

O uso de métodos de Inteligência Artificial na gestão econômica em serviços de saúde – Uma Revisão de Literatura.

Larissa Iulle Moreira | larissaiulle@gmail.com

Jaqueline Vilela Bulgareli | jaquelinebulgareli@gmail

RESUMO

Introdução: A literatura científica mostra que o uso da IA pode contribuir para a melhora do desempenho e a qualidade da assistência à saúde, propõe soluções para problemas clínicos baseado na análise de big data, proporciona aplicações clínicas, gerenciamento de testes clínicos e auxilia o acompanhamento efetivo do doente através de dados coletados e registrados com o uso de prontuários médicos eletrônicos. **Objetivo:** Este estudo teve como objetivo investigar estudos que utilizam abordagens de métodos de IA nos serviços de saúde e a gestão econômica. **Metodologia:** foi realizada uma revisão integrativa da literatura em que foram escolhidos descritores e definidas as estratégias de busca para a pergunta de pesquisa: “O que a literatura científica apresenta sobre o uso da Inteligência Artificial na gestão econômica nos serviços de saúde?”. As bases de dados escolhidas para a busca foram o portal BVS, PubMed e EMBASE. **Resultados:** Um total de 1.217 estudos foram identificados, destes 10 foram incluídos para revisão do texto completo. 50% dos estudos foram realizados nos EUA. As especialidades médicas encontradas foram oncologia (30%), oftalmologia (20%), odontologia (10%), ambiente hospitalar geral (20%), radiologia (10%) e ambulatorial (10%). 80% trata-se do uso de modelos de análise de imagem para auxílio na detecção de doenças. A análise econômica de saúde predominante foi a minimização de custos. **Conclusão:** Há necessidade de novos estudos que focam na redução de custos e seu impacto da saúde, mas pode-se observar que o uso de tecnologias de IA leva a impactos positivos no sistema de saúde.

1. Introdução

A utilização de Inteligência Artificial (IA) na área da saúde auxilia o profissional em decisões clínicas de diagnósticos e gestão de terapias. Há muitos anos cientistas estudam possibilidades de fazer com que os computadores aprendam de modo semelhante aos seres humanos¹.

As primeiras revoluções industriais apresentaram alternativas de automatizar processos para suprir a mão de obra humana com eficiência e menor custo com o uso de máquinas. A última Revolução Industrial tornou possível a comunicação de processos e máquinas com a utilização de

computadores e redes dedicadas a estas operações. A literatura científica mostra que o uso da IA pode contribuir para a melhora do desempenho e a qualidade da assistência à saúde^{2,3}.

O século XX foi marcado por um processo de transformações políticas, sociais e econômicas que impactaram na reorganização do papel do Estado e da administração pública. Há crescente demanda social por melhorar serviços públicos, maior participação social e redução de custos no setor público⁴. A inteligência artificial é um campo de pesquisa interdisciplinar com grande relevância na sociedade, na economia e no setor público⁵.

Em abril de 2021, foi aprovada no Brasil a portaria GM Nº 4.617 que instituiu a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial e seus eixos temáticos para "nortear as ações do Estado em prol do fortalecimento da pesquisa, desenvolvimento e inovações em inteligência artificial e garantir a inovação no ambiente produtivo e social da área⁶.

Os avanços da computação e dos algoritmos e a digitalização de grandes volumes de dados no setor de saúde, tornaram a IA cada vez mais presente nos cuidados em saúde. A análise de big data, ou seja, termo que se refere ao grande número de dados, está ganhando popularidade em usos na engenharia médica e saúde, pois personaliza os serviços médicos para cada paciente e reduz os custos⁷.

A Inteligência Artificial (AI) é classificada em virtual e física. A parte física é o hardware de uma máquina e o virtual o software. A IA é dividida, segundo a *Association for the Advancement of Artificial Intelligence* (AAAI), em subáreas: Aplicações da IA; *Data Mining* e *Big Data*; AM; Processamento de Linguagem Natural; Planejamento Automatizado; Raciocínio e Raciocínio Probabilístico; Representação de Conhecimento; Robótica e Percepção; Sistemas baseados em Agente e Múltiplos Agentes e Pesquisa (ou Pathfinding)⁸.

A IA vem conquistando relevância especial na sociedade e no mercado, possibilitando inúmeras mudanças e novas oportunidades, inclusive para o setor público. As aplicações de IA no setor público visam reduzir trabalhos administrativos, ajudar a resolver problemas de alocação de recursos e assumir tarefas significativamente complexas⁴, bem como, reduzir o tempo de processamento, minimizar a carga e melhorar o fluxo de trabalho, aumentar a eficiência e impulsionar o crescimento econômico^{9,10}.

O setor de saúde é um setor inerentemente intensivo em recursos. Os recursos de saúde consistem em materiais, pessoal, instalações e entre outros que possa ser usada para fornecer um serviço de saúde a pacientes em hospitais. Na área da saúde, a IA possibilita propor soluções para problemas clínicos baseado na análise de grande volume de dados graças ao uso de computadores e de algoritmos definidos por especialistas na área; proporciona diversas aplicações clínicas, incluindo o processamento de imagens, a modelagem e a impressão tridimensional, a fabricação de próteses, o gerenciamento de testes clínicos, entre outros. Os dados dos doentes podem ser coletados e registrados mais precisamente e de maneira ordenada com o uso de prontuários eletrônicos, tendo o acompanhamento efetivo do doente¹¹.

O setor de tecnologia da informação (TI) em saúde tem sido impulsionado a fornecer melhores tratamentos usando diversas áreas da IA com o foco em melhorar o desempenho. Dispositivos habilitados para IA, como tomografias computadorizadas (TC) avançadas, imagens por ressonância magnética (MRIs) e ultrassons, realizam tarefas com mais precisão, reduzindo erros médicos, custos e promovendo diagnóstico e tratamentos precoces, reduzindo as despesas relacionadas a problemas de pós-tratamento, que é um fator de custo significativo no sistema de saúde em todo o mundo, tendo uma relação direta com a economia da saúde. Os escassos recursos de saúde exigem políticas cuidadosamente elaboradas que garantam a alocação ideal de leitos em internações, serviços de saúde de qualidade e suporte financeiro adequado^{11,12}.

O potencial da IA na área da saúde é ilimitado e pode servir como um benefício para melhorar a prestação de cuidados de saúde na prática clínica, aumentar a precisão do diagnóstico, aumentar a eficiência dos serviços, simplificar melhor o fluxo de trabalho clínico, diminuir os custos de recursos humanos e melhorar as opções de tratamento¹¹.

A Organização Mundial da Saúde e os sistemas globais de saúde já reconheceram o uso de tecnologias de inteligência artificial como uma abordagem para as 'lacunas do sistema' e automatizar tarefas mais complicadas, otimizar os serviços clínicos e reduzir as desigualdades na saúde. A tecnologia tem aspectos benéficos para a saúde, principalmente no diagnóstico e no tratamento de algumas patologias⁹.

A IA está alterando os cuidados de saúde aos pacientes, tornando-os personalizados com novas oportunidades e desafios clínicos. Embora o número de publicações sobre as aplicações de IA tenha aumentado, a maioria relata apenas sua exatidão e precisão e não relata claramente sobre a visão econômica do uso desta tecnologia⁹. O uso de IA é útil tanto no campo clínico como em pesquisas e a inovação, integração de informações, análise e compartilhamento de dados pode alterar o padrão do sistema de saúde e fornecer avaliações mais precisas e de maneira preditiva e desta forma ajudar a reduzir a escassez de recursos humanos na assistência à saúde¹³.

Este estudo de uma revisão da literatura, objetivou identificar evidências adicionais da IA pode como uma ferramenta na economia dos serviços de saúde, além disso buscou identificar estudos que utilizam abordagens de métodos de inteligência artificial (IA) na gestão de saúde e discutir seus métodos, resultados e desafios relatados.

2. OBJETIVO

2.1 Primário

Investigar se o uso de métodos de Inteligência Artificial auxilia na redução dos gastos na gestão econômica de serviços de saúde.

2.2 Secundário

1. Avaliar se os métodos de IA utilizados no sistema de saúde auxiliam a redução de custo;
2. Verificar quais os métodos de IA existentes e estudados para auxiliar na redução dos custos dos serviços de saúde.

3. MÉTODOS

A metodologia utilizada foi a de revisão integrativa da literatura realizada de acordo com as diretrizes delineadas pelo PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões sistemáticas e Metanálises)¹⁴. As cinco etapas propostas nesta estrutura são: (1) identificar a questão de pesquisa, (2) identificar estudos relevantes, (3) selecionar estudos, (4) discutir os dados, (5) coletar, resumir e

relatar os resultados. Foram escolhidos descritores e definidas as estratégias de busca para responder à pergunta de pesquisa: “O que a literatura científica apresenta sobre o uso da Inteligência Artificial na gestão econômica nos serviços de saúde”.

3.1 Identificação de estudos relevantes

A pesquisa da literatura concentrou-se nas bases de dados Pubmed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>), Biblioteca Virtual em Saúde (BVS - <https://bvsa.org/>) e EMBASE (<https://www.embase.com/>). Para este estudo, optou-se pela não utilização de data inicial da busca, devido ao tema ser relativamente novo o que tornaria inviável neste trabalho, sendo que a pesquisas finais nos bancos de dados foram realizadas em março de 2023.

Para que fossem desenvolvidas as sintaxes de busca, foram estabelecidos os seguintes polos: fenômeno, objeto e população. Foram utilizados descritores registrados no DeCS - Descritores em Ciências da Saúde (<https://decs.bvsalud.org/>) para a busca nas bases de dados. No polo fenômeno utilizou-se o descritor “Artificial Intelligence”, no polo objeto “Health Care Economics and Organizations” e no polo população “Health Services”, conforme observado no quadro 1. Os estudos foram extraídos das bases de dados utilizando termos e estratégias relevantes para esta revisão, fornecidas na tabela 1. Não foram utilizados termos especializados que limitavam os resultados, para que a pesquisa fosse abrangente devido a falta de estudos sobre este tema.

Quadro 1 – Descritores chaves da pergunta de pesquisa

Polo 1: Fenômeno	Polo 2: Objeto	Polo 3: População
Artificial Intelligence	Health Care Economics and Organizations	Health systems
	Economics hospital	
	Health care cost	

Tabela 1 – Sintaxe final da pesquisa nas bases de dados utilizadas.

Base de dados	Consulta	Total
Pubmed	("Artificial Intelligence"[Title/Abstract] OR AI[Title/Abstract] OR "AI (Artificial Intelligence)"[Title/Abstract] OR "Intelligence, Artificial"[Title/Abstract]) AND ("Health Care Economics and Organizations"[Title/Abstract] OR "Care Economic, Health"[Title/Abstract] OR "Economic, Health"[Title/Abstract] OR "Economic, Health Care"[Title/Abstract] OR "Economic, Healthcare"[Title/Abstract] OR "Economics, Health Care"[Title/Abstract] OR "Health Care Economic"[Title/Abstract] OR "Health Care Economics"[Title/Abstract] OR "Health Economic"[Title/Abstract] OR "Health Economics"[Title/Abstract] OR "Healthcare Economic"[Title/Abstract] OR "Healthcare Economics"[Title/Abstract] OR "Healthcare Economics and Organizations"[Title/Abstract] OR "economics medical"[Title/Abstract] OR "economics hospital"[Title/Abstract] OR "Economics, Hospital"[Title/Abstract] OR "Economic, Hospital"[Title/Abstract] OR "Hospital Economic"[Title/Abstract] OR "Hospital Economics"[Title/Abstract])	72
BVS	("Artificial Intelligence" OR "Intelligence, Artificial" OR "Machine Learning" OR "Learning, Machine") AND ("Health Care Economics and Organizations" OR "Care Economic, Health" OR "Economic, Health" OR "Economic, Health Care" OR "Economic, Healthcare" OR "Economics, Health Care" OR "Health Care Economic" OR "Health Care Economics" OR "Health Economic" OR "Health Economics" OR "Healthcare Economic" OR "Healthcare Economics" OR "Healthcare Economics and Organizations" OR "economics medical" OR "economics hospital" OR "Economics, Hospital" OR "Economic, Hospital" OR "Hospital Economic" OR "Hospital Economics")	137
Embase	('artificial intelligence'/exp OR 'artificial intelligence') AND ('health care cost' OR 'health economics')	1008

3.2 Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos para análise estudos que avaliaram o uso de métodos e tecnologias de IA para a gestão econômica nos serviços de saúde, que relataram

uma avaliação de impacto em termos de custos, resultados de processo ou recursos e nos idiomas inglês, português e espanhol. Foram excluídos estudos que não se referiam ao tema proposto de análise; estudos de outros tipos como: comentários, opiniões, carta do editor, editorial, reportagens e artigos de revisão.

Os títulos e resumos de todos os registros identificados após a exclusão por duplicatas foram avaliados. A exclusão e inclusão definitiva dos estudos foi realizada após avaliação do texto completo.

3.3 Seleção dos estudos

No processo de seleção desta revisão foi realizado uma triagem dos artigos identificados na pesquisa nos níveis de título e resumo, para verificar a precisão e a elegibilidade antes de obter os textos completos.

3.4 Extração de dados e síntese dos resultados

Os estudos selecionados foram sintetizados e os dados relevantes desses estudos foram extraídos independentemente. Foi projetado uma planilha de extração dos dados, que é um método que permite capturar uma variedade de informações e detalhes sobre os processos para fornecer mais contexto aos resultados da pesquisa. Esta planilha incluiu aspectos gerais como: autor, ano, local, população, objetivo do estudo, tecnologia de IA utilizada, descrição do método de IA, tipo de avaliação econômica em saúde, medida de resultado, intervenção e comparador, perspectiva, campo da saúde realizado, horizonte temporal, tipo de modelo utilizado e resultado. As características dos estudos selecionados foram resumidas de forma descritiva por meio da planilha de extração. Este método nos permitiu analisar e comparar evidências dentro de cada publicação.

3.5 Disponibilização de Dados

Os dados da pesquisa foram disponibilizados em repositório de dados abertos, podendo ser acessada através do site:

<https://drive.google.com/drive/folders/1rPUep68KWeKCYSv96DJe7ID4L4jEKzpG?usp=sharing>.

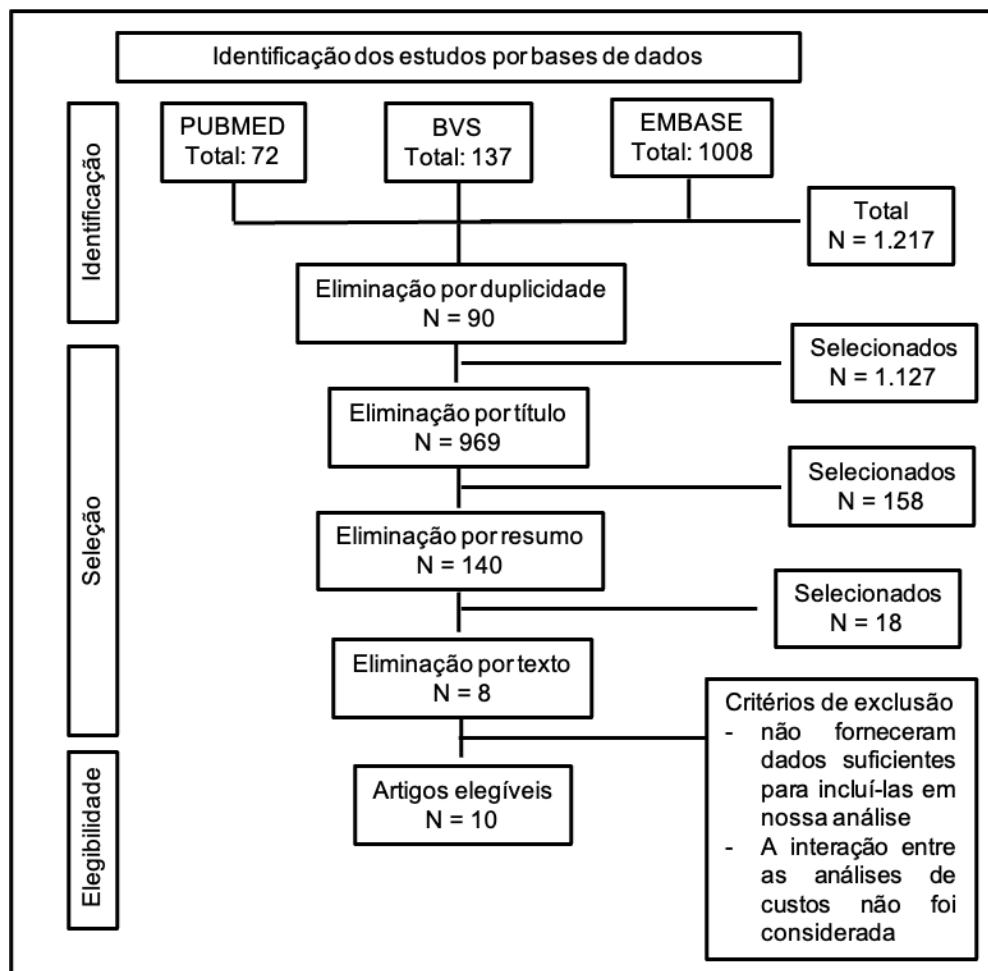
3.6 Avaliação de Qualidade

Foi utilizado o “PROCEDIMENTO TÉCNICO DE METODOLOGIA DE PESQUISA - Indicativos de qualidade para artigos de Revisão Integrativa” como ferramenta de garantia da qualidade do artigo.

4. RESULTADOS

A busca nas bases de dados identificou o total de 1.217 registros. A triagem dos dados foi realizada por etapas: identificação de duplicados, título, resumos e leitura completa dos estudos, levando em consideração os critérios de inclusão e exclusão. Nestes processos foram utilizados os aplicativos Mendeley e EndNote. Inicialmente realizou-se a exclusão de 90 artigos por duplicidade. Na primeira etapa de análise por título foram excluídos 969 artigos. Para avaliação do resumo, 158 artigos foram avaliados e apenas 18 selecionados para a leitura do texto completo, estes abrangem uma ampla gama de disciplinas multiprofissionais. Na de análise por texto completo, 8 artigos foram excluídos. Ao final restaram 10 artigos elegíveis. A maioria dos trabalhos focaram no papel que a IA tem no diagnóstico de doenças e, ao final, expuseram uma breve explicação da análise econômica utilizada. Todas as informações foram armazenadas no Microsoft Excel em planilhas. A figura 1 indica o processo de seleção dos estudos propostos no fluxograma do PRISMA. Os 10 textos selecionados foram lidos completamente e os dados extraídos.

Figura 1 – Fluxograma PRISMA das etapas de seleção dos artigos.



4.1 Visão geral dos estudos incluídos

O quadro 2 mostra uma visão geral dos estudos incluídos e qual aplicação de IA utilizada. Estes estudos foram publicados entre o ano de 2017 e 2023. Dentro das características verificadas nas informações coletadas, pode-se constatar que, em sua maioria, os estudos foram realizados nos Estados Unidos (50%). Quanto a população analisada nos estudos, pode-se observar uma heterogeneidade, isso é devido a cada estudo ter como foco a análise de patologia ou causa específica, além de utilizar dados retrospectivos de prontuários, tanto para a análise do estudo ou apenas para treinar o modelo,

sendo uma prática comum em estudos com uso de métodos de IA. Os estudos foram conduzidos em várias especialidades médicas, sendo elas: oncologia (30%), oftalmologia (20%), odontologia (10%), ambiente hospitalar geral (20%), radiologia (10%) e ambulatorial (10%).

Entre os métodos de IA utilizado nos estudos publicados, pode-se observar que, dentro dos que foram incluídos, 80% trata-se do uso de modelos de análise de imagem para auxílio na detecção de doenças, por exemplo, câncer, retinopatia diabética e cárie. Apenas 20% relatou o uso de software para monitorar e acompanhar a doença e reconhecimento de padrões de dados clínicos para modelagem preditiva^{15,16,17,18,19,20,21,22,23,24}.

Os estudos focaram em avaliar se o uso de métodos de IA pode melhorar a qualidade de vida e ser custo-efetivo em diagnósticos precoces e/ou seguimento do paciente. Em relação às barreiras culturais e de informação, o conhecimento e o entendimento sobre as doenças, a adesão aos tratamentos propostos, a percepção de melhor sobrevida dos pacientes e a boa atualização técnica dos profissionais foram importantes para o sucesso do uso da nova tecnologia proposta nos estudos avaliados. As fases mais prevalentes que foram utilizadas o uso da tecnologia de IA foram na triagem e seguimento do paciente. Importante ressaltar que outros estudos que utilizam técnicas de IA foram publicados, porém, não relataram sobre a viabilidade econômica.

Quadro 2 – Características dos estudos incluídos

Autor principal	Ano	Local	População	Campo (médico ou área)	Descrição da técnica de IA
Giovanni Esposito e cols ¹⁵	2022	Bélgica	Pacientes com COVID-19	Hospitalar geral	análise de imagem
Perry J. Pickhardt e cols ¹⁶	2023	EUA	populações hipotéticas de pacientes com risco de eventos CV ateroscleróticos, fraturas de quadril e sarcopenia	Triagem	análise de imagem
Yuchen Xie e cols ¹⁷	2020	Singapura	pacientes com diabetes	Triagem	análise de imagem
Kicky G. van Leeuwen e cols ¹⁸	2021	Reino Unido	pacientes que receberam CTA na investigação	Triagem	predição diagnóstica com uso de dados

			diagnóstica de AVC agudo		
Miguel Areia e cols ¹⁹	2022	EUA	indivíduos com risco médio (sem história pessoal ou familiar de câncer colorretal, adenomas, doença inflamatória intestinal ou síndrome de câncer colorretal hereditário)	Rastreamento	análise de imagem
Jonathan Salcedo e cols ²⁰	2021	EUA	pacientes com tuberculose ativa em tratamento na ALC	Acompanhamento	aplicativo para seguimento da doença
Sebastian Ziegelmayer e cols ²¹	2022	EUA	Paciente oncológico	Triagem	análise de imagem
F Schwendicke e cols ²²	2022	Alemanha	população de dentes permanentes posteriores em indivíduos inicialmente com 12 anos de idade	Triagem	análise de imagem
Takahashi R. e cols ²³	2017	EUA	homens e mulheres de 50 anos	Triagem	análise de imagem
Attasit Srisubatt e cols ²⁴	2023	Tailândia	pacientes com diabetes tipo 2	Triagem	análise de imagem

As análises de custos consistiram em avaliar os custos de tratamento, hospitalização e gerenciamento da ferramenta de IA. O quadro 3 mostra os principais pontos observados nos estudos. Pode-se destacar que a maioria dos estudos demonstraram que a descoberta rápida e precoce do problema de saúde investigado ajuda a reduzir custos do sistema de saúde e também aumentava QALYs adicionais com economia de custos, ou seja, a inteligência artificial médica pode levar a melhores decisões de tratamento a custos mais baixos. A economia da saúde está ganhando força e é uma área de pesquisa em ascensão, para avaliar a eficiência na alocação de recursos e para apoiar a tomada de decisão na introdução e uso de novas tecnologias. O uso de tecnologias de IA na área da saúde são limitados e geralmente se concentram nos custos, e não apenas no impacto na saúde do doente. A percepção dos benefícios oferecidos pela IA atuais não acompanha os desenvolvimentos tecnológicos atuais, por isso é necessário o estímulo ao aprendizado e

disseminação de informação sobre o assunto para que novas frentes possam ser construídas e utilizadas nos serviços de saúde.

Um total de 5^{15,16,20,22,24} estudos realizaram análise de custo-utilidade incremental, usando anos de vida ajustados por qualidade incremental como resultado de saúde. Com relação a QALYs, 5^{16,18,20,21,24} estudos avaliaram se o uso de técnicas com IA melhora a qualidade de vida do paciente, seja por melhora na qualidade do tempo, detecção precoce de doença ou rapidez no tratamento. A avaliação de redução dos custos, diretos e indiretos, para o sistema de saúde foi observado em 2^{17,19} estudos, que avaliaram doenças específicas, câncer e retinopatia diabética. Dos estudos avaliados 3^{18,20,21} analisaram o custo-benefício da utilização da tecnologia utilizada.

Quadro 3 – Descrição da análise econômica realizada nos estudos.

Autor principal	Tipo de avaliações econômicas em saúde	Intervenção	Comparador	Medida de resultado	Perspectiva do estudo
Giovanni Esposito e cols ¹⁵	Avaliação da taxa de custo-efetividade incremental (ICER), dividir a diferença de custo pelo número de infecções ou dias hospitalares evitados.	Um cenário de prática de rotina (PR) em que os pacientes que recebem uma tomografia computadorizada no hospital não foram rastreados para COVID-19	Um cenário em que o icolung foi introduzido na PR para analisar as tomografias para detecção e prognóstico de casos de COVID-19.	Redução de custos por dia de internação, diminuição da taxa de infecção e diagnóstico precoce do COVID	Potencial impacto econômico, custo por infecção evitada e o custo evitado por dia de hospitalização na com o uso de um software de análise de TC de tórax baseado em IA para a detecção e prognóstico de casos de COVID-19 em pacientes submetidos a tomografia computadorizada.
Perry J. Pickhardt e cols ¹⁶	O número esperado de cada evento adverso (IM, AVC, fratura de quadril, morte), juntamente com as diferenças nos anos de vida ajustados pela qualidade (QALYs)	Avaliação de TC manual pelo radiologista	Avaliação de TC por algoritmos de inteligência artificial	Custo-efetividade incremental (ICER) entre duas estratégias, foi definida como a diferença de custo dividida pela diferença de QALYs. Reduzir eventos cardiovasculares sintomáticos.	Avaliar a eficácia clínica e custo-efetividade, ou seja, menos custo e mais QALYs, de biomarcadores de imagem para eventos CV ateroscleróticos, fraturas de quadril e sarcopenia que podem ser detectadas pela aplicação de algoritmos baseados em TC abdominal assistida por IA.
Yuchen Xie e cols ¹⁷	Análise do custo-efetividade incremental (ICER) entre duas estratégias e QALYs (modelos automatizados versus humanos)	Avaliação humana das imagens da retina de clínicas oftalmológicas primárias	Ferramenta de classificação independente por IA detecta a retinopatia diabética.	O custo por paciente do ponto de vista do sistema de saúde para cada uma das estratégias de triagem e detecção de retinopatia diabética	Avalliar a redução do custo da avaliação de doentes com diabetes para detectar a retinopatia através da avaliação automática por IA
Kicky G. van Leeuwen e cols ¹⁸	Relação custo-benefício e anos de vida ajustados pela qualidade (QALYs)	Detecção de oclusões de grandes vasos (LVOs) na angiografia por tomografia computadorizada (CTA) avaliadas por um radiologista e/ou neurologista	Uso de IA é usada como auxílio para a detecção de LVO na CTA.	Relação custo-benefício do software de IA que auxilia na detecção de oclusões intracranianas de grandes vasos (LVO) no AVC.	Avaliar a relação de custo-benefício e o desempenho do software de IA versus o tratamento padrão; e se a IA é capaz de aumentar a sensibilidade diagnóstica sem diminuir a especificidade
Miguel Areia e cols ¹⁹	Análise de perspectiva social,	Análise da colonoscopia padrão para triagem de	Análise de colonoscopia com IA	Verificar o efeito incremental da colonoscopia na incidência	Implementação de ferramentas de IA na colonoscopia para rastreamento como

	contabilizando custos diretos e indiretos.	câncer colorretal, para detecção de pólipos com o modelo de história natural, sem uso de IA.	para triagem de câncer colorretal, para detecção de pólipos com o modelo de história natural.	e mortalidade do câncer colorretal e custo-efetividade da triagem	estratégia de economia de custos para prevenir a incidência e a mortalidade do câncer colorretal. Investigar o efeito incremental e o custo-efetividade de tais ferramentas.
Jonathan Salcedo e cols ²⁰	Relação custo-benefício do software AiCure, índices incrementais de custo-efetividade (ICER) e benefícios monetários líquidos (NMB)	Terapia diretamente observada (DOT), presencial tradicional no tratamento para tuberculose.	Software AiCure	Custos por ramo de tratamento, incluindo pessoal, tecnologia e taxas de licenciamento, e o total de anos de vida ajustados pela qualidade (QALYs)	Avaliar a relação custo-benefício do AiCure, que permite o monitoramento do paciente, os medicamentos e a ingestão em tempo real, reduzindo a sobrecarga do profissional de saúde e automatizar o tratamento de tuberculose.
Sebastian Ziegelmayr e cols ²¹	Relação custo-benefício e análise de custo-efetividade	Diagnóstico de TC convencional	TC aumentada por IA	Anos de vida ajustados pela qualidade (QALY) adicionais que são obtidos através de cada procedimento de diagnóstico.	Uso de um algoritmo de IA para a varredura de triagem inicial para rastreamento do câncer de pulmão com TC de baixa dose (LDCT).
F Schwendicke e cols ²²	Custo-efetividade incremental, custo diretos e indiretos para tratamento de cárie.	Avaliação de dentistas com a detecção visual-tátil bianual de cárie mais a detecção radiográfica de cárie em mordidas.	Detecção bianual visual-tátil de cárie mais CNN- baseada em IA.	Custo diretos e indiretos para tratamento de cárie a partir da análise radiografia avaliada por IA	Avaliar a precisão diagnóstica para detectar lesões de cárie em radiografias interproximais, diminuir os custos do tratamento e prevenir a carie.
Takahashi R. e cols ²³	Análise de custo-efetividade (CEA)	Leitura da mamografia e colonoscopia por médicos	Leitura da mamografia e colonoscopia por IA CAD (detecção auxiliada por computador)	Avaliação da mamografia e avaliação da colonoscopia tomográfica computadorizada (CTC)	Avaliar se o câncer de mama e colorretal será mais custo efetivo se avaliado por IA. Prever a melhoria, a viabilidade do desempenho e potencial do CAD para os médicos.
Attasit Srisubatt e cols ²⁴	Custo-efetividade incremental e QALY	Avaliadores humanos treinados (HG)	Triagem de retinopatia diabética por meio de IA	Custo total, anos de vida (LY), anos de vida ajustados pela qualidade (QALY) e custos desagregados para cada estratégia de triagem	Avaliar a retinopatia diabética precocemente. Estimar os custos ao longo da vida e os resultados do programa nacional de triagem de RD por meio de IA e avaliadores humanos treinados (HG).

Os estudos incluídos nesta revisão 2 modelos foram identificados: os modelos de markov, que incorpora eventos recorrentes e a árvore de decisão, modelo de computação que possui compromisso com a precisão e interpretabilidade; 2 estudos utilizaram árvore de decisão, 6 utilizaram modelo de markov e 2 utilizaram os dois modelos, árvore de decisão e modelo de markov, conforme informado no quadro 4.

O horizonte de tempo adotado pelos estudos variou entre 5 a 20 anos, 5 estudos não relataram um horizonte do tempo. Todos os estudos obtiveram resultados positivos com relação ao uso de técnicas de IA e a redução econômica para o sistema de saúde.

Quadro 4 – Descrição das modelagens utilizadas nos estudos, do horizonte temporal e os resultados econômicos observados.

Autor principal	Horizonte temporal	Tipo de modelo utilizado	Resultado do estudo
Giovanni Esposito e cols ¹⁵	N/A	Árvore de decisão	Adicionar o icolung para triagem de pacientes para a COVID que recebem TC de tórax é uma estratégia econômica para prevenir infecções na comunidade.
Perry J. Pickhardt e cols ¹⁶	10 anos	Modelo de Markov	Em todos os casos, os custos totais correspondentes para a triagem oportunista assistida por IA foi custo-efetivo e mais QALYs
Yuchen Xie e cols ¹⁷	N/A	Árvore de decisão	Mostramos que um modelo semiautomatizado pode alcançar o melhor retorno econômico na triagem de retinopatia diabética. Essa economia é atribuída principalmente à redução substancial no tempo de avaliação humana.
Kicky G. van Leeuwen e cols ¹⁸	N/A	Modelo de Markov	A aplicação de IA para detecção de oclusões intracranianas de grandes vasos tem o potencial de economizar custos e aumentar os resultados dos pacientes.
Miguel Areia e cols ¹⁹	10 anos	Modelo de Markov	A implementação da IA reduz a incidência do cancer colorretal, a mortalidade, os custos relacionados ao tratamento do câncer colorretal.
Jonathan Salcedo e cols ²⁰	16 meses	Modelo de Markov	o AiCure resulta em maiores benefícios a um custo menor do que a terapia diretamente observada (DOT).
Sebastian Ziegelmayer e cols ²¹	20 anos	Árvore de decisão e Modelo de Markov	A triagem com um modelo de IA na varredura de triagem inicial de câncer de pulmão por TC de baixa dose com robustez à variação dos parâmetros de entrada é uma estratégia econômica.
F Schwendicke e cols ²²	N/A	Modelo de Markov	O uso de IA foi eficaz e menos dispendiosa na maioria das simulações. O custo-efetividade incremental da IA foi menor em comparação com o caso base.

Takahashi R. e cols ²³	5 anos	Modelo de Markov	O uso de IA na detecção precoce do câncer auxilia em diminuição de custos de tratamento e acompanhamento do doente.
Attasit Srisubat e cols ²⁴	N/A	Árvore de decisão e Modelo de Markov	Redução nos custos e aumento anos de vida ajustados por qualidade (QALY). O uso de IA é custo-efetivo e teve custos incrementais mais baixos em comparação com a avaliação de humanos.

5. DISCUSSÃO

Foram identificados 10 estudos na presente revisão integrativa que relataram o uso de técnicas com IA podem diminuir gastos na saúde. Comparando a quantidade de estudos que existem sobre a utilização das técnicas de IA no ambiente de saúde, 10 estudos é um número limitado, mas pode ser justificado devido a introdução dessas técnicas ser recente. Os estudos demonstram a eficácia do uso nos ambientes de saúde e poucos relatam a avaliação de custos deste uso para o sistema de saúde. Portanto, a limitação deve-se a escolha do estudo ter uma análise econômica descrita para ser avaliada.

As análises econômicas em estudos que utilizam técnicas de IA são limitados qualitativamente e quantitativamente. Os poucos estudos que existem apresentam uma descrição básica e fraca sobre a economia gerada pela técnica escolhida, o que pode justificar a baixa adoção do uso de IA nos ambientes de saúde¹.

A acessibilidade do setor de saúde é uma questão primordial e o desenvolvimento de tecnologias para melhorias dos resultados, pois os recursos de saúde são abrangentes e relacionados a equipe, material, instalações e qualquer outro serviço. Os estudos sofrem com a análise de economia da saúde devido a falta de relevância para as realidades práticas^{25,26}.

É primordial iniciar a integração de sistemas com o uso de técnicas de Inteligência Artificial (IA), tanto nos atendimentos ao doente, sincronizar informações de acompanhamento como no processo de avaliação e defesa de políticas públicas. O uso de IA gera dados que podem ser evidências científicas para auxiliar a tomada de decisões mais efetivas baseadas em métodos científicos comprovados em organizações de saúde. As taxas de retorno econômico são difíceis de ser mensurado no contexto de saúde. As equipes de

gestão enfrentam o desafio de administrar os recursos, isso pode levar a sérias consequências ao paciente e ao controle de recursos do serviço, principalmente em eventos atípicos, como foi o caso da pandemia da COVID-19^{27,28}.

O uso de técnicas de IA se tornou um importante no ambiente de saúde e uma realidade, fornecendo valor clínico e econômico nos campos da medicina. O uso de IA melhora os cuidados médicos e reduz o investimento de tempo e mão de obra. Muitas tarefas médicas podem ser realizadas com ajuda de máquinas e, até mesmo, apenas com o uso de máquinas, devido a altos níveis de precisão, mas a expertise clínica é fundamental para que todos os seguimentos do paciente sejam avaliados e cobertos. O potencial da IA na medicina é um benefício para melhorar a prestação de cuidados de saúde^{29,30}.

O uso de técnicas de IA podem aumentar a precisão do diagnóstico, aumentar a eficiência das colocações completas, simplificar melhor o fluxo de trabalho clínico, diminuir os custos de recursos humanos e melhorar as opções de tratamento²⁹.

A tecnologia de IA auxiliará os profissionais de saúde nos cuidados aos pacientes, sendo possível atender um maior número de doentes mantendo a integridade do cuidado, facilitar as tomadas de decisões clínicas a partir de embasamentos científicos e reduzir tempo de hospitalização e custos desnecessários com a saúde^{31,32}.

6. LIMITAÇÕES

Apesar do grande número de estudos encontrados na busca nas bases de dados, muitos foram excluídos nesta revisão com base na triagem de títulos e resumos. Muitos dos artigos da pesquisa inicial relatavam o uso de técnica de IA, mas não conduziam um estudo econômico para justificar os gastos e endossar a relevância do uso, o que acarretou a uma grande exclusão de artigos; assim como muitos também avaliavam apenas o resultado da melhora da saúde do paciente, não sendo possível justificar que tais resultados melhoram a redução de custos.

7. CONCLUSÃO

Esta revisão integrativa demonstrou que o uso de técnicas com IA já é uma realidade e podem ser utilizadas no setor de saúde com intuito de otimizar funções, prever diagnósticos de doenças com mais rapidez, melhorar o atendimento e seguimento do paciente, gerenciar custos relacionados aos gastos em saúde, integrar as informações do paciente e trazer inovação com os dados coletados com novas pesquisas na área.

No contexto da economia da saúde, os estudos atuais com IA possuem dificuldades metodológicas para capturar as necessidades e aplicabilidade clínica necessárias, desta maneira há falta de informações para apoiar a tomada de decisão adequada, devido a falta de benefícios econômicos e de saúde comprovados pelas evidências científicas. Esses fatos acontecem devido ao uso de IA ser recente e os estudos focarem mais no uso da tecnologia do que o custo que ela trará. Dito isso, há grande necessidade de novos estudos que contemplem a parte econômica do uso dessas tecnologias no sistema de saúde.

REFERÊNCIAS

1. Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthc J.* 2019 Jun;6(2):94-98. doi: 10.7861/futurehosp.6-2-94. PMID: 31363513; PMCID: PMC6616181.
2. Kelly, C.J., Karthikesalingam, A., Suleyman, M. *et al.* Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence. *BMC Med* **17**, 195 (2019). Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1426-2>
3. Chiavegatto Filho, A.D.P., 2015. Uso de big data em saúde no Brasil: perspectivas para um futuro próximo. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* **24**, 325–332. Disponível em: <https://doi.org/10.5123/s1679-49742015000200015>
4. MEHR, H. Artificial Intelligence for Citizen Services and Government. Harvard Ash Center Technology & Democracy Fellow, [s.l.], p. 19, 2017. Disponível em: <https://ash.harvard.edu/publications/artificial-intelligence-citizen-services-and-government>
5. Boyd, M., Wilson, N., 2017. Rapid developments in Artificial Intelligence: how might the New Zealand government respond?. *Policy Quarterly* **13**.. <https://doi.org/10.26686/pq.v13i4.4619>

6. Ministério da Ciência T e I. Portaria GM Portaria MCTI nº 4.617, Institui a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial e seus eixos temáticos. Brasil; abr 6, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/inteligencia-artificial-estrategia-repositorio>
7. Luan H, Geczy P, Lai H, Gobert J, Yang SJH, Ogata H, Baltes J, Guerra R, Li P, Tsai CC. Challenges and Future Directions of Big Data and Artificial Intelligence in Education. *Front Psychol.* 2020 Oct 19;11:580820. doi: 10.3389/fpsyg.2020.580820. PMID: 33192896; PMCID: PMC7604529. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7604529/>
8. Rahmani AM, Azhir E, Ali S, Mohammadi M, Ahmed OH, Yassin Ghafour M, Hasan Ahmed S, Hosseinzadeh M. Artificial intelligence approaches and mechanisms for big data analytics: a systematic study. *PeerJ Comput Sci.* 2021 Apr 14;7:e488. doi: 10.7717/peerj-cs.488. PMID: 33954253; PMCID: PMC8053021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8053021/>
9. Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthc J.* 2019 Jun;6(2):94-98. doi: 10.7861/futurehosp.6-2-94. PMID: 31363513; PMCID: PMC6616181. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6616181/>
10. Chatfield, Akemi Takeoka e Christopher G. Reddick. “Uma estrutura para governo inteligente habilitado para Internet das Coisas: um caso de políticas de segurança cibernética de IoT e casos de uso no governo federal dos EUA.” *Informação Governamental Q.* 36 (2019): 346-357.
11. Amisha, Malik P, Pathania M, Rathaur VK. Overview of artificial intelligence in medicine. *J Family Med Prim Care.* 2019 Jul;8(7):2328-2331. doi: 10.4103/jfmpc.jfmpc_440_19. PMID: 31463251; PMCID: PMC6691444.
12. Pianykh OS, Langs G, Dewey M, Enzmann DR, Herold CJ, Schoenberg SO, Brink JA. Continuous Learning AI in Radiology: Implementation Principles and Early Applications. *Radiology.* 2020 Oct;297(1):6-14. doi: 10.1148/radiol.2020200038. Epub 2020 Aug 25. PMID: 32840473.
13. Wu H, Chan NK, Zhang CJP, Ming WK. The Role of the Sharing Economy and Artificial Intelligence in Health Care: Opportunities and Challenges. *J Med Internet Res.* 2019 Oct 15;21(10):e13469. doi: 10.2196/13469. PMID: 31617850; PMCID: PMC6819969.
14. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JP, Clarke M, Devereaux PJ, Kleijnen J, Moher D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *J Clin Epidemiol.* 2009 Oct;62(10):e1-34. doi: 10.1016/j.jclinepi.2009.06.006. Epub 2009 Jul 23. PMID: 19631507.

15. Esposito G, Ernst B, Henket M, Winandy M, Chatterjee A, Van Eyndhoven S, Praet J, Smeets D, Meunier P, Louis R, Kolh P, Guiot J. AI-Based Chest CT Analysis for Rapid COVID-19 Diagnosis and Prognosis: A Practical Tool to Flag High-Risk Patients and Lower Healthcare Costs. *Diagnostics (Basel)*. 2022 Jul 1;12(7):1608. doi: 10.3390/diagnostics12071608. PMID: 35885513; PMCID: PMC9324628.
16. Pickhardt PJ, Correale L, Hassan C. AI-based opportunistic CT screening of incidental cardiovascular disease, osteoporosis, and sarcopenia: cost-effectiveness analysis. *Abdom Radiol (NY)*. 2023 Mar;48(3):1181-1198. doi: 10.1007/s00261-023-03800-9. Epub 2023 Jan 20. PMID: 36670245.
17. Xie, Y., Nguyen, Q.D., Hamzah, H., Lim, G., Bellemo, V., Gunasekeran, D.V., Yip, M.Y.T., Qi Lee, X., Hsu, W., Li Lee, M., Tan, C.S., Tym Wong, H., Lamoureux, E.L., Tan, G.S.W., Wong, T.Y., Finkelstein, E.A., Ting, D.S.W., 2020. Artificial intelligence for teleophthalmology-based diabetic retinopathy screening in a national programme: an economic analysis modelling study. *The Lancet Digital Health* 2, e240–e249.. [https://doi.org/10.1016/s2589-7500\(20\)30060-1](https://doi.org/10.1016/s2589-7500(20)30060-1)
18. van Leeuwen KG, Meijer FJA, Schalekamp S, Rutten MJCM, van Dijk EJ, van Ginneken B, Govers TM, de Rooij M. Cost-effectiveness of artificial intelligence aided vessel occlusion detection in acute stroke: an early health technology assessment. *Insights Imaging*. 2021 Sep 25;12(1):133. doi: 10.1186/s13244-021-01077-4. PMID: 34564764; PMCID: PMC8464539.
19. Areia M, Mori Y, Correale L, Repici A, Bretthauer M, Sharma P, Taveira F, Spadaccini M, Antonelli G, Ebigbo A, Kudo SE, Arribas J, Barua I, Kaminski MF, Messmann H, Rex DK, Dinis-Ribeiro M, Hassan C. Cost-effectiveness of artificial intelligence for screening colonoscopy: a modelling study. *Lancet Digit Health*. 2022 Jun;4(6):e436-e444. doi: 10.1016/S2589-7500(22)00042-5. Epub 2022 Apr 13. PMID: 35430151.
20. Salcedo J, Rosales M, Kim JS, Nuno D, Suen SC, Chang AH. Cost-effectiveness of artificial intelligence monitoring for active tuberculosis treatment: A modeling study. *PLoS One*. 2021 Jul 21;16(7):e0254950. doi: 10.1371/journal.pone.0254950. PMID: 34288951; PMCID: PMC8294556.
21. Ziegelmayr S, Graf M, Makowski M, Gawlitza J, Gassert F. Cost-Effectiveness of Artificial Intelligence Support in Computed Tomography-Based Lung Cancer Screening. *Cancers (Basel)*. 2022 Mar 29;14(7):1729. doi: 10.3390/cancers14071729. PMID: 35406501; PMCID: PMC8997030.
22. Schwendicke F, Cejudo Grano de Oro J, Garcia Cantu A, Meyer-Lueckel H, Chaurasia A, Krois J. Artificial Intelligence for Caries Detection: Value of Data and Information. *J Dent Res*. 2022 Oct;101(11):1350-1356. doi: 10.1177/00220345221113756. Epub 2022 Aug 22. PMID: 35996332; PMCID: PMC9516598.
23. R. Takahashi and Y. Kajikawa, "Computer-Aided Detection: Cost Effectiveness Analysis with Learning Model," *2017 Portland International*

Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), Portland, OR, USA, 2017, pp. 1-8, doi: 10.23919/PICMET.2017.8125306.

24. Srisubat A, Kittrongsiri K, Sangroongruangsri S, Khemvaranan C, Shreibati JB, Ching J, Hernandez J, Tiwari R, Hersch F, Liu Y, Hanutsaha P, Ruamviboonsuk V, Turongkaravee S, Raman R, Ruamviboonsuk P. Cost-Utility Analysis of Deep Learning and Trained Human Graders for Diabetic Retinopathy Screening in a Nationwide Program. *Ophthalmol Ther*. 2023 Apr;12(2):1339-1357. doi: 10.1007/s40123-023-00688-y. Epub 2023 Feb 25. PMID: 36841895; PMCID: PMC10011252.

25. Xie Y, Gunasekeran DV, Balaskas K, Keane PA, Sim DA, Bachmann LM, Macrae C, Ting DSW. Health Economic and Safety Considerations for Artificial Intelligence Applications in Diabetic Retinopathy Screening. *Transl Vis Sci Technol*. 2020 Apr 13;9(2):22. doi: 10.1167/tvst.9.2.22. PMID: 32818083; PMCID: PMC7396187.

26. Padula WV, Kreif N, Vanness DJ, Adamson B, Rueda JD, Felizzi F, Jonsson P, IJzerman MJ, Butte A, Crown W. Machine Learning Methods in Health Economics and Outcomes Research-The PALISADE Checklist: A Good Practices Report of an ISPOR Task Force. *Value Health*. 2022 Jul;25(7):1063-1080. doi: 10.1016/j.jval.2022.03.022. PMID: 35779937.

27. Alimadadi A, Aryal S, Manandhar I, Munroe PB, Joe B, Cheng X. Artificial intelligence and machine learning to fight COVID-19. *Physiol Genomics*. 2020 Apr 1;52(4):200-202. doi: 10.1152/physiolgenomics.00029.2020. Epub 2020 Mar 27. PMID: 32216577; PMCID: PMC7191426.

28. Batarseh FA, Ghassib I, Chong DS and Su P-H (2020) Preventive healthcare policies in the US: Solutions for disease management using big data analytics. *Journal of Big Data* 7, 38. 10.1186/s40537-020-00315-8

29. Ahmad Z, Rahim S, Zubair M, Abdul-Ghafar J. Artificial intelligence (AI) in medicine, current applications and future role with special emphasis on its potential and promise in pathology: present and future impact, obstacles including costs and acceptance among pathologists, practical and philosophical considerations. A comprehensive review. *Diagn Pathol*. 2021 Mar 17;16(1):24. doi: 10.1186/s13000-021-01085-4. PMID: 33731170; PMCID: PMC7971952.

30. Garratt KN, Schneider MA. Thinking Machines and Risk Assessment: On the Path to Precision Medicine. *J Am Heart Assoc*. 2019 Mar 5;8(5):e011969. doi: 10.1161/JAHA.119.011969. PMID: 30832529; PMCID: PMC6474923.

31. Meskó, B., Hetényi, G. & Györffy, Z. Will artificial intelligence solve the human resource crisis in healthcare?. *BMC Health Serv Res* 18, 545 (2018). <https://doi.org/10.1186/s12913-018-3359-4>

32. Ruiz Morilla MD, Sans M, Casasa A, Giménez N. Implementing technology in healthcare: insights from physicians. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2017 Jun

27;17(1):92. doi: 10.1186/s12911-017-0489-2. PMID: 28655299; PMCID: PMC5488364.