

# Inteligência Artificial na Prevenção da COVID-19: prospecção no contexto epidemiológico no mundo pós-pandêmico

*Artificial Intelligence in the Prevention of COVID-19: prospecting in the epidemiological context in the post-pandemic world*

*Robson Almeida Borges de Freitas<sup>1</sup>*

*Humbérila da Costa e Silva Melo<sup>1</sup>*

*Margarete Almeida Freitas de Azevedo<sup>1</sup>*

*Antonio Martins de Oliveira Junior<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Teresina, PI, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, SE, Brasil

## Resumo

A pandemia ocasionada pela COVID-19 motivou o desenvolvimento científico e tecnológico para seu enfrentamento. A Inteligência Artificial (IA) entra como um ramo capaz de auxiliar no controle epidemiológico e na prevenção da doença. O objetivo deste artigo é realizar a prospecção científica e tecnológica sobre IA no contexto epidemiológico e de prevenção no mundo pós-pandêmico. Tais informações podem contribuir para combater novas crises de saúde. A plataforma Lens.org foi utilizada para averiguar trabalhos científicos e patentes relacionando IA, prevenção e epidemiologia com a COVID-19. Foram encontrados 57 artigos e 19 patentes, destas, uma patente que cita um artigo e quatro patentes que são citadas em novas tecnologias. Observa-se que a IA se tornou um aliado no controle epidemiológico, na prevenção e no diagnóstico da COVID-19 e pode contribuir com a análise de grande volume de dados, na geração de estratégias de controle, na condução de testes e na criação de medicamento ou vacinas.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Epidemiologia. COVID-19.

## Abstract

The pandemic caused by COVID-19 motivated scientific and technological development to face it. Artificial Intelligence (AI) enters as a branch capable of assisting in epidemiological control and disease prevention. The objective of this article is to carry out scientific and technological prospecting on AI in the epidemiological and prevention context. Such information can contribute to combating new health crises. The Lens.org platform was used to investigate scientific works and patents relating AI, prevention, epidemiology and COVID-19. 57 articles and 19 patents were found, of these, one patent that cites an article and four patents that are cited in new technologies. It is observed that AI is an ally in epidemiological control, in the prevention and diagnosis of COVID-19 and can contribute to the analysis of large volumes of data, in the generation of control strategies, in the conduct of tests and in the creation of medicine or vaccines.

Keywords: Artificial Intelligence. Epidemiology. COVID-19.

Área Tecnológica: Ciência da Computação. Propriedade Intelectual. Saúde Pública.



# 1 Introdução

A pandemia ocasionada pelo surgimento do vírus SARS-CoV-2 e pela moléstia causada nas pessoas que o contraíam, a qual se deu o nome de COVID-19, motivou o desenvolvimento científico e tecnológico nas diversas áreas de conhecimento. A soma de esforços oriundas de uma situação de vida ou morte possibilitou avanços significativos em um curto espaço de tempo em todo o mundo (FREITAS *et al.*, 2020; KHEMASUWAN; COLT, 2021; MALIK, 2021; PICCIALLI *et al.*, 2021). No campo da computação, os cientistas, programadores e profissionais que trabalham com Inteligência Artificial (IA) e suas técnicas derivadas, como Aprendizagem de Máquina e Aprendizagem Profunda, puderam aplicar seus conhecimentos para a resolução de problemas de prevenção e controle epidemiológico da doença (FREITAS *et al.*, 2020; KHEMASUWAN; COLT, 2021; MALIK, 2021; PICCIALLI *et al.*, 2021).

Com isso, entende-se como necessário ilustrar os avanços científicos e tecnológicos refletidos na publicação de artigos e patentes. Com esse panorama, é possível evidenciar os esforços no combate à COVID-19, a quantidade de publicações, as patentes geradas e as soluções desenvolvidas, assim como os atores mais evidentes dentro da metodologia do estudo. Ademais, concentra-se no enfoque epidemiológico e de prevenção com o uso da IA no mundo pós-pandêmico.

Nesse sentido, como evidenciar a contribuição da IA no campo da prevenção e epidemiologia? Para tanto, busca-se compreender como a IA contribuiu no enfrentamento à moléstia mundial em termos de controle da doença e levantar os casos tecnológicos resultantes para registro. Logo, o objetivo do estudo é realizar a prospecção científica e tecnológica sobre Inteligência Artificial no contexto epidemiológico e de prevenção no mundo pós-pandêmico.

Como justificativa para a busca do propósito, pode-se creditar ao âmbito da Propriedade Intelectual a manutenção de informações relativas aos avanços tecnológicos e suas aplicabilidades para acesso à comunidade em geral. Ademais, as implementações da IA no âmbito da prevenção e controle epidemiológico devem ser exploradas e trazidas a público para discussão, aplicação e implementação de melhorias aqui discutidas para elucidação das contribuições da IA no enfrentamento à COVID-19.

## 1.1 Epidemiologia e Prevenção da COVID-19 com Inteligência Artificial

Diante dos episódios macabros da pandemia da COVID-19, cientistas debruçaram-se na proposição de abordagens para enfrentamento, e, dentro das técnicas estudadas, ressalta-se o uso da Inteligência Artificial (IA) para controle da infecção, diagnóstico clínico, processamento de testes clínicos e previsão da progressão da doença (CHEN *et al.*, 2021; DONG *et al.*, 2021). Nessa linha, o uso da Inteligência Artificial pode contribuir com a prevenção, diagnóstico e controle da transmissão.

De acordo com Nassem *et al.* (2020), as contribuições da IA podem ser sintetizadas em quatro temáticas para melhor compreensão. Em uma primeira perspectiva, a IA, juntamente com a mineração de dados, pode agilizar precisamente a identificação de casos para contribuir em crises de saúde. Em uma segunda vertente, a IA pode colaborar com a triagem, o rastreamento e o diagnóstico da COVID-19, atuando com redes inteligentes para previsão de futuros surtos.

Em uma terceira temática, a IA pode ajudar no desenvolvimento de medicamentos, análise de proteínas e formulação de vacinas. Por fim, a IA, de acordo com o estudo, pode minimizar a carga de trabalho humano para analisar uma vasta quantidade de dados médicos para prevenção de predição epidemiológica, principalmente para países com poucos recursos.

Em continuidade, Santus *et al.* (2021) discutem sobre as medidas restritivas adotadas pelos governos e suas consequências sociais e econômicas sentidas em maior proporção pelos menos abastados. Na era das mídias sociais, das redes sociais e da Web 2.0, as notícias falsas e a desinformação são presentes e difíceis de serem verificadas por pessoas comuns, e, segundo a pesquisa, a IA pode promover o combate a notícias falsas com sistemas de verificação e de informação.

Dong *et al.* (2021) exploram que a detecção e a prevenção de casos durante uma pandemia podem ser automatizadas com o uso de grande volume de dados tratados pela IA. A visão computacional pode ser utilizada para identificar indivíduos com sintoma de febre, o reconhecimento facial pode ser usado para rastrear indivíduos com tal sintoma em aglomerações, além de fornecer estatísticas de transmissão. Com isso, pode-se encontrar epidemias em estágio inicial, rastrear contatos com doentes, detectar e prever risos epidêmicos.

## 1.2 Inteligência Artificial e Aplicações na Pandemia

Em termos de aplicações da IA na pandemia da COVID-19, Huang *et al.* (2021) ressaltam em seu estudo que as técnicas de IA podem diagnosticar precocemente um paciente com COVID-19 com modelos computacionais, diferenciando até mesmo de uma gripe, e também auxiliando no diagnóstico por imagens de tórax. Tais argumentações são corroboradas por XU *et al.* (2021).

Com base na localização geográfica, na genética, na epigenética e em características socioeconômicas, a IA pode auxiliar os médicos a adaptar intervenções preventivas e terapêuticas no ambiente clínico e hospitalar. Com esses dados, pode-se analisar a probabilidade de sucesso de um tratamento para um determinado paciente, assim como avaliar a probabilidade de o paciente desenvolver uma determinada doença. Isso ocorre com o sequenciamento do genoma humano e do uso de IA para estudar fenótipos, correlações genotípicas e ambientais entre doenças, e, com isso, otimizar o tratamento e a alocação de recursos (SANTUS *et al.*, 2021).

Rao e Vazquez (2020) relatam que o uso de algoritmos de IA podem ser adicionados à rotina de utilização dos smartphones para minerar possíveis casos de COVID-19 por meio da rotina de interação do usuário com uma ferramenta de coleta de dados *on-line*. As questões de coleta abordam sobre viagens, sinais e sintomas dos respondentes para gerar um índice de risco de infecção, indicando a necessidade de quarentena para mitigar os riscos.

Para Khemasuwan e Colt (2021), as aplicações da IA para combate à pandemia possuem algumas limitações que precisam ser analisadas. São exemplos de limitações: (a) Questões éticas sobre uso dos dados e seus impactos sociais e econômicos na vida individual; (b) Carência de estudos prospectivos de validação e de melhoria de algoritmos da área da saúde; (c) Testes realizados com pouco volume de dados, ou com dados únicos e pré-existentes.

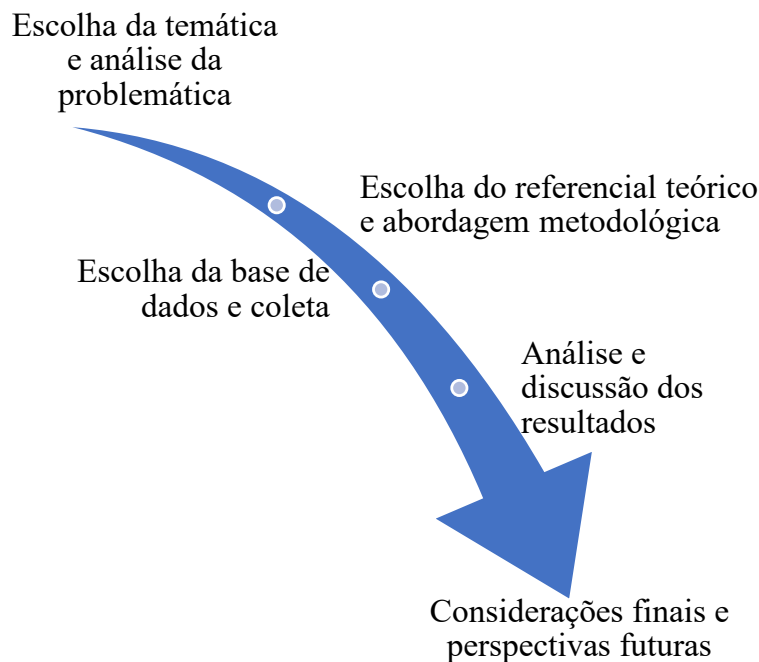
A literatura clarifica as contribuições da IA na prevenção e mitigação do impacto da doença, com isso, avança-se para os procedimentos metodológicos na próxima seção.

## 2 Metodologia

No quesito metodológico, a pesquisa possui natureza aplicada com abordagem quantitativa. Com procedimentos documentais, a metodologia quanto aos objetivos busca explorar e descrever os fenômenos envolvidos na temática.

Para ilustração do processo metodológico, a Figura 1 ilustra os passos para alcançar o objetivo proposto.

**Figura 1** – Delineamento metodológico



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2022)

A plataforma Lens.org foi escolhida para a coleta e análise dos dados. A escolha da plataforma se deu pela robustez da sua base de dados e pela versatilidade nas buscas por artigos e patentes. Além disso, a plataforma possibilita a extração de gráficos baseados na análise dos dados pesquisados. A busca utilizou filtros de data, a qual foi limitada aos anos de 2020 e 2021, visto que no ano de 2022 estavam em curso as investigações. Foram pesquisados artigos e patentes na referida plataforma.

Os termos inseridos foram: COVID-19, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, EPIDEMIOLOGIA e PREVENÇÃO. Os termos foram inseridos em inglês com a utilização da lógica Booleana para filtragem dos termos. Para assegurar a fidelidade do método, os termos utilizados foram: (COVID-19 AND epidemiology AND prevention AND artificial AND intelligence). Portanto, buscou-se o relacionamento da COVID-19 com IA, epidemiologia e prevenção.

Na próxima seção, serão apresentados os resultados de artigos científicos e de patentes encontrados na pesquisa. Após a ilustração dos resultados, serão realizadas a discussão dos achados e a análise das informações obtidas.

### 3 Resultados e Discussão

Das publicações no mundo pós-pandemia, para os termos pesquisados, foram encontrados 57 artigos, e um foi citado em documento de patente. Em origem geográfica, a Figura 2 apresenta os países que se destacaram na produção científica relacionada com os termos da pesquisa.

**Figura 2** – Países e produção científica sobre os termos



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo na plataforma Lens.org (2022)

Em ordem de número de produções científicas, os Estados Unidos da América (EUA) posicionam-se como o país melhor colocado, o Reino Unido em segundo, seguido pela China em terceiro. Países como o Canadá (5), Austrália (4), Índia (3), Países Baixos (3), Paquistão (3) e Suíça (3) aparecem com publicações e merecem ser destacados. Observa-se os Estados Unidos da América (21) como principal envolvido nas publicações relacionadas com COVID-19, epidemiologia, prevenção e IA. Em segundo, tem-se o Reino Unido com 18 publicações, seguido da China com oito publicações.

A China, segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022), teve um dos menores índices de evolução da COVID-19 durante a pandemia e é reconhecidamente um dos maiores implementadores da IA (UNCTAD, 2021). Os Estados Unidos, conforme indicação dos resultados, é notadamente um dos principais produtores mundiais de artigos sobre IA (UNCTAD, 2021). O Reino Unido possui número relevante de publicações de artigos como exposto na Figura 2, e é reconhecidamente um dos produtores de vacinas eficazes no mundo, o que confirma a necessidade de estudos para prevenção e controle epidemiológico.

Países desenvolvidos como Estados Unidos e Inglaterra possuem indicativos de investimento, desenvolvimento e aplicações da IA, tanto no âmbito privado quanto no público. Tais números fazem especular que, no futuro, a IA poderá ser aplicada em diversas finalidades que possam contribuir no enfrentamento de novas pandemias. Reflete-se que o uso da IA poderá contribuir com o controle informacional, dados estatísticos mais precisos, controle de circulação e também em tendências de tecnologias para lazer e diversão.

Para países como o Brasil, nota-se que as pesquisas sobre IA em todos os seus contextos carecem de ampliação e de aplicabilidade, ou seja, leva-se a crer que os esforços devem ser melhorados para que a sociedade brasileira possa equiparar suas tecnologias com a de países desenvolvidos.



As derivações dos artigos encontrados são ilustradas na Figura 3, na qual é mostrada a quantidade de trabalhos para cada instituição, limitando-se às dez que mais publicaram.

**Figura 3** – Instituições que publicaram artigos sobre a temática



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo na plataforma Lens.org (2022)

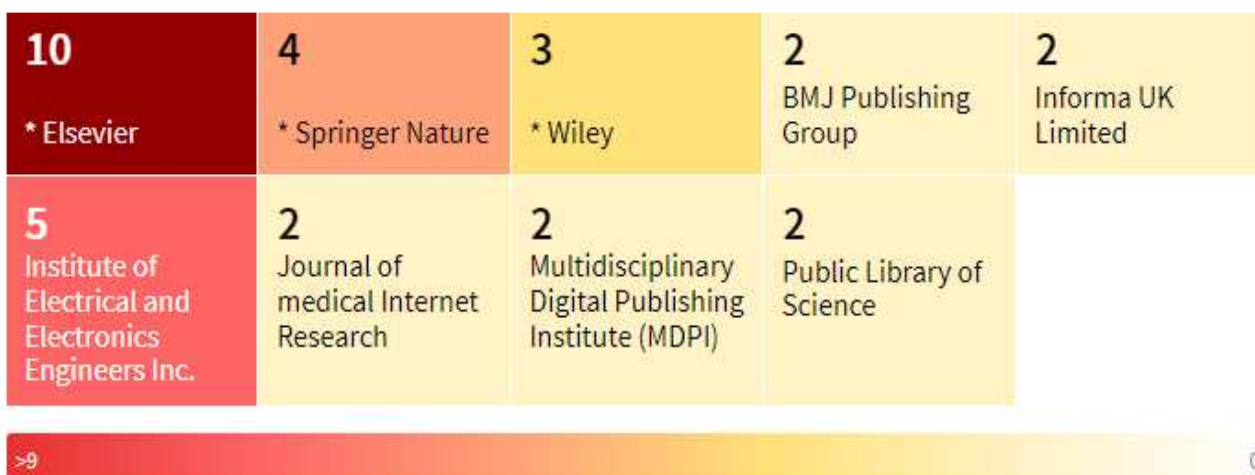
As instituições que mais produziram, em termos geográficos, quando somadas, são oriundas do Reino Unido. São elas: Universidade de Londres (5), Universidade de Oxford (3), Universidade de Liverpool (3) e Universidade de Cambridge (2). Somam-se 13 artigos publicados pelas Universidades do Reino Unido, mostrando a relevância da participação das Universidades no combate à COVID-19 e na busca por soluções para a crise epidemiológica. Vale ressaltar que o desenvolvimento de uma das principais vacinas utilizadas na campanha vacinal do Brasil se originou do Reino Unido.

A vacina Oxford-AstraZeneca é vinculada à Universidade de Oxford, que sediou o arcabouço desenvolvimentista da tecnologia aplicada na vacina. O imunizante utiliza-se da técnica de vetor viral não replicante de adenovírus de chimpanzé com inserção da proteína do vírus Sars-CoV-2. A vacina da Oxford-AstraZeneca foi licenciada pela Fiocruz para desenvolvimento e produção do composto preventivo no Brasil por meio de acordo com a empresa AstraZeneca (GUIMARÃES, 2020; STEVANIM *et al.*, 2020).

As Universidades de Wuhan e Pequim, ambas na China, possuem quatro publicações quando consideradas geograficamente. Nota-se que em Wuhan, local dos primeiros relatos de infecções, os cientistas promoveram estudos que relacionam os temas estudados, desse modo, acredita-se que eles buscavam alternativas para o controle da infecção.

As principais editoras dos estudos pesquisados estão elencadas na Figura 4.

**Figura 4** – Editoras que publicaram os artigos



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo na plataforma Lens.org (2022)

As revistas que mais publicaram foram: *Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.* (IEEE) (5 publicações) e *Elsevier Limited* (4 publicações). A revista com título: *IEEE acess: practical innovations open solutions* publicou quatro artigos, enquanto a revista *IEEE Internet of things journal* publicou um artigo. Ambas foram publicadas pela editora IEEE. Já a editora *Elsevier Limited* publicou quatro artigos nas revistas de título: *Chaos, solitons, ans fractals; Cities (London, England); Health & place; e Informatics in medicine unlocked*. Evidencia-se a qualidade das bases indexadoras dos artigos e os esforços por parte dos periódicos de engenharia e medicina para divulgar as pesquisas e achados dentro das temáticas multidisciplinares (Inteligência Artificial, Epidemiologia, Prevenção e COVID-19).

As principais áreas de estudos presentes nos dados levantados estão descritas na Figura 5.

**Figura 5** – Áreas dos artigos encontrados na pesquisa



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo na plataforma Lens.org (2022)

Com base na Figura 5, pode-se notar a presença das áreas de Inteligência Artificial (9 ocorrências), Aprendizagem Profunda (*Deep Learning*, com 5 ocorrências) e Informática (13 ocorrências). As áreas com maior número de ocorrências são: Medicina, COVID-19 e Pandemia. A Aprendizagem Profunda (AP) é relacionada com a IA, e com base nos termos pesquisados, A AP pode ser utilizada para tratar grandes volumes de dados para gerar informações epidemiológicas, predição de avanços de casos e avaliar se as medidas governamentais possuem influência na taxa de transmissão (FREITAS *et al.*, 2020). Observa-se também a prevalência de pesquisas ligadas às áreas de governo e saúde pública.

A produção científica e suas publicações em formato de artigo podem fundamentar o desenvolvimento de patentes. Nos dados pesquisados, foi observado um artigo citado por uma patente relacionada com os termos pesquisados e que foi concedida em maio de 2022. O Quadro 1 sintetiza a patente e o artigo utilizado como referência para a tecnologia.

**Quadro 1** – Informações sobre a patente citada pelo artigo da pesquisa

NOME DA PATENTE	NÚMERO DE REFERÊNCIA/ÁREA PCT	ARQUIVAMENTO	CONCESSÃO
<i>Automatic method to delineate or categorize an electrocardiogram</i>	US 11331034 B2 - A61B5, G16H50	1º de outubro de 2021	17 de maio de 2022
NOME DO ARTIGO	NÚMERO DE REFERÊNCIA	PALAVRAS-CHAVE	INSTITUIÇÕES DOS AUTORES
<i>Smartwatch Electrocardiogram and Artificial Intelligence for Assessing Cardiac Rhythm Safety of Drug Therapy in the COVID-19 Pandemic. The QT-logs study</i>	10.1016/j.ijcard.2021.01.002	<i>artificial intelligence, covid-19, hydroxychloroquine, azythromycine, qtc-interval, smartwatch</i>	Aix-Marseille University Department of Epidemiology and Health Economics, APHM, Marseille, France Cardiologs Technologies, Paris, France Harvard University Institut Cardiovasculaire Paris-Sud, Hôpital Privé Jacques Cartier, Ramsay, Massy, France

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2022)

A patente exibida no Quadro 1 é um método informático para classificação e delineamento de sinais ECG (Eletrocardiograma). Possui funcionalidade atrelada aos sistemas computacional, analisa anomalias e gera gráficos. São três inventores originários da França, com a tecnologia depositada pela Cardiologia Tech Sas. As áreas do Tratado Internacional de Patentes são descritas como de medição para fins de diagnóstico por ondas ultrassônicas, sônicas ou infrassônicas e para Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) especialmente adaptadas para monitoramento, gestão, operação de dispositivos médicos ou instalações de saúde (RAPIN; JIA; MASSIAS, 2022).

Já o artigo do Quadro 1 possui relação com o uso da IA para avaliar os intervalos cardíacos em um *smartwatch*. O artigo aborda sobre pacientes que realizam terapia medicamentosa para a COVID-19 e precisam monitorar os ciclos cardíacos e indica o uso de *smartwatch* para esse fim. O artigo possui autores da França, sendo que um dos autores é filiado à Universidade Harvard. Nota-se que o artigo e a patente possuem relação nas propostas diante da pandemia da COVID-19 (MAILLE *et al.*, 2021).



Ainda se tratando do artigo do Quadro 1, a utilização de monitores cardíacos para tratamentos medicamentosos no combate à COVID-19, mais especificamente com a utilização da Hidroxicloroquina e Azitromicina, foi estudada com a finalidade de avaliar a condição de saúde causada pelos efeitos adversos da terapia. Como é de conhecimento público, a Hidroxicloroquina foi amplamente defendida como possível tratamento dentro do que foi chamado de “Kit COVID” no Brasil. Com o uso indiscriminado dessas drogas, é plausível a criação de tecnologias para prever possíveis complicações cardíacas causadas pela terapia medicamentosa em excesso.

Em prosseguimento, a Tabela 1 expõe os três artigos com maior número de citações por outros trabalhos acadêmicos. Buscou-se relevância nos artigos encontrados e, para isso, tem-se as citações como indicador.

**Tabela 1** – Artigos com maior número de citações

NOME DO ARTIGO	PUBLICAÇÃO	CITAÇÕES EM ARTIGOS
1 – <i>Epidemiology and transmission of COVID-19 in 391 cases and 1286 of their close contacts in Shenzhen, China: a retrospective cohort study.</i>	2020	1.396
2 – <i>A modified deep convolutional neural network for detecting COVID-19 and pneumonia from chest X-ray images based on the concatenation of Xception and ResNet50V2.</i>	2020	236
3 – <i>Artificial Intelligence and COVID-19: Deep Learning Approaches for Diagnosis and Treatment</i>	2020	237

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2022)

Os três artigos foram publicados em 2020 e, pelo lapso temporal, tiveram condições de terem mais citações pela comunidade científica. O artigo 1 estudou o tempo de início dos sintomas até a confirmação, isolamento e admissão no hospital de 391 casos, como também analisou os fatores que influenciaram os riscos de transmissão. O artigo preocupou-se em estimar dias de isolamento, possíveis contatos de risco, influência dos assintomáticos, dias de internação, entre outras variáveis sobre a COVID-19. Membros da equipe são vinculados à laboratórios de IA e esse artigo foi publicado na *Lancet Infectious Diseases* (BI *et al.*, 2020). O artigo apresentou 1.396 citações nos dados encontrados, sendo o artigo mais citado e com grande diferença numérica.

Com os ensaios de IA para monitoramento das infecções, é possível prever cenários de infecção dentro dos contextos das cidades e/ou metrópoles acometidas por infecções de rápida disseminação. O uso de IA pode contribuir no controle de infecções com a ilustração de progressão da doença em diferentes cenários e, para isso, é necessário o desenvolvimento de técnicas de Aprendizagem de Máquina específicos para tais enfrentamentos.

O artigo 2 da Tabela 1 aborda sobre o uso de IA, com a técnica de Redes Neurais, para detectar COVID-19 e pneumonia com imagens do raio-X do tórax. O algoritmo classifica as imagens em normal, pneumonia e COVID-19. A precisão para detectar casos de COVID-19 foi de 99,50%, e a precisão média geral para todas as classes (pneumonia e normal) é de 91,4%. Ressalta-se a utilização de uma base de dados de código aberto para alcançar os resultados. O artigo foi publicado nas bases da Elsevier (RAHIMZADEH; ATTAR, 2020).

Em outra perspectiva, o uso da IA pode contribuir com a criação de mecanismos de auxílio ao diagnóstico e ao tratamento de doenças. No caso da COVID-19, como a moléstia causa

graves danos a órgãos internos, a utilização da IA para diagnóstico de imagens pode colaborar com indicadores de progressão e de regressão da doença, fazendo com que os médicos possam avaliar seus protocolos, assim como as respostas individuais de seus pacientes a tratamentos diferentes.

O artigo 3 trata do uso da IA para diagnóstico e tratamento, especificamente, métodos de *Deep Learning* (DL), incluindo Redes Contraditórias Generativas (GANs), Máquina de Aprendizagem Extrema (ELM) e Memória de Longo/Curto Prazo (LSTM). O artigo propõe estratégias para utilizar as técnicas descritas no combate à COVID-19, elaborando também com o uso de Redes Neurais Artificiais. O estudo utilizou-se da bioinformática como abordagem para formar uma plataforma para médicos e pesquisadores, com a intenção de acelerar o processo de diagnóstico e tratamento com o uso de IA. O artigo foi publicado na *IEEE Access* (JAMSHIDI *et al.*, 2020).

A IA pode contribuir em contextos de redes de compartilhamentos. Com o desenvolvimento de soluções baseadas em IA, a medicina pode evoluir de maneira isonômica em diferentes países e situações com o compartilhamento de informações precisas e a correta análise dos imensos volumes de dados. Como uma das funções da IA é tratar grandes bases de dados, pode-se atribuir aos algoritmos o maior trabalho da análise que pode ser executada por IA e com isso as equipes de enfrentamento ficam livres para concentrarem-se em outras tarefas.

Com as evidências dos artigos é possível aferir que, cientificamente, a Inteligência Artificial possui aplicabilidades na busca por controles epidemiológicos e na prevenção de pandemias. Portanto, o investimento em ensino, pesquisa e extensão dentro das temáticas de IA são cruciais como estratégia de desenvolvimento de um país, pois o surgimento de métodos para a contenção de crises como foi a ocasionada pela COVID-19 pode mitigar os danos por meio de recursos que possam ser produzidos com essa tecnologia.

Os resultados obtidos na consulta de patentes são apresentados a seguir. Com os termos selecionados, foram encontrados 19 registros de patentes agrupados por família simples, nas quais seis foram depositadas em 2020, 12 em 2021 e uma das patentes possui data de pedido em 2018 e teve a concessão em 2021 com a aplicabilidade na pandemia. Das 19 patentes, apenas seis possuem a concessão, e, com exceção da patente depositada em 2018, as patentes com pedido durante a pandemia levaram aproximadamente 10 meses para serem concedidas. A Classificação Internacional das Patentes (CIP) dos resultados obtidos está, em sua maioria, nas áreas de: Tecnologia de Informação e Comunicação, Ciência Médica ou Veterinária, Bioquímica e Microbiologia.

Em análise da jurisdição dos documentos observados, tem-se que 11 são patentes com pedidos internacionais feitos pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual e oito possuem jurisdição nos Estados Unidos da América.

Da amostra coletada, há quatro patentes citadas por outras e agrupadas por família simples, ou seja, filtra-se as repetições de patentes de diferentes jurisdições. A Tabela 2 sintetiza as informações.

**Tabela 2** – Patentes da amostra que foram citadas por outros documentos de patente

PATENTE	DEPOSITANTE	SITUAÇÃO
1 – <i>Predictive analysis and interventions to limit disease exposure</i>	Vignet Inc	Concedida
2 – <i>Potentiators of Antimicrobial and/or Antiviral Agents</i>	Massachusetts Inst Technology	Em análise
3 – <i>Methods and systems of prioritizing treatments, vaccination, testing and/or activities while protecting the privacy of individuals</i>	Ehrlich Gal	Concedida
4 – <i>Integrated health data capture and analysis system</i>	Labrador Diagnostics Llc	Concedida

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2022)

Nas patentes da Tabela 2, há três tecnologias concedidas. A patente 1 ambienta-se na análise preditiva para limitar a exposição à COVID-19 com intervenções. A tecnologia utiliza-se de Aprendizagem de Máquina para prever um nível de exposição e indicar um provável procedimento para prevenção da doença. Essa tecnologia está relacionada com a área Informática e saúde, com manipulação ou processamento de dados médicos. Os autores são dos Estados Unidos da América (PRADUMAN; SCHILLING; KLEIN, 2020).

Conforme exposto, o uso de mecanismos de IA pode contribuir para o monitoramento e o controle de casos e de exposições a pessoas infectadas. Além de monitorar, tais mecanismos podem ser agregados a dispositivos de *hardware* para um monitoramento de sinais vitais e biológicos de indivíduos.

A patente 2 trata de potencializadores de agentes antimicrobianos e/ou antivirais, para tanto, traz um método próprio e que busca capacitar os efeitos dos medicamentos. A área da patente é indicada como: Preparações para finalidades médicas, odontológicas e higiênicas (COLLINS *et al.*, 2020).

Continuando, a utilização da IA como tecnologia experimental de alto rendimento para descoberta de mecanismos biológicos para tratamento de saúde tem sido capaz de propor novas abordagens medicamentosas.

A patente 3 discorre sobre métodos e sistemas de priorização para tratamento, vacinação e atividades com proteção da privacidade dos usuários. O sistema mapeia os dispositivos dos usuários via *id* e possibilita verificar contatos de risco e de aglomeração, além de possibilitar uma escala de priorização de vacina para os sujeitos (GAL; MAIER, 2020). A patente 3 foi depositada por Ehrlich Gal e Fenster Maier, ambos Israelenses, nas áreas de Informática para manipulação e processamento de dados médicos.

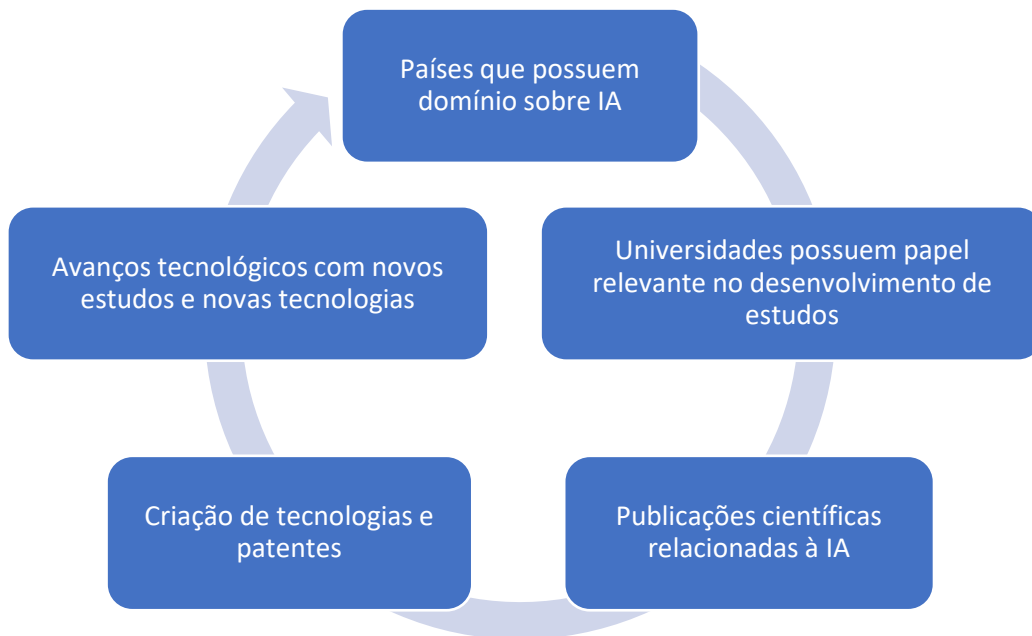
A patente 4 foi depositada por Labrador Diagnostics LLC, por inventores dos EUA. A patente 4 possui áreas relacionadas com processamento via computadores de dados médicos por um sistema de captura e análise em tempo real. O sistema pode notificar autoridades, governos locais, regionais e nacionais quando um evento de aglomeração foi detectado (HOLMES *et al.*, 2021).

Diante do contexto das patentes 3 e 4, observa-se o uso da IA para criação de mecanismos de urgência para monitoramento e controle da disseminação de casos de doenças. Observa-se que as técnicas de Aprendizagem de Máquina aliada à procedimentos de controle Epidemio-

lógico podem colaborar com informações cruciais para decisões em meio a cenários de crise. O uso da IA não possui limitação evidente, visto que podem ser integradas em dispositivos e em rede, podem exprimir panoramas de contágio e de causa e efeito (em situações de avaliação de medidas), além de poderem contribuir com mecanismos de entretenimento e de lazer para os casos de isolamento e distanciamento social.

Nos dados analisados deste trabalho, pôde-se observar que os países com maior domínio da Inteligência Artificial e suas técnicas conduziram a produção científica com a manifestação em publicações de artigos em revistas. As Universidades tiveram papel fundamental nos estudos e publicações sobre IA e, por conseguinte, deram sustentação para criação de tecnologias em forma de patentes. Como consequência, as patentes geraram novos estudos e novas patentes, com a reformatação, criação e evolução tecnológica. A Figura 6 apresenta o esquema relatado.

**Figura 6** – Ciclo evidenciado com os dados da pesquisa



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2022)

Nos documentos de proteção tecnológica, foi possível observar que, na condução do enfrentamento à pandemia, os artigos científicos serviram de sustentação para a criação de produtos tecnológicos. Esses produtos despertaram o interesse da comunidade científica, governamental e empresarial em concentrar esforços para superação da infinidade de desafios que a COVID-19 trouxe.

Nesse sentido, as patentes servem para proteger as tecnologias criadas para a demanda que surgiu e são alternativas para a comunidade mundial utilizar tais tecnologias, mediante os acordos patentários, no combate à COVID-19.

## 4 Considerações Finais

O presente estudo possibilitou aproximar a compreensão de como a Inteligência Artificial foi utilizada durante o período pandêmico de 2020 a 2021, ou seja, como os cientistas e inventores buscaram contribuir para o enfrentamento da COVID-19 e quais as perspectivas podem ser observadas no mundo pós-pandêmico. Os artigos e patentes criados nos anos de pandemia deixaram um legado informacional e de soluções que podem servir como base para outras crises de saúde e de orientação para países com baixos índices de desenvolvimento se programarem tecnológica e cientificamente.

Nota-se a presença do progresso de estudos científicos indo em direção à criação de patentes e inovação no combate à crise gerada pela COVID-19. Esse avanço é benéfico e esperado quando as publicações relevantes buscam solucionar os problemas com tecnologias. O uso da IA foi efetivo no diagnóstico, prevenção, predição e tratamento da COVID-19. Quando se possuem grandes volumes de dados, a IA pode auxiliar nos processos repetitivos e acelerar a criação de soluções, por exemplo, vacinas, monitoramento de aglomeração, sistemas de saúde em tempo real e acompanhamento dos impactos das medidas restritivas.

O controle epidemiológico do número de casos e sua gravidade é importante para a criação ou a redução do número de leitos hospitalares, aquisição de medicamentos e equipamentos pelos serviços de saúde, flexibilização de medidas sanitárias como o uso de máscaras e reforço ou ampliação da cobertura vacinal. Sem o controle da infecção, os recursos materiais e humanos podem entrar em colapso. Portanto, a análise preditiva é um aliado para verificar se as medidas restritivas são eficazes, e até mesmo realizar simulações de causa e efeito por meio da utilização das grandes bases de dados que foram geradas durante a pandemia. Tais dados podem ser analisados com o uso de IA para gerar estratégias adicionais em novas crises de saúde.

## 5 Perspectivas Futuras

A IA pode ser utilizada para analisar os grandes volumes de dados gerados durante a pandemia. Esses dados possuem diversas características, por exemplo: informações sobre disseminação de casos, número de óbitos, geração de patentes, dados de aglomeração com posterior aumento no número de casos e dados gerados após a implementação de medidas restritivas. Com a análise dos dados, pode-se gerar um monitoramento mais eficiente e utilizar estratégias que possuam maior probabilidade de sucesso.

Em termos clínicos, a IA pode contribuir com o diagnóstico por imagem da evolução da doença e até mesmo com um diagnóstico diferencial. Para países economicamente vulneráveis, o uso da IA pode contribuir na criação de vacinas e seus testes. Para tanto, os governos e as empresas devem favorecer o Capital e a Propriedade Intelectual no que for possível para que em um novo momento pandêmico possua ferramentas para reduzir os óbitos.

Nesse contexto, analisar as tecnologias e os estudos que indiquem as estratégias que funcionaram durante a pandemia é crucial para o controle epidemiológico e a prevenção de doenças. Quando possível, o compartilhamento das bases de dados deve ser incentivado para que a comunidade científica possa atuar em novas soluções por meio de treinamento de IA



em bases de dados validadas. Por fim, a integração das tecnologias nos diversos dispositivos de comunicação, como: smartphones, notebooks e smartwatches, levando em consideração a questão da privacidade e do benefício gerado.

## Referências

- BI, Qifang *et al.* Epidemiology and transmission of COVID-19 in 391 cases and 1286 of their close contacts in Shenzhen, China: a retrospective cohort study. **The Lancet Infectious Diseases**, [s.l.], v. 20, n. 8, p. 911-919, 2020. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30287-5](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30287-5).
- CHEN, Jianguo *et al.* A survey on applications of artificial intelligence in fighting against COVID-19. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, [s.l.], v. 54, n. 8, p. 1-32, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1145/3465398>.
- COLLINS James J. *et al.* **Massachusetts Inst Technology US, Massachusetts Gen Hospital US, Collins James J US, Bhattacharyya Roby**. Depositante: WIPO, WO 2020/227530 A1, 2020.
- DONG, Jiancheng *et al.* Application of big data and artificial intelligence in COVID-19 prevention, diagnosis, treatment and management decisions in China. **Journal of Medical Systems**, [s.l.], v. 45, n. 9, p. 1-11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10916-021-01757-0>.
- FREITAS, Robson Almeida Borges *et al.* Prospecção científica sobre epidemiologia e prevenção da COVID-19 aliada a inteligência artificial. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 2 COVID-19, p. 543-543, 2020. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v13i2.36190>.
- GAL, Ehrlich; MAIER, Fenster. **Methods and systems of prioritizing treatments, vaccination, testing and/or activities while protecting the privacy of individuals**, USA, US 11107588 B2, 2020.
- GUIMARÃES, Reinaldo. Vacinas anticovid: um olhar da saúde coletiva. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 25, p. 3.579-3.585, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232020259.24542020>.
- HOLMES, Elizabeth A. *et al.* **Labrador Diagnostics LLC**. Depositante: Integrated health data capture and analysis system, USA, US 11195624 B2. 2021.
- HUANG, Shigao *et al.* Artificial intelligence in the diagnosis of COVID-19: Challenges and perspectives. **International Journal of Biological Sciences**, [s.l.], v. 17, n. 6, p. 1.581, 2021. DOI: <https://doi.org/10.7150/ijbs.58855>.
- INFORME, E. N. S. P. *et al.* **Fiocruz desenvolve novas vacinas para enfrentar Covid-19**. [S.l.: s.n.], 2021.
- JAMSHIDI, Mohammad *et al.* Artificial intelligence and COVID-19: deep learning approaches for diagnosis and treatment. **Ieee Access**, [s.l.], v. 8, p. 109581-109595, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3001973>.
- KHEMASUWAN, Danai; COLT, Henri G. Applications and challenges of AI-based algorithms in the COVID-19 pandemic. **BMJ Innovations**, [s.l.], v. 7, n. 2, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjinnov-2020-000648>.
- LENS.ORG. **[Base de dados – Internet]**. Cambia; Queensland University of Technology, 2020. Disponível em: <https://www.lens.org/>. Acesso em: 1º ago. 2022.

- MAILLE, Baptiste *et al.* Smartwatch electrocardiogram and artificial intelligence for assessing cardiac-rhythm safety of drug therapy in the COVID-19 pandemic. The QT-logs study. **International Journal of Cardiology**, [s.l.], v. 331, p. 333-339, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2021.01.002>.
- MALIK, Yashpal Singh *et al.* How artificial intelligence may help the Covid-19 pandemic: Pitfalls and lessons for the future. **Reviews in Medical Virology**, [s.l.], v. 31, n. 5, p. 1-11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/rmv.2205>.
- NASEEM, Maleeha *et al.* Exploring the potential of artificial intelligence and machine learning to combat COVID-19 and existing opportunities for LMIC: a scoping review. **Journal of Primary Care & Community Health**, [s.l.], v. 11, p. 2150132720963634, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/2150132720963634>.
- OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Painel do Coronavírus da OMS (Covid)**. [2022]. Disponível em: <https://covid19.who.int/>. Acesso em: 27 ago. 2022.
- PICCIALLI, Francesco *et al.* The role of artificial intelligence in fighting the COVID-19 pandemic. **Information Systems Frontiers**, [s.l.], v. 23, n. 6, p. 1.467-1.497, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10131-x>.
- PRADUMAN, Jain; SCHILLING, Josh; KLEIN, Dave. **Vignet Inc.** Depositante: Potentiators of Antimicrobial and/or Antiviral Agents. WIPO, 2020.
- RAHIMZADEH, Mohammad; ATTAR, Abolfazl. A modified deep convolutional neural network for detecting COVID-19 and pneumonia from chest X-ray images based on the concatenation of Xception and ResNet50V2. **Informatics in Medicine Unlocked**, [s.l.], v. 19, p. 100360, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.imu.2020.100360>.
- RAO, Arni S.R. Srinivasa; VAZQUEZ, Jose A. Identification of COVID-19 can be quicker through artificial intelligence framework using a mobile phone-based survey when cities and towns are under quarantine. **Infection Control & Hospital Epidemiology**, [s.l.], v. 41, n. 7, p. 826-830, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1017/ice.2020.61>.
- RAPIN, Jérémy; JIA, Li; MASSIAS, Mathurin. **Cardiologs Technologies SAS**. Depositante: Automatic method to delineate or categorize an electrocardiogram. EUA, US11331034B2, 2022.
- SANTUS, Enrico *et al.* Artificial intelligence-aided precision medicine for COVID-19: strategic areas of research and development. **Journal of Medical Internet Research**, [s.l.], v. 23, n. 3, p. e22453, 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.2196/22453>.
- STEVANIM, Luiz Felipe *et al.* **Uma vacina para a humanidade**: da expectativa à realidade, os esforços para se chegar a uma vacina contra Covid-19 acessível à população. 2020. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/43683>.
- UNCTAD. **Catching technological waves**: Innovation with equity. Technology and innovation report 2021. 2021. Disponível em: [https://unctad.org/system/files/official-document/tir2020\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/tir2020_en.pdf). Acesso em: 1º ago. 2022.
- XU, Zhenxing *et al.* Artificial intelligence for COVID-19: Battling the pandemic with computational intelligence. **Intelligent Medicine**, [s.l.], 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.imed.2021.09.001>.

## Sobre os Autores

### **Robson Almeida Borges de Freitas**

*E-mail:* robson.freitas@ifpi.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5888-6022>

Doutor em Ciências da Propriedade Intelectual pela UFS em 2021.

Endereço profissional: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Floriano, Rua Francisco Urquiza Machado, n. 462, Meladão, Floriano, PI. CEP: 64800-000.

### **Humbérila da Costa e Silva Melo**

*E-mail:* humberila@ifpi.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8923-3235>

Mestra em Biotecnologia em Saúde Humana e Animal pela UECE em 2020.

Endereço profissional: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Rua Projetada, s/n, Uberaba, Oeiras, PI. CEP: 64500-000.

### **Margarete Almeida Freitas de Azevedo**

*E-mail:* margaretemel@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0261-1481>

Mestra em Epidemiologia em Saúde Pública com Ênfase nas Doenças Relacionadas à Pobreza pela Fiocruz em 2015.

Endereço profissional: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Rua Nascimento, n. 746, Centro, Angical, PI. CEP: 64410-000.

### **Antonio Martins de Oliveira Junior**

*E-mail:* amartins.junior@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8635-7048>

Doutor em Engenharia Química pela UFRJ em 2006.

Endereço profissional: Universidade Federal de Sergipe, Reitoria, Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE. CEP: 49100-000

## Apêndice – Relação de patentes encontradas para os termos da pesquisa

NOME	DEPOSITANTES	SITUAÇÃO	NÚMERO IDENTIFICADOR	DATA DE REGISTRO
<i>Wastewater system to monitor pathogens and methods of use</i>	Pangolin llc	Em análise	WO 2021/242911 A1	26/05/2021
<i>Ai and data system to monitor pathogens in wastewater and methods of use</i>	Pangolin llc	Em análise	WO 2021/247408 A1	28/05/2021
<i>Intelligent workflow analysis for treating covid-19 using exposable cloud-based registries</i>	Hoffmann la roche	Em análise	WO 2021/236288 A2	22/04/2021
<i>Systems and methods for generating a viral alleviation program</i>	Kpn innovations llc	Concedida	US 11164669 B1	29/12/2020
<i>Mailable inspector collector</i>	Depillis gretchen Jolie	Concedida	US 11077436 B1	29/09/2020
<i>Designer peptide opsonins</i>	New jersey inst technology	Em análise	US 2021/0388031 A1	16/06/2021
<i>Digital health tools to predict and prevent disease transmission</i>	Vignet inc	Concedida	US 11127506 B1	05/08/2020
<i>Predictive analysis and interventions to limit disease exposure</i>	Vignet inc	Concedida	US 11056242 B1	05/08/2020
<i>Matrix bound vesicles (mbv) for treatment of acute respiratory distress syndrome</i>	Univ pittsburgh commonwealth sys higher education	Em análise	WO 2021/211885 A1	15/04/2021
<i>Using resilient systems inference for estimating hospital acquired infection prevention infrastructure performance</i>	Platt lisa	Em análise	WO 2021/163223 A1	10/02/2021
<i>Systems and methods to detect pathogens</i>	Pangolin llc	Em análise	WO 2021/247398 A1	28/05/2021
<i>Potentiators of antimicrobial and/or antiviral agentes</i>	Massachusetts inst technology	Em análise	WO 2020/227530 A1	07/05/2020
<i>Sensor systems and methods for characterizing health conditions</i>	Level 42 ai	Em análise	WO 2021/224888 A1	08/05/2021
<i>Instant early stage disease detection by decoding organic compound signatures</i>	Postrel Richard	Em análise	WO 2021/222910 A2	04/06/2021
<i>Methods and systems of prioritizing treatments, vaccination, testing and/or activities while protecting the privacy of individuals</i>	Ehrlich gal	Concedida	US 11107588 B2	30/11/2020
<i>Pro-adrenomedullin for prognosing disease progression in severe acute respiratory syndrome (sars)</i>	Brahms gmbh	Em análise	WO 2021/204770 A1	06/04/2021
<i>Device, system, and method for reducing coronasomnia to enhance immunity and immune response</i>	Neuroenhancement lab llc	Em análise	US 2021/0338973 A1	14/07/2021
<i>Methods and compositions for treating ma viral infections</i>	Model medicines inc	Em análise	WO 2021/247601 A1	01/06/2021
<i>Integrated health data capture and analysis system</i>	Labrador diagnostics llc	Concedida	US 11195624 B2	13/04/2018