no conflicts of interest related to this work.

## Funding:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Appendix (Tables 6 and 7):

Table 6 - Codification		
Code	Comments	Code Group
CH. 1 - Ethical and Legal	Ethical and legal challenges such as algorithm black box, country legislation.	Gp1 - Challenges

---

<b>CH. 1.1 - Accountability of the System Use</b>	Who is responsible for the system? Developer, hospital, doctor?	Gp1 - Challenges
<b>Algorithm</b>	Algorithm-related challenges	Gp1 - Challenges
<b>CH. 2.1 - Algorithm Limitations</b>	Technical limitations of the algorithm	Gp1 - Challenges
<b>CH. 2.2 - Algorithm Bias</b>	Viés intencional ou não do algoritmo (caixa preta)	Gp1 - Challenges
<b>CH. 2.3 - Generalisability</b>	Generalisability from medical data	Gp1 - Challenges
<b>CH. 2.4 - Interpretability</b>	Algorithmic explicability	Gp1 - Challenges
<b>CH. 3 - Paradigm Shift</b>	Change in the way AI is seen by health professionals and the general population (prejudice)	Gp1 - Challenges
<b>CH. 4 - Training and Qualification</b>	Need for qualification about new technologies (AI)	Gp1 - Challenges
<b>CH. 4.1 - Skill Reduction of Physicians</b>	The use of technologies can decrease the ability of health professionals	Gp1 - Challenges
<b>CH. 5 - Governance and Regulation</b>	Laws, rules, regulations that vary from country to country	Gp1 - Challenges
<b>CH. 6 - Financial - High Cost</b>	High cost for AI development and application	Gp1 - Challenges
<b>CH. 7 - Social Responsibility</b>	Job Losses, new Jobs <sup>[7]</sup>	Gp1 - Challenges
<b>CH. 7.1 - Human-Centered IA</b>	AI developed with the human being in mind	Gp1 - Challenges
<b>CH. 8 - Data</b>	Challenges related to medical data	Gp1 - Challenges
<b>CH. 8.1 - Data Format</b>	Incompatibility of medical data between systems and AI	Gp1 - Challenges
<b>CH. 8.2 - Data Security</b>	Challenges to ensure the security of patient data against intrusion, loss, unauthorized access	Gp1 - Challenges
<b>CH. 8.3 - Data Reliability</b>	Reliability that the data are of quality, not producing false results	Gp1 - Challenges
<b>CH. 8.4 - Data Processing</b>	Challenge in processing an amount of data due to size, format, computational structure	Gp1 - Challenges
<b>CH. 8.5 - Data Privacy</b>	Concern about the use of patient data	Gp1 - Challenges
<b>CH. 8.5.1 - Patient Consent</b>	Patients must authorize the use of their data	Gp1 - Challenges
<b>CH. 8.6 - Data Volume</b>	Difficulty using large amounts of data	Gp1 - Challenges
<b>CH. 8.7 - Data Ownership/Intellectual Property</b>	Issues such as patents, copyrights, and licensing	Gp1 - Challenges
<b>CH. 8.8 - Data Quality</b>	Challenge in ensuring the use of quality input data	Gp1 - Challenges
<b>CH. 8.9 - Retrospective Data</b>	Future studies need prospective data	Gp1 - Challenges
<b>CH. 9 - Technical</b>	Technical difficulties about structure, equipment, algorithm	Gp1 - Challenges
<b>CH. 9.1 - Systems Integration</b>	Difficulties regarding compatibility between already used medical systems and AI	Gp1 - Challenges
<b>CH. 10 - IT Infrastructure</b>	Limitations on infrastructure	Gp1 - Challenges
<b>CH. 11 - Implementation Period</b>	Time for development, implementation of AI	Gp1 - Challenges
<b>CH. 12 - System</b>	System-related challenges	Gp1 - Challenges
<b>CH. 12.1 - Automation Bias</b>	Only consider system suggestions	Gp1 - Challenges
<b>CH. 12.2 - Validation of System</b>	Difficulties in validating the system	Gp1 - Challenges
<b>CH. 13 - Language</b>	Challenges related to languages, dialects	Gp1 - Challenges

---



---

<b>CH. 14 - Business Model</b>	Definition of the model to be adopted, whether it is buying a ready-made system or developing it yourself	Gp1 - Challenges
<b>CH. 15 - Staff Integration</b>	Integration of IT teams, doctors, other employees	Gp1 - Challenges
<b>CH. 16 - New Work Methodology</b>	New working methods that must change from signal collection to diagnosis	Gp1 - Challenges
<b>CH. 17 - Triaging of Patients</b>	Screening of patients for severity, type of treatment...	Gp1 - Challenges
<b>OP. 1 - Triaging of Patients</b>	Screening of patients for severity, type of treatment...	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 1.1 - Donor-Recipient Pairs</b>	Selection of donor-recipient pairs	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 2 - Health Care</b>	Health care opportunities	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 2.1 - Clinical Monitoring</b>	Monitoring through devices	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 2.2 - Medication Management</b>	Management of schedules, quantities...	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 2.3 - Drug Development</b>	Assistance in drug development	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 2.4 - Patient Support</b>	Healthier choices and decisions...	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 2.5 - Public Health</b>	AI helping to improve public health systems	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 2.6 - Productivity Increase</b>	AI improving the productivity of clinics, hospitals	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 3 - Telemedicine</b>	AI systems supporting distance medicine	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 3.1 - 5th Generation (5G) Telecommunications</b>	Best AI Systems Using 5G	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 4 - Precision Medicine</b>	Diagnoses, personalized treatments	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 4.1 - Personalized Treatment</b>	Diagnoses, personalized treatments	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 4.1.1 - Radiation Oncology</b>	AI supporting cancer diagnosis	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 4.2 - Biomarkers</b>	Biomarkers using AI	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 5 - Financial - Cost Savings</b>	Cost reduction	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 6 - Improvement of Medical Services</b>	AI to improve medical services	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 6.1 - Electronic Health Record</b>	Electronic Health Record using AI	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7 - Diagnostic Aid and Treatment Plans</b>	AI supporting diagnoses and treatment plans	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.1 - Diagnostic Imaging</b>	AI supporting diagnostics imaging	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.1.1 - Computed Tomography</b>	Tomography using AI	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.1.2 - Radiological Images</b>	Radiology using AI	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.1.3 - Cardiac Imaging</b>	Cardiac exams using AI	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.1.4 - Magnetic Resonance Imaging</b>	MRI using AI	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.1.5 - Radiomics</b>	Radiomic using AI	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.1.6 - Ultrasound</b>	Ultrasound using AI	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.2 - Prediction of Health Events</b>	Forecasting diseases and other events	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.3 - Wearable Devices</b>	AI using wireless devices	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.4 - Disease Diagnosis</b>	AI in support of diagnosis	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.4.1 - Machine Learning</b>	ML supporting diagnostics imaging	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.4.1.1 - Deep Learning</b>	DL supporting diagnostics imaging	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.4.2 - Oncology</b>	AI supporting diagnostic imaging in cancer detection	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.4.2.1 - Metastatic Breast Cancer</b>	AI supporting diagnostic imaging in breast cancer detection	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.4.2.2 - Cancer in Prostate</b>	AI supporting diagnostic imaging in cancer in prostate detection	Gp2 - Opportunities

---

---

<b>OP. 7.4.3 - SARS-CoV-2</b>	AI supporting diagnostic imaging in COVID-19	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.4.3.1 - Facial Recognition</b>	Tracking the origin of the virus from facial recognition	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.4.3.2 - Radiograph with AI</b>	Radiograph using AI	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.4.3.3 - CT Images with AI</b>	CT using AI	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.4.3.4 - 3D Printing</b>	Manufacture critical parts	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.4.3.5 - Robots</b>	Use of robots to reduce COVID-19 contamination	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.4.3.6 - Digital Communications</b>	Portable integrated devices that combine embedded sensors and communication technologies, health sensing, and monitoring by mobile devices	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.4.4 - Diabetic Retinopathy</b>	Diabetic Retinopathy detection using AI	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.4.5 - Glaucoma</b>	Glaucoma detection using AI	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.5 - Early Diagnosis</b>	AI supporting early diagnosis	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 7.6 - Pulmonary Fibrosis</b>	Pulmonary Fibrosis detection using AI	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 8 - Data</b>	Use of data by AI	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 8.1 - Data Processing</b>	Opportunities to process large volumes of data, data of different formats...	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 8.1.1 - Unstructured Data Organization</b>	Organization of unstructured data	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 9 - Genomic Medicine</b>	Genomic medicine	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 10 - Disease Classification</b>	AI in aiding the classification of diseases	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 10.1 - Oncology</b>	AI in cancer classification aid	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 10.2 - Breast Tumors</b>	AI in breast tumors classification aid	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 10.3 - Graft Versus Host Disease</b>	AI in Graft Versus Host Disease classification aid	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 10.4 - Eczema</b>	AI in eczema classification aid	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 10.5 - Food Allergy</b>	AI in food allergy classification aid	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 10.6 - Respiratory Allergic Diseases</b>	AI in respiratory allergic classification aid	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 11 - Administrative Tasks</b>	AI increases productivity in administrative tasks	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 12 - Training and Qualification</b>	Training and Qualification Opportunities in AI Systems	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 13 - Reducing Human Bias</b>	Opportunities to reduce human bias on AI	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 14 - Phenomics</b>	Phenomics medicine	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 15 - Human-Centered AI</b>	Improve interaction between humans and computers	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 16 - Systems Integration</b>	Integration of medical systems with AI systems	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 17 - Social Responsibility</b>	Improving people's lives using AI, generating jobs...	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 17.1 - New Jobs</b>	AI can create new jobs, new professions	Gp2 - Opportunities
<b>OP. 18 - Multi-omics Data</b>	Multi-omics data refers to the biological process where different omics data, such as genomics, proteomics, transcriptomics, epigenomics	Gp2 - Opportunities

---



<b>Table 7 - Research Protocol</b>		
<b>Research Title:</b> Challenges and Opportunities for the Implementation of Artificial Intelligence in Hospital Environments: a Systematic Literature Review		
<b>Researcher:</b> Gatringer, M.		
<b>1. Research Question:</b>		
What are the challenges and opportunities for implementing intelligence in hospital associations?		
<b>2. Research Objective:</b>		
i) Identify challenges and opportunities in the literature for AI applications in hospital environments through a systematic review;		
<b>3. Review Scope:</b>		
Amplitude:	<input type="checkbox"/> Narrow	<input checked="" type="checkbox"/> Broad
Deepness:	<input type="checkbox"/> Superficial	<input checked="" type="checkbox"/> Deep
Review Type:	<input checked="" type="checkbox"/> Aggregative	<input type="checkbox"/> Configurative
<b>4. Theoretical Framework:</b>		
<b>5. Time Horizon:</b>		
No specific research period was defined.		
<b>6. Search String:</b>		
"artificial intelligence" AND ("hospital*" OR "healthcare" OR "ehealth" OR "precision medicine") AND ("barrier*" OR "opportunit*" AND "challenge*"		
<b>7. Search Source:</b>		
Scopus and Web of Science		
<b>8. Searching Approach:</b>		
<input checked="" type="checkbox"/> Direct searching	<input type="checkbox"/> Experts contacting	<input type="checkbox"/> Snowballing
<b>9. Eligibility Criteria:</b>		
Inclusion Criteria:	Articles in Portuguese and English were included, related to the areas of medicine, engineering and IT.	
Exclusion Criteria:	Articles that do not have in their titles the terms "Artificial Intelligence", "Challenges", "Barriers", "Opportunities", "Hospitals", "Hospital Environments";	
	Articles in which, despite the terms mentioned above in their titles, they do not refer to these matters in their abstracts.	
<b>10. Data Analysis:</b>		
Scientometric analysis:	<input type="checkbox"/> Scientific development	
Bibliometric analysis:	<input type="checkbox"/> Research performance	<input type="checkbox"/> Scientific mapping
Content analysis:	<input type="checkbox"/> Aggregative	<input checked="" type="checkbox"/> Thematic analysis <input type="checkbox"/> Structural analysis
<b>11. Data Synthesis:</b>		
Aggregative synthesis	<input type="checkbox"/> Quantitative meta-analysis	<input checked="" type="checkbox"/> Qualitative meta-analysis
Configurative synthesis	<input type="checkbox"/> Meta-synthesis	<input type="checkbox"/> Other:

Source: Ermel, A., Lacerda, D., Morandi, M., Gauss, L., adapted by the author

### Referências:

AGARWAL, Yashasvi et al. Delivering high-tech, AI-based health care at Apollo Hospitals. *Global Business and Organizational Excellence*, 2020.

AJMERA, Puneeta; JAIN, Vineet. Modeling the barriers of Health 4.0—the fourth healthcare industrial revolution in India by TISM. *Operations Management Research*, v. 12, n. 3, p. 129-145, 2019.

AL BADI, et al. Challenges of AI Adoption in the UAE Healthcare, *Vision*, 2021.

ARORA. Conceptualizing Artificial Intelligence as a Digital Healthcare Innovation: An Introductory Review, *Med Devices (Auckl)*, 13:223-230, 2021.

BEN-ISRAEL, David et al. The impact of machine learning on patient care: a systematic review. *Artificial Intelligence in Medicine*, p. 101785, 2019.

BIOT, J. How will the clinical practice be impacted by artificial intelligence? *European Journal of Dermatology* 29 (S1): 8-10, 2019.

BLOBEL, et al. Autonomous Systems and Artificial Intelligence in Healthcare Transformation to 5P Medicine – Ethical Challenges, *Front. Med.*, 6, 83, 2020.

CARDOSO ERMEL, A.P. , LACERDA. D., MORANDI. M., GAUSS. L.. Literature Review. Springer (2021).

CHAN, et al. Artificial Intelligence in Radiology: Summary of the AUR Academic Radiology and Industry Leaders Roundtable, *Academic Radiology*, 27 (1), 117-120, 2019.

CHAUDHARI, et al. Prospective Deployment of Deep Learning in MRI: A Framework for Important Considerations, Challenges, and Recommendations for Best Practices, *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, vol. 54, 2020.

CHEN, Po-Hsuan Cameron et al. An augmented reality microscope with real-time artificial intelligence integration for cancer diagnosis. *Nature medicine*, v. 25, n. 9, p. 1453-1457, 2019.

CORBIN, J.; STRAUSS, A. *Basic of qualitative research: techniques and procedures for developing grounded theory*. Thousand OAKs, CA: Sage publications, 2008.

FERRANTE, et al. Artificial intelligence in the diagnosis of pediatric allergic diseases, *Pediatr Allergy Immunol*. 2021; 32: 405– 413, 2020.

FILIPP, F. Opportunities for Artificial Intelligence in Advancing Precision Medicine, *Curr Genet Med Rep* 7, 208–213, 2019.

FREY, LJ. Artificial Intelligence and Integrated Genotype-Phenotype Identification, *Genes*, 10, 18, 2019.

GRANT, K; MCPARLAND, A. Applications of artificial intelligence in emergency medicine, *University of Toronto Medical Journal*, vol. 96, n° 1, 2019.

GRUSON, D; et al. Data science, artificial intelligence, and machine learning: Opportunities for laboratory medicine and the value of positive regulation, *Clin Biochem*, 69:1-7, 2019.

GUNASEKERAN, et al. Applications of digital health for public health responses to COVID-19: a systematic scoping review of artificial intelligence, telehealth and related Technologies, 2021.

GUPTA, Rajiv Kumar; KUMARI, Rashmi. Artificial intelligence in public health: Opportunities and challenges. *JK Science*, v. 19, n. 4, p. 191-192, 2017.

HAICK, H., TANG N. Artificial Intelligence in Medical Sensors for Clinical Decisions, *ACS Nano* 2021, 15, 3, 3557–3567, 2021.

HAMDY, DARWISH, HASSANIEN. Artificial Intelligence Strategy in the Age of Covid-19: Opportunities and Challenges, *Digital Transformation and Emerging Technologies for Fighting*

COVID-19 Pandemic: Innovative Approaches, (pp.81-93) Chapter: 5 Publisher: Springer International Publishing, 2021.

HAZARIKA, I. Artificial intelligence: opportunities and implications for the health workforce, *International Health*: 1– 5, 2020.

HUESO, M; et al. Artificial Intelligence for the Artificial Kidney: Pointers to the Future of a Personalized Hemodialysis Therapy, *Kidney Dis (Basel)*, (1):1-9, 2018.

IBRAHIM, et al. Radiomics for precision medicine: Current challenges, future prospects, and the proposal of a new framework, *Methods*, Volume 188, Pages 20-29, 2021.

ILIASHENKO, Oksana; BIKKULOVA, Zilia; DUBGORN, Alissa. Opportunities and challenges of artificial intelligence in healthcare. In: *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2019. p. 02028.

ISHII, et al. The advent of medical artificial intelligence: lessons from the Japanese approach, *Journal of Intensive Care*, 2020.

JOHNSON, Kipp W. et al. Artificial intelligence in cardiology. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 71, n. 23, p. 2668-2679, 2018.

KALYANAKRISHNAN, S; et al. Opportunities and Challenges for Artificial Intelligence in India, *AIES '18: Proceedings of the 2018 AAAI/ACM: Conference on AI, Ethics, and Society* December 2018, Pages 164–170, 2018.

KELLY, Christopher J. et al. Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence. *BMC medicine*, v. 17, n. 1, p. 195, 2019.

KHEMASUWAN, SORENSEN, COLT. Artificial intelligence in pulmonary medicine: computer vision, predictive model and COVID-19, *European Respiratory Review* 2020 29: 200181, 2020.

LEE, YOON. Application of Artificial Intelligence-Based Technologies in the Healthcare Industry: Opportunities and Challenges, *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18 (1):271 2021.

LEINER, et al. Bringing AI to the clinic: blueprint for a vendor-neutral AI deployment infrastructure, *Insights Imaging* 12, 11, 2021.

LIN S.Y., MAHONEY M.R., SINSKY C.A. Ten Ways Artificial Intelligence Will Transform Primary Care, *J Gen Intern Med.* 2019 Aug;34(8):1626-1630. doi: 10.1007/s11606-019-05035-1. Epub, 2019.

LOBO, Luiz Carlos. Inteligência artificial e medicina. *Revista Brasileira de Educação Médica*, v. 41, n. 2, p. 185-193, 2017.

MADABHUSHI, Anant; LEE, George. Image analysis and machine learning in digital pathology: Challenges and opportunities. 2016.

MARCU, LG; BOYD, C; BEZAK, E. Current issues regarding artificial intelligence in cancer and health care. Implications for medical physicists and biomedical engineers, *Health and Technology* 9:375–381, 2019.

MCCARTHY, J. J.; MINSKY, M. L.; ROCHESTER, N. Artificial intelligence. Research Laboratory of Electronics (RLE) at the Massachusetts Institute of Technology (MIT), 1959.

MCCOMB, BIES, RAMANATHAN. Machine learning in pharmacometrics: Opportunities and challenges , 2021.

MESKÓ, GÖRÖG. A short guide for medical professionals in the era of artificial intelligence, *NPJ Digit Med.* 2020; 3:126, 2020.

MOHANTY, et al. Opportunities of Adopting AI-Powered Robotics to Tackle COVID-19, *International Conference on COMmunication Systems & NETworkS (COMSNETS)*, 2021, pp. 703-708, 2021.

MONGELLI, et al. Challenges and Opportunities of IoT and AI in Pneumology, 2020 23rd *Euromicro Conference on Digital System Design (DSD)*, 2020.

MUHSEN, ELHASSAN, HASHMI. Artificial Intelligence Approaches in Hematopoietic Cell Transplantation: A Review of the Current Status and Future Directions, *Turk J Haematol*, 3;35(3):152-157, 2018.

NEBEKER, C; TOROUS, J; ELLIS, RJB. Building the case for actionable ethics in digital health research supported by artificial intelligence, *BMC Medicine*, 17:137, 2019.

OLIVIA, et al. Digital technology, telemedicine and artificial intelligence in ophthalmology: A global perspective, *Prog Retin Eye Res.*; 82:100900, 2020.

OLSEN, Daniel S.; KREBS, Caitlyn L. Display screen or portion thereof with graphical user interface. U.S. Patent Application n. 29/572,784, 2 Jan. 2018.

ORBIN, J. E STRAUSS, AK. Basics of Qualitative Research: techniques and procedures for developing grounded theory (3 ed.). Thousand Oaks, CA: Sage, 2008.

PARKES, David C.; WELLMAN, Michael P. Economic reasoning, and artificial intelligence. *Science*, v. 349, n. 6245, p. 267-272, 2015.

PETERSEN, Steffen Erhard; ABDULKAREEM, Musa; LEINER, Tim. Artificial intelligence will transform cardiac imaging—opportunities and challenges. *Frontiers in cardiovascular medicine*, v. 6, p. 133, 2019.

PETITGAND, et al. Investigating the Barriers to Physician Adoption of an Artificial Intelligence-Based Decision Support System in Emergency Care: An Interpretative Qualitative Study, *Stud Health Technol Inform.*; 270:1001-1005. 2020.

RACINE, Eric; BOEHLEN, Wren; SAMPLE, Matthew. Healthcare uses of artificial intelligence: Challenges and opportunities for growth. In: *Healthcare Management Forum*. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2019. p. 272-275.

ROWE, LESTER. Artificial Intelligence for Personalized Preventive Adolescent Healthcare, *Journal of Adolescent Health*, 67; S52 – S58, 2020.

SEYHAN, AA; CARINI, C. Are innovation and new technologies in precision medicine paving a new era in patients centric care? *J Transl Med* 17, 114, 2019.

SINGH, R., et al. Current Challenges and Barriers to Real-World Artificial Intelligence Adoption for the Healthcare System, Provider, and the Patient, *TVST*,| Special Issue, Vol. 9, No. 2, Article 45, 2020.

STROHM, L., et al. Implementation of artificial intelligence (AI) applications in radiology: hindering and facilitating factors, *European Radiology* 30:5525–5532, 2020.

TAN, J; et al. Primed for Psychiatry: The role of artificial intelligence and machine learning in the optimization of depression treatment, 2019.

TANG, et al. Artificial Intelligence and Machine Learning in Emergency Medicine, *Biocybernetics and Biomedical Engineering* 41, 156 – 172, 2020.

THESMAR, David et al. Combining the power of artificial intelligence with the richness of healthcare claims data: Opportunities and challenges. *PharmacoEconomics*, v. 37, n. 6, p. 745-752, 2019.

TIWARI, Abhishek; CHAUDHARI, Manisha; RAI, Ankita. Multidisciplinary Approach of Artificial Intelligence over Medical Imaging: A Review, Challenges, Recent Opportunities for Research. In: 2019 Third International conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud)(I-SMAC). IEEE, 2019. p. 237-242.

TRANter-ENTWISTLE, et al. The Challenges of Implementing Artificial Intelligence into Surgical Practice, *World J. Surg* 45: 420-428, 2020.

VARGHESE. Artificial Intelligence in Medicine: chances and challenges for wide clinical adoption, *Visc Med*; 36: 443 – 449, 2020.

VIDYASAGAR, M. Identifying predictive features in drug response using machine learning: Opportunities and challenges, *Annual Review of Pharmacology and Toxicology* Volume 55, pp 15-34, 2015.

WANG, Fei; PREININGER, Anita. AI in Health: State of the Art, Challenges, and Future Directions. *Yearbook of medical informatics*, v. 28, n. 01, p. 016-026, 2019.

WILJER, David; HAKIM, Zaki. Developing an Artificial Intelligence–Enabled Health Care Practice: Rewiring Health Care Professions for Better Care. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, v. 50, n. 4, p. S8-S14, 2019.



**APENDICE E – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DE ARTIGO**

---

**Confirming submission to Artificial Intelligence In Medicine**

1 mensagem

---

Artificial Intelligence In Medicine <em@editorialmanager.com>  
Responder a: Artificial Intelligence In Medicine <support@elsevier.com>  
Para: Murilo Martins Gatringer <mgatringer@gmail.com>

10 de março de 2022 15:17

\*This is an automated message.\*

Application of Artificial Intelligence in Hospital Organizations: a Systematic Literature Review

Dear Mr. Gatringer,

We have received the above referenced manuscript you submitted to Artificial Intelligence In Medicine.

To track the status of your manuscript, please log in as an author at <https://www.editorialmanager.com/aiim/>, and navigate to the "Submissions Being Processed" folder.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,  
Artificial Intelligence In Medicine

More information and support

You will find information relevant for you as an author on Elsevier's Author Hub: <https://www.elsevier.com/authors>

FAQ: How can I reset a forgotten password?

[https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a\\_id/28452/supporthub/publishing/kw/editorial+manager/](https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/28452/supporthub/publishing/kw/editorial+manager/)

For further assistance, please visit our customer service site: <https://service.elsevier.com/app/home/supporthub/publishing/>. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions, and learn more about Editorial Manager via interactive tutorials. You can also talk 24/7 to our customer support team by phone and 24/7 by live chat and email.

#AU\_AIIM#

To ensure this email reaches the intended recipient, please do not delete the above code

---

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/aiim/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.