

# Guest Editorial Special Issue on Fighting Against COVID-19

Gabriela Hoff, *Member, IEEE*, Hiram Ponce, *Member, IEEE*, and Juan Humberto Sossa Azuela, *Senior Member, IEEE*

## I. INTRODUÇÃO

Desde a descoberta do vírus SARS-CoV-2 no início de Janeiro de 2020, reportado oficialmente pelas autoridades locais da China, o mundo tem se deparado com uma pandemia causada muito provavelmente por transbordamento viral. Os primeiros efeitos graves à saúde de humanos foram observados em Dezembro de 2019. Em Fevereiro de 2020, a doença desenvolvida pelo vírus SARS-CoV-2 foi denominada COVID-19, acrônimo em Inglês para *CORONA VIRUS DISEASE 2019* (traduzida para o português como *doença de coronavírus 2019*), reportando-se ao ano em que o primeiro surto da doença foi identificado. Desde então, a COVID-19 está sendo observada em diferentes continentes no mundo, contabilizando, em 31 de Dezembro de 2020, 15.370.085 casos confirmados na América Latina, incluindo 501.339 mortes reportadas à Organização Mundial de Saúde - OMS [1]. No contexto da América Latina, o Brasil foi o país com o primeiro registro oficial da COVID-19, em 25 de Fevereiro de 2020 [2], seguido pelo México e Equador com registro do primeiro caso oficial no mesmo mês [2], [3], [4]. No mês de março próximo, a COVID-19 apresentou casos na maior parte dos países da América Latina [1], [2], [4], [5]. Desde então, o mundo tem se organizando para combater a disseminação do SARS-CoV-2, minimizando os problemas de saúde causados por ele, especialmente os da *Severe Acute Respiratory Syndrome 2 - SARS* (traduzido para o português como *Síndrome Respiratória Aguda Grave por Coronavírus 2*), que tem sido a maior causa de mortes no desenvolvimento da COVID-19.

O uso de tecnologias para combater a disseminação do SARS-CoV-2 bem como o tratamento de pacientes sintomáticos da COVID-19 vêm sendo amplamente estudados em todo o mundo. A América Latina não ficou de fora nesse desenvolvimento tecnológico, impulsionado pela pandemia. Isso pode ser verificado com a submissão de 128 manuscritos, sendo destes 27 selecionados para publicação nesta Edição Especial (EE) da IEEE Latin American Transactions. Neste manuscrito introdutório é apresentado, de forma resumido, cada um dos manuscritos selecionados, considerando os seguintes tópicos gerais: modelagem da disseminação da COVID-19, acompanhamento do isolamento social, inteligência artificial

e aprendizado profundo aplicados ao diagnóstico da COVID-19, e desenvolvimento de tecnologia diversas aplicadas no combate da COVID-19.

Nessa EE, os editores convidados apresentam um manuscrito do estado-da-arte da tecnologia aplicada na luta contra o SARS-COV-2, doenças associadas e na proteção de trabalhadores ocupacionalmente expostos ao vírus e à radiação, no contexto da América Latina. São trazidas à luz para discussão soluções tecnológicas diversas com a finalidade de manter a capacidade de atendimento hospitalar adequado para pacientes sintomáticos graves infectados pela COVID-19. Adicionalmente, são apresentados relatos breves de soluções aplicadas com registro inicial e suas consequências imediatas. Essas aplicações são acompanhadas de uma discussão sobre desenvolvimento econômico, político e tecnológico de países em desenvolvimento, bem como citações de questões éticas que surgiram nesse período de pandemia que nos colocaram frente às limitações reais existentes na América Latina.

## II. MODELAGEM DA DISSEMINAÇÃO DA COVID-19 EM UMA POPULAÇÃO

A modelagem computacional vem sendo utilizada nas últimas décadas para auxiliar na predição da progressão de pandemias [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], tornando-se, cada vez mais, uma ferramenta útil na avaliação de diferentes cenários pandêmicos específicos, auxiliando no planejamento de respostas governamentais.

Martínez-Peláez e colaboradores [15] apresentam um trabalho que visa determinar o risco de contágio por COVID-19 e as possíveis complicações em indivíduos acometidos pela doença, com base na mobilidade dos cidadãos e presença de algumas comorbidades; tudo isso, através um modelo em simulação. Em contraste, Casaboza e Cárdenas [16] trazem um modelo matemático para o caso específico do Panamá, prevendo o comportamento da infecção por COVID-19 na população. Para melhorar a precisão do modelo os autores utilizaram métodos de otimização para encontrar o parâmetros mais adequados a esta condição de contorno.

Siqueira e colaboradores [17] apresentam um modelo de predição temporal dos novos casos confirmados de SARS-CoV-2 no Brasil. Nessa proposta, implementou-se o modelo *Forecasting* de regressão não-linear em linguagem de programação Phyton, sendo utilizados dados de dois meses para definir os parâmetros de entrada. O modelo foi validado utilizando a técnica de validação-cruzada numa comparação de cenários de predição e dados oficiais do Ministério da Saúde do Brasil.

G. Hoff é afiliada ao Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, Brazil, e-mail: ghoff.gesic@gmail.com.

H. Ponce é afiliado a Facultad de Ingeniería, Universidad Panamericana, Ciudad de México 03920 México, e-mail: hponce@up.edu.mx.

J. H. S. Azuela é afiliado ao Centro de Investigación en Computación Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México 07738 México, e-mail: humbertosossa@gmail.com.

Manuscript received December 5, 2020; revised XXX XX, 2020.

Os resultados mostram que o modelo proposto apresenta boa acurácia para predições em curto períodos temporais (7 dias).

Já Spengler e colaboradores [18] propõem uma modificação no modelo SEIR (Suscetível, Exposto, Infectado e Recuperado) para a descrição da epidemia de COVID-19 baseada em características locais de sub-regiões. Este modelo foi aplicado na Capital do estado do Paraná (Brasil) mostrando o pior e o melhor cenários possíveis para estimar a saturação e o colapso do sistema de saúde pública. Seguindo esse tema, Fernandes [19] apresenta a aplicação do modelo epidemiológico comportamental aplicado à pandemia de COVID-19 discutindo as fontes de incertezas do modelo, a adequação de *Goodness-of-Fit* e de *Goodness-of-Projections*. O autor propõe critérios de seleção que, somados ao cuidado especial na qualidade dos ajustes dos dados são incorporados a mecanismos de captura de informação temporais passadas. Este modelo foi aplicado a uma pequena cidade do estado do Pará (Brasil). A contribuição principal desse manuscrito é prover subsídios para a adequada seleção do melhor modelo para a caracterização mais acurada da dinâmica de transmissão, com menor perda de informação nesse processo.

No manuscrito *Otimizando Níveis Contenção para a Reabertura da Cidade do México para COVID-19* [20], o autor apresenta uma metodologia para saber o número ideal de dias por fase de contingência, de forma a priorizar a saúde pública, minimizando o impacto econômico. O autor aplica sua metodologia para a Cidade do México, utilizando o modelo SEIR para simular a evolução da pandemia. Este modelo pode ser implementado usando um algoritmo genético ou um algoritmo Deep Q-Learning, sendo analisados dois cenários em que o número de dias é previsto para cada fase dentro de um período máximo de 120 dias. No primeiro cenário, é garantido que os pacientes não superem o número de leitos, considerando o menor impacto econômico relevante. No segundo cenário, o autor mostra o número de dias onde os leitos hospitalares estejam esgotados, considerando que as perdas econômicas não ultrapassem 20%, priorizando a economia. Em contraste, no manuscrito intitulado *Controle neural para o modelo de epidemia COVID-19 com uma abordagem de rede complexa* [21], os autores apresentam um modelo SIR (Suscetível, Infectado e Recuperado) que permite descrever a dinâmica da COVID-19. Seu modelo consiste em um sistema de equações diferenciais ordinárias onde são conhecidas as condições de contorno apropriadas do problema e os valores dos parâmetros iniciais, tais como as taxas de transmissão e de recuperação. Os parâmetros são usados para obter uma simulação do comportamento da COVID-19, a fim de estabelecer uma possível solução para evitar uma maior probabilidade de transmissão de doenças. Através deste sistema, os autores propõem simular a interação de diferentes populações durante um surto epidêmico em que populações são representadas por nós complexos da rede.

### III. ACOMPANHAMENTO DO ISOLAMENTO SOCIAL

O distanciamento social vem sendo uma prática muito divulgada na prevenção da COVID-19 [22], [23], [24], sendo esta eficiente na redução da disseminação do vírus e, consequentemente, impactando na redução dos casos de COVID-19 que

necessitem de hospitalização e de cuidados médicos especiais. Com o distanciamento social, a número de pessoas infectadas reduz em um curto período de tempo, reduzindo a amplitude da curva de contágio e aumentando o tempo de permanência da pandemia. Essa estratégia torna-se fundamental para garantir atendimento aos pacientes sintomáticos acometidos pela COVID-19, especialmente, aqueles que necessitarão de cuidados especiais e internação hospitalar. Nesse contexto, avaliar o grau de isolamento social, que representa o extremo caso ao distanciamento social, a tecnologia pode auxiliar tanto na verificação do isolamento de uma comunidade quanto na verificação de um índice específico de isolamento para manter os atendimentos adequados aos casos graves da COVID-19.

Nessa EE, Sausen e colaboradores [25] apresentam uma metodologia alternativa de avaliação do isolamento social baseada no consumo de energia elétrica da população de uma cidade do interior no estado do Rio Grande do Sul (Brasil). Os autores usam redes neurais artificiais (RNA) treinadas para analisar o consumo de eletricidade de um município, associando essa informação ao grau de isolamento social. Como resultado foi confirmado, por simulação, a possibilidade de RNA identificar o nível de isolamento social, praticado por uma população específica, utilizando somente a informação de consumo de eletricidade desta população. Já Versiani e colaboradores [26] utilizam o modelo SEIR para avaliar o efeito do isolamento social no estado de Minas Gerais (Brasil). A estimativa dos parâmetro de entrada para o modelo apresentado foi realizada utilizando técnicas de otimização baseadas nas estratégias evolucionárias. O modelo estimou que, para este estado, 70% de isolamento social garantiria adequada qualidade no atendimento dos pacientes graves acometidos pela COVID-19, considerando o número de unidades de terapia intensiva. Já um isolamento alto da população poderia reduzir 94% do pico da curva de contágio, o que evitaria o colapso do sistema de saúde pública.

Levando em contato o grupo de risco dos idosos e sua vulnerabilidade à COVID-19, trabalhando de forma a acompanhar este grupo à distância, Araújo e colaboradores [27] desenvolveram uma plataforma "gamificada" envolvendo pessoas em contextos diferentes para realizar este acompanhamento. Foram utilizados dois "Design Frameworks", o MDA e o 6D, definindo seis etapas para desenvolver essa proposta. Foram criadas patentes, níveis, pontuações e classificações. A interface criada, a estrutura de pontuação e a classificação foi avaliada através de pesquisa via formulários Google realizada com 50 pessoas. Nessa avaliação 94.67% consideraram a proposta muito interessante. Este foi um trabalho inicial e com essa avaliação positiva da estrutura sugerida os autores podem avançar no desenvolvendo o sistema completo.

Estes são exemplo eficazes da tecnologia auxiliando no planejamento social para evitar o colapso do atendimento aos pacientes sintomáticos acometidos pela COVID-19.

### IV. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E APRENDIZADO PROFUNDO APLICADOS AO DIAGNÓSTICO DA COVID-19

O uso de Inteligência Artificial (IA) e métodos de Aprendizado Profundo (AP) vêm crescendo rapidamente nas últimas décadas [28], [29]. Assim sendo, cada vez mais, a

integração da bio-informática na medicina tem acompanhado essa tendência com a estruturação de bases de dados em plataformas de acesso para pesquisadores em geral. Nesse contexto, a técnica de AP, que tem fundamentos na rede neural artificial, é uma tecnologia emergente extremamente poderosa da aprendizagem de máquina, que está reformatando o futuro da aplicação da IA [28]. A grande vantagem em incorporar diferentes plataformas de bases de dados e de análise de imagens, baseadas em IA, é poder acelerar significativamente o diagnóstico e tratamento da COVID-19 [29]. Para mostrar a contribuição de desenvolvimentos na América Latina são apresentados os seguintes manuscritos.

O trabalho de Sousa e colaboradores [30] mostra a possibilidade de utilizar IA e AP para analisar imagens de tomografia computadorizada e de radiologia convencional de tórax para extrair informação e identificar a pneumonia causada por SARS-COV-2. Assim sendo, os sistemas com essa tecnologia poderiam ser auxiliares diretos aos profissionais de saúde para rastreamento automático destes casos. Neste manuscrito, foram identificadas bases de dados públicas e privadas, e arquiteturas de redes. Posteriormente, os autores identificam os desafios e as direções para pesquisas futuras, provendo uma base teórico-crítica para o desenvolvimento de um sistema computacional para auxílio ao diagnóstico da COVID-19.

Em contrapartida, Silva e colaboradores [31] apresentam um método alternativo de avaliação de imagens de raios X convencional de tórax. São apresentados resultados preliminares promissores do uso de modelos de AP na classificação de imagens de raios X para casos positivos da COVID-19. Os autores propõem classificação binária considerando comparar imagens de pacientes COVID-19 vs saudáveis, e imagens de pacientes COVID-19 vs pneumonia não-COVID-19. Além disso, uma classificação de classes múltiplas considerando imagens de pacientes COVID-19 vs pneumonia não-COVID-19 vs saudáveis foi aplicada. Para todos os casos estudados foram aplicadas métricas de acurácia, de precisão, de sensibilidade, de especificidade e de escore-F1. Dentre os modelos estudados (DenseNet, InceptionV3, MobileNet, ResNet50 e VGG em duas diferentes arquiteturas VGG-16 e VGG-19), foram as estruturas do modelo VGG que apresentaram os melhores resultados, tendo a classificação binária precisão de 98.81%, e a classificação multi-classes 91.68%. Já Pérez e Sánchez [32] propõem um trabalho onde se utiliza a transferência de aprendizagem de uma rede AlexNet pré-treinada para classificar imagens diagnósticas de tórax se um indivíduo desenvolveu COVID-19 ou não, por meio uma rede neural convolucional. Em outro trabalho intitulado *COVID-XR: uma plataforma de gestão web para a detecção de coronavírus em imagens de raios X de tórax* [33], os autores apresentam a concepção e implementação de uma arquitetura de rede neural profunda para detecção de pacientes acometidos pela COVID-19, usando como informação de entrada imagens de raios X convencionais do tórax. A arquitetura apresentada consiste em uma fase de extração de recursos, ou seja, um modelo VGG16 previamente treinado que extrai as características da imagem. A segunda parte dessa arquitetura usa uma rede neural multicamadas que classifica em uma de duas classes particulares (1:COVID, 0: NO-COVID). Como uma segunda contribuição

importante, os autores apresentam a implementação de uma plataforma Web que permite que as pessoas interessadas usem a arquitetura de forma clara, simples e transparente. Eles avaliam o desempenho de sua proposta usando as métricas de avaliação de sensibilidade, especificidade e área sob a curva, obtendo bons resultados em tempos computacionais considerados muito curtos.

Oliveira e colaboradores [34] comentam sobre os desafios de definir testes acurados para o diagnóstico da COVID-19, podendo este se tornar um procedimento caro. Numa tentativa de colaborar com o diagnóstico da COVID-19 foram utilizadas técnicas de Aprendizado de Máquina (AM) com a finalidade de classificar resultados de testes de identificação de COVID-19 juntamente com análise dos parâmetros clínicos de exames laboratoriais comuns. Técnicas de AM como *Random Forest*, *Multi-Layer Perceptron* e *Support Vector Machines Regression*, possibilitam a definição de modelos de predição da doença e as técnicas de IA foram utilizadas para coletar os parâmetros clínicos. A correlação entre o resultado dos testes de COVID-19 foram avaliados com os resultados dos exames laboratoriais de pacientes com suspeita de COVID-19. O modelo desenvolvido apresentou uma acurácia acima de 96%, mostrando que esta forma de análise é promissora para a realizar rastreamento de pacientes hospitalizados com COVID-19. Por outro lado, o trabalho de Orjuela-Cañón e Perdomo [35] apresenta um método para tomar decisões em o cenário COVID-19 usando uma série de dados limitados e algumas variáveis. Para isso, eles usaram redes neurais agrupando informações da cidade de Bogotá com a finalidade de obter um mapa visual da doença. Assim sendo, informações adicionais podem ser extraídas para melhorar a tomada de decisões em diferentes cenários.

## V. DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS DIVERSAS APLICADAS NO COMBATE DA COVID-19

Além das aplicações mais divulgadas nesse período de pandemia, alguns pesquisadores buscam contribuir, cada qual em sua área do conhecimento. Este subtópico se destina a apresentar os trabalhos selecionados para mostrar estes desenvolvimentos tecnológicos.

Leal e colaboradores [36] apresentam e comparam três sensores de volume desenvolvidos em laboratório para serem utilizados em ventiladores mecânicos (VMs): um a base de tubo de Pitot, outro a base de tubo de Venturi, e o último a base de sensor infra-vermelho. Os sensores foram calibrados e avaliados utilizando um VM em modo Ventilação de Pressão-Controlada, sendo o valor de pressão máxima de cada sensor comparado com o valor de referência. O sensor de infra-vermelho mostrou a melhor performance, sendo o único que foi considerado adequado para uso clínico dentre os sensores desenvolvidos.

Já Silva e colaboradores [37] pesquisaram referências, trazendo uma compilação de informações técnicas sobre o conceito de divisão de válvulas de VM aplicadas a uma válvula automatizada. Além disso, desenvolveram uma válvula automática com monitoramento e análise de dados que poderá auxiliar no estabelecimento de uma base de dados

com parâmetros específicos para pacientes acometidos pela COVID-19 com SARS. Essa válvula de volume, associada ao manejo adequado pela equipe médica e sistemas de hardware, possibilita, de forma segura, o tratamento de dois pacientes com o mesmo ventilador de uma forma mais individualizada, garantindo a equipe médica informações que podem ser utilizadas para definir a melhor estratégia de tratamento.

No trabalho de Fuentes-Alvarez e colaboradores [38] uma nova máscara protetora é apresentada como equipamento de proteção individual. Este inclui uma máscara de mergulho fechada, um adaptador e um filtro partículas de ar de fluxo bidirecional. A máscara foi testada e validada em um Hospital COVID-19 na Cidade do México. Já o manuscrito apresentado por Yocupicio-Gaxiola e colaboradores [39], propõe o uso de nanopartículas com propriedades de bioácidos em equipamentos de proteção individual, a fim de melhorar a contenção do vírus SARS-CoV-2. De forma complementar, no manuscrito *Aplicação de métodos de aprendizagem profunda em tempo real* [40], os autores apresentam o *design*, a implementação e a análise de desempenho de um sistema para reconhecer o uso de máscaras a partir de sequências de imagens, com capacidade de operar em tempo real. Para aplicar essa proposta, os autores fazem uso de um dispositivo de detecção de objeto genérico para detectar rostos com máscaras e faces sem máscaras, obtendo uma precisão média de detecção superior a 90%. Eles validam o desempenho desse sistema de detecção com imagens de vídeo de pessoas com e sem máscaras, capturadas em diferentes ambientes.

Para higienização de grandes áreas, Canal e colaboradores [41] sugerem o uso de drones multirrotores na desinfecção de áreas com o espalhamento de material líquido desinfetante. Os autores desenvolveram um modelo matemático com 4 rotores, utilizando uma caixa-branca para avaliar as quantidades físicas e uma caixa-preta para identificar modelos de dados práticos. Um sistema integral-proporcional-derivado foi adicionado a um sistema de ajuste Ziegler-Nichols (ZN). O sistema ZN integrado possibilitou uma melhora de performance em 75%. O drone desenvolvido pode ser utilizado com segurança para a desinfecção de áreas com potencial propagação da COVID-19, sendo de fácil implementação e de baixo custo.

Mariano e colaboradores [42] compararam, utilizando a técnica Rede de Análise de Dados Envelopados (Network DEA ou NDEA, sigla em inglês para *Network Data Envelopment Analysis*), a situação das unidades federativas dos estados Brasileiros em relação à pandemia de COVID-19. Foram coletados dados do site do Ministério da Saúde, considerando todos os casos positivos registrados, com a finalidade de avaliar as discrepâncias regionais verificadas no Brasil. Foram avaliados como dados de entrada o número de médicos, de respiradores mecânicos e de leitos hospitalares; como variável intermediária o número de casos reportados; e como dados de saída o número de mortes causados por COVID-19. As informações produzidas nesta pesquisa podem auxiliar na gestão governamental de recursos emergenciais. No trabalho de De La Fuente Cortes e colaboradores [43], é proposto um novo algoritmo computacional realização de análise de dados para a detecção da frequência cardíaca em pacientes COVID-19 com doenças cardíacas. O algoritmo se mostra

eficiente na detecção de batimentos cardíacos isquêmicos e não isquêmicos.

Inovando no conceito de prevenção e proteção contra o vírus, Vieira e colaboradores [44] desenvolveram uma pulseira de baixo custo que emite um sinal sonoro, avisando ao usuário a proximidade da mão com a sua face e conseqüentemente evitando que o mesmo involuntariamente toque a sua face. Os autores afirmam que essa pulseira pode reduzir o auto-contágio com o SARS-CoV-2. Por outro lado, no trabalho de Rodríguez e colaboradores [45], apresenta-se um sistema de monitoramento à distância de pacientes acometidos pela COVID-19 utilizando a internet das coisas. Em particular, esse sistema é capaz analisar algumas variáveis fisiológicas tais como temperatura, frequência cardíaca e nível de oxigenação no sangue.

Por outro lado, no manuscrito *Modelo matemático para o controle do sistema energético argentino durante a pandemia de COVID-19* [46], os autores apresentam um modelo matemático que permite analisar o comportamento do Sistema Elétrico na Argentina, ao se considerar os efeitos que a COVID-19 causa na população. O modelo chega a soluções viáveis e acuradas com tempos computacionais reduzidos. Os cenários de teste apresentados nesse trabalho foram baseados em relatórios de agências, funcionários e previsões. Os resultados obtidos permitem identificar áreas críticas do sistema e o planejamento e o desenvolvimento de ações corretivas.

O manuscrito de Costa e colaboradores [47], usa os métodos Value-Focused Thinking (VFT) e ELECTRE-MOR para selecionar as aeronaves-hospital mais adequadas para uso em evacuações aeromédicas, dando suporte para a estrutura de combate à pandemia, especialmente em regiões onde não existem leitos de Unidades de Tratamento Intensivo disponíveis, transportando pacientes para localidades com melhor estrutura, tecnologia e experiência técnica. Seis aeronaves fabricadas pela Embraer, empresa Brasileira, geralmente empregadas como aeronaves de evacuação médicas foram avaliadas, sendo duas aeronaves selecionadas como mais adequadas. Esse manuscrito apresenta a aplicação de um novo método Suporte para Decisão Multi-Critério (em inglês, Multi-Criteria Decision Support) na solução de um problema que afeta milhões de pessoas no Brasil e no mundo.

## VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seleção de manuscritos para essa EE mostra de forma inequívoca a participação da América Latina no contexto de desenvolvimentos tecnológicos na luta contra a COVID-19. Mais do que participações coadjuvantes em trabalhos de desenvolvimento, pesquisadores da América Latina têm desenvolvido ideias e conceitos próprios tanto em aplicações tradicionais como modelagem da disseminação da COVID-19 (como ilustra a seção II - Modelagem da disseminação da COVID-19 em uma População), avaliação e determinação de cenários de isolamento (ilustrado pela sessão III - Acompanhamento do Isolamento Social), ou aplicação da IA em imagens médicas para identificação de pacientes COVID-19 sintomáticos (mostrado na sessão IV - Inteligência Artificial e Aprendizado Profundo Aplicados ao Diagnóstico da COVID-19). Além disso, percebe-se uma participação significativa

em atividades pouco tradicionais, mas muito importantes da estruturação da logística, tomada de decisões e desenvolvimentos inovadores para uso no combate a COVID-19 (como mostra a sessão V - Desenvolvimento de Tecnologias Diversas Aplicadas no Combate da COVID-19). Essa compilação de manuscripts confirma a importância da participação de países da América Latina num contexto mundial do desenvolvimento de ferramentas tecnológicas eficientes e úteis no combate a pandemia de COVID-19.

#### AGRADECIMENTOS

Os editores desta EE gostariam de agradecer aos autores por sua dedicação na luta contra o COVID-19 e ao comitê editorial convidado por seus valiosos comentários.

# Guest Editorial Special Issue on Fighting Against COVID-19

Gabriela Hoff, *Member, IEEE*, Hiram Ponce, *Member, IEEE*, and Juan Humberto Sossa Azuela, *Senior Member, IEEE*

## I. INTRODUCCIÓN

Desde el descubrimiento del virus SARS-CoV-2 a principios de enero de 2020, informado oficialmente por las autoridades locales de China, el mundo se ha enfrentado a una pandemia probablemente causada por un desbordamiento viral. Los primeros efectos agudos para la salud humana se observaron en diciembre de 2019. En febrero de 2020, la enfermedad se denominó COVID-19, acrónimo de Enfermedad de Corona Virus 2019, haciendo referencia al año de la identificación del primer brote de la enfermedad. Desde entonces, el COVID-19 se ha observado en diferentes continentes, contando al 31 de diciembre de 2020, 15,370,085 casos confirmados de COVID-19 en América Latina, incluidas 501,339 muertes reportadas por la Organización Mundial de la Salud -OMS- [1]. En el contexto de América Latina, Brasil fue el primer país con registro oficial de COVID-19, el 25 de febrero de 2020 [2], seguido por México y Ecuador con los primeros casos oficiales reportados en el mismo mes [2], [3], [4]. En marzo de ese año, el COVID-19 presentó casos en la mayoría de países de América Latina [1], [2], [4], [5]. Desde entonces, el mundo se ha organizado para combatir la diseminación del SARS-CoV-2, minimizando los problemas de salud por este virus, especialmente del Síndrome Respiratorio Agudo Severo CoronaVirus 2 (SARS), que ha sido la principal causa de muerte por COVID-19.

El uso de tecnologías para combatir la diseminación del SARS-CoV-2 y el seguimiento de los pacientes sintomáticos con COVID-19 se ha estudiado ampliamente en todo el mundo. América Latina no quedó fuera de este desarrollo tecnológico, impulsado por la pandemia. Esto se puede verificar con la presentación de manuscritos 128, habiendo seleccionado 26 para su publicación en este número especial de la revista *Transactions on Latin Americana*. En este artículo introductorio, se resumen cada uno de los manuscritos seleccionados, considerando los siguientes temas generales: modelado de la propagación de COVID-19, monitoreo del aislamiento social, inteligencia artificial y aprendizaje profundo aplicados al diagnóstico de COVID-19 y desarrollo de diversas tecnologías aplicadas para luchar contra COVID-19.

G. Hoff é afiliada ao Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, Brazil, e-mail: ghoff.gesic@gmail.com.

H. Ponce é afiliado a Facultad de Ingeniería, Universidad Panamericana, Ciudad de México 03920 México, e-mail: hponce@up.edu.mx.

J. H. S. Azuela é afiliado ao Centro de Investigación en Computación Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México 07738 México, e-mail: humbertosossa@gmail.com.

Manuscript received December 5, 2020; revised XXX XX, 2020.

En este número especial, los editores invitados presentan un manuscrito sobre el estado del arte de la tecnología aplicada en la lucha contra la enfermedad asociada y en la protección de los trabajadores expuestos, ocupacionalmente al virus, por radiaciones ionizantes, en América Latina. Se plantean diversas soluciones tecnológicas para la discusión con el fin de mantener la capacidad de atención hospitalaria adecuada para los pacientes sintomáticos graves infectados por COVID-19. Además, se presentan breves informes de las soluciones aplicadas y sus consecuencias inmediatas. Estas aplicaciones van acompañadas de una discusión sobre el desarrollo económico, político y tecnológico de los países en desarrollo, así como citas de cuestiones éticas surgidas durante este periodo pandémico, con cara a las limitaciones reales que existen en América Latina.

## II. MODELANDO LA PROPAGACIÓN DE COVID-19 EN UNA POBLACIÓN

El modelado computacional se ha utilizado en las últimas décadas para ayudar en la predicción de la progresión de las pandemias [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], convirtiéndose, cada vez más, en una herramienta útil en la evaluación de diferentes escenarios pandémicos específicos, ayudando en la planificación del gobierno.

Los autores Martínez-Peláez, et al. [15] presentan un trabajo que tiene por objetivo determinar el riesgo de contagio por COVID-19 y las posibles complicaciones que podría tener en un individuo, basándose en la movilidad ciudadana y la presencia de algunas comorbilidades; todo ello, a través de un modelo en simulación. En contraste, Casaboza y Cárdenas [16] presentan un modelo matemático para el caso específico de Panamá, el cual predice el comportamiento de la infección por COVID-19 en la población. Para mejorar la exactitud del modelo utilizaron métodos de optimización para encontrar los parámetros de este.

Siqueira, et al. [17] presentan una predicción temporal para estimar nuevos casos confirmados de SARS-CoV-2 en Brasil. Sobre esta propuesta, se implementó un modelo de pronóstico de regresión no lineal en el lenguaje de programación Phyton. Los parámetros de entrada se basaron en datos disponibles regresivos de dos meses. El modelo fue validado mediante la técnica de validación cruzada comparando escenarios de predicción y datos oficiales del Ministerio de Salud de Brasil. Los resultados mostraron que el modelo propuesto tiene una buena precisión en la predicción de períodos temporales cortos (alrededor de 7 días).

Spengler, et al. [18] proponen una modificación del modelo SEIR (Susceptible, Expuesto, Infectado y Recuperado) para describir la epidemia de COVID-19 según las características locales de las subregiones. Este modelo se aplicó en la capital del estado de Paraná (Brasil) mostrando los peores y mejores escenarios posibles para estimar la saturación y colapso del sistema público de salud. Siguiendo este tema, Fernandes [19] presenta la aplicación del modelo de comportamiento epidemiológico aplicado a la pandemia de COVID-19, discutiendo las fuentes de incertidumbre en el modelo, la adecuación de bondad de ajustes y bondad de proyecciones. El autor ofrece criterios de selección que, además del especial cuidado en la calidad de los ajustes de datos, incorpora mecanismos de captura de información temporal pasada. Este modelo se aplicó para una pequeña ciudad del estado de Pará (Brasil). El principal aporte de este manuscrito es brindar subsidios para una adecuada selección del mejor modelo para la caracterización más precisa de la dinámica de transmisión, con menor pérdida de información en este proceso.

En el artículo *Optimización de los Niveles de Contención para la Reapertura de la Ciudad de México por COVID-19* [20], los autores presentan una metodología para conocer el número óptimo de días por fase de contingencia, de tal manera que se priorice la salud pública y el daño a se reduce el impacto económico. Los autores aplican su metodología a la Ciudad de México. Su metodología utiliza un modelo SEIR para simular la evolución de la pandemia. Se puede implementar utilizando un algoritmo genético o un algoritmo de Deep Q-Learning. Experimentan con dos escenarios en los que se predice el número de días para cada fase dentro de un período de 120 días. A través del primer experimento, los autores garantizan que no se supera el número de camas, considerando el impacto económico menos relevante. Mediante el segundo experimento, los autores muestran que el número de días en los que se superan las camas siempre que las pérdidas económicas no superen el 20 %, priorizando la economía. En contraste, en el artículo titulado *Control neuronal para el modelo epidémico de Covid-19 con un enfoque de red compleja* [21], los autores presentan un modelo matemático tipo SIR (Susceptible, Infectado y Recuperado) que permite describir la dinámica de COVID-19. Su modelo consiste en un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias en las que se consideran conocidas las condiciones apropiadas y los valores de los parámetros iniciales, como las tasas de transmisión y de recuperación. Los parámetros se utilizan para obtener una simulación del comportamiento de COVID-19, con el fin de establecer una posible solución para evitar una mayor probabilidad de transmisión de la enfermedad. A través de este sistema, los autores proponen simular la interacción de diferentes poblaciones durante un brote epidémico en el que las poblaciones están representadas por los complejos nodos de la red.

### III. MONITOREO DEL AISLAMIENTO SOCIAL

El desapego social ha sido una práctica generalizada en la prevención de COVID-19 [22], [23], [24], siendo ésta eficiente en la reducción de la diseminación del virus y, en

consecuencia, impactando en la reducción de casos de COVID-19 que requieren hospitalización y atención médica especial. Con el aislamiento social, el número de infectados se reduce en un corto periodo de tiempo, reduciendo la amplitud de la curva de contagio y aumentando el tiempo de permanencia de la pandemia. Esta estrategia se vuelve fundamental para asegurar la atención de los pacientes sintomáticos afectados, especialmente, por aquellos que necesitarán cuidados especiales y hospitalización. En este contexto, para conocer el grado de aislamiento social que representa el caso extremo de desapego social, la tecnología puede ayudar tanto a verificar el aislamiento de una comunidad como a verificar un índice específico de aislamiento para garantizar una atención médica adecuada para los casos graves de COVID-19.

En este número especial, Sausen, et al. [25] presentan una metodología alternativa para evaluar el aislamiento social a partir del consumo de energía eléctrica de la población de una ciudad del interior del estado de Rio Grande do Sul (Brasil). Los autores utilizan redes neuronales artificiales entrenadas para analizar el consumo eléctrico de un municipio, asociando esta información con el grado de aislamiento social. Como resultado, se confirmó mediante simulación la que las redes neuronales son capaces de identificar el nivel de aislamiento social, practicado por una población específica, utilizando solo la información de consumo eléctrico de esta población. Por otra parte, Versiani, et al. [26] utilizan el modelo SEIR para evaluar el efecto del aislamiento social en el estado de Minas Gerais (Brasil). La estimación de los parámetros de entrada para el modelo se realizó mediante técnicas de optimización basadas en estrategias evolutivas. El modelo estimó que, para este estado, el 70 % del aislamiento social garantizaría una adecuada calidad de atención a los pacientes críticos afectados por COVID-19, considerando el número de unidades de cuidados intensivos. Un alto aislamiento de la población podría reducir el 94 % del pico de la curva de contagio, lo que evitaría el colapso del sistema de salud pública.

Tomando en cuenta un grupo de riesgo de personas mayores y su vulnerabilidad al COVID-19, a través del monitoreo de este grupo a distancia, Araújo, et al. [27] desarrollaron una plataforma de gamificación involucrando a personas en diferentes contextos para realizar este monitoreo. Se utilizaron dos marcos de trabajo, MDA y 6D, definiendo seis pasos para desarrollar esta propuesta. Se utilizaron patentes, niveles, puntuaciones y clasificaciones. La interfaz creada, la estructura de puntuación y la clasificación se evaluaron a través de una encuesta mediante formularios de Google realizada a 50 personas. En esta evaluación, el 94.67 % consideró muy interesante la propuesta. Este fue un trabajo inicial y con esta evaluación positiva de la estructura sugerida, los autores pueden proceder a desarrollar el sistema completo.

Estos son ejemplos efectivos de tecnología que ayudan en la planificación social para evitar el colapso de la atención de los pacientes sintomáticos afectados por COVID-19.

### IV. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y APRENDIZAJE PROFUNDO APLICADOS AL DIAGNÓSTICO DE COVID-19

El uso de métodos de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje profundo (DL) ha ido creciendo en las últimas décadas

[28], [29]. Por tanto, la integración de la bioinformática en la medicina ha seguido cada vez más esta tendencia con la estructuración de bases de datos en plataformas de acceso para investigadores en general. En este contexto, la técnica DL, que se basa en una red neuronal artificial, es una tecnología emergente extremadamente poderosa de aprendizaje automático, que está reformateando el futuro de la aplicación de IA [28]. La gran ventaja de incorporar diferentes plataformas de análisis de imágenes y bases de datos, basadas en IA, es poder acelerar significativamente el diagnóstico y tratamiento de COVID-19 [29].

Para mostrar la contribución de los desarrollos en América Latina, se presentan los siguientes manuscritos. El trabajo de Sousa, et al. [30] muestra la posibilidad de utilizar IA y DL para analizar imágenes de tomografía computarizada y radiología convencional de tórax para extraer información e identificar neumonía causada por SARS-COV-2. Por tanto, los sistemas con esta tecnología podrían ser asistentes directos de los profesionales sanitarios para el seguimiento automático de estos casos. En este artículo, se identificaron bases de datos públicas y privadas y arquitecturas de red. Posteriormente, los autores identifican los desafíos y direcciones para futuras investigaciones, proporcionando una base teórico-crítica para el desarrollo de un sistema computacional que ayude al diagnóstico de COVID-19.

Por el contrario, Silva, et al. [31] presentan un método alternativo para evaluar imágenes de rayos X de tórax convencionales. Se presentan resultados preliminares prometedores del uso de modelos DL en la clasificación de imágenes de rayos X para casos positivos de COVID-19. Los autores proponen una clasificación binaria considerando la comparación de imágenes de COVID-19 frente a pacientes sanos e imágenes de neumonía por COVID-19 frente a neumonía no COVID-19. Además, se aplicó una clasificación de múltiples clases considerando imágenes de COVID-19 vs. no COVID-19 vs. neumonía sana. Para todos los casos estudiados se aplicaron métricas de exactitud, precisión, sensibilidad, especificidad y puntuación F1. Entre los modelos estudiados (DenseNet, InceptionV3, MobileNet, ResNet50 y VGG en dos arquitecturas diferentes VGG-16 y VGG-19), fue la estructura de modelos VGG la que presentó mejores resultados, con un índice de precisión binaria de 98.81 %, y la tasa de precisión de clasificación multiclase del 91.68 %. Por otra parte, los autores Pérez y Sánchez [32] proponen un trabajo en el cual utilizaron la transferencia de aprendizaje a partir de una red pre-entrenada AlexNet para clasificar si un individuo está enfermo de COVID-19 o no, mediante una red convolucional e imágenes médicas de tórax de los pacientes. En otro trabajo titulado *COVID-XR: una plataforma de gestión web para la detección de coronavirus en imágenes de rayos X de tórax* [33], los autores presentan el diseño y la implementación de una arquitectura de red neuronal profunda para la detección de pacientes con COVID-19 utilizando como entrada imágenes de rayos X del pecho. Su arquitectura se compone de una fase de extracción de características, es decir, un modelo VGG16 previamente entrenado extrae las características de la imagen. La segunda parte de su arquitectura utiliza una red neuronal multicapa que clasifica en una de dos clases particulares (1:

COVID, 0: NO-COVID). Como segundo aporte, los autores presentan la implementación de una plataforma Web que permite a las personas interesadas utilizar la arquitectura de forma clara, sencilla y transparente. Evalúan el desempeño de su propuesta utilizando las métricas de evaluación de sensibilidad, especificidad y área bajo la curva, obteniendo buenos resultados en tiempos computacionales muy cortos.

En otro trabajo, Oliveira, et al. [34] comentan los desafíos de definir pruebas precisas para el diagnóstico de COVID-19, que puede convertirse en un procedimiento costoso. En un intento de colaborar con el diagnóstico de COVID-19, se utilizaron técnicas de Aprendizaje Máquina (AM) para clasificar los resultados de las pruebas de COVID-19 junto con el análisis de los parámetros clínicos de las pruebas de laboratorio comunes. Técnicas de AM como Bosques Aleatorios, Redes Perceptrón Multicapa y Máquinas de Soporte Vectorial para Regresión, permiten definir modelos de predicción de enfermedades y se utilizaron técnicas de IA para recolectar parámetros clínicos. Se evaluó la correlación entre los resultados de las pruebas de COVID-19 con los resultados de las pruebas de laboratorio de los pacientes con sospecha de COVID-19. El modelo desarrollado presentó una precisión superior al 96 %, lo que demuestra que esta forma de análisis de datos es prometedora para el monitoreo de COVID-19 en pacientes hospitalizados. Por otra parte, el trabajo de los autores Orjuela-Cañón y Perdomo [35] presenta un método para la toma de decisiones en el escenario de COVID-19 utilizando un número de datos limitados y algunas variables. Para tal efecto, emplearon redes neuronales para agrupar la información de la ciudad de Bogotá y obtener un mapa visual de la enfermedad. Desde este último, se puede extraer información adicional que mejora la toma de decisiones en distintos escenarios.

## V. DESARROLLO DE DIVERSAS TECNOLOGÍAS APLICADAS PARA LUCHAR CONTRA COVID-19

Más allá de las aplicaciones más publicitadas en este período pandémico, algunos investigadores buscan contribuir, cada uno en su área específica de conocimiento. Este apartado tiene como objetivo presentar estos trabajos seleccionados para mostrar estos desarrollos tecnológicos.

Leal, et al. [36] presentan y comparan tres sensores de volumen desarrollados en el laboratorio para ser utilizados en ventiladores mecánicos (VM): uno basado en tubo de Pitot, otro basado en tubo Venturi y el último basado en sensores infrarrojos. Los sensores se calibraron y obtuvieron utilizando un VM en modo de ventilación controlada por presión, con el valor de presión máxima para cada sensor en comparación con el valor de referencia. El sensor de infrarrojos mostró el mejor rendimiento, siendo el único que fue considerado apto para uso clínico por usuarios desarrollados. Por otra parte, Silva, et al. [37] presentan una recopilación de información técnica sobre el concepto de válvulas VM divisorias aplicadas a una válvula automatizada. Además, han desarrollado una válvula automática con monitoreo y análisis de datos que puede ayudar a establecer una base de datos con parámetros específicos para pacientes afectados por COVID-19. Esta válvula de volumen, asociada al manejo adecuado por parte del equipo



médico y los sistemas hardware, permite tratar de manera segura a dos pacientes con el mismo ventilador de forma más individualizada, garantizando al equipo médico información que puede ser utilizada para definir la mejor estrategia de tratamiento.

En el trabajo de Fuentes-Alvarez, et al. [38] se presenta una nueva máscara como equipo de protección personal que incluye una máscara de buceo cerrada, un adaptador y un filtro de partículas de aire de flujo bidireccional, que permite proteger a los usuarios. Esta máscara fue probada y validada en un hospital COVID-19 de la Ciudad de México. Mientras, en el artículo presentado por Yocupicio-Gaxioala, et al. [39] se propone el uso de nanopartículas con propiedades bioácidas en el equipo de protección personal con la finalidad de mejorar la contención del virus SARS-CoV-2. De manera complementaria, en el artículo *Aplicación de métodos de aprendizaje profundo a la detección de mascarillas en tiempo real* [40], los autores presentan el diseño, implementación y análisis de rendimiento de un sistema para reconocer el uso de máscaras a partir de secuencias de imágenes, con la capacidad de operar en tiempo real. Para ello, los autores hacen uso de una red de detección de objetos genérica para detectar rostros con máscaras y rostros sin máscaras, obteniendo una precisión de detección media superior al 90 %. Validan el desempeño del detector con secuencias de video de personas con y sin mascarillas, capturadas en diferentes ambientes.

Para limpiar grandes áreas, Canal, et al. [41] aprovecharon el uso de drones multirrotor para desinfectar áreas con el esparcimiento de material desinfectante líquido. Los autores desarrollaron un modelo matemático con cuadrotoros, utilizando una caja blanca para evaluar cantidades físicas y una caja negra para identificar modelos de datos prácticos. Se agregó un sistema integral-proporcional-derivado a un sistema de ajuste de Ziegler-Nichols (ZN). El sistema ZN integrado permitió una mejora del rendimiento del 75 %. El dron desarrollado se puede usar de manera segura para desinfectar áreas con potencial propagación de COVID-19, siendo fácil de implementar y de bajo costo.

Mariano, et al. [42] compararon, utilizando la técnica de Análisis de Datos en Envolvente de Red (Red DEA o NDEA), la situación de las unidades federativas de los estados brasileños en relación a la pandemia de COVID-19. Se recopilieron datos del sitio web del Ministerio de Salud para todos los casos positivos registrados para la evaluación de las discrepancias regionales encontradas en Brasil. Se tomaron como datos de entrada el número de médicos, cantidad de respiradores mecánicos y número camas de hospital; como variable intermedia se utilizó el número de casos notificados; y como datos de salida se definió el número de muertes causadas por COVID-19. La información de este documento puede ayudar en la gestión gubernamental de los recursos de emergencia. Haciendo un análisis de datos, en el trabajo de De La Fuente-Cortes, et al. [43] se propone un nuevo algoritmo computacional para la detección de la frecuencia cardiaca en pacientes COVID-19 con desórdenes del corazón. El algoritmo muestra ser eficiente en la detección de latidos del corazón con isquemia y sin isquemia.

Innovando en el concepto de prevención y protección contra

el virus, Vieira, et al. [44] desarrollaron un brazalete de bajo costo que advierte al usuario que evite tocarse involuntariamente la cara, emitiendo una señal sonora. Los autores afirman que esta pulsera puede reducir el auto-contagio con SARS-CoV-2. Por otra parte, en el trabajo de Rodríguez, et al. [45] se presenta un sistema de monitoreo a distancia de pacientes COVID-19 utilizando Internet de las cosas. En particular, el sistema es capaz de algunas variables fisiológicas tales como la temperatura, frecuencia cardiaca y nivel de oxigenación en la sangre.

Por otra parte, en el artículo *Modelo matemático para el control del Sistema Energético Argentino durante la pandemia COVID-19* [46], los autores introducen un modelo matemático que permite analizar el comportamiento del Sistema Eléctrico Argentino, cuando se consideran los efectos que el COVID-19 provoca en la población. El modelo alcanza soluciones factibles y precisas con tiempos computacionales reducidos. Sus escenarios de prueba se basan en informes de agencias oficiales y predicciones. Los resultados obtenidos permiten identificar áreas críticas del sistema y desarrollar acciones correctivas.

El trabajo de Costa et al. [47], utiliza los métodos Value-Focused Thinking (VFT) y ELECTRE-MOR para seleccionar la aeronave hospitalaria más adecuada para su uso en evacuaciones aeromédicas, apoyando la estructura para combatir la pandemia, especialmente en regiones donde no hay camas de Unidades de Cuidados Intensivos disponibles, transportando a los pacientes a lugares con mejor infraestructura, tecnología y experiencia técnica. Se evaluaron seis aviones fabricados por Embraer, empresa brasileña, generalmente utilizados como aviones de evacuación médica, dos de los cuales fueron seleccionados como los más adecuados. Este artículo presenta la aplicación de un nuevo método de Soporte de Decisiones de Criterios Múltiples para resolver un problema que afecta a millones de personas en Brasil y en todo el mundo.

## VI. OBSERVACIONES FINALES

La selección de artículos para esta número especial muestra de manera inequívoca la participación de América Latina en el contexto de los desarrollos tecnológicos en la lucha contra COVID-19. Más que apoyar la participación en el desarrollo de trabajos, los investigadores de América Latina han desarrollado sus propias ideas y conceptos tanto en aplicaciones tradicionales como en el modelado de la diseminación de COVID-19 (como se ilustra en la Sección II - Modelando la propagación de COVID-19 en una población), evaluación y determinación de escenarios de aislamiento (ilustrado por la Sección III - Monitoreo del aislamiento social) o aplicaciones de IA en imágenes médicas para identificar pacientes sintomáticos COVID-19 (mostrado en la Sección IV - Inteligencia artificial y aprendizaje profundo aplicados al diagnóstico de COVID-19). Además, existe una participación significativa en actividades que no son tradicionales, pero sí muy importantes en la estructuración de logística, toma de decisiones y desarrollos innovadores para su uso en el combate contra COVID-19 (como se muestra en la Sección V - Desarrollo de diversas tecnologías aplicadas para luchar contra COVID-19). Esta recopilación de trabajos confirma la importancia de

la participación de los países latinoamericanos en un contexto mundial del desarrollo de herramientas tecnológicas eficientes y útiles para combatir la pandemia COVID-19.

#### AGRADECIMIENTOS

Los editores de este número especial desean agradecer el aporte de los autores por su dedicación en el combate de COVID-19 y al comité editorial invitado por sus valiosos comentarios.

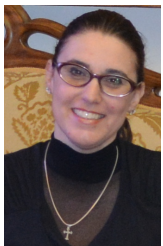
#### REFERÊNCIAS

- [1] World Health Organization, *Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard*, [Online] Available: <https://covid19.who.int/>, reference of development in Journal of medical Internet research, v. 22, n. 6, pp. e19659, 2020.
- [2] A. J. Rodriguez-Morales, V. Gallego, J. P. Escalera-Antezana, C. A. Méndez, L. I. Zambrano, C. Franco-Paredes, et al., *COVID-19 in Latin America: The implications of the first confirmed case in Brazil*, Travel medicine and infectious disease, 2020.
- [3] A. Pablos-Méndez, J. Vega, F. P. Aranguren, H. Tabish, M. C. Raviglione, *COVID-19 in Latin America*, [Online] Available: <https://www.bmj.com/content/370/bmj.m2939>, 2020.
- [4] L. Zhu, X. Liu, H. Huang, R. D. Avellán-Llaguno, M. M. L. Lazo, A. Gaggero, et al., *Meteorological impact on the COVID-19 pandemic: A study across eight severely affected regions in South America*, Science of The Total Environment, v. 744, pp. 140881, 2020.
- [5] J. K. Andrus, T. Evans-Gilbert, J. I. Santos, M. G. Guzman, P. J. Rosenthal, C. Toscano, et al., *Perspectives on battling COVID-19 in countries of Latin America and the Caribbean*, The American journal of tropical medicine and hygiene, v. 103, n. 2, pp. 593, 2020.
- [6] A. S. Monto, L. Comanor, D. K. Shay and W. W. Thompson, *Epidemiology of pandemic influenza: use of surveillance and modeling for pandemic preparedness*, The Journal of infectious diseases, v. 194, n. 2, pp. S92-S97, 2006.
- [7] V. Colizza, A. Barrat, M. Barthelemy, A.-J. Valleron and A. Vespignani, *Modeling the worldwide spread of pandemic influenza: baseline case and containment interventions*, PLoS Med, v. 4, n. 1, pp. e13, 2007.
- [8] P. R. Saunders-Hastings and D. Krewski, *Reviewing the history of pandemic influenza: understanding patterns of emergence and transmission*, Pathogens, v. 5, n. 4, pp. 66, 2016.
- [9] S. Saha, G. Samanta, and J. J. Nieto, *Epidemic model of COVID-19 outbreak by inducing behavioural response in population*, Nonlinear dynamics, pp. 1–33, 2020.
- [10] O. Pinto Neto, J. C. Reis, A. C. B. Brizzi, G. J. Zambrano, J. M. de Souza, W. Pedrosa, et al., *Compartmentalized mathematical model to predict future number of active cases and deaths of COVID-19*, Research on Biomedical Engineering, 2020.
- [11] M. Peirlinck, K. Linka, F. Sahli Costabal, J. Bhattacharya, E. Bendavid, J. P. A. Ioannidis, and E. Kuhl, *Visualizing the invisible: The effect of asymptomatic transmission on the outbreak dynamics of COVID-19*, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, v. 372, 2020.
- [12] T. Alamo, D. G. Reina, M. Mammarella, and A. Abella, *COVID-19: Open-data resources for monitoring, modeling, and forecasting the epidemic*, Electronics, v. 9, n. 5, pp. 827, 2020.
- [13] T. de Salazar e Fernandes, J. S. de Oliveira Filho, and I. M. S. da Silva Lopes, *Fractal signature of coronaviruses related to severe acute respiratory syndrome*, Research on Biomedical Engineering, 2020.
- [14] F. Araya, *Modeling the spread of COVID-19 on construction workers: An agent-based approach*, Safety Science, v. 133, 2020.
- [15] R. M. Pelaez, J. R. Bermeo Escalona, J. L. Ayala Herrera, S. I. Rivera Manrique, A. Sánchez Ruiz, L. C. Córdova Albores and V. García Jiménez, *Risk Score Based on Critical Factors Associated with COVID-19*, In this issue, 2020.
- [16] D. E. Cárdenas and J. Casaboza, *Analysis and modeling of dynamic behavior of the COVID-19 outbreak: study case of Panama*, In this issue, 2020.
- [17] E. Siqueira, C. Portela, F. Farias and C. Braga, *Temporal Prediction Model of the Evolution of Confirmed Cases of the New Coronavirus (SARS-CoV-2) in Brazil*, In this issue, 2020.
- [18] H. C. Spengler, G. V. Loch and C. T. Scarpin, *SEIR Subregion Model Analysis: a case study of Curitiba*, In this issue, 2020.
- [19] R. Fernandes, *Compartmental Epidemiological Models for COVID-19: Estimation, Goodness-of-Fit and Forecasting Epidemics*, In this issue, 2020.
- [20] Hiram Ponce, *Optimization of the Containment Levels for the Reopening of Mexico City due to COVID-19*, In this issue, 2020.
- [21] A. Alanis, E. A. Hernandez-Vargas, N. F. Ramirez and D. Rios-Rivera, *Neural Control for Epidemic Model of COVID-19 with a Complex Network Approach*, In this issue, 2020.
- [22] M. Belingheri, M. E. Paladino and M. A. Riva, *COVID-19: Health prevention and control in non-healthcare settings*, Occupational Medicine, v. 70, n. 2, pp. 82–83, 2020.
- [23] S. Chanjuan and Z. Zhiqiang, *The efficacy of social distance and ventilation effectiveness in preventing COVID-19 transmission*, Sustainable cities and society, v. 62, pp. 102390, 2020.
- [24] World Health Organization, *Coronavirus disease (COVID-19) advice for the public*, [Online] Available: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>. 2020.
- [25] P. S. Sausen, M. de Campos, A. Sausen, M. Binelo and M. dos Santo, *Proposal for a Methodology Based on Electricity Consumption to Analyze Social Isolation During a COVID-19 Pandemic: Case Study*, In this issue, 2020.
- [26] E. G. Nepomuceno, A. F. Versiani, R. G. Sousa, P. T. Monteforte, J. J. S. Marciano, T. E. Nazaré, et al., *A required isolation index to support the health system during the pandemic of COVID-19 in Minas Gerais, Brazil*, In this issue, 2020.
- [27] R. L. Araújo, T. da S. Sena and P. T. Endo, *Gamification applied to an elderly monitoring system during the COVID-19 pandemic*, In this issue, 2020.
- [28] D. Ravì, C. Wong, F. Deligianni, M. Berthelot, J. Andreu-Perez; B. Lo, et al., *Deep Learning for Health Informatics*, in IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, v. 21, n. 1, pp. 4–21, doi: 10.1109/JBHI.2016.2636665. 2017.
- [29] M. Jamshidi, A. Lalbakhsh, J. Talla, Z. Peroutka, F. Hadjilooei, P. Lalba, et al., *Artificial Intelligence and COVID-19: Deep Learning Approaches for Diagnosis and Treatment*, in IEEE Access, v. 8, pp. 109581–109595, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3001973.2020.
- [30] O. L. V. de Sousa, D. M. V. Magalhães, P. de A. Vieira and R. Silva, *Deep Learning in Image Analysis for COVID-19 Diagnosis: a Survey*, In this issue, 2020.
- [31] P. Endo, I. Richard Silva, G. Leoni Santos and D. Sadok, *Classifying COVID-19 positive Xray using deep learning models*, In this issue, 2020.
- [32] E. Cortés and S. Sánchez, *Deep Learning Transfer with AlexNet for chest X-ray COVID-19 recognition*, In this issue, 2020.
- [33] C. I. Orozco, E. Xamena, C. A. Martínez and D. A. Rodríguez, *COVID-XR: A Web Management Platform for Coronavirus Detection on X-ray Chest Images*, In this issue, 2020.
- [34] D. Lopes Freire, R. F. A. P. de Oliveira, C. J. A. B. Filho, P. Buarque and A. C. A. M. V. F. de Medeiros, *Machine Learning Applied in SARS-CoV-2 COVID 19 Screening Using Clinical Analysis Parameters*, In this issue, 2020.
- [35] A. D. Orjuela-Cañon and O. Perdomo, *Clustering Proposal Support for the COVID19 Making Decision Process in a Data Demanding Scenario*, In this issue, 2020.
- [36] C. A. Damasceno, A. L. Leal, G. F. Soares, G. R. Pinheiro L. da S. Bezerra, M. de C. P. Prado and Y. M. Perci, *Low cost volume sensors for mechanical ventilators*, In this issue, 2020.
- [37] A. M. Hakme da Silva, J. de Carvalho, L. Romagnolo, M. Alves and A. Farah, *Splitting Ventilator Valve Concept Used In The COVID-19 Treatment Through Additive Manufacturing Technique*, In this issue, 2020.
- [38] I. M. Moran, R. Fuentes-Alvarez, M. Alfaro-Ponce, F. Alvarado, J. Aidee Mora-Galvan and R. Q. Fuentes-Aguilar, *Full-face mask adapter as COVID-19 Personal Protective Equipment: design, tests and validation*, In this issue, 2020.
- [39] Fabian N. Murrieta-Rico, *Prospects for Further Development of Face Masks to Minimize Pandemics – Functionalization of Textile Materials with Biocide Inorganic Nanoparticles: A Review*, In this issue, 2020.
- [40] R. G. Araguás, *Real Time Facemask Detection Using Deep Learnig*, In this issue, 2020.
- [41] I. Canal, M. Reibold and M. Campos, *Drone use to combat COVID-19: Adaptive tuning proposal of the control system under variable load*, In this issue, 2020.
- [42] E. Mariano, B. Torres, M. Almeida, D. Ferraz, D. Rebelatto and J. C. Soares de Mello, *Brazilian states in the context of COVID-19 pandemic: an index proposition using Network Data Envelopment Analysis*, In this issue, 2020.

- [43] G. De La Fuente Cortes, J. A. Díaz-Mendez, G. E. Flores-Verdad and V. R. Gonzalez-Díaz, *Ischemic and non-ischemic heartbeat classifier for portable automatic detection systems*, *In this issue*, 2020.
- [44] G. Carlos and D. Vieira, *Low Cost Smartband to prevent COVID-19*, *In this issue*, 2020.
- [45] F. Rodríguez, S. Gutiérrez, B. A. Reyes, V. Rosas, M. V. Silva Rubio, A. Mejía Rodríguez, et al., *IoMT: Rinku's Clinical Kit Applied to Collect Information related to COVID-19 through Medical Sensors*, *In this issue*, 2020.
- [46] G. E. Alvarez and J. L. Sarli, *Mathematical model to control the Argentine Energy System during the COVID 19 pandemic*, *In this issue*, 2020.
- [47] I. P. de Araújo Costa, A. Manzóllilo Sanseverino, M. R. dos Santos Barcelos, M. C. Neyra Belderrain, C. F. Simões Gomes and M. dos Santos, *Choosing flying hospitals in the fight against the COVID-19 pandemic: structuring and modeling a complex problem using the VFT and ELECTRE-Mor methods*, *In this issue*, 2020.



**Juan Humberto Sossa Azuela** He is full-time professor at the Center of Research in Computing in the Instituto Politécnico Nacional (Mexico). He is director of the Robotics and Mechatronics laboratory. He is a senior member of IEEE, a member of the National System of Researchers (Mexico), a member of the Mexican Academy of Computing and a member of the Mexican Academy of Engineering. His interests are artificial intelligence, machine learning and robotics.



**Gabriela Hoff.** She is a Pos-Doctor Senior at Clínicas Hospital of Porto Alegre (Brazil). She has a Master's and a Doctor degree in Science, Nuclear Biosciences at Medical Physics concentration area by the University of Rio de Janeiro (Brazil). From 2001 to 2014 she has worked as a professor at Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul performing teaching activities and acting as a member of the Ethics in Research Committee and Graduation Course coordinator. In the last years, she has collaborated in projects with different Institution

and researchers: 2011 to 2012 with Maria Grazia Pia at Istituto Nazionali di Fisica Nucleare, in Italy conducting research on the validation of transport models implemented in Monte Carlo codes; with Professor Sergei Paschuk at Universidade Técnica Federal do Paraná, in Brazil to validate Geant4 for dosimetry of proton beam to be applied on proton computed tomography and patients dosimetry on proton therapy; in 2018 with Bruno Golosio and Viviana Fanti from Università degli Studio di Cagliari in a project of Monte Carlo tools validation (Geant4 and XRMC) on applications for external dosimetry in Medical Physics Applications. She is an IEEE NPSS member and an IEEE NPSS Transnational Committee representative member of South America and an Associate Editor of Latin America Transactions. Gabriela has experience in medical physics, computer simulation, and external dosimetry, acting on the following topics: mammography, diagnostic radiology, quality control.



**Hiram Ponce.** He is full-time professor and researcher in the School of Engineering at Universidad Panamericana (Mexico). He graduated in Mechatronics Engineering at Tecnológico de Monterrey (Mexico), obtained a Master in Science Engineering and a Ph.D. in Computer Science in the same university. He is member of the National System of Researchers rank level 1 of the National Council of Science and Technology (Mexico). He is author of more than 75 international journal and conference publications, 8 book chapters, and 4 books in the area of artificial

intelligence and robotics. He is executive board member of the Mexican Society of Artificial Intelligence (Mexico), member of the Technical Committee on Neural Networks in IEEE Computational Intelligence Society, member of the Technical Committee on Robotics and Mechatronics in IFToMM, among other memberships. He was awarded with a Google Research Award for Latin America in 2017. He has served as guest editor in different special issues of reputed journals. He is currently Associate Editor in IEEE Access.